



*IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES\_CLA) y XVII  
Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES), Cusco, 1 -5.11.2010*

***Utilización de la energía fotovoltaica en pequeñas actividades  
productivas en zonas rurales***

*L. Roberto Valer Morales – [robvaler@usp.br](mailto:robvaler@usp.br)*

*Roberto Zilles – [zilles@iee.usp.br](mailto:zilles@iee.usp.br)*

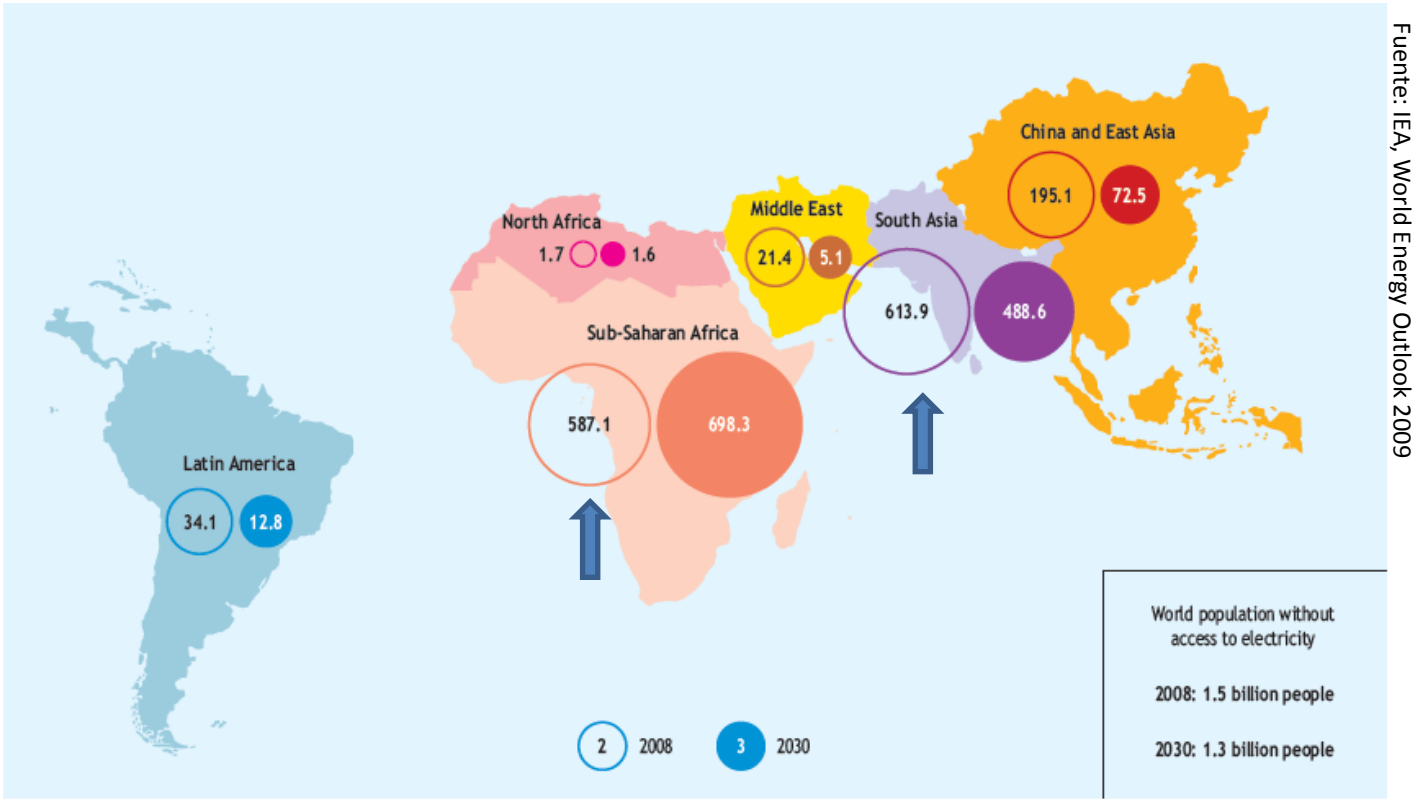
*Universidade de São Paulo, Instituto de  
Eletrotécnica e Energia*

*Cusco, 04 de noviembre de 2010*

# Contextualización del tema

Alto número de personas sin acceso a electricidad y que viven en condiciones de pobreza

## Población mundial sin acceso a electricidad



41% de la población mundial sin acceso a electricidad vive en Asia del Sur, 39% en Africa subhariana\*

\*Datos del 2008

# Contextualización del tema

Alto número de personas sin acceso a electricidad y que viven en condiciones de pobreza

## Población mundial sin acceso a electricidad

	Electrification rate (%)			Population without electricity millions
	Total	Urban	Rural	
Argentina	97.2	99.6	70.0	1.1
Bolivia	77.5	98.2	38.0	2.2
Brazil	97.8	99.5	88.0	4.3
Chile	98.5	99.0	95.0	0.3
Colombia	93.6	99.6	76.0	3.0
Costa Rica	99.1	99.8	98.0	0.0
Cuba	97.0	100.0	87.8	0.3
Dominican Republic	95.9	98.4	90.4	0.4
Ecuador	92.2	99.6	78.0	1.1
El Salvador	86.4	97.1	70.0	0.9
Guatemala	80.5	93.7	68.0	2.7
Haiti	38.5	68.9	11.7	6.0
Honduras	70.3	97.9	45.0	2.1
Jamaica	92.0	99.5	83.4	0.2
Netherlands Antilles	99.9	100.0	99.0	0.0
Nicaragua	72.1	95.0	42.0	1.6
Panama	88.1	94.0	72.0	0.4
Paraguay	94.5	98.8	88.0	0.3
Peru	76.9	96.4	28.0	6.5
Trinidad and Tobago	99.0	99.9	99.0	0.0
Uruguay	99.5	99.4	82.4	0.0
Venezuela	99.0	100.0	85.0	0.3
Other Latin America	91.2	99.0	72.0	0.3
<b>Latin America</b>	<b>92.7</b>	<b>98.7</b>	<b>70.2</b>	<b>34.1</b>

