



**ELECSOLRURAL - Acción – 708AC0357**  
**PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO**  
**INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ENERGIAS**  
**RENOVÁVEIS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA AMAZÔNIA**  
**Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos – Instituto de Eletrotécnica e Energia**



# Situación, Resultados y Tendencias de la Electrificación con Sistemas Fotovoltaicos en Bolivia

Miguel Fernández F.

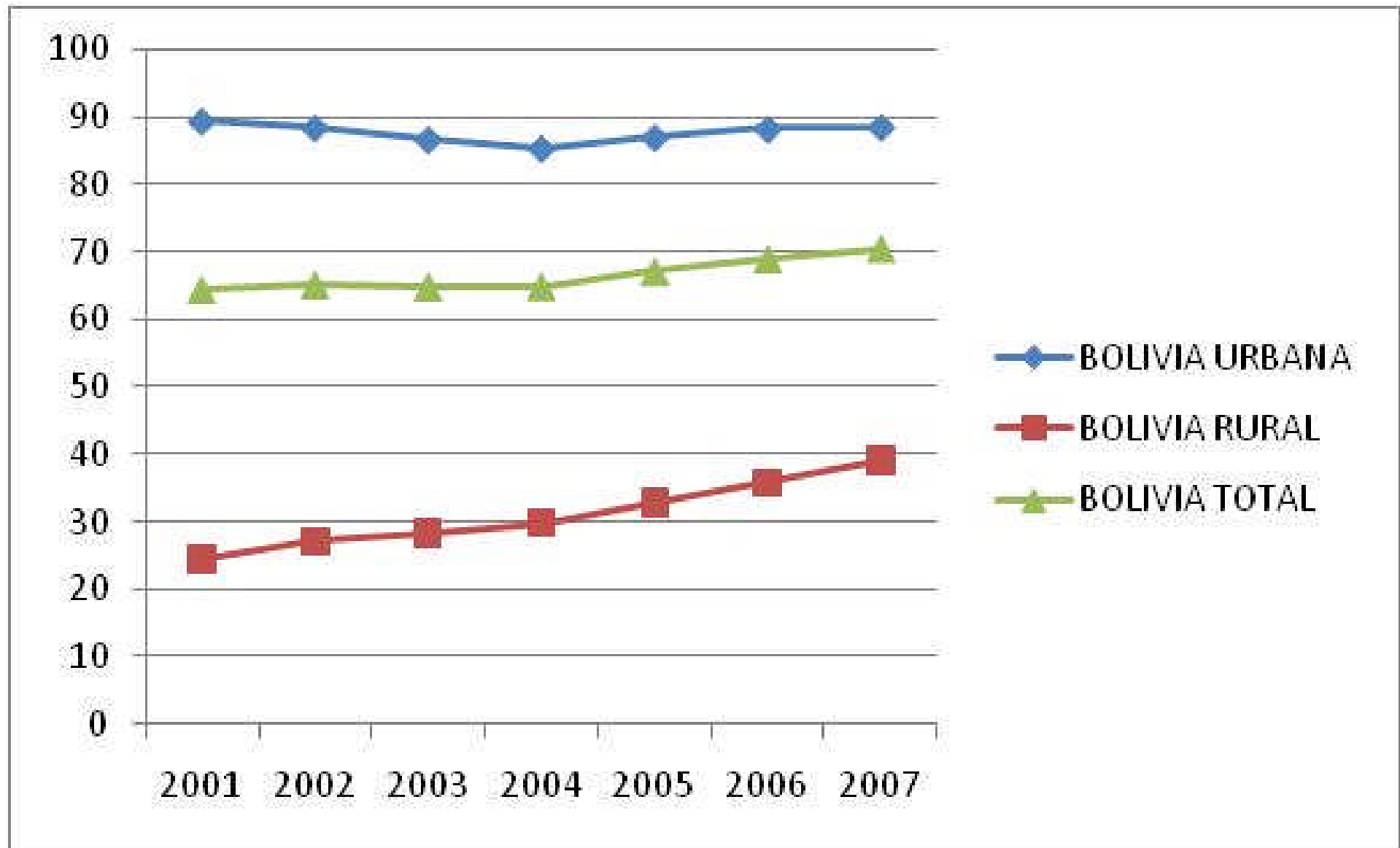


**San Pablo - Brasil, Mayo 2011**

# Contexto

- Bolivia vive un cambio en el área energética. Se ha nacionalizado el sector petrolero y eléctrico.
- El modelo sectorial basado en el mercado, no dio solución al déficit rural de energía
- 3 millones de personas aún no tienen acceso a la electricidad: 560.000 hogares rurales
- La pobreza incide sobre 93% de estos hogares
- Se estima que al menos 200.000 hogares serán electrificados con SFV

