



# El Uso de la Energía Fotovoltaica en la Generación Distribuida

*Julio C. Durán y Marcelo Alvarez*

[duran@tandar.cnea.gov.ar](mailto:duran@tandar.cnea.gov.ar)

Departamento Energía Solar, CNEA – Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM  
Convenio Asociativo Público-Privado IRESUD

Introducción a la Eficiencia Energética en Edificios Públicos  
IEDS – CNEA

Cámara Argentina de la Construcción, Buenos Aires, 6 de Mayo de 2014

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

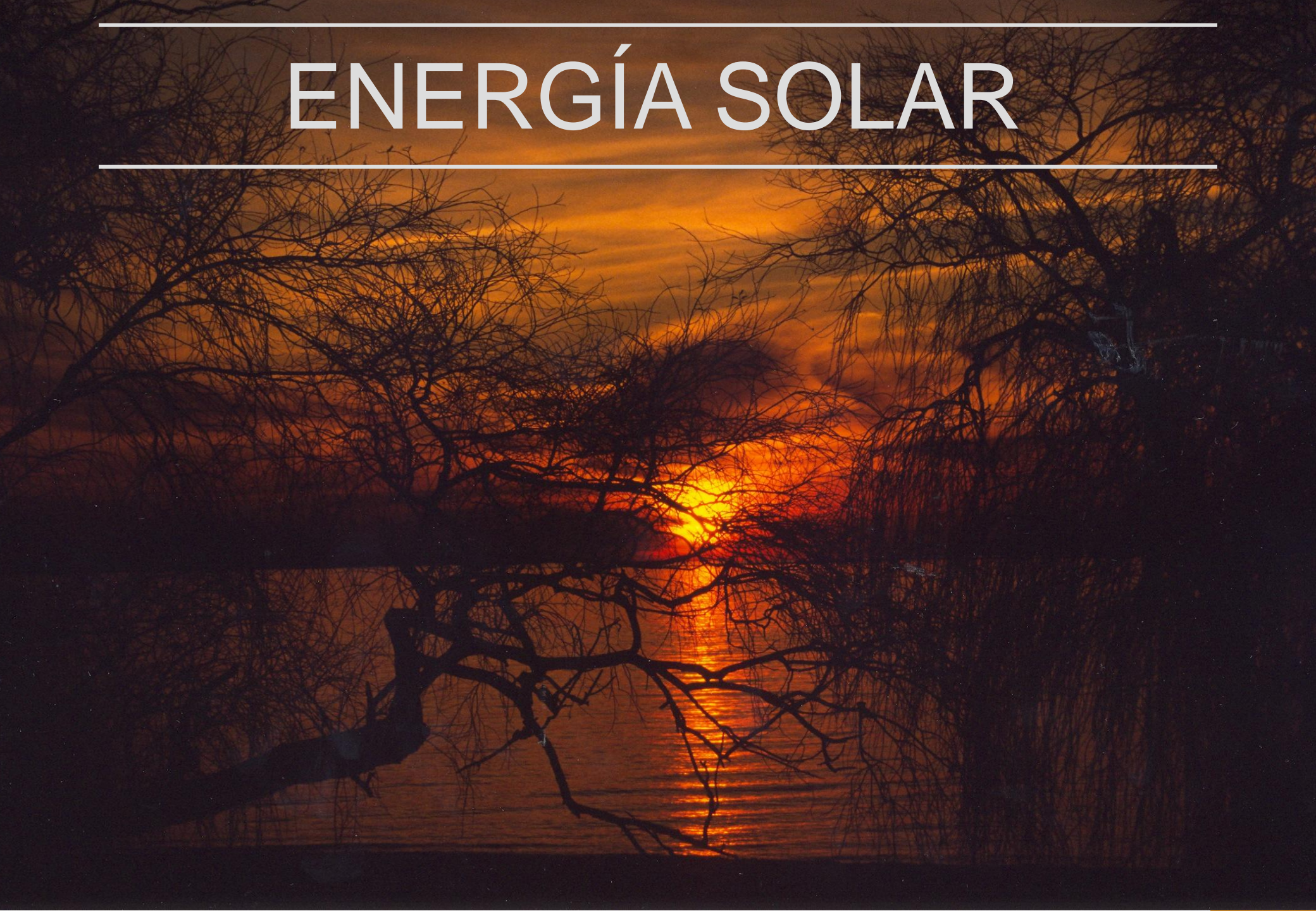
# Índice

- Energía Solar
- Energía Solar Fotovoltaica (FV) – Aplicaciones
- El mercado FV en el Mundo
- Situación en la Argentina
- Proyecto “Interconexión de Sistemas FV a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos” – IRESUD
- Regulación y tarifa
- Costos de generación de diferentes alternativas energéticas.

---

# ENERGÍA SOLAR

---



# La Energía Solar

- Fuente muy abundante, inagotable, esencialmente no contaminante, pero intermitente y de baja intensidad
  - Intermitencia
    - ❑ Acumulación (baterías, supercapacitores, H<sub>2</sub>,...)
    - ❑ Interconexión a red
- Radiación Solar de referencia: 1 kW/m<sup>2</sup>
- Promedio anual de energía solar

	Plano Horizontal	Plano Inclinado
Usuhaia	1.020 kWh/(m <sup>2</sup> año) 2,79 kWh/(m <sup>2</sup> día)	1.240 kWh/(m <sup>2</sup> año)
San Miguel	1.550 kWh/(m <sup>2</sup> año) 4,25 kWh/(m <sup>2</sup> día)	1.680 kWh/(m <sup>2</sup> año)
San Juan	2.050 kWh/(m <sup>2</sup> año) 5,62 kWh/(m <sup>2</sup> día)	2.230 kWh/(m <sup>2</sup> año)