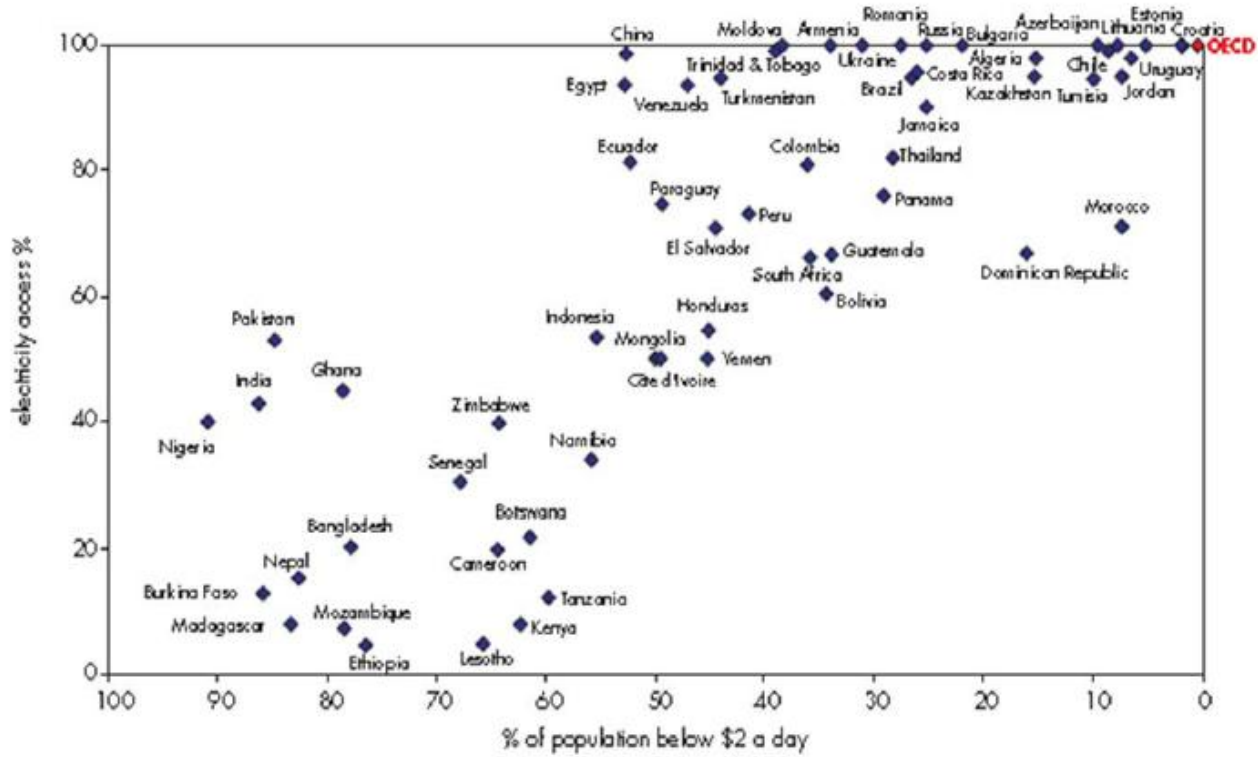
Fuente: IEA, World Energy Outlook 2009\*

\*Datos del 2008

# Contextualización del tema

Alto número de personas sin acceso a electricidad y que viven en condiciones de pobreza

## Existencia de una relación entre pobreza y el acceso a electricidad

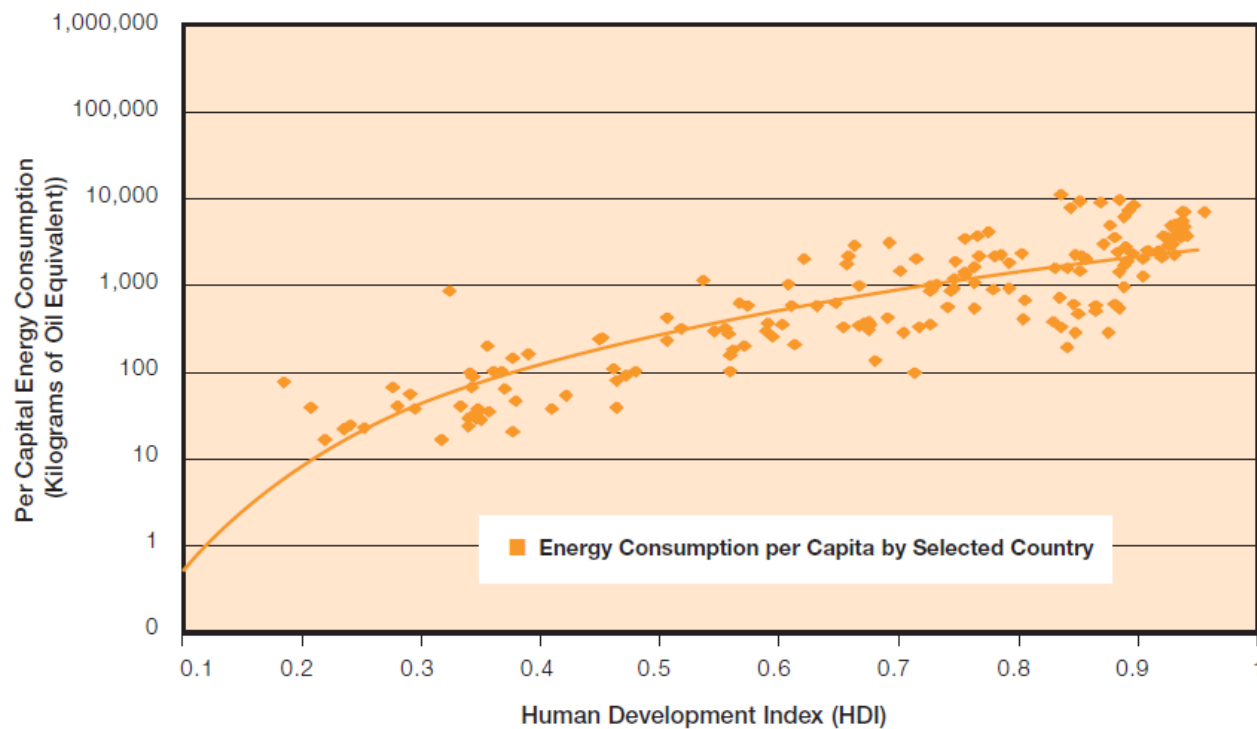


Fuente: IEA, World Energy Outlook 2002

# Contextualización del tema

Alto número de personas sin acceso a electricidad y que viven en condiciones de pobreza

## Existencia de una relación entre pobreza y el acceso a energía



Fuente: PNUD, The Energy Challenge for Achieving the Millennium Development Goals (2005)

# Contextualización del tema

Habitantes de la zona rural dependen de actividades agrícolas para su subsistencia

La agricultura es una fuente de sobrevivencia para casi 86% de los habitantes de la zona rural. Proporciona empleos a 1,3 billones de pequeños agricultores y trabajadores sin tierra.