# Cobertura eléctrica 2007

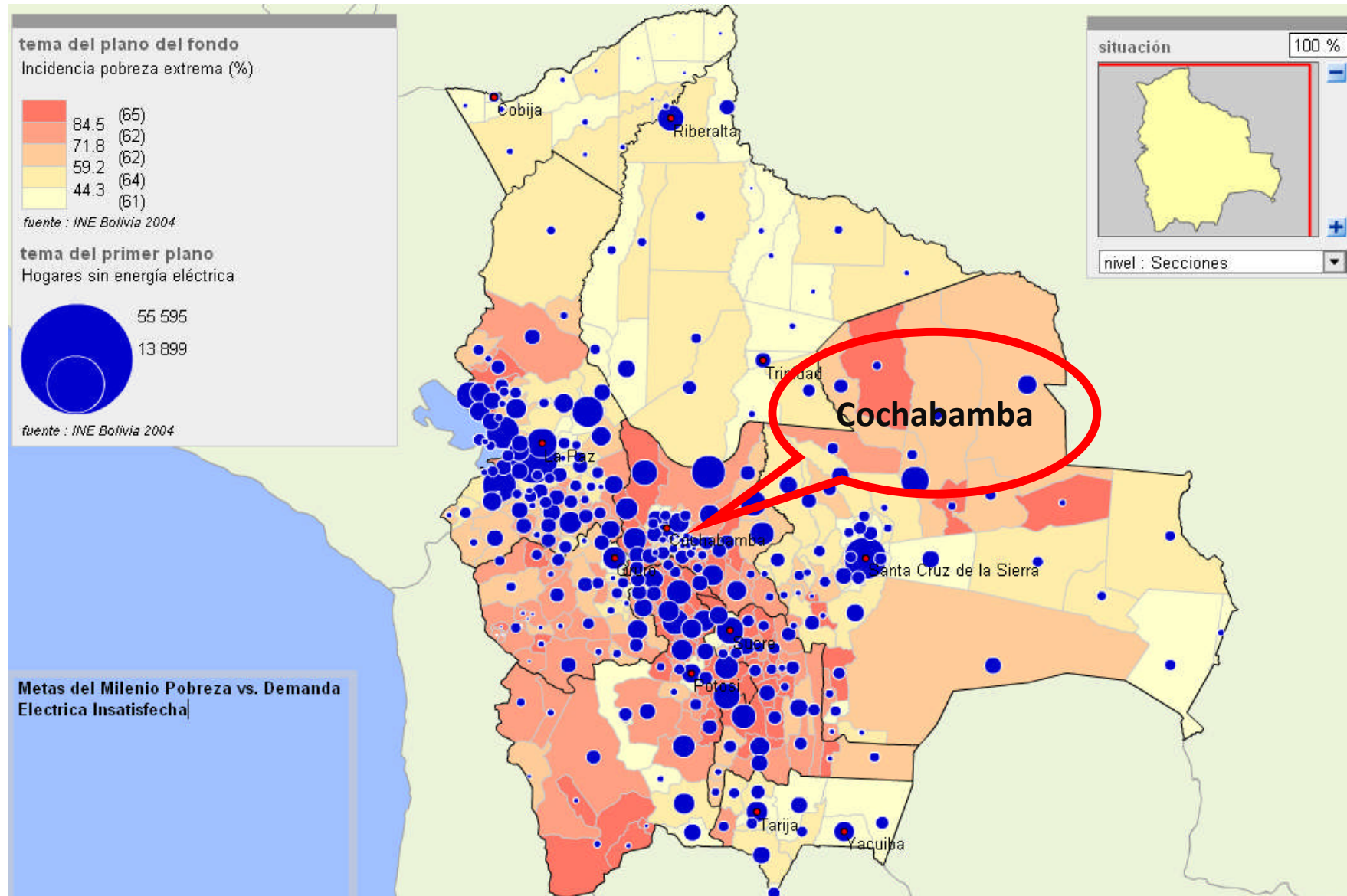


## Lo rural...

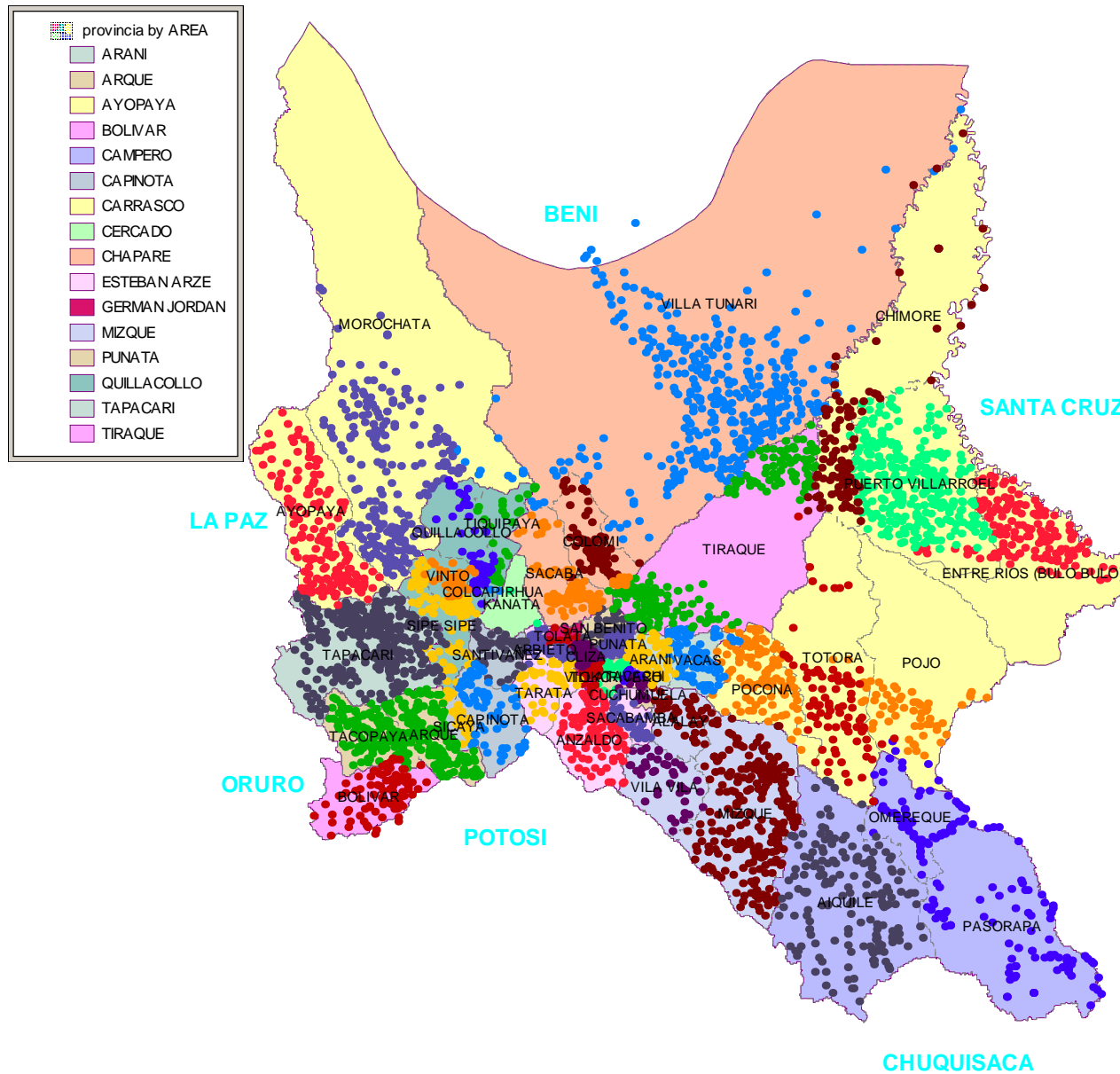
- Costos de energía en el campo, son el doble que en las ciudades
- La falta de energía, genera un círculo vicioso amenazante (garantizar un flujo de energía y materiales)
- Estos hogares están en localidades de alrededor de 20 familias dispersas y aisladas
- Inmersas en un “mercado” de pilas, velas, mecheros, que representa 150 MM \$US/año
- 2 siglos separan al campo de la ciudad!



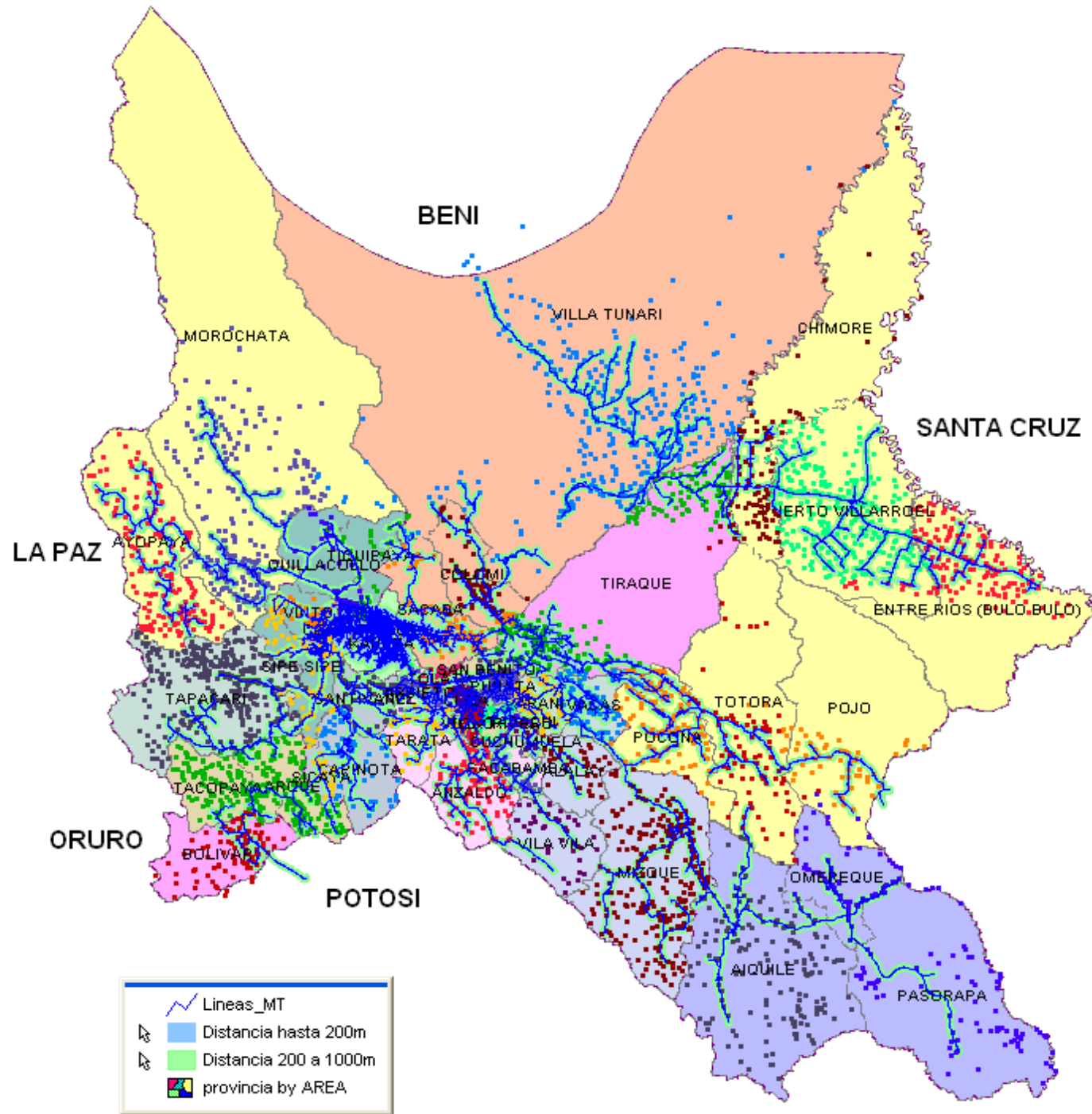
# Población sin electricidad en Bolivia



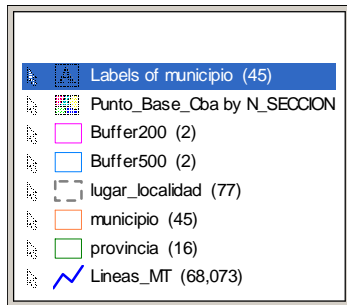
# Localidades en Cochabamba



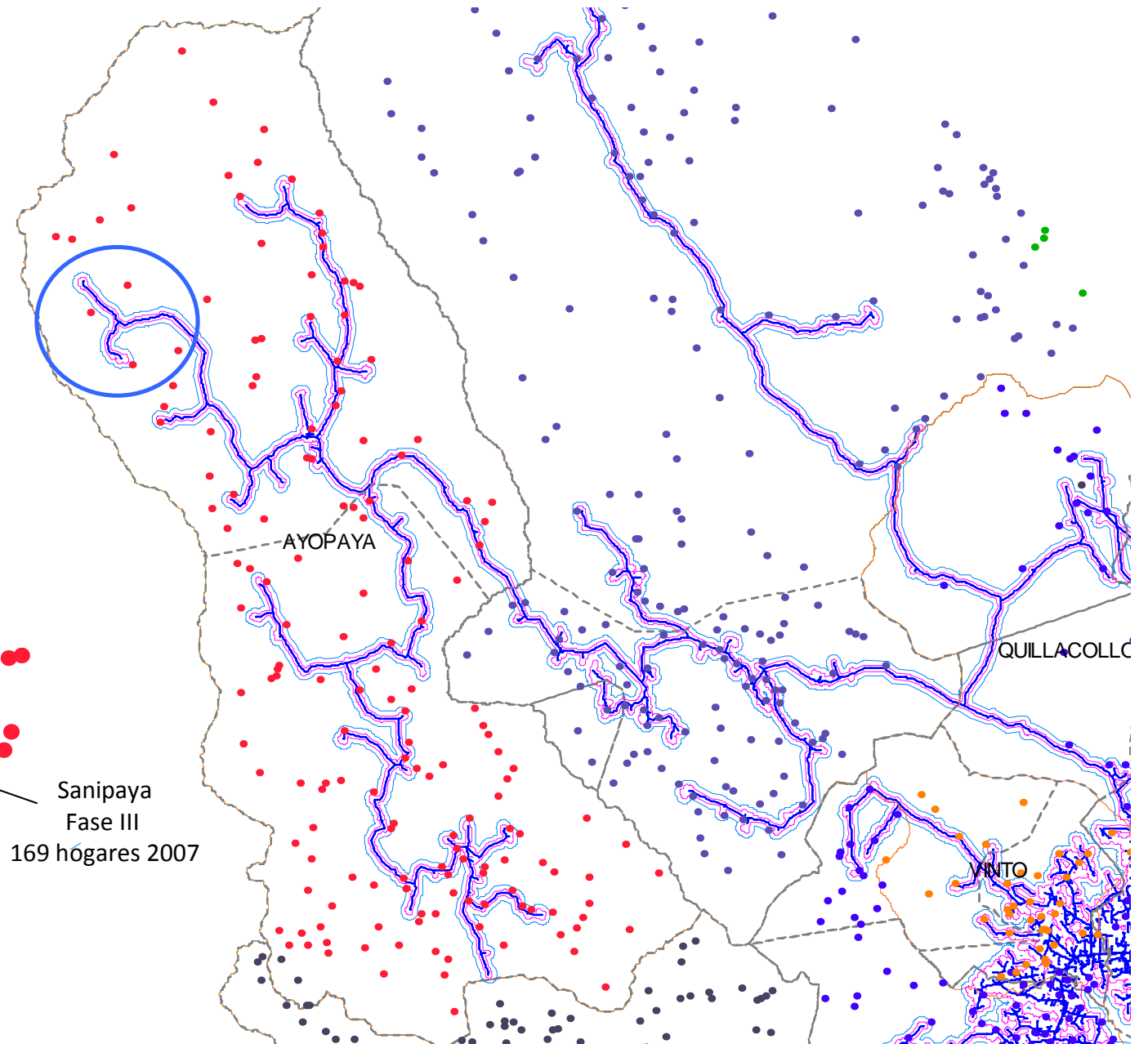
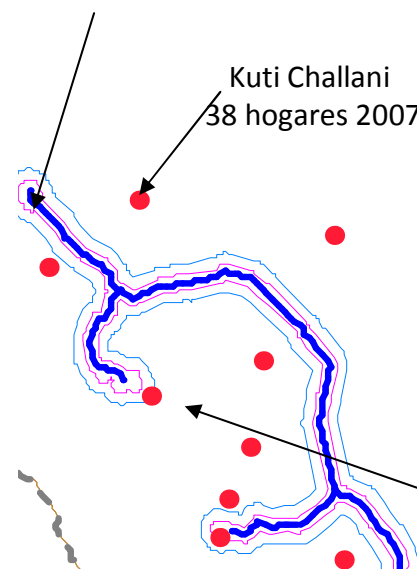
# Localidades y redes