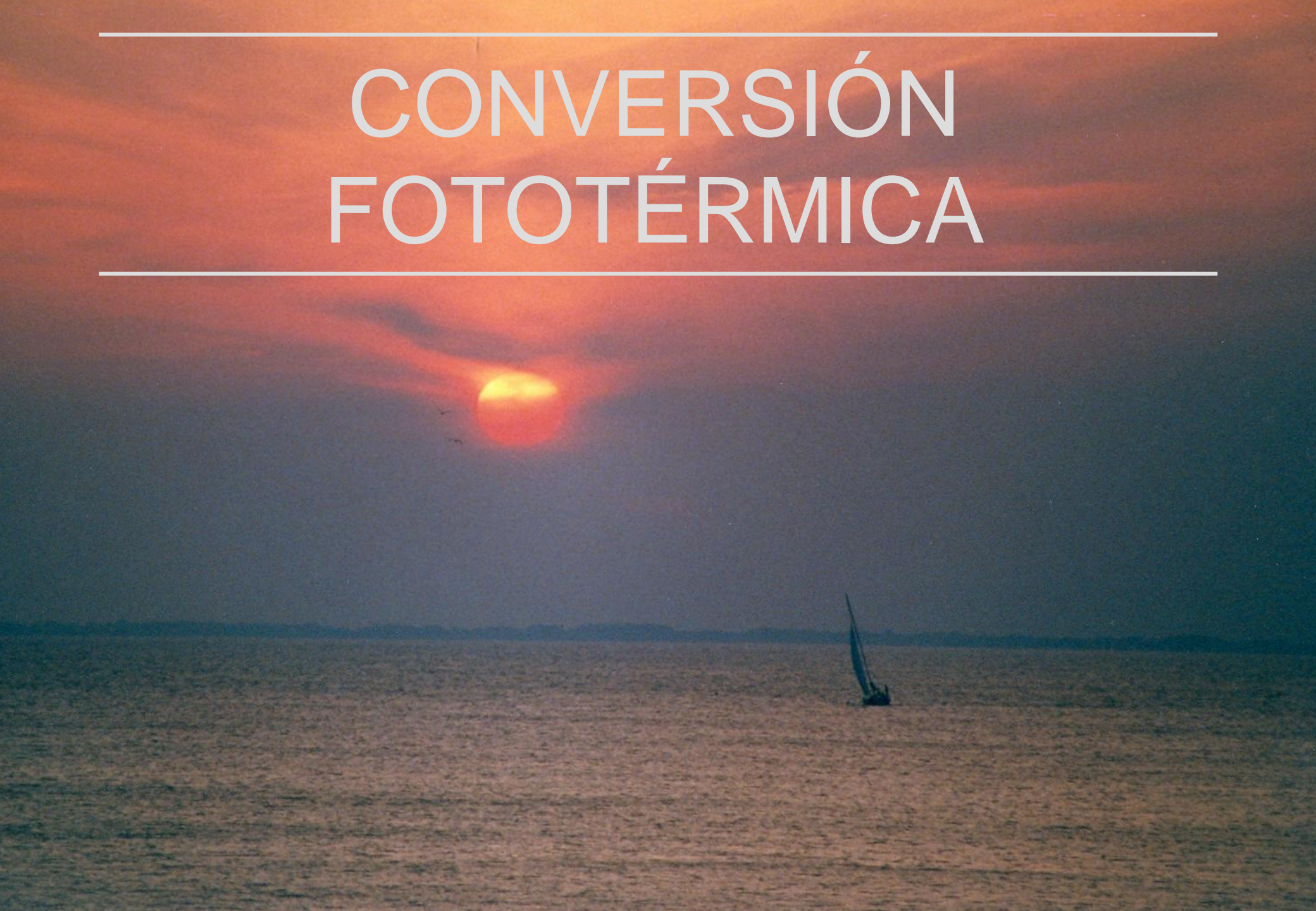
# Disponibilidad del Recurso Solar en la Argentina

- Radiación promedio al Norte del Río Colorado 4,5 kWh/(m<sup>2</sup>.día)
- Eficiencia de conversión de energía solar en electricidad 15%
- Factor de ocupación del terreno 50%
- Demanda eléctrica año 2013:  $125 \times 10^9$  kWh
- Área total requerida: 1015 km<sup>2</sup>
- Resulta un área de  $\cong 65\%$  a la que cubre el espejo de agua de la represa Yaciretá (1600 km<sup>2</sup> con la cota de 83 msnm), generando 7 veces más energía