Fuente: Banco Mundial 2008.



## Definiciones

*“El uso productivo de la energía implica el aprovechamiento de la energía eléctrica y no eléctrica (calor o energía mecánica) para actividades que mejoren los ingresos económicos y el bienestar de las familias”*

*Kapadia, 2004*

*“En un contexto que envuelve el desarrollo sostenible de las zonas rurales, esta energía debería ser producida por fuentes renovables y tener una influencia positiva en alguna de las tres principales componentes del índice de desarrollo humano (producto bruto interno, expectativa de vida y nivel de educación.”*

*White, 2002*

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

## Aplicaciones productivas y consumo eléctrico promedio

<b>Aplicación agrícola</b>	<b>Rango típico de potencia (kWp)</b>
Riego	1-3
Agua para abrevaderos	0,5 -1
Cercado eléctrico	0,02 -100
Electrificación de granjas (iluminación, seguridad)	0,05 - 0,5
Secado forzado	0,1 – 1
Iluminación de corrales, granjas y chacras	0,2 – 3
Bombeo de agua para piscigranjas	0,5 – 3
Aeración – acuaculturas	0,2 – 1
Trampas de luz para insectos	0,01-0,02 por lámpara
Refrigeración de vacunas para ganado	0,05-0,1
Refrigeración de productos agrícolas	0,5 - 10+
Maquinas de hielo	2 – 10
Telecomunicación	0,2 - 0,3

Fuente: Weingart (2003)

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

## Experiencias con aplicaciones productivas - Perú

“Electrificación de poblaciones insulares y circundantes del lago Titicaca con electricidad fotovoltaico”:

421 sistemas domiciliarios de 30 y 50 Wp en las islas de Taquile, Uros, Amantan, Soto y Huancho

Proyecto multinacional “energización sustentable en comunidades rurales aisladas con fines productivos”

Secador invernadero de tiro forzado y de un secador indirecto también de tiro forzado, así como para la electrización de los ambientes de trabajo para las actividades previas y posteriores al secado.

Proyecto implementación de un (1) sistema fotovoltaico productivo (SFVP) y su modelo de administración”

Electrificación de un taller comunal para artesanías textiles a base de fibra de alpaca y la implementación del taller con maquinaria especializada (maquinas de costura, hiladoras y remalladoras).

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

## Experiencias con aplicaciones productivas - Iberoamerica

Argentina: Pequeñas aplicaciones fotovoltaicas en zonas áridas (sistemas domiciliarios, sistema comunal en la escuela y sistema de bombeo FV).

Bolivia: Implementación de una infraestructura productiva para abrevaderos y pequeños huertos comunales en el Municipio de Pasorapa

Brasil: Análisis de un sistema de riego en la región semiárida del Nordeste, utilizando el bombeo de agua accionado por generadores fotovoltaicos con concentradores tipo V.

Cuba: Electrificación de la Comunidad Rural "La Magdalena".

México: Electrificación de la comunidad pesquera de Puerto Alcatraz en la Isla Margarita BCS.

Nicaragua: Producción artesanal de paneles fotovoltaicos

Paraguay: Proyecto Multilateral OEA Argentina, Paraguay, Perú y

Uruguay SEDI/AICD/AE N° 204/03 "Energización Sustentable en Comunidades Rurales Aisladas con Fines Productivos"

Portugal: Fachada Fotovoltaica - Edificio Solar XXI

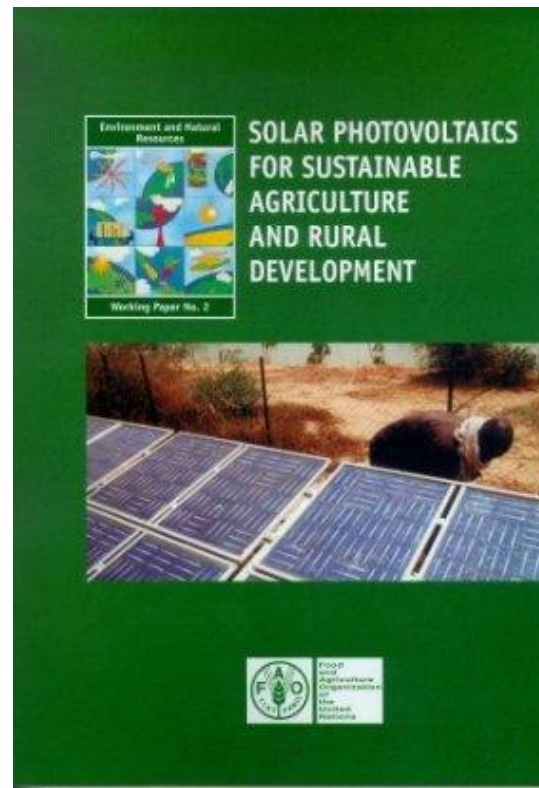
Uruguay: Apoyo al ecoturismo en Serranías de Laureles

<http://fc.uni.edu.pe/riasef/Proyectos%20FV%20productivos%20iberoamericanos/Proyectos%20FV%20productivos.htm>

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

## Experiencias con aplicaciones productivas - mundo

Van Campen, B.; Guidi, D.; Best, G. 2000. Solar Voltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development, FAO Rome.