# Un zoom a la realidad...



Red de ELFEC  
Área de cobertura a 200 m.  
Área de cobertura a 500 m





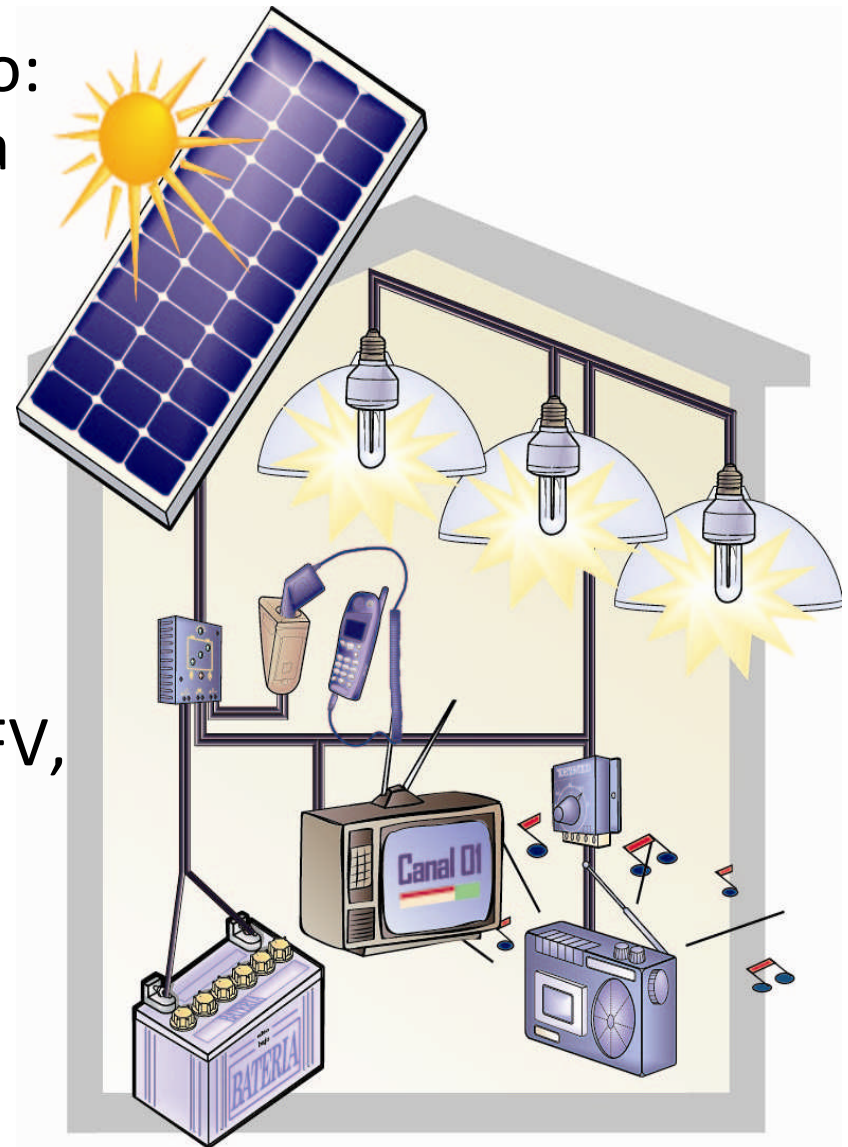
# ¿Cómo se abastecen de energía?

Promedio familiar anual de Energético Consumido	Cantidad
GLP	0,6 Garrafas/año
Diesel/kerosene	31 litros/año
Pilas linterna	24 pares/año
Velas:	151 und/año
Pilas radio:	32 pares/año
Biomasa	2,1 Tn/año

- En las comunidades de altura el gasto medio es de 33 \$US/año en pilas, velas, mecheros y GLP

# El modelo existente hoy

- Mix de subsidio y micro crédito: subsidio entre 60% y 40% en la inversión + crédito para el usuario
- Garantía: el mismo SFV
- Esquemas de mantenimiento por 2 y 4 años con técnicos locales
- Se instalaron cerca a 20.000 SFV, con este modelo
- En 2011 se instalará 7.000 SFV utilizando el mismo modelo

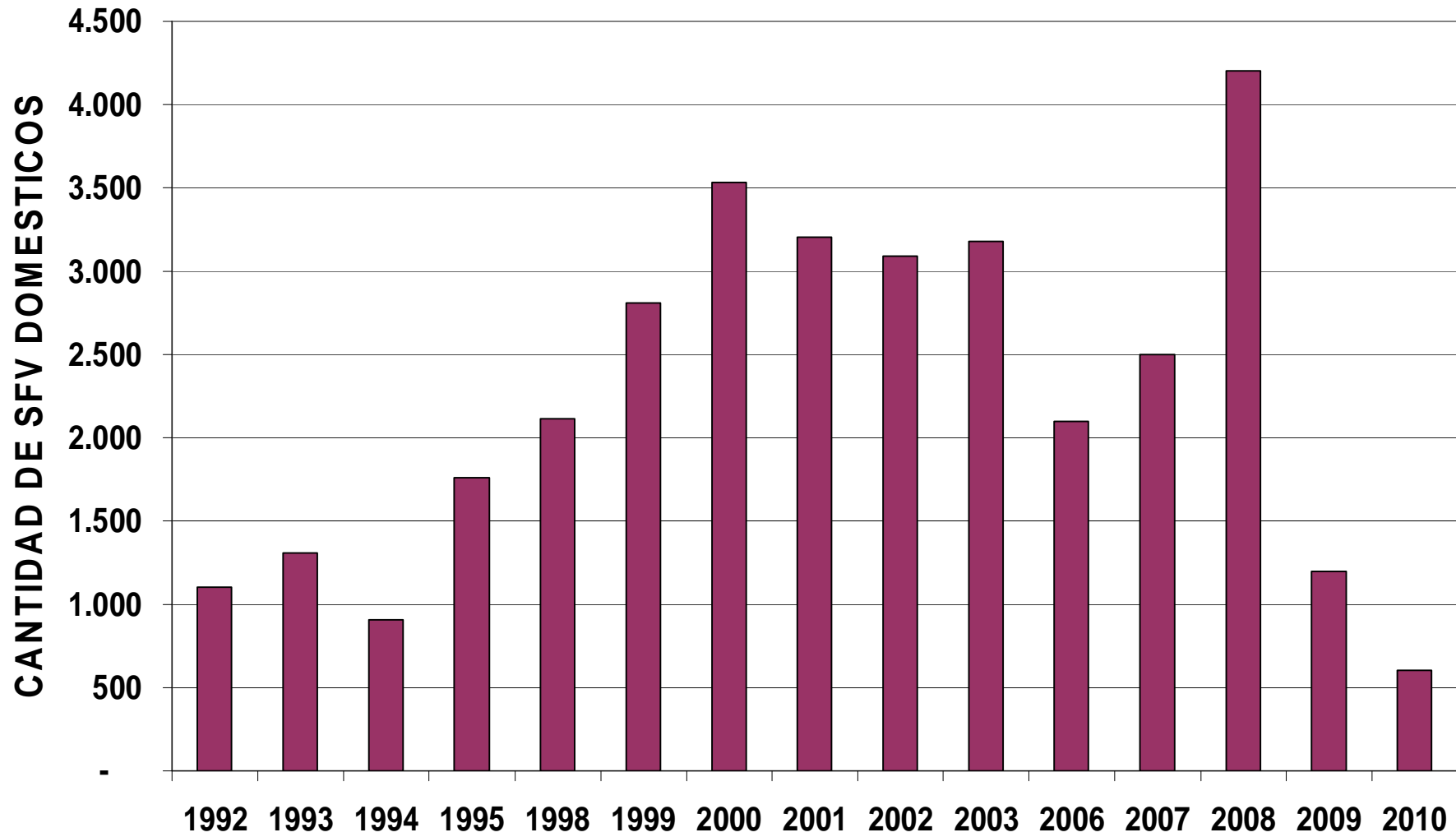


- Responde a un modelo de auto-electrificación donde la barrera es la alta inversión inicial.
- El impulso grande lo dan los proyectos
- La base técnica: **NB 1056**
- Se ha consolidado los aspectos de gestión, capacitación, seguimiento, etc.
- Bolivia se ha posicionado en la exportación de electrónica fotovoltaica y baterías aunque en menor proporción.
- El modelo típico es un SFV doméstico de 50 Wp a un costo medio de 850 \$US incluyendo O&M por 2 años