---

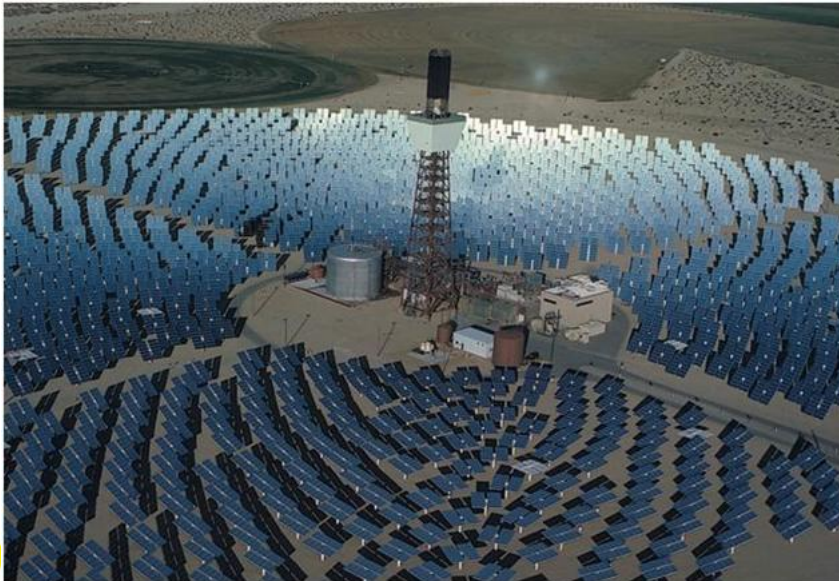
# CONVERSIÓN FOTOTÉRMICA

---



# Conversión Fototérmica

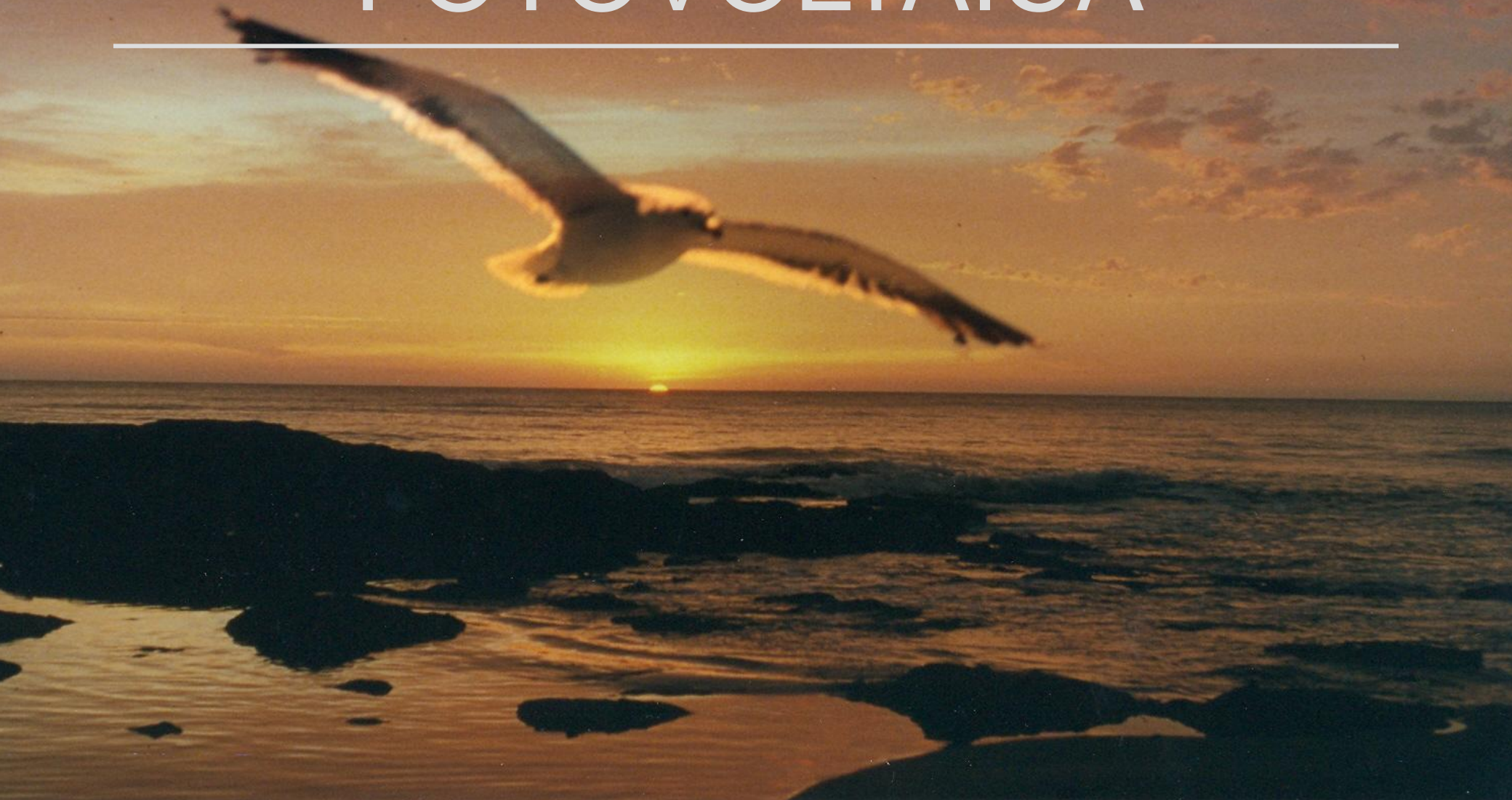
- Conversión de energía solar en calor
  - Aplicaciones de baja temperatura: agua caliente, secado de frutos, destilador, etc.
  - Usos industriales
  - Generación de energía eléctrica



---

# CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

---





# Conversión Fotovoltaica



- Generación directa de electricidad
  - *Celda solar de Si cristalino*
    - 1958 → Vanguard I, paneles fotovoltaicos con celdas de silicio p-n (eficiencia  $\cong$  10%)
- Hasta 1973 → usos espaciales y militares
- Crisis del petróleo → usos terrestres de FV
- Década del '90, nuevo impulso por cuestiones ecológicas

# Sistema Fotovoltaico



- Módulo FV

- Corriente continua (12 V – 40 V) →  
36/72 celdas de c-Si conectadas en serie
- Watt pico: potencia al ser iluminados con 1 kW/m<sup>2</sup>  
(mediodía solar de un día despejado)
- Potencias típicas: 80-300 W<sub>p</sub> (360-1200 Wh/día)

- Sistema FV

- Módulos FV
- BOS (*balance of system*): baterías, controladores de carga, conversores CC-AC, estructuras

# APLICACIONES (1)

- **Sistemas aislados (*stand-alone*)**
  - Espaciales
  - Electrificación rural
  - Aplicaciones agrícolas y ganaderas
  - Telecomunicaciones
  - Iluminación pública
  - Bombeo de agua
  - Monitoreo remoto y señalización
  - Productos de consumo
  - Cargadores de baterías
  - Autos, aviones,...



# APLICACIONES (2)

- Sistemas interconectados a red
  - *Integrados a edificios (“PV in buildings”)*
  - *Centrales de potencia*



CENTRO CÍVICO “EL CERRO”  
(COSLADA-MADRID)