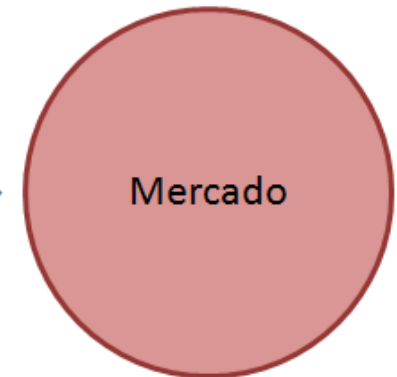
[www.fao.org/sd/spdirect/SPdocuments/fVfulltext.pdf](http://www.fao.org/sd/spdirect/SPdocuments/fVfulltext.pdf)

# Usos productivos de la energía

- Energia
- Equipamentos, maquinarias e ferramentas
- Financiamento
- Recursos humanos



- Infraestrutura para o transporte e a comercialização
- Marco legal adequado
- Segurança



## Referencias Bibliográficas:

- White (2002)
- US NREL (2002)
- Meadows (2003)
- Shrestha (2005)

## Usos productivos de la energía - Beneficios

- Mejora del ingreso económico de las familias y microempresas
- Mejora de la productividad
- Aumento del valor agregado del producto al mejorar el proceso de producción, procesamiento, conservación y distribución.
- Reducción de costos de operación relacionados al uso de energía.
- Mejora de las condiciones para la creación de microempresas y la generación de empleos
- Mejora de la sostenibilidad de los proyectos de electrificación, principalmente por aumentar la demanda eléctrica y crear condiciones más atractivas para nuevas inversiones y de obtención de créditos por entidades financieras.
- Obtención de los objetivos del milenio porque se crean beneficios en diversas áreas como la salud y educación cuando los proyectos son implementados en planos que favorezcan las mejoras de las condiciones de vida, la reducción del trabajo pesado y la reducción de los impactos ambientales.

### Referencias Bibliográficas:

- White (2002)      - US NREL (2002)
- Meadows (2003)   - Shrestha (2005)

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

## Barreras Técnicas

- Disponibilidad de equipos y materiales de repuesto.
- Disponibilidad de técnicos para mantenimiento e instalación.
- Disponibilidad de profesionales capacitados para el diseño de proyectos.
- Información sobre recursos naturales (radiación, vientos, potencial hídrico)

- Alto costo inicial de los SFVP
- Dificultad de acceso a crédito / elevadas tasas de interés.

## Barreras Económicas y Financieras

## Barreras Informativas

- Desconocimiento/ miedo por parte de los usuarios potenciales.
- Desconocimiento /miedo por parte de los tomadores de decisión (representantes de gobierno, agentes bancarios e inversionistas)

# Aplicaciones productivas de la energía solar fotovoltaica

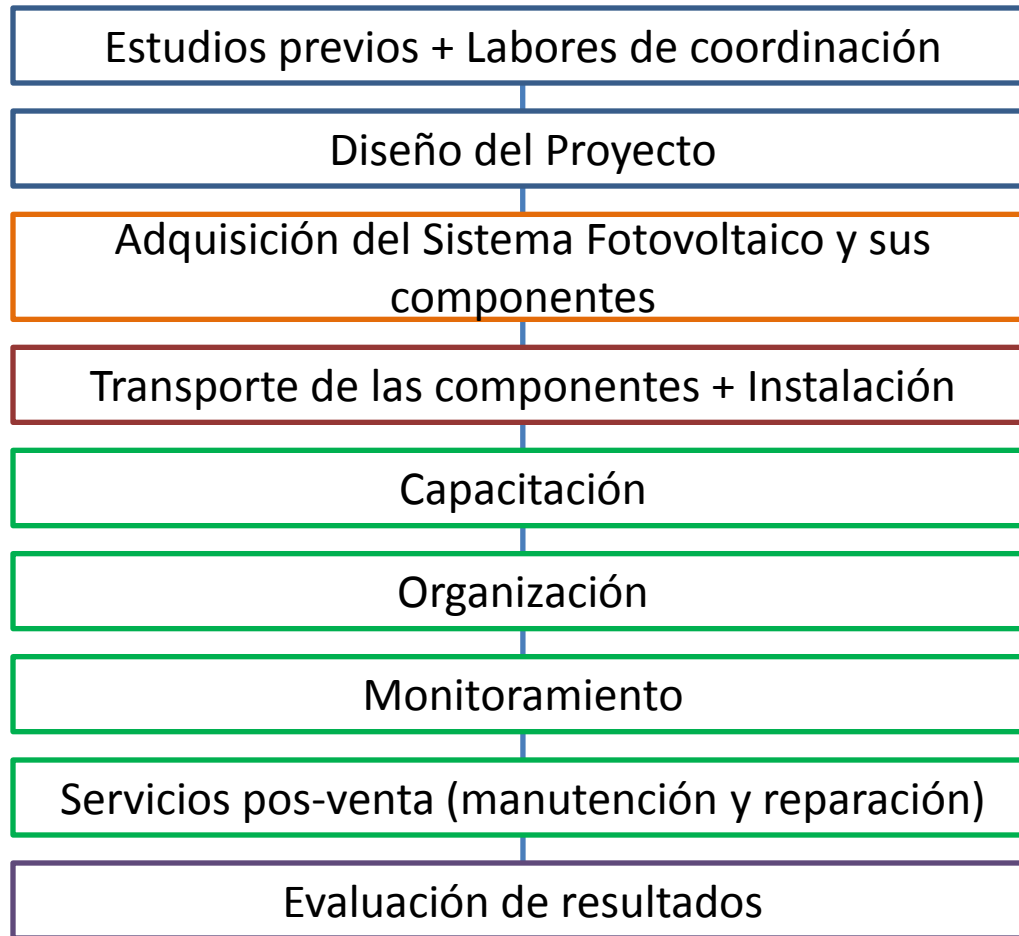
## Barreras comerciales

- Infraestructura adecuada para la comercialización, promoción, asistencia técnica y mantenimiento de este tipo de las componentes de los SFV (módulos, inversores, controladores, baterías solares, etc.).
- Falta de competitividad en precios (monopolios)
- Oferta inadecuada de productos.