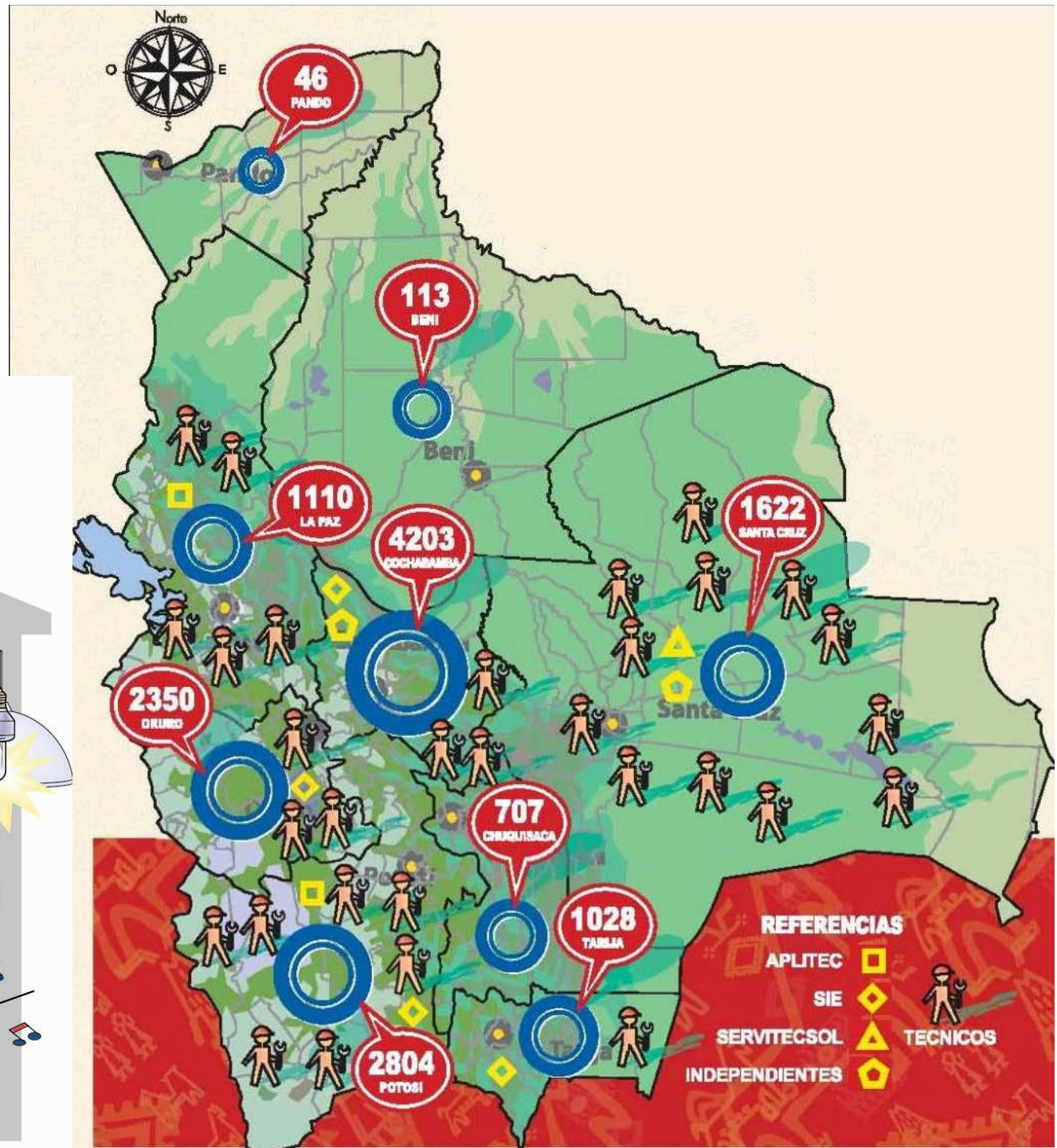
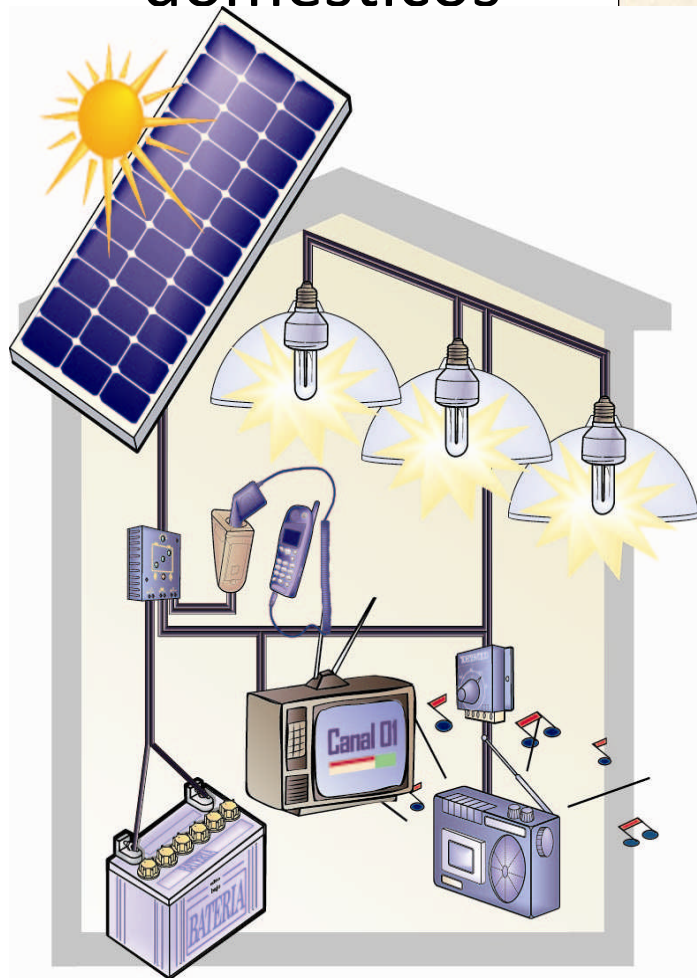
# Instalaciones Fotovoltaicas Existentes

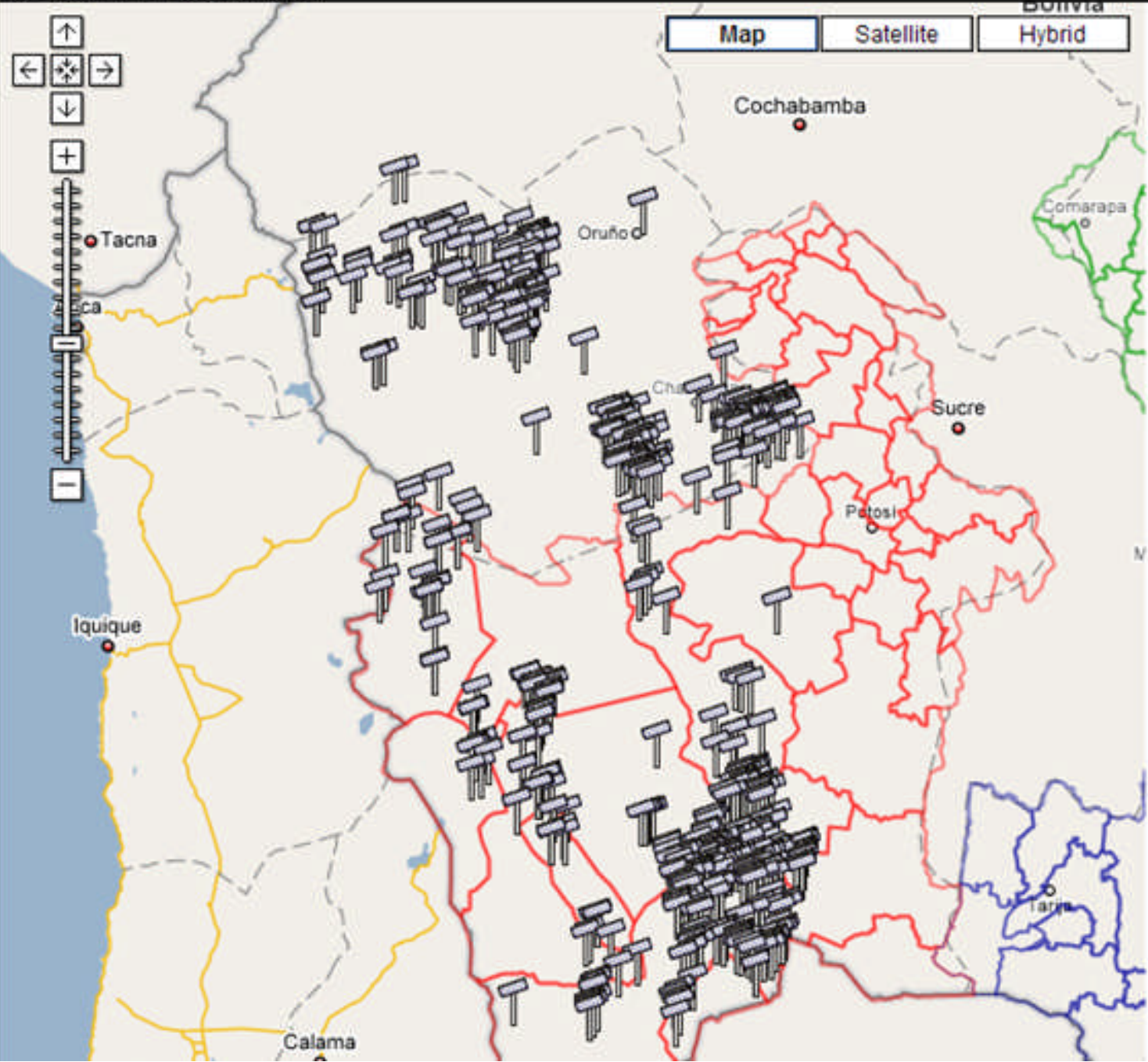
- Existen cerca de 33.500 sistemas fotovoltaicos aislados instalados en el área rural
  - Sistemas instalados en postas y escuelas se estiman en 4.500
  - Sistemas domésticos: 29.000 sistemas fotovoltaicos domésticos instalados
- Un 80% de estos sistemas corresponden a sistemas de 50 Wp