Trujillo, Extremadura, Spain-Elecnor  
23 MW SunPower T0 Tracker

# Segmentos de Mercado

Residencial



Residencial – Nuevos componentes



Comercial & Público



Centrales de Potencia



Fuente: M. Alvarez (CADER). 2014

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

# Parques Solares



Isla Mayor Spain,  
8.4 MW SunPower T0 Tracker



Muehlhausen, Bavaria, Germany,  
6 MW SunPower T0 Tracker



Trujillo, Extremadura, Spain-Elecnor  
23 MW SunPower T0 Tracker



Jumilla, Murcia, Spain-Elecnor  
23 MW SunPower T0 Tracker

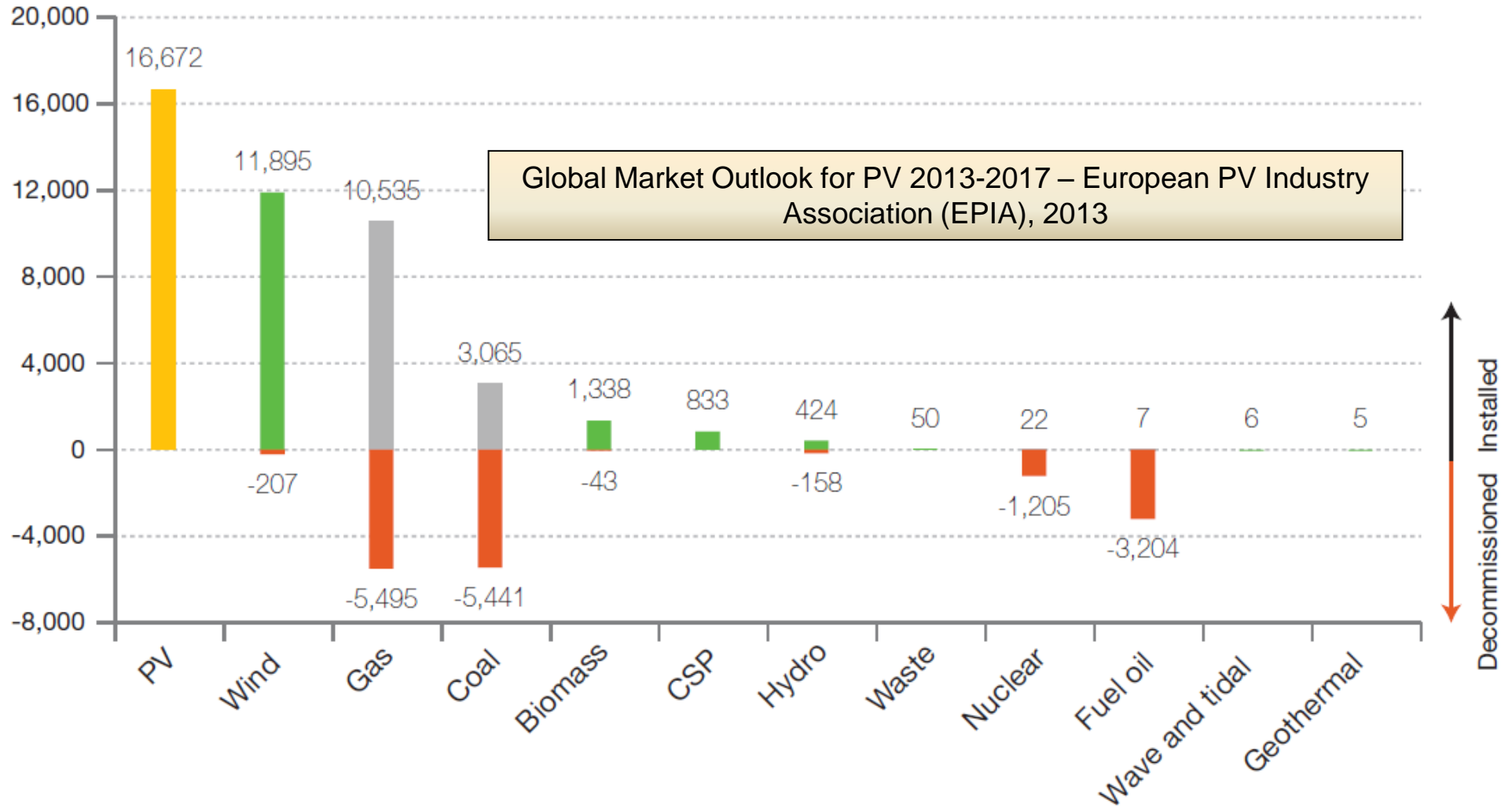


Serpa, Portugal  
11 MW SunPower T0 Tracker

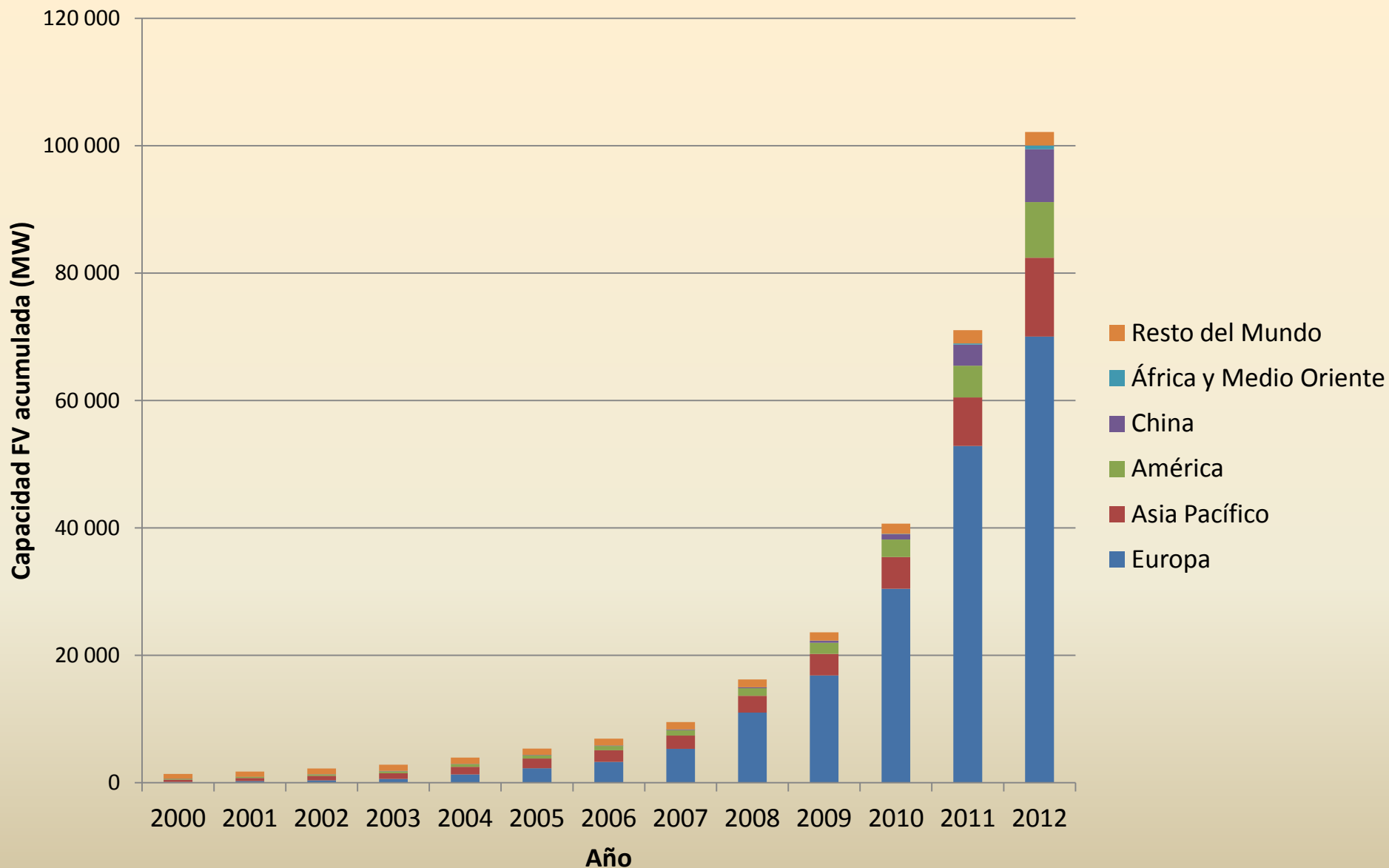


Lebrija, Spain,  
3.84 MW SunPower T0 Tracker