## Barreras institucionales y regulatorias

- Existencia de instituciones locales (de carácter gubernamental o privadas) con mayor impacto
- Políticas gubernamentales adecuadas.
- Existencia de líneas de crédito accesibles para la adquisición de estas tecnologías

# Usos productivos de la energía



# Usos productivos de la energía

## 1. Selección de la comunidad y estudio de las condiciones para el desarrollo de la actividad productiva

### Criterios para la selección de la comunidad

- Localización del lugar
- Número o el porcentaje total de los posibles beneficiarios con respecto a la población total
- Sistema de organización local existente
- Nivel socioeconómico de la población
- Dependencia y afinidad de la población a una o más actividades productivas
- Nivel educativo
- Voluntad de participación de los beneficiarios en el proyecto
- Abundancia de fuentes de energía utilizables
- Existencia de proyectos de desarrollo complementarios anteriores o simultáneos

# Usos productivos de la energía

## 1. Selección de la comunidad y estudio de las condiciones para el desarrollo de la actividad productiva

### Criterios para la selección de la comunidad

- Localización del lugar
- Número o el porcentaje total de los posibles beneficiarios con respecto a la población total
- Sistema de organización local existente
- Nivel socioeconómico de la población
- Dependencia y afinidad de la población a una o más actividades productivas
- Nivel educativo
- Voluntad de participación de los beneficiarios en el proyecto
- Abundancia de fuentes de energía utilizables
- Existencia de proyectos de desarrollo complementarios anteriores o simultáneos

# Usos productivos de la energía

## 1. Selección de la comunidad y estudio de las condiciones para el desarrollo de la actividad productiva

### Factores internos

- Dependencia de la actividad con los recursos naturales (el clima, la riqueza del suelo, el acceso al agua)
- Recursos humanos (la calidad y cantidad necesaria de la mano de obra y su afinidad hacia la actividad productiva)
- Recursos tecnológicos
- Infraestructura
- Recursos financieros disponibles.

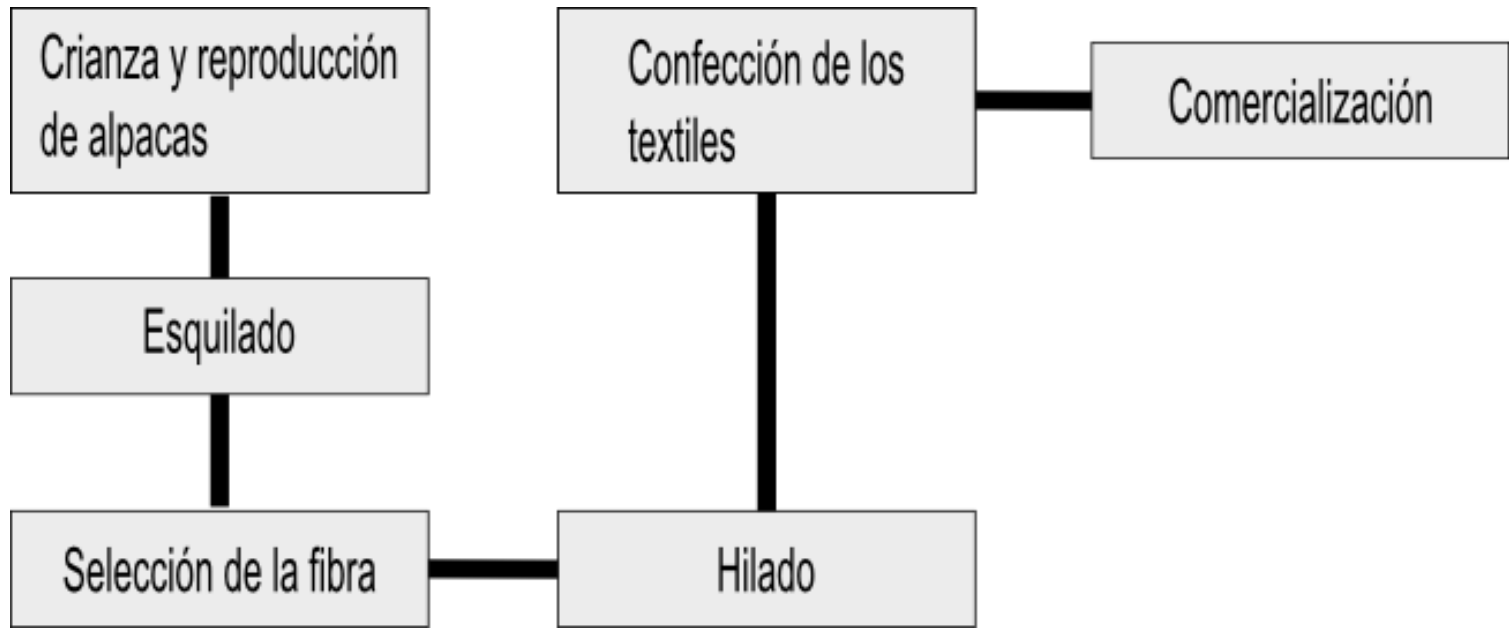
### Factores externos

- Características del mercado (oferta y demanda)
- Servicios de apoyo (acceso a insumos, asistencia técnica, créditos, medios de transporte para la mercadería y los servicios de seguridad para producir, almacenar, transportar y comercializar la mercadería).