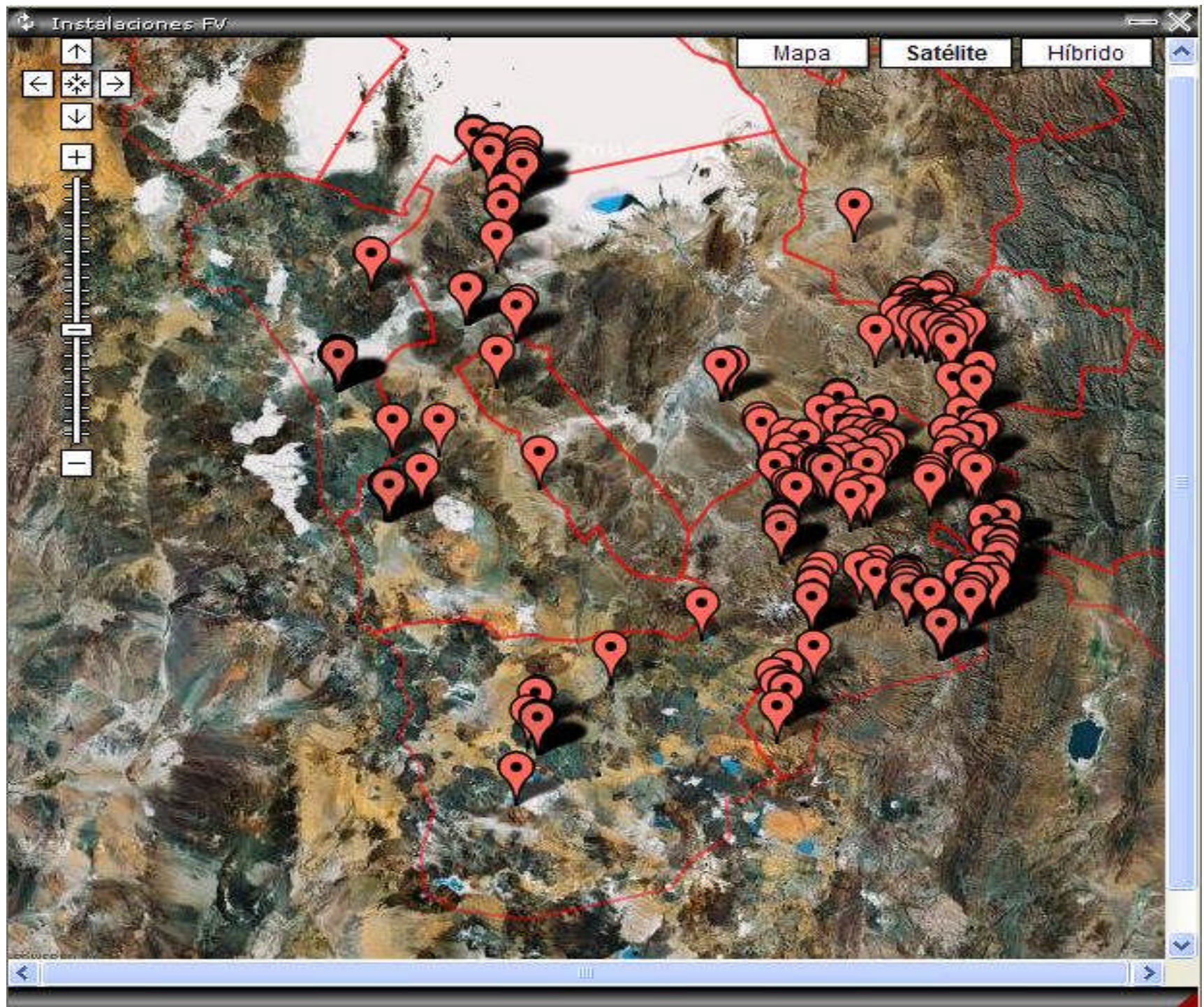
## BOLIVIA: CANTIDAD DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DOMESTICOS INSTALADOS POR AÑO



ENERGETICA  
participó en la  
instalación de  
casi 14.000 SFV  
domésticos

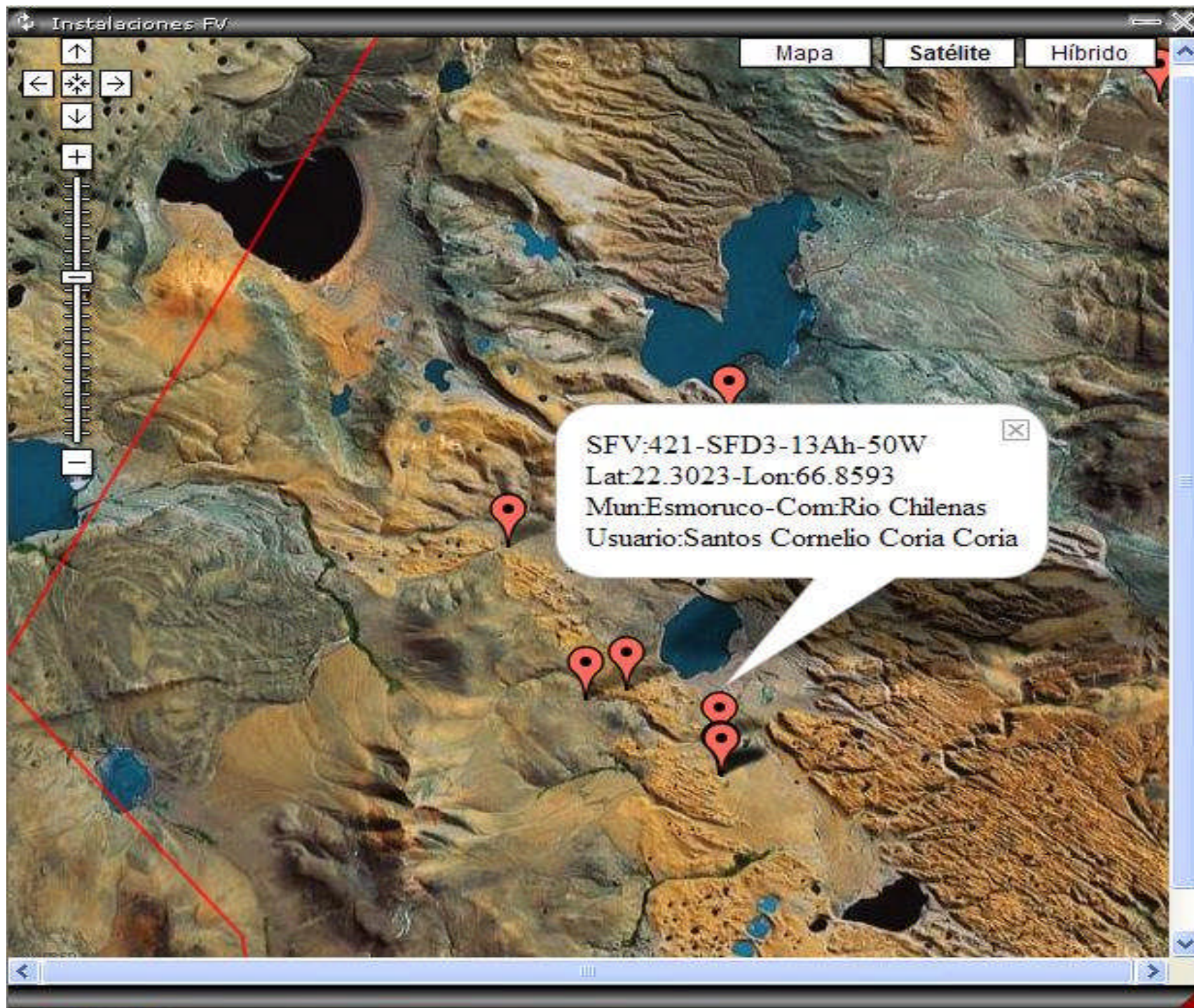










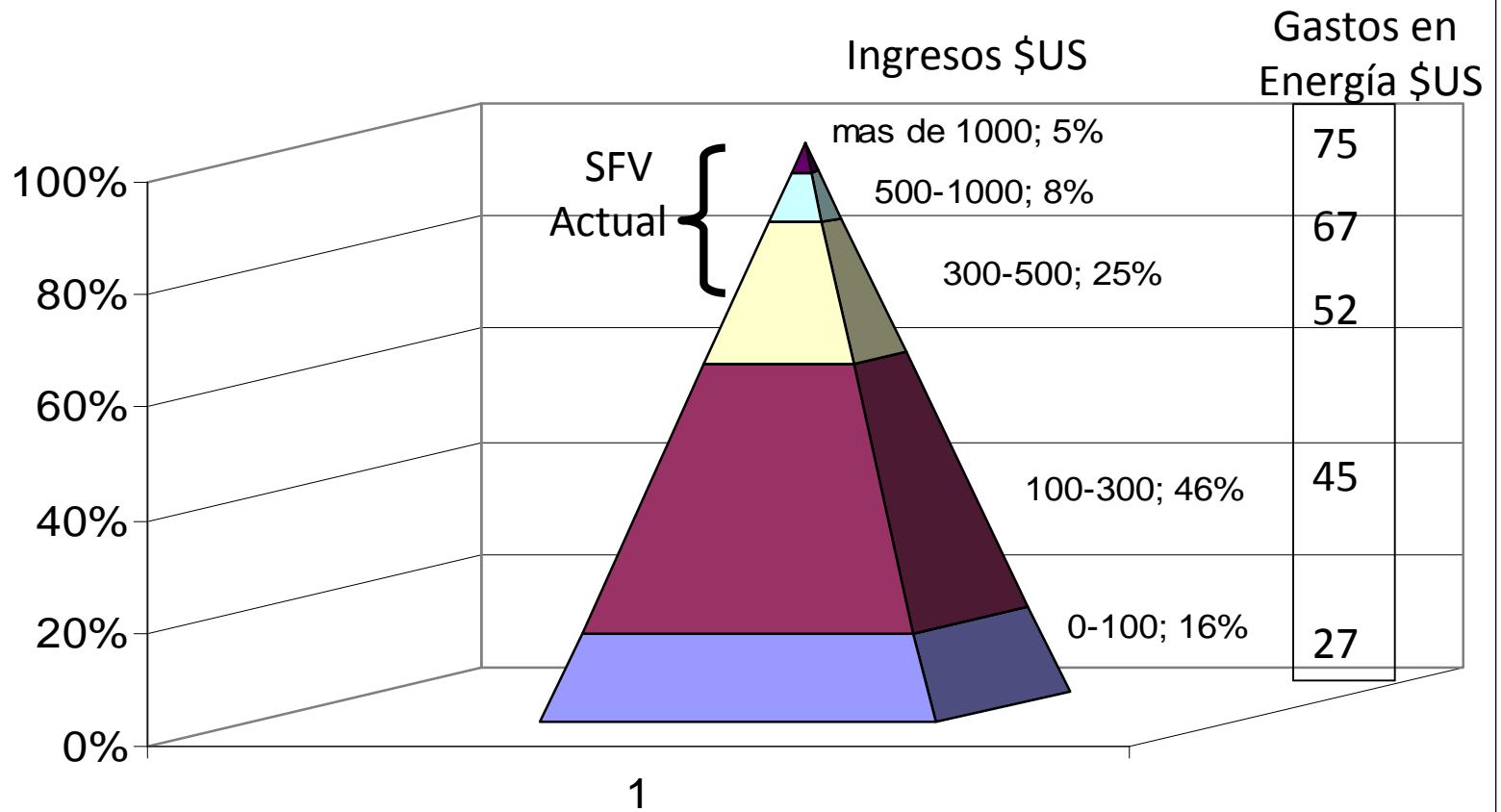


# Lecciones de la última década

- Las demandas se han sofisticado: cargadores de celular, lector de CD, TV, MP3
- Cambios son perceptibles en las familias rurales  
... pero aún no es suficiente.
- Los problemas en los SFV aparecen cuando los proyectos concluyen (**a partir de los 4 años**) y también las necesidades de ampliación
- Las microfinancieras, se están retirando de este tipo de negocios... se vuelven Bancos

- Los usuarios potenciales están cada vez más lejos, y tienen menores ingresos
- Los proyectos han cubierto hasta un 30% del pico de la pirámide
- Se necesita ampliar los modelos de acceso
- Focalizar otras aplicaciones: usos productivos? TIC's?
- Focalizar otros actores: micro empresas locales?
- Aprovechar las innovaciones tecnológicas