# CAPACIDAD DE GENERACIÓN AGREGADA EN LA UNIÓN EUROPEA (EU27) EN 2012 (MW)

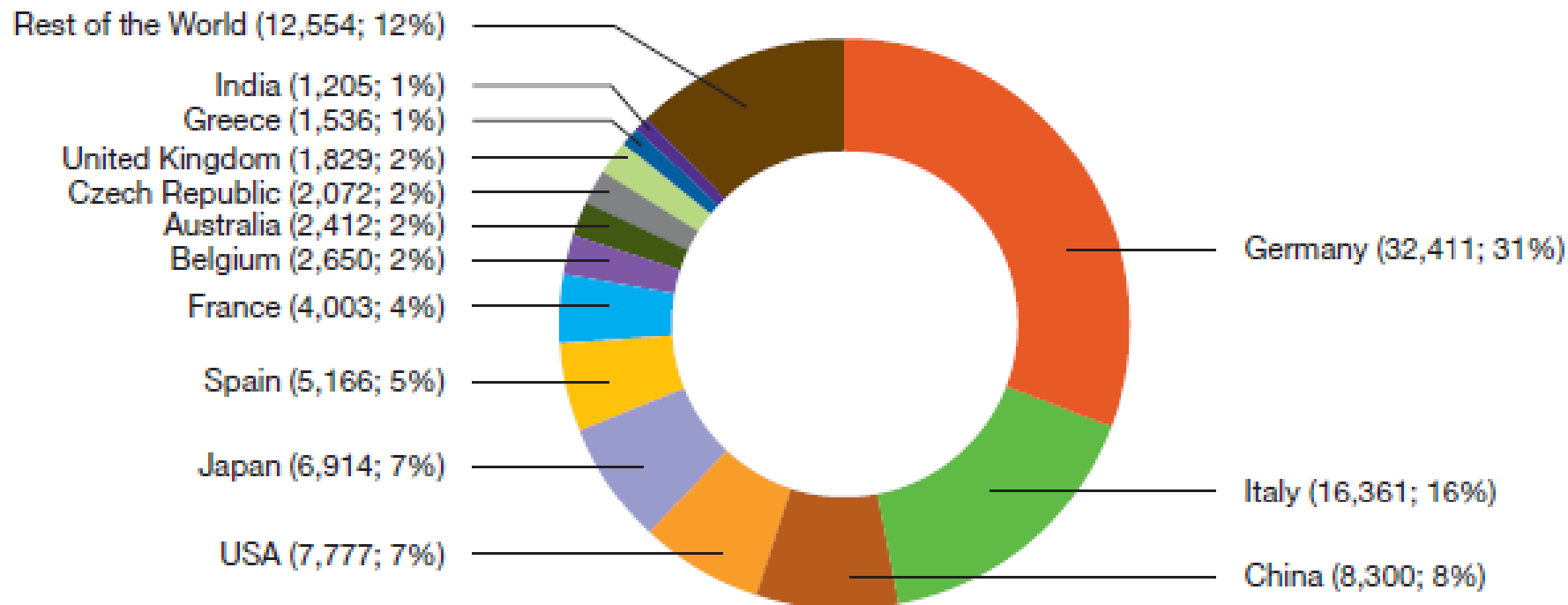


# EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD FV ACUMULADA (MW)





# CAPACIDAD FV TOTAL ACUMULADA AL AÑO 2012

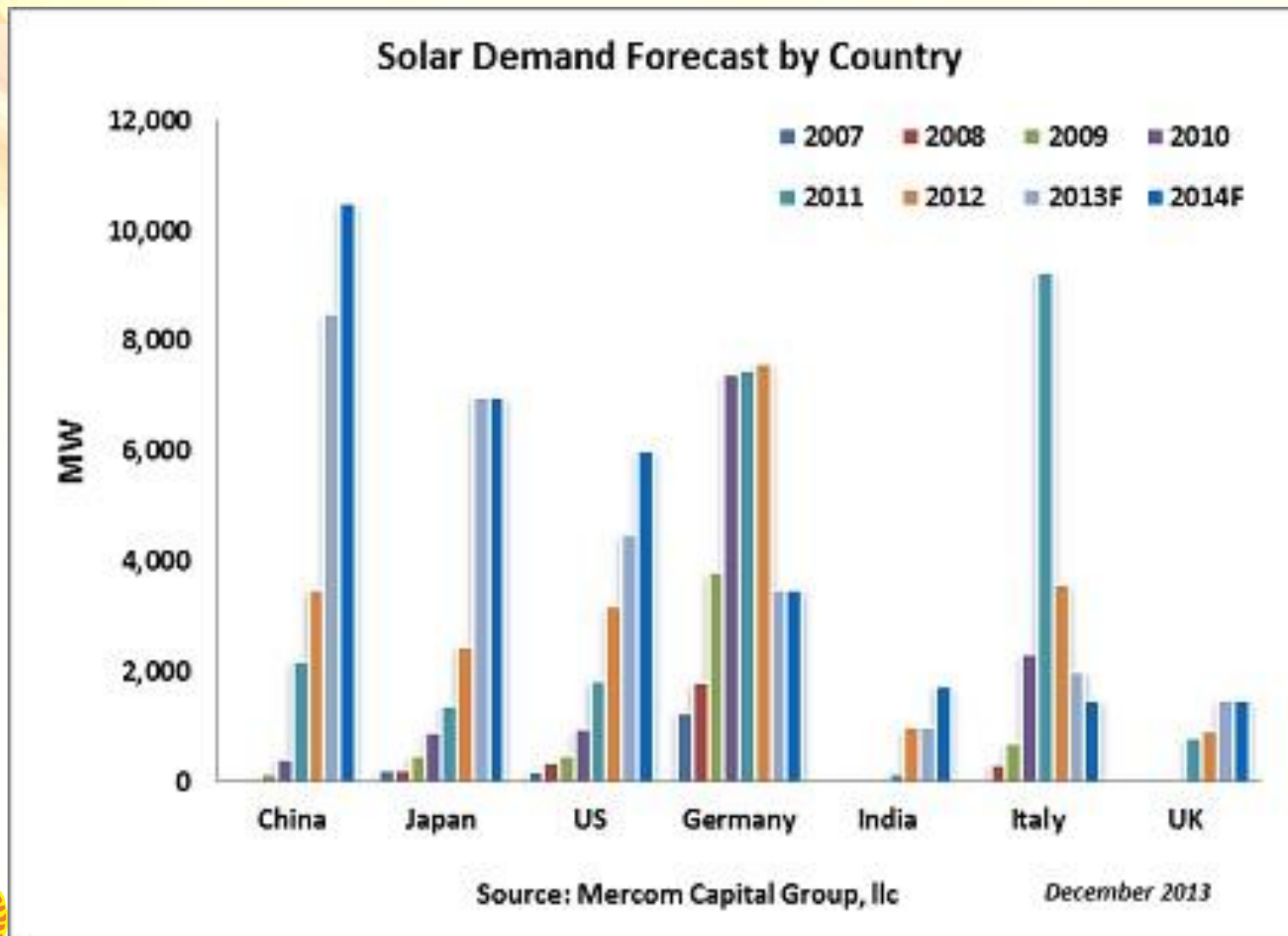


Global Market Outlook for PV 2013-2017 – European PV Industry Association (EPIA), 2013