# Usos productivos de la energía

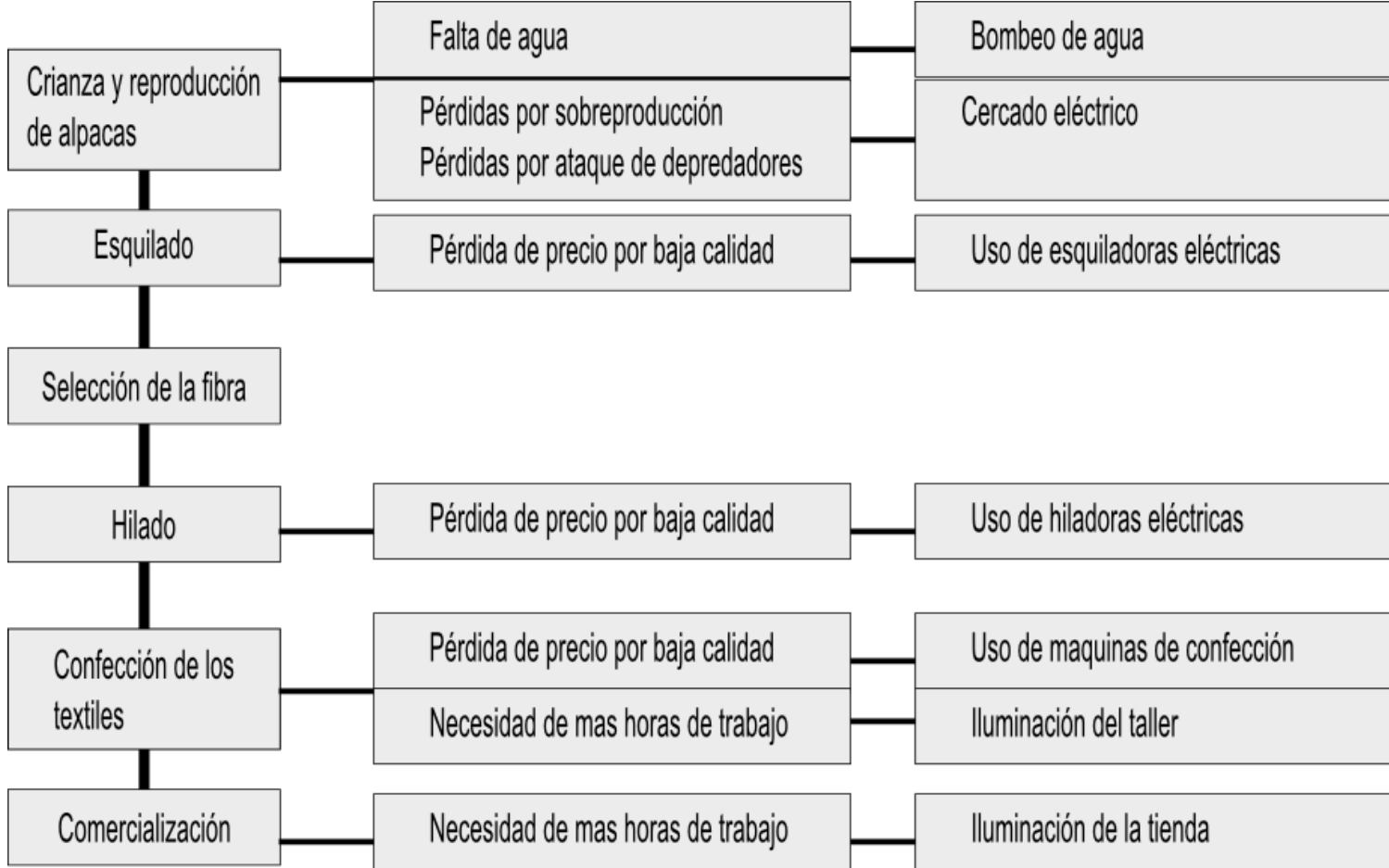
## 2. Analisis de la cadena productiva

Cadena productiva de confección artesanal a base de fibra de alpaca.



# Usos productivos de la energía

## 2. Analisis de la cadena productiva



# Usos productivos de la energía

## 2. Analisis de la cadena productiva

### Viabilidad tecnológica

#### ¿Qué tipo de energía es necesaria en cada eslabón?

##### Pesquisa de requerimientos de energía

- Consumo pico.
- Tasas de energía.
- Demanda promedio.
- Calidad.
- Estabilidad de frecuencia y voltaje.
- Horario de disponibilidad.
- Sensibilidad a los apagones.

#### Referencias Bibliográficas:

- Weingart (2003)

# Usos productivos de la energía

## 3. Evaluación de los recursos energéticos disponibles

### Viabilidad tecnológica

#### **¿Qué fuentes de energía están disponibles?**

##### Levantamiento de los recursos energéticos disponibles

- Existencia y confiabilidad de abastecimiento de electricidad local.
- Existencia de recursos renovables.
- Infraestructura para combustibles.
- Sistema de electrificación primaria o de respaldo.

¿Estas fuentes son compatibles con las características de la demanda?

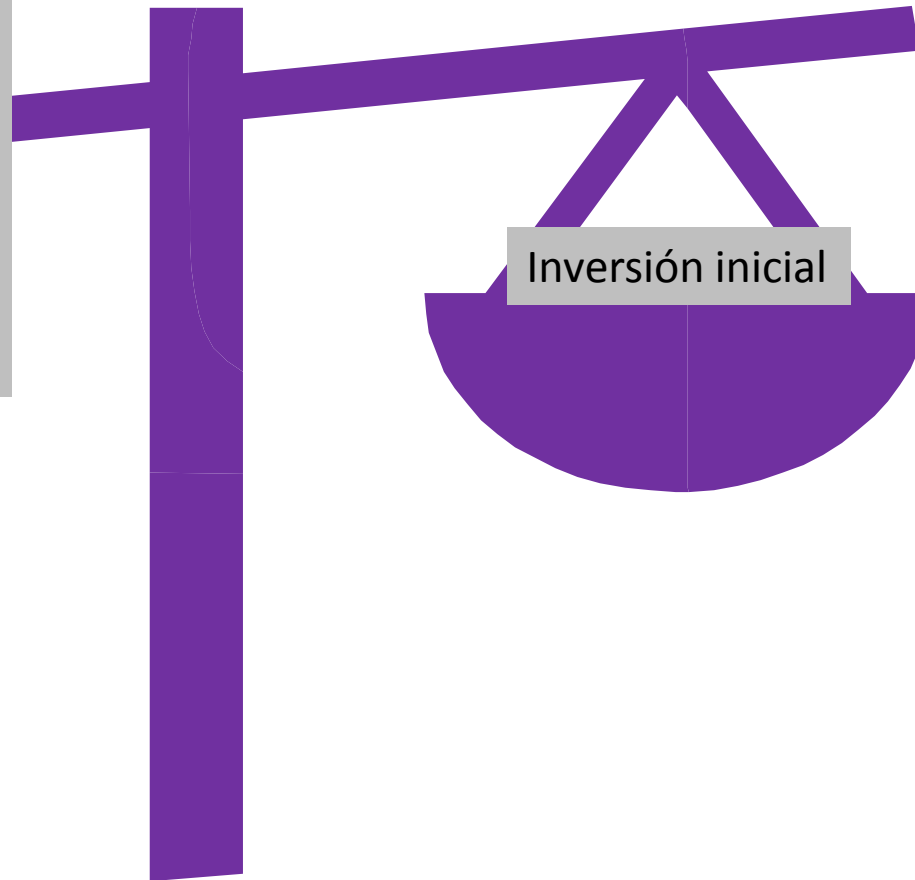
¿Existen beneficios o problemas potenciales en la salud o en el medio ambiente?