### Población por Rango de Ingreso

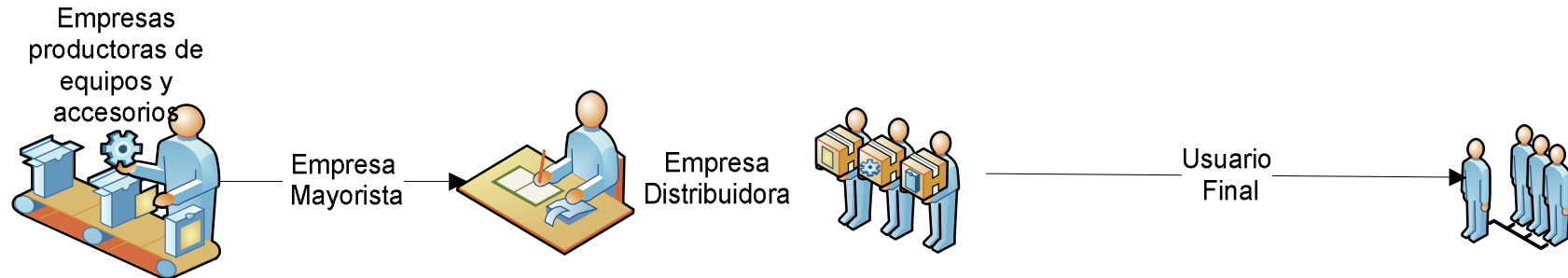


# Desafíos para la Energía Fotovoltaica en Bolivia

- Asegurar la sostenibilidad de lo existente
  - Mejorar la cadena de servicios con técnicos y capacidad local!
- Ampliar la cobertura
  - Innovación tecnológica
- Introducirse en otros nichos
  - Mini y Micro redes existentes

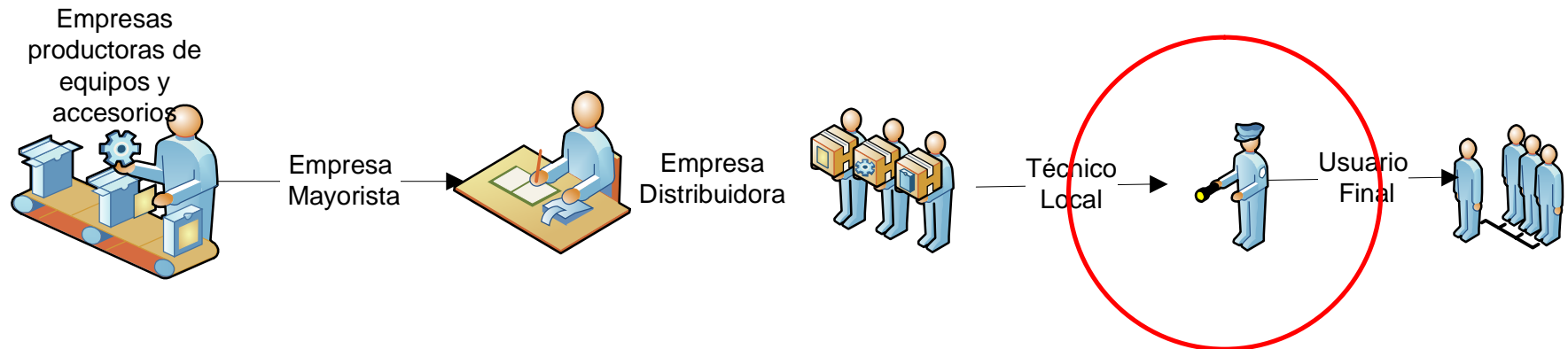
# 1. Ampliar la cadena de suministro

Cadena De Suministro Actual



- El desafío es ampliar esta cadena de suministro que llegue al usuario final

Cadena De Suministro Ideal



- Promocionar la participación de actores locales en el mercado de energía rural qué:
  - Suministren equipos, servicios, asistencia técnica
  - Que enlacen las demandas de la gente con las ofertas existentes
  - Que tengan contacto con la demanda potencial



# Desafíos para crear MEM

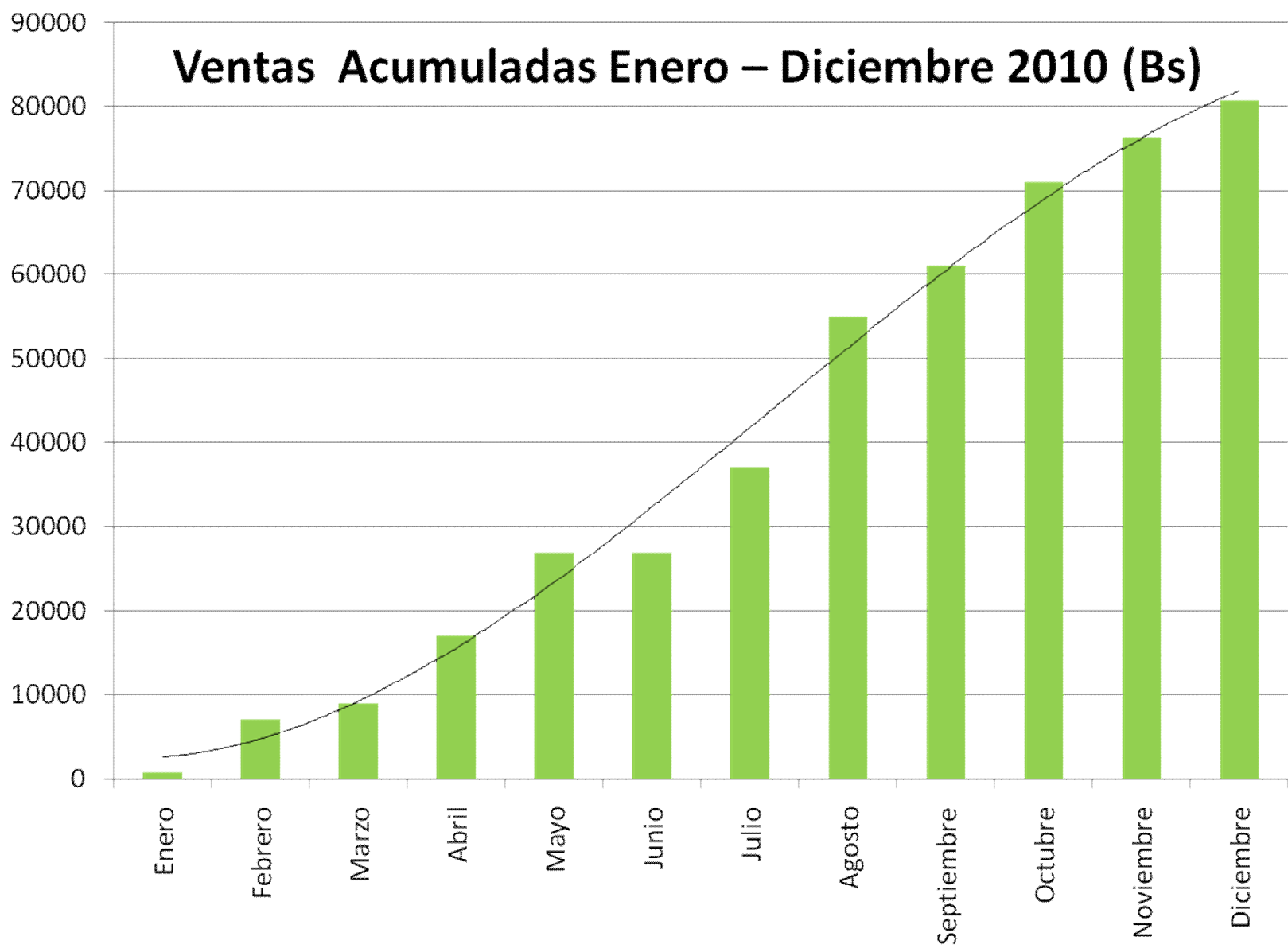
- Formación de Capital
  - las empresas participaron con stocks
- Material de Promoción
  - Apoyo con folletos, banners, jingles en radio
- Material de Promoción Directa
  - Equipos demostrativos DVD, catalogo virtual en netbooks
  - Software de mantenimiento
- Herramientas y equipo
  - Netbook, caja de herramientas

# Impactos de las MEM

- 19 Micro empresas formadas
- Atienden a 7355 familias usuarias de SFV
- Cada MEM atiende en promedio 387 usuarios (mínimo 167 máximo 461)
- Existen clientes de proyectos anteriores



## Ventas Acumuladas Enero – Diciembre 2010 (Bs)



## 2. Innovaciones: de los SHS a los pPV de los pPV a los pSHS

- Existe un grupo grande de familias que no accederá a los típicos SHS de 50 Wp
- En los últimos años se dio impulso a los pPV ... pero son soluciones muy limitadas
- No están estandarizadas: oferta desordenada



- Introducir nuevas tecnologías en la electrificación fotovoltaica

Iluminación con LED (potencias de 2 W), 50.000 horas de uso, 120 lm

+ Baterías tipo celular o recargables con alta densidad de energía

+ Micro electrónica para el control de carga/descarga

~~+ Enfoque de uso múltiple y descentralizado~~

=

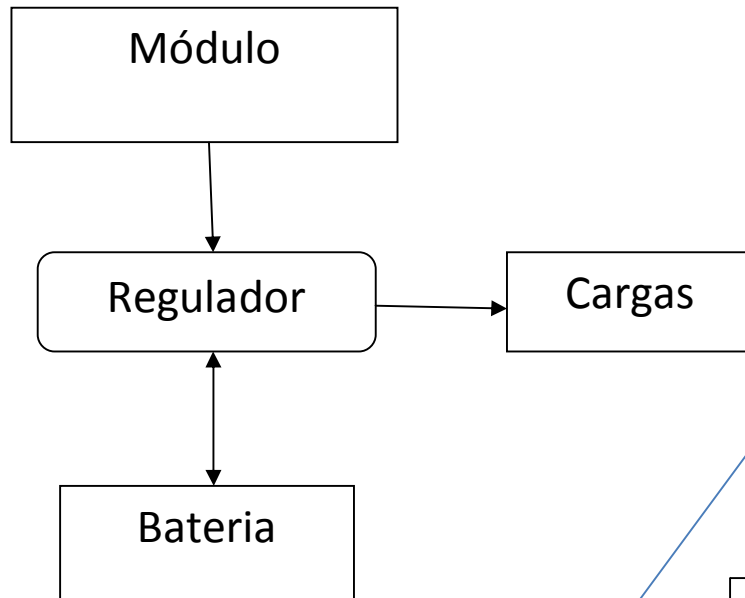
Pico SHS

# Comparación de Consumos de Energía SHS Vs. pSHS

Descripción	Tecnología de SHS actual			Nuevas Tecnologías: pSHS		
	Potencia	Horas	Total Wh/día	Potencia	Horas	Total Wh/día
2 puntos de Iluminación	11	3	66	2	3	12
1 radio	8	6	48	3	6	18
1 Tv/DVD portátil	27	3	81	11	3	33
1 Celular	6	2	12	3	2	6
Demanda total			207			69
Perdidas (16%)			33,12			11,04
<b>Total energía necesaria Wh/día</b>			<b>240,12</b>			<b>80,04</b>