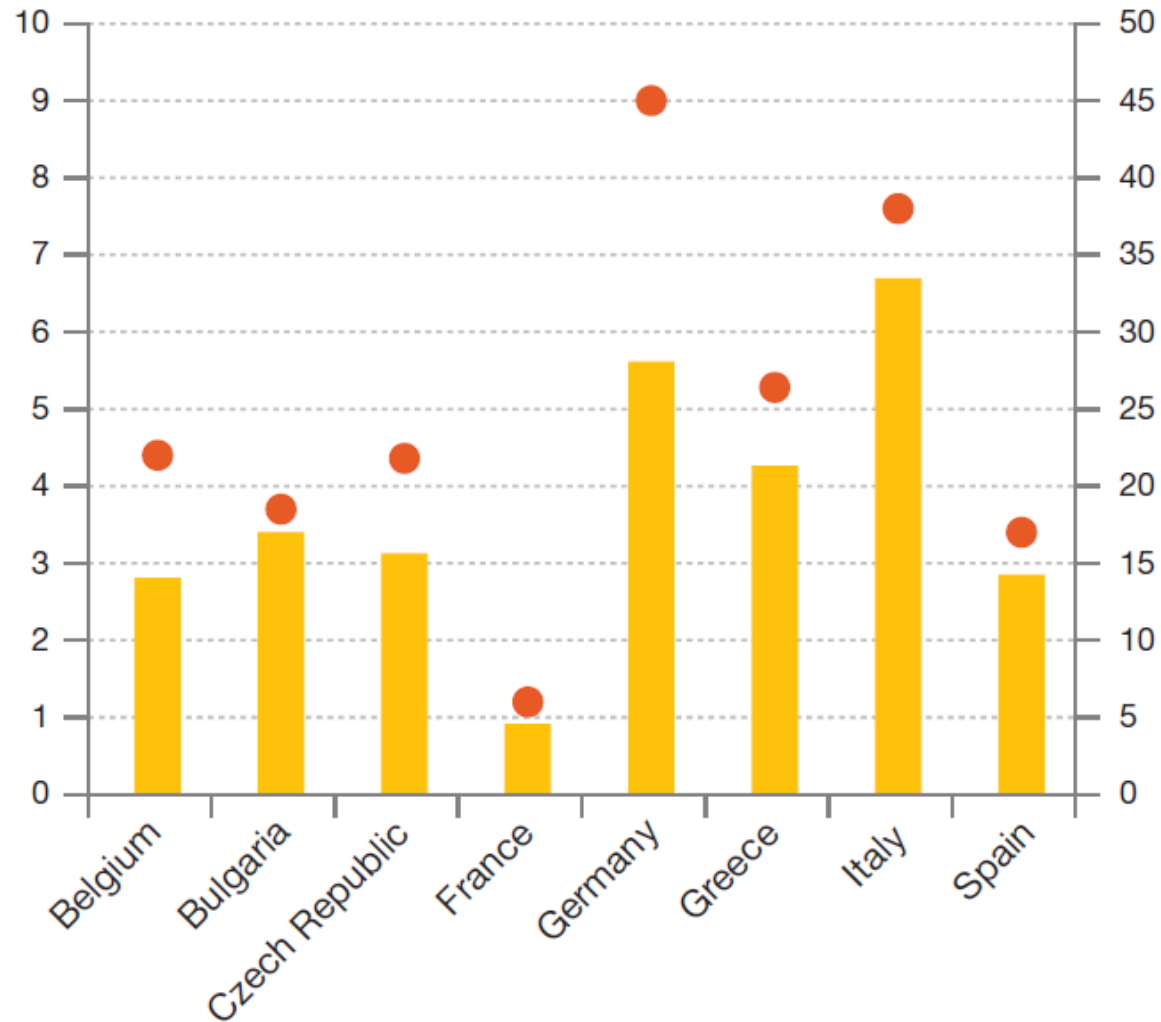
## 2012 installations – MW

1	Germany	7.604
2	China	3.510
3	Italy	3.337
4	USA	3.313
5	Japan	2.000
6	France	1.079

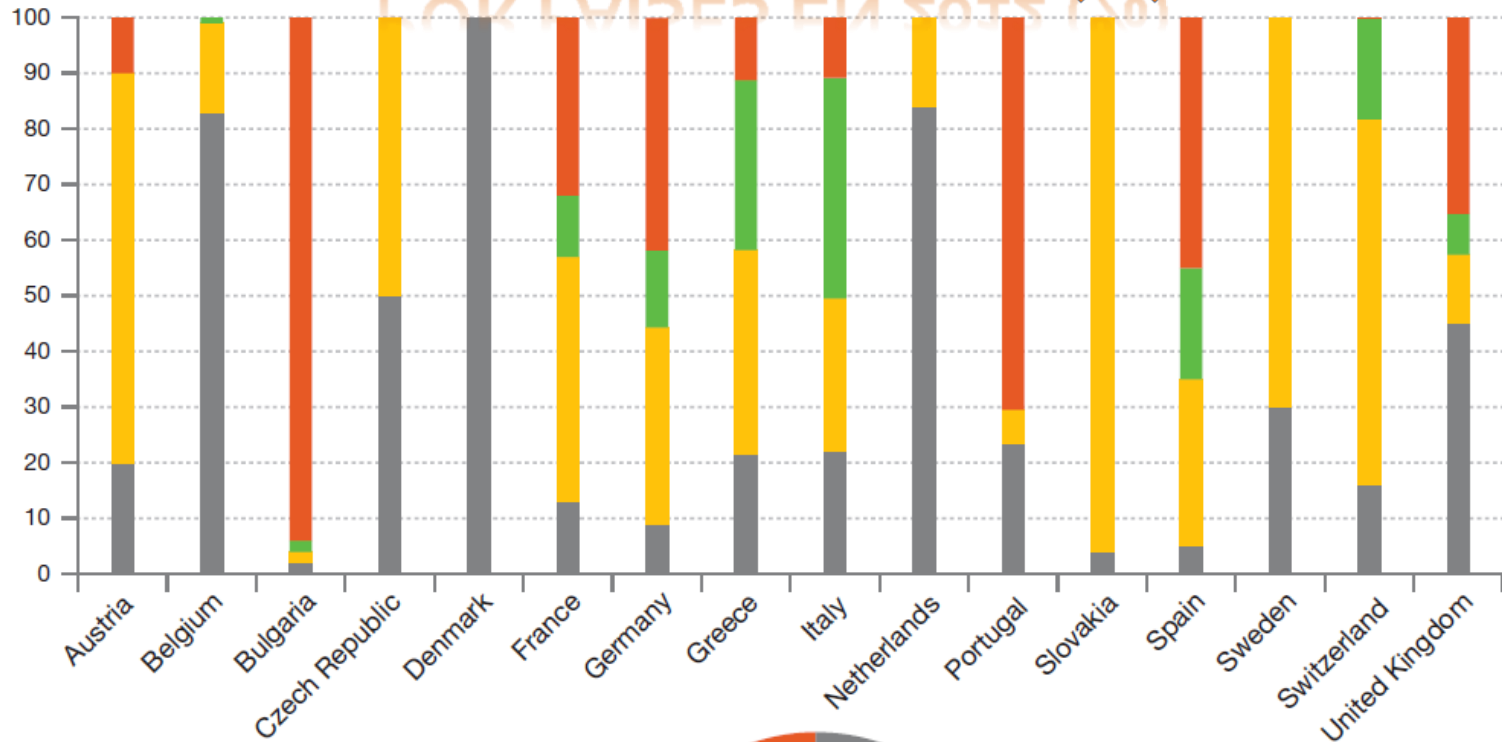
# MERCADO SOLAR FV POR PAÍSES



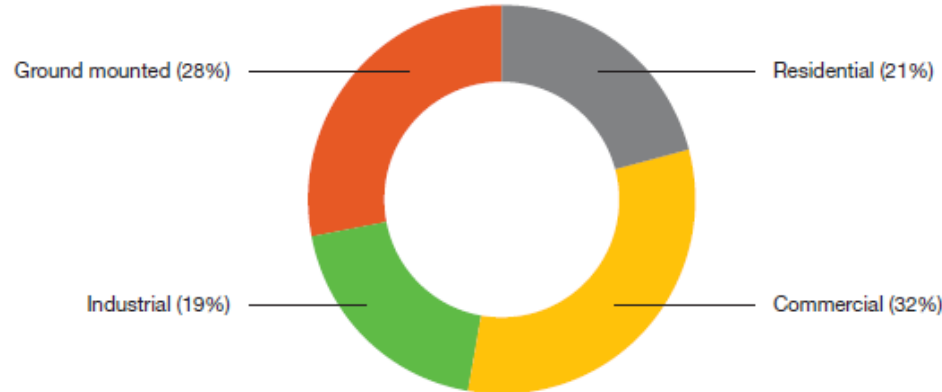
# CONTRIBUCIÓN FV AL CONSUMO ELÉCTRICO EN 2012: PROMEDIO ANUAL Y MÁXIMO INSTANTÁNEO (%)