¿Existe una infraestructura adecuada para el mantenimiento, la operación y la compra de repuestos?

# Usos productivos de la energía

## 3. Selección de las componentes

- Compatibilidad de uso con hábitos y practicas locales
- Facilidad de operación y mantenimiento
- Confiabilidad y duración de las componentes.
- Disponibilidad de equipos y repuestos.



# Usos productivos de la energía

## 3. Selección de las componentes

### Problemas técnicos presentados en proyectos con SFVB

#### Programa PRODEEM – Brasil

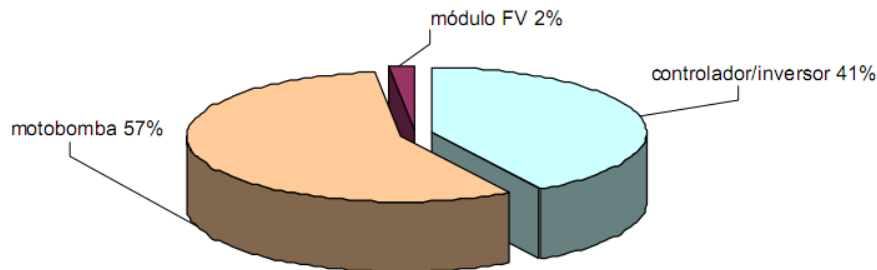
(1995 – 2002) 2.485 SFVB

Levantamiento – CHESF (PRODEEM – NE)

801 sistemas (8 Estados del NE)

Registrado 337 ocurrencias (~40%)

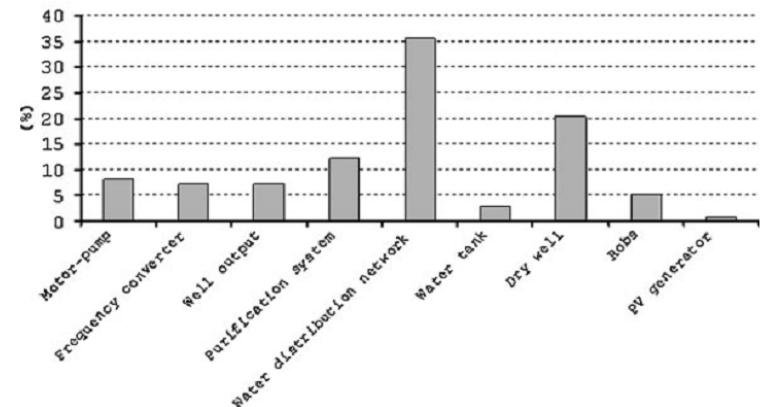
Problemas adicionales con redes  
hidráulicas y eléctricas ño registrados.



Fuente: Bezerra, 2002

#### Programa MEDA – Marrocos, Argelia e Tunisia

52 SFVB



Fuente: Poza (2007)

# Usos productivos de la energía

## 4. Factores que influncian en la viabilidad economica del proyecto

- Potencia del sistema
- Recurso solar
- Configuración del sistema
- Modo de operación (automático o manual, sistema de apoyo).
- Factor de descuento
- Vida útil de las componentes individuales del sistema
- Grado de utilización del sistema

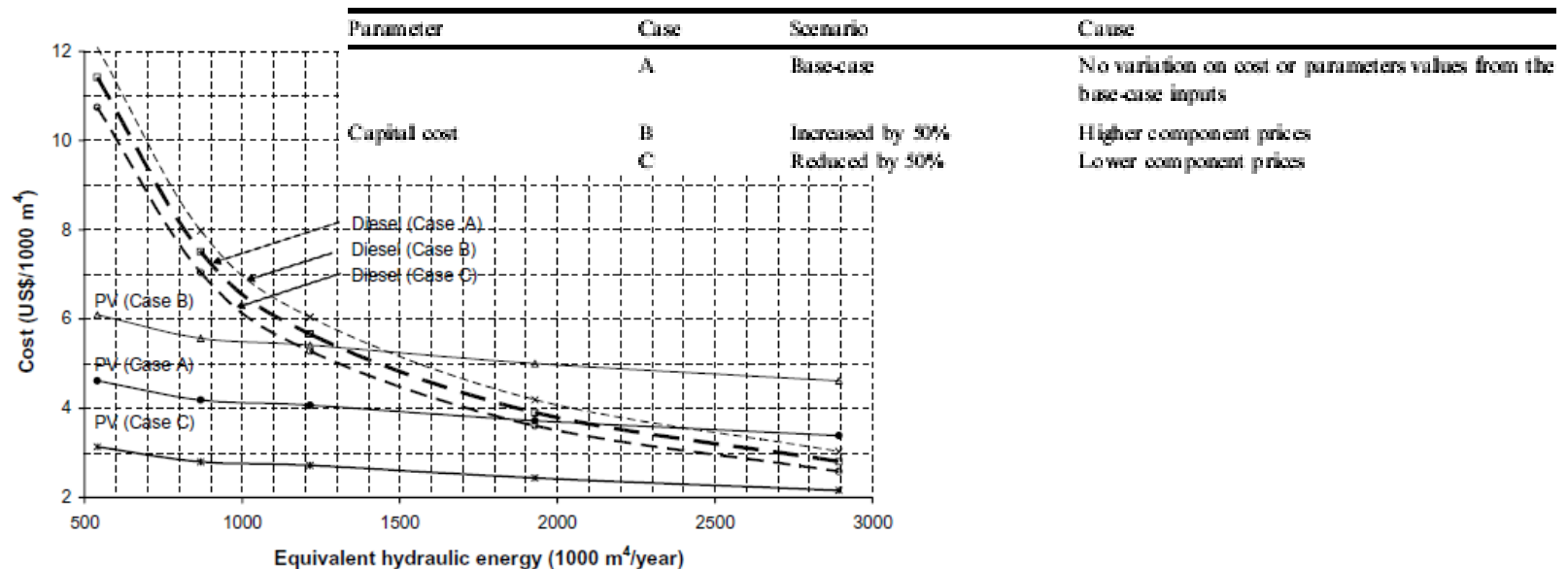


Fig. 1. Cost of water as a function of equivalent hydraulic energy capacity for PV and diesel water pumping systems: Case A (base case), Case B (capital cost increased by 50%) and Case C (capital cost reduced by 50%).