# Configuración SHS vs. pSHS

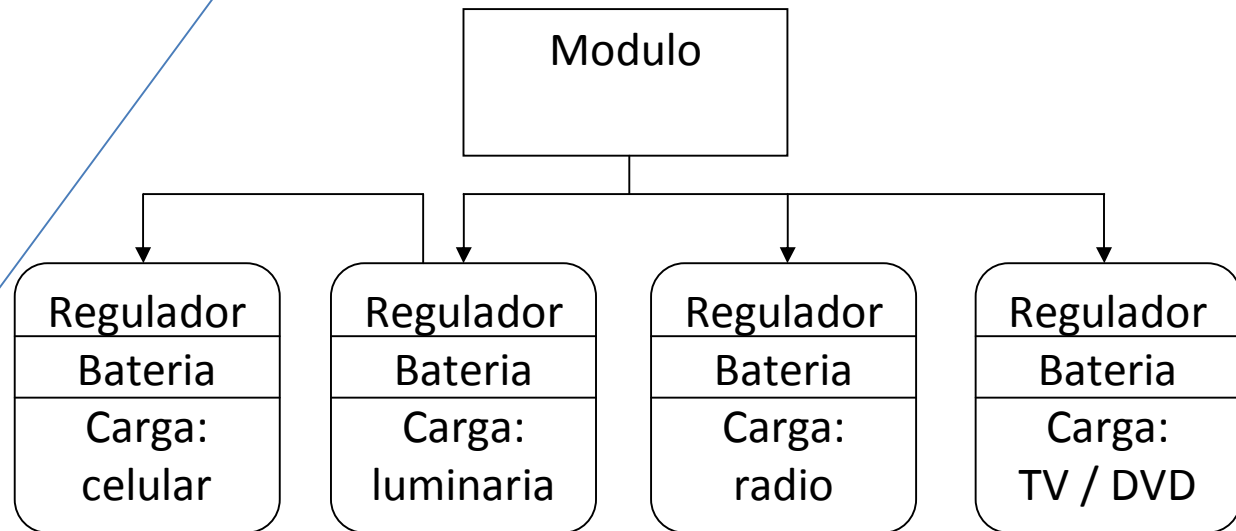
## Configuración de un SHS



Ventajas :

- reposición de la batería
- Portabilidad
- Precio

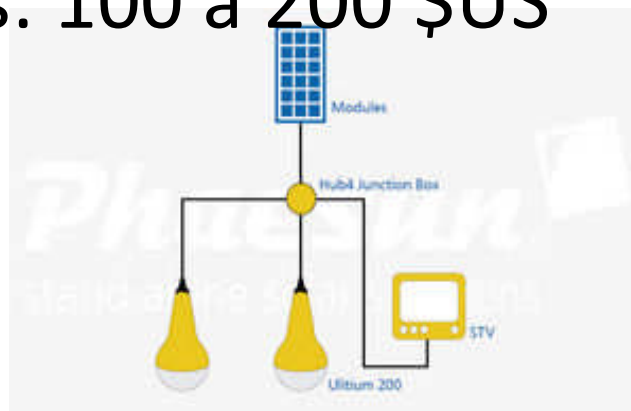
## Configuración de pSHS



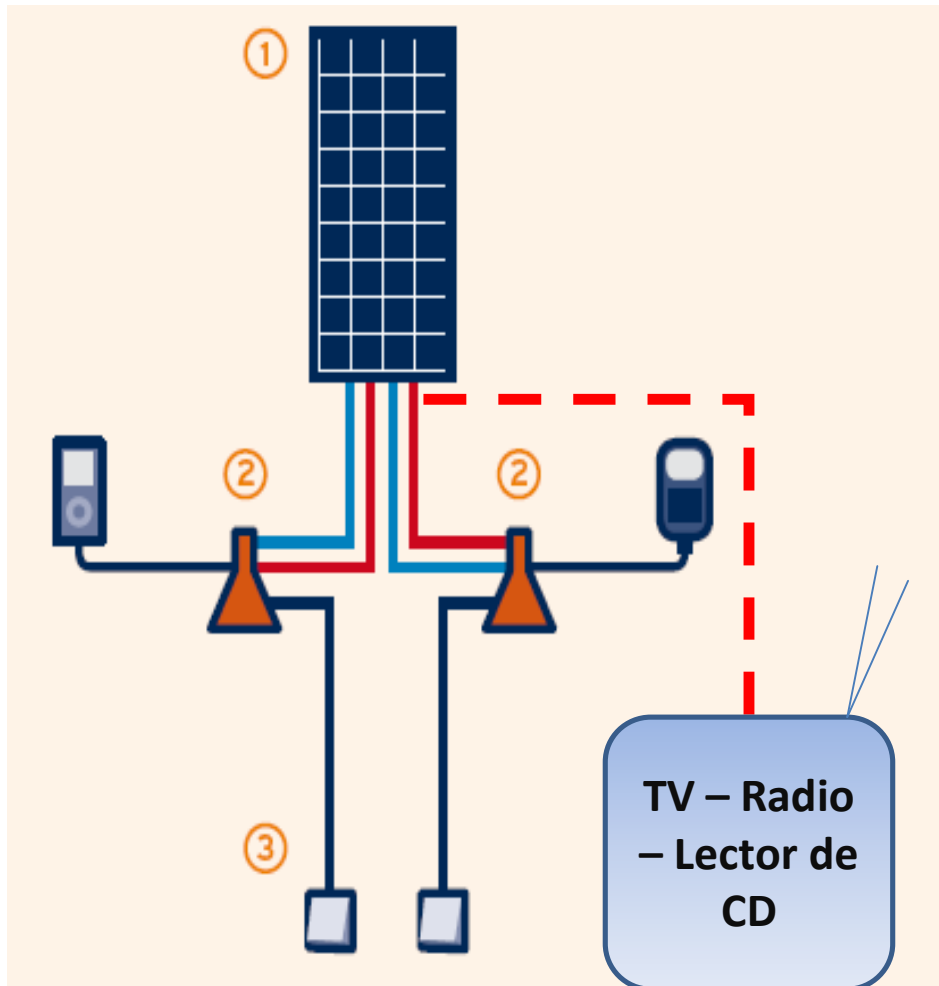


# Oferta en Desarrollo

- Algunas dificultades
  - Diseño específico no intercambiable
  - Uso de voltajes “especiales”
  - Uso de conectores no estándar
- Costos: 100 a 200 \$US



# Los Pico SHS entre 10 Wp y 30 Wp



- Iluminación LED : 2 W, hasta 120 lm, 50.000 h/uso
- Uso de baterías recargables en los mismos cargas
- Inclusión de los reguladores en los cargadores
- Cargador de celulares, MP3
- Se deshecha la batería estacionaria, regulador
- Lógica de plug and play
- Podrían dar el servicio que hoy da un SFV de 50 Wp

**Costo desde 100 hasta 300 \$US**



### 3. Nuevos nichos: Sistemas Aislados a Diesel

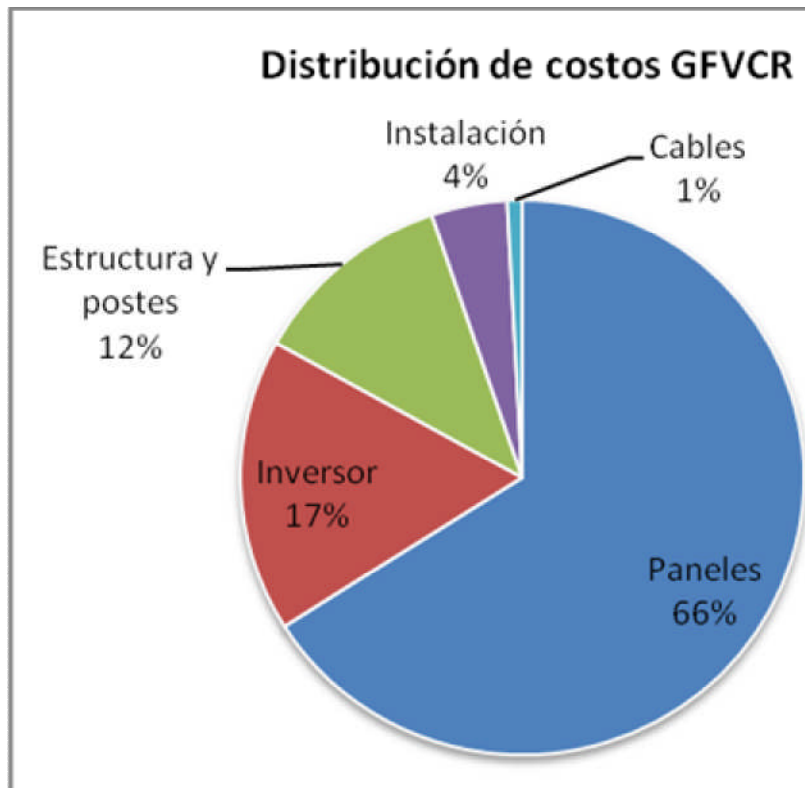
- Existen 78 sistemas aislados menores registrados en Bolivia: 223 MW
- 57 funcionan a diesel: 260 millones litros/año, aprox: 130 MW
- Diesel subvencionado:
  - para generación eléctrica a 1,1 Bs/litro,
  - el precio interno es de 3,72 Bs/litro
  - el precio internacional llega a 7 Bs/litro
- Se estima que existen al menos 100 sistemas aislados pequeños (100 a 300 kW): 20 MW

# Generadores Fotovoltaicos Conectados a Mini y Micro Redes Rurales

Comparación de Producción de Electricidad con  
Generadores Fotovoltaicos: 1 kWp

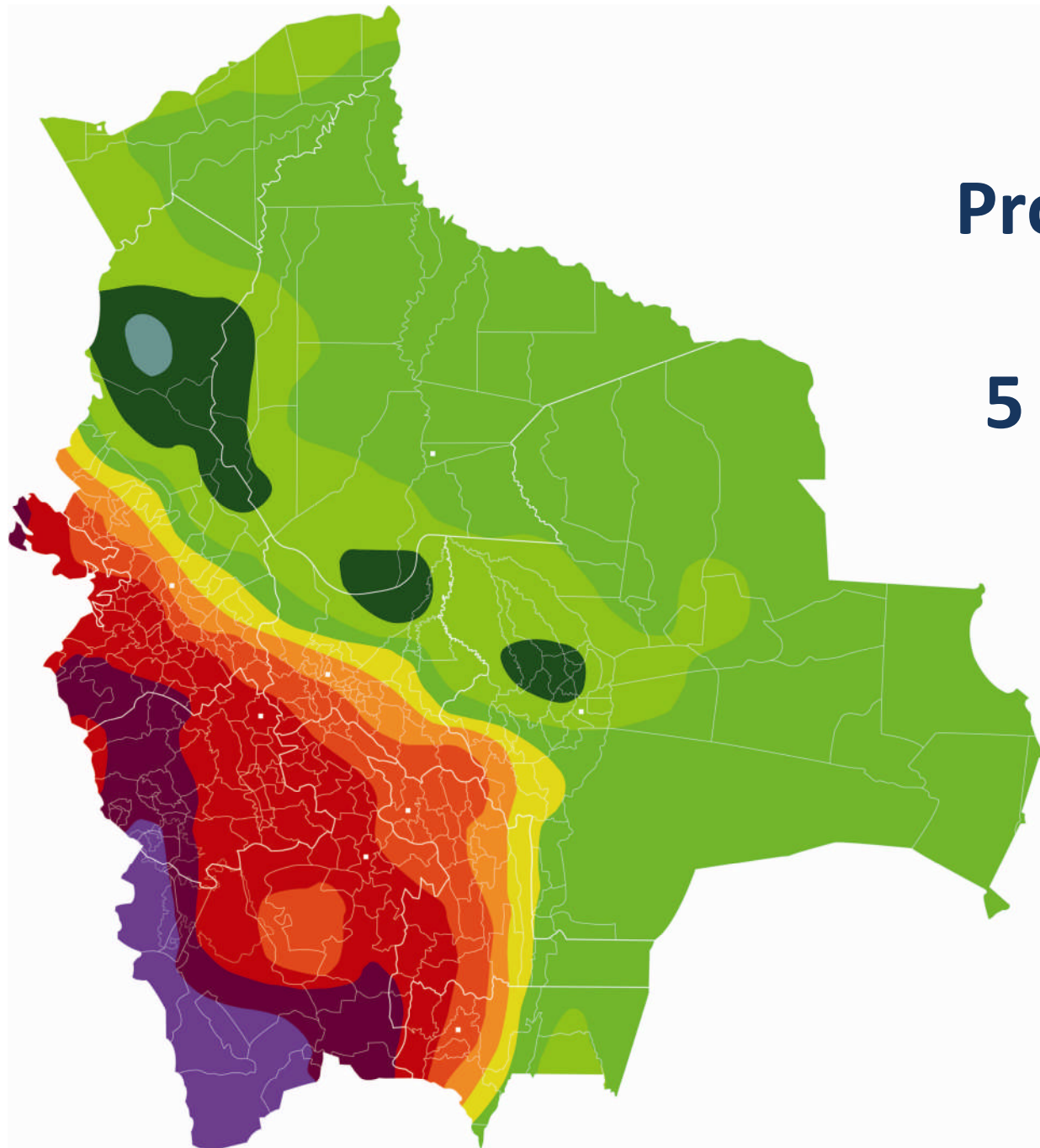
<b>Ciudad</b>	<b>Radiación media horizontal kWh/m<sup>2</sup>/día</b>	<b>Generación media FV diaria kWh/kWp</b>	<b>Producción FV anual kWh/kWp (*)</b>
La Paz – Bolivia	6,78	5,77	2104
Lima – Perú	5,84	4,87	1778
Sevilla – España	4,81	4,42	1612
Quito – Ecuador	5,06	4,11	1502
Belem – Brasil	5,02	4,09	1491
Lyon – Francia	3,31	2,95	1077
Munich – Alemania	3,14	2,89	1054

# Costos de un GFVCR de 2,7 kWp

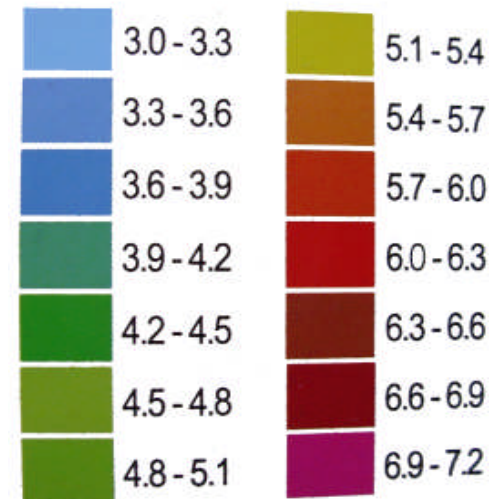


Rubros	Costo \$US	Vida útil	CAE \$US/año (al 6%)
Paneles fotovoltaicos 2,7 kWp	10.368	25	414,72
Inversor Sunnyboy	2.679	20	133,95
Estructura metálica	1.838	25	73,52
Instalación	686	25	27,44
Cables, conectores	135	25	5,40
<b>Total \$US</b>	<b>15.706</b>		<b>655,03</b>

# Radiación Promedio Anual Bolivia 5 kWh/m<sup>2</sup>-día

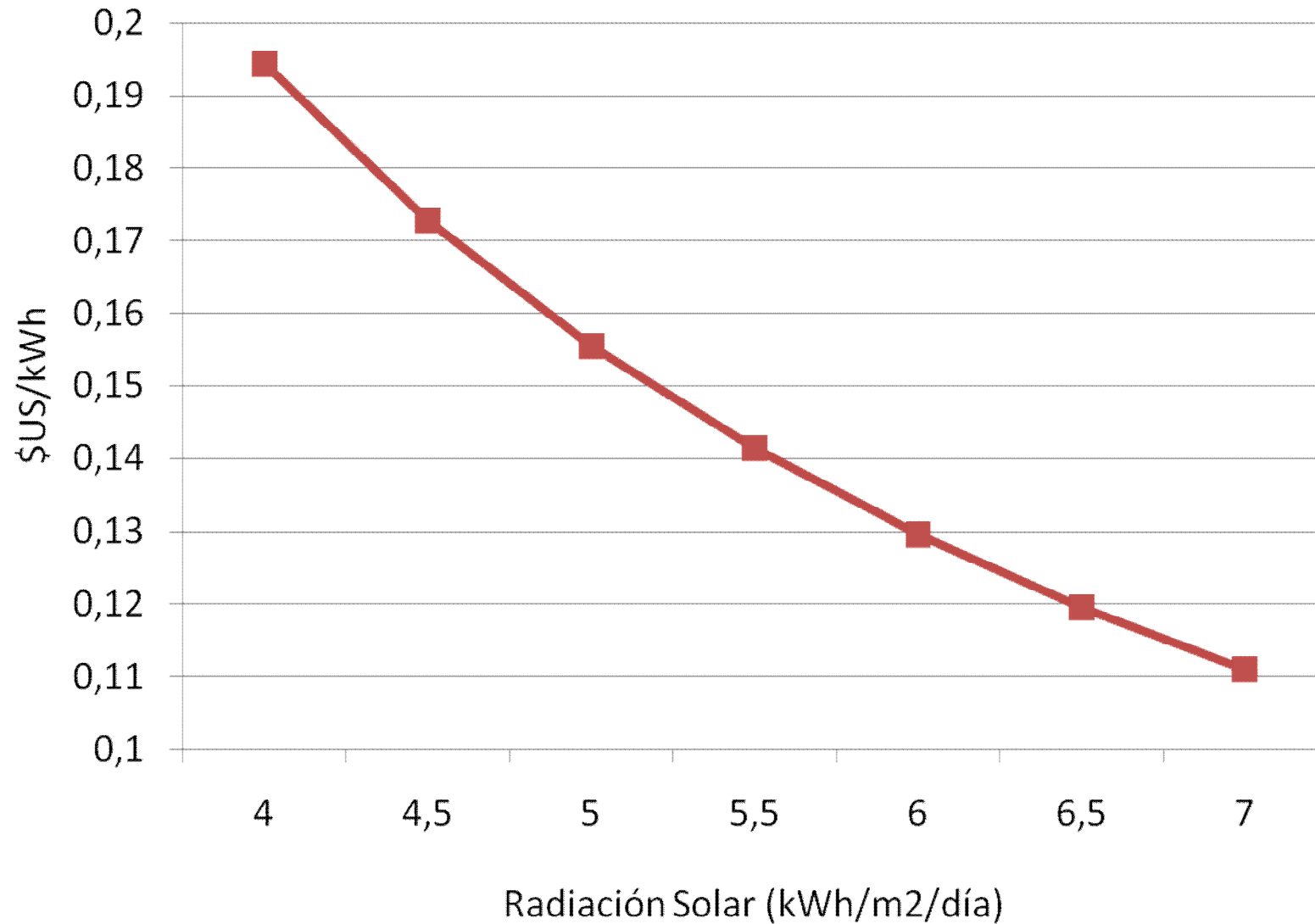


## REFERENCIAS



en kW - h/m<sup>2</sup> - día

# Costos de Producción GFVCR \$US/kWh plantas de 3 kWp





# Potencial de Introducción de GFVCR

- Potencias típica de 3 kWp
- Para disminuir el consumo de diesel en sistemas aislados, 15%:
  - 22 MW (corto plazo, con política adecuada)
- Como generadores distribuidos en las ciudades:
  - 105 MW (a mediano plazo en función de precios de módulo y política tarifaria de autoconsumo)

# Conclusiones

- Paradójicamente, alargar la cadena de suministro podría ser mas rentable para las empresas grandes
- Las innovaciones tecnológicas replantean el modelo de 50 Wp: hacia un pico SHS?, replanteando los modelos de financiamiento
- Los GFVCR pueden ganar un nicho en el mercado de las mini y micro redes.
- Lo más importante es construir la presencia de actores locales en las comunidades, sino, los SFV seguirán siendo solo proyectos y no soluciones sostenibles

Gracias por su atención.



**ENERGÉTICA**

ENERGÍA PARA EL DESARROLLO

*energía con equidad*

[www.energetica.org.bo](http://www.energetica.org.bo)