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

SOSTENIBILIDAD



Social



Técnico



Económico



Ambiental

- El proceso de transferencia depende de factores técnico, sociales, económicos, políticos y ambientales.
- El fin de la transferencia debe ser la adopción de la tecnología por parte de los usuarios.

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

### **Capacitación**

- Sirven para transferir la tecnología a los usuarios de tal manera que ellos la hagan propia.
- Pueden darse en varios niveles:
  - Capacitaciones a los usuarios
  - Capacitaciones a los técnicos
  - .....
- Las capacitaciones deben tomar en cuenta el nivel de alfabetismo y de educación del público objetivo, el conocimiento previo sobre el tema y la semejanza con actividades similares realizadas por los usuarios.
- Las capacitaciones a los usuarios deben abarcar no solo temas técnicos (operación y mantenimiento del sistema) sino también temas relacionados al área de marketing, administración, ventas, producción agropecuaria, etc.

#### Referencias Bibliográficas:

- Morante (2006)

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

### **Sistema de financiamiento**

- Donación (fondo perdido)
- Préstamo de los equipos (Cesión en uso)
- Subvenciones
- Venta a Crédito
- Venta al contado

¿Quién paga (¿usuario? ¿La empresa administradora? ¿El estado? ¿Todos los usuarios del mercado eléctrico ?)

... y como lo paga? ¿Cobramos una tarifa eléctrica? ¿Venta a plazos? ¿Regalamos todo el equipo?

## 5. Transferencia de la tecnología

### **Sistema de financiamiento**

¿Para qué se paga , que se cubre con ese pago?

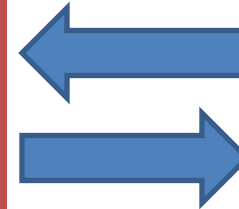
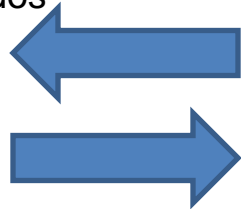
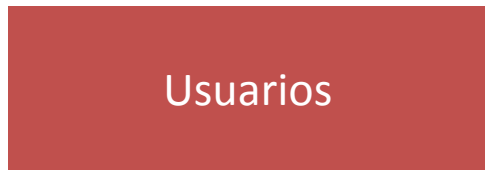
- Costo por administración, cobranzas, traslados, atención de averías, etc.
- Costo por mantenimiento preventivo
- Costo por reparaciones menores y reposiciones no previstas
- Costo por mantenimiento correctivo
- Costo por reposición de componentes

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

### Sistema de Organización

Usuario vende su producto a través de la empresa.  
Ganancias según el número de productos vendidos



Empresa compra productos según la oferta del usuario

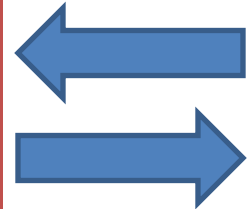
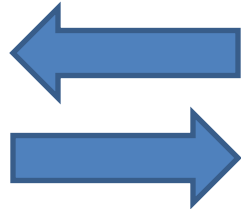
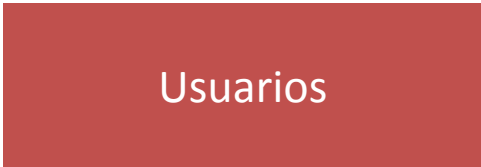
Empresa debe ver la manera de ofertar todo lo comprado.

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

### Sistema de Organización

Usuario es dueño de un porcentaje de la empresa.  
Ganancias según el número de acciones



Empresa compra productos según la demanda del mercado

Empresa debe ver la manera de satisfacer el mercado sin saturarse de productos

# Usos productivos de la energía

## 5. Transferencia de la tecnología

### **Servicios pos venta**

- Mantenimiento y reparación
  - ¡No instalar e huir!
  - Capacitación de técnicos locales y regionales
  - Utilizar componentes que duren y tengan pocos problemas
- Tener repuestos e insumos para evitar paradas del sistema

## 5. Transferencia de la tecnología

### **Monitoreo**

- Foco de estudio:
  - Impacto técnico
  - Impacto social
  - Impacto económico
  - Impacto ambiental
- Datos : cuantitativos o cualitativos
- Instrumentos:
  - Entrevistas a los usuarios finales y los actores del proyecto
  - Visitas de campo
  - Monitoreo de los parámetros eléctricos
  - Elaboración de reportes por parte de los usuarios, los técnicos y los encargados del proyecto

# Usos productivos de la energía

## 6. Evaluación de resultados

- Se realiza cuando el proyecto está próximo a concluir o concluido.
- Etapas:
  - Diseño de la evaluación (definición de los ejes a ser evaluados)
  - Análisis evaluativo (recolección, análisis e interpretación de la información recolectada de diversas fuentes)
  - Elaboración de las recomendaciones
- Foco de estudio:
  - Criterio de selección de las comunidades
  - El diagnóstico de la localización
  - La selección de la problemática
  - La planificación
  - El sistema de implementación
  - La autoevaluación del proyecto
  - Impactos obtenidos.

## Proyectos con usos productivos de la energía - directrices

- Deben ser creados como proyectos de desarrollo y no de electrificación o difusión de tecnologías con energías renovables.
- Se deben solucionar no sólo problemas de ingeniería sino también de logística y organización.
- Se deben eliminar las barreras índole económica/financiera, informativa, técnica, institucionales/regulatorias y comercial durante el diseño y la implementación del proyecto.
- Deben ser trabajados con entidades multisectoriales.
- Deben capturar y expresar las lecciones ya aprendidas por proyectos anteriores.
- Deben ser diseñados en conjunto con los usuarios potenciales.
- Debe realizarse una adecuada selección de la comunidad beneficiaria y un análisis detallado de la cadena productiva así como de los factores internos y externos.
- Debe realizarse un análisis de la demanda energética tipo “Bottom –up”.
- Deben ser sustentables y replicables para la cual el monitoreo y la auto-evaluación continua son claves.
- La adecuada selección de componentes puede reducir los costos de ciclo de vida del proyecto.

# Gracias!

Consultas: [robvaler@usp.br](mailto:robvaler@usp.br)

---

Agradecimientos especiales:



*Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos*

*Instituto de Eletrotécnica e Energia - USP*