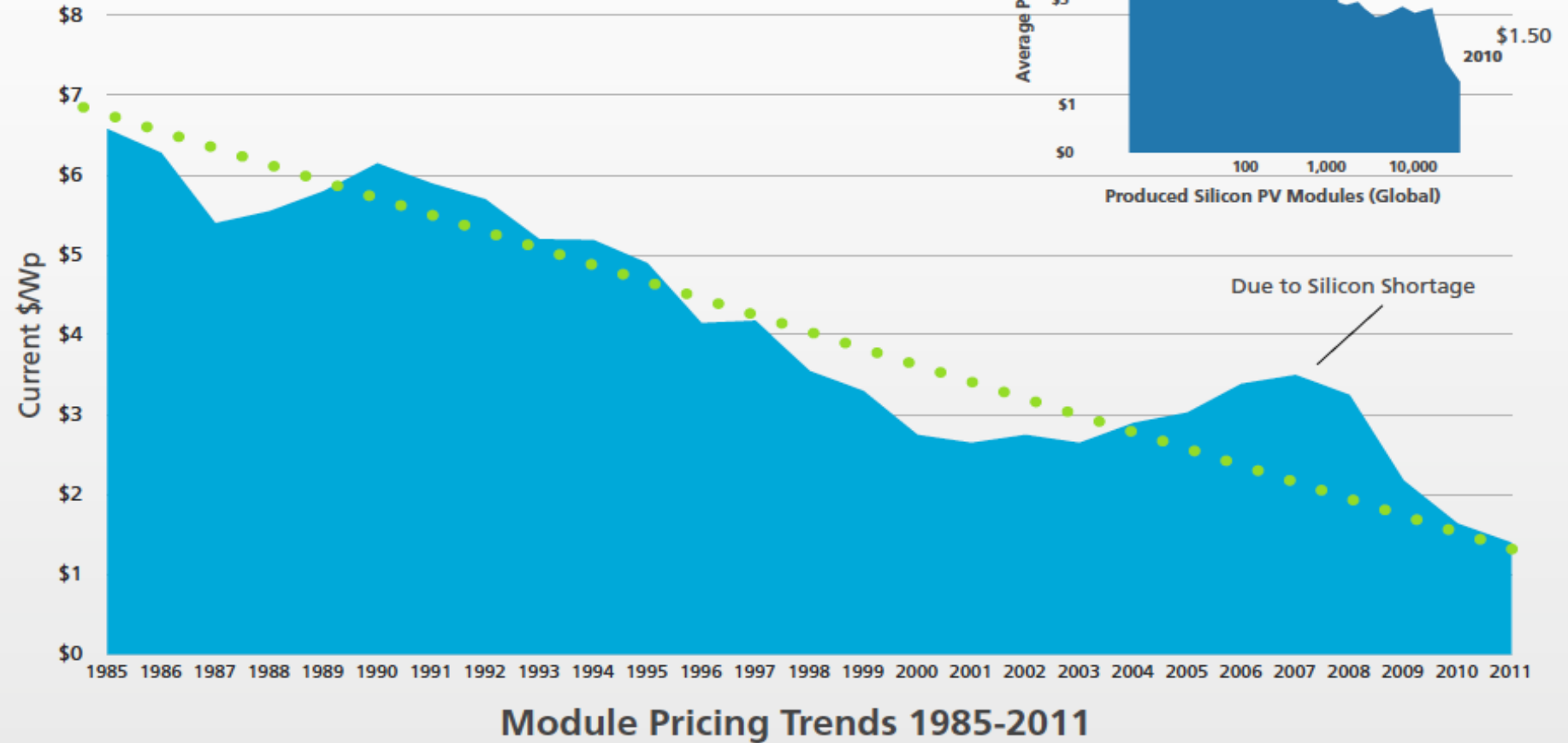
# SEGMENTACIÓN DEL MERCADO FV EUROPEO POR PAÍSES EN 2012 (%)



- Ground mounted
- Industrial
- Commercial
- Residential



# Solar Industry Growth has Produced Steadily Falling Prices

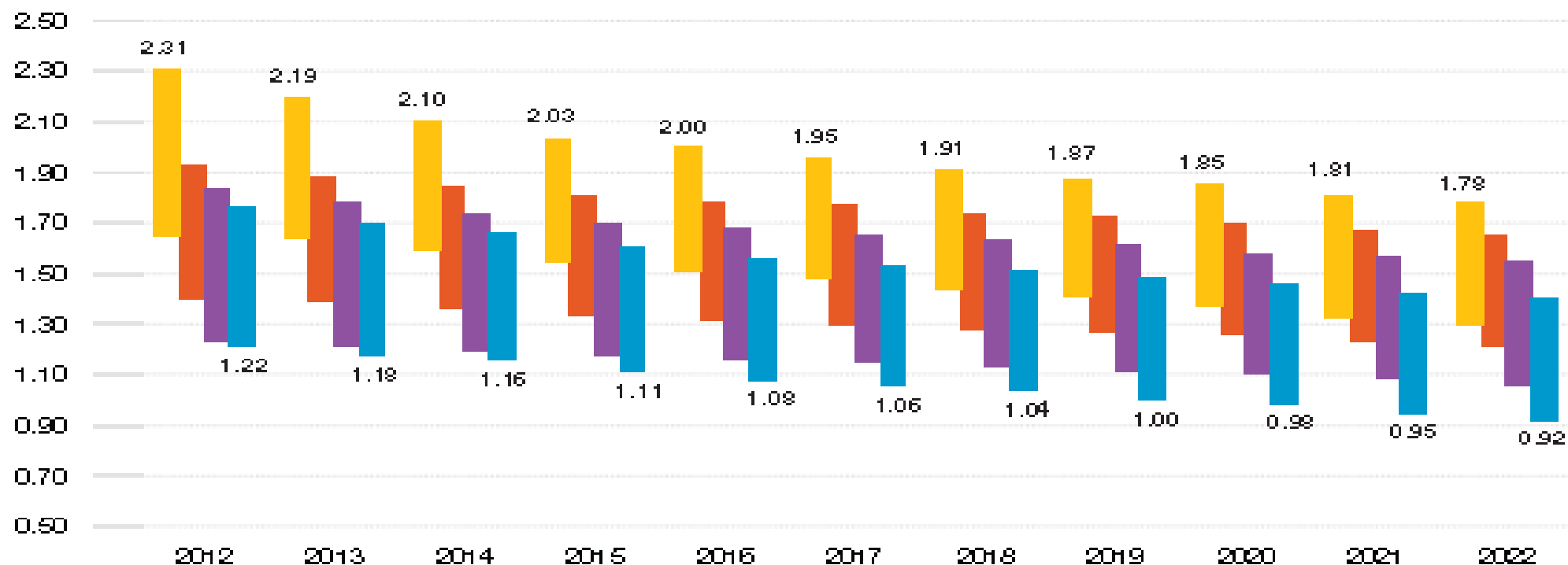


Sources: 1976 -1985 data from IPCC, Final Plenary, Special Report Renewable Energy Sources (SRREN), May 2011; 1985-2010 data from Paula Mints, Principal Analyst, Solar Services Program, Navigant; 2011 numbers based on current market data

Actualmente: < 0,7 U\$S/W<sub>p</sub>

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

**Figure 1 - Scenarios for future PV system prices evolution (€/W)**



- Utility segment (2.5 MW ground-mounted)
- Industrial segment (500 kW rooftop)
- Commercial segment (100 kW rooftop)
- Residential segment (3 kW rooftop)

source: EIA, 2012

# ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

## Situación en la Argentina

---



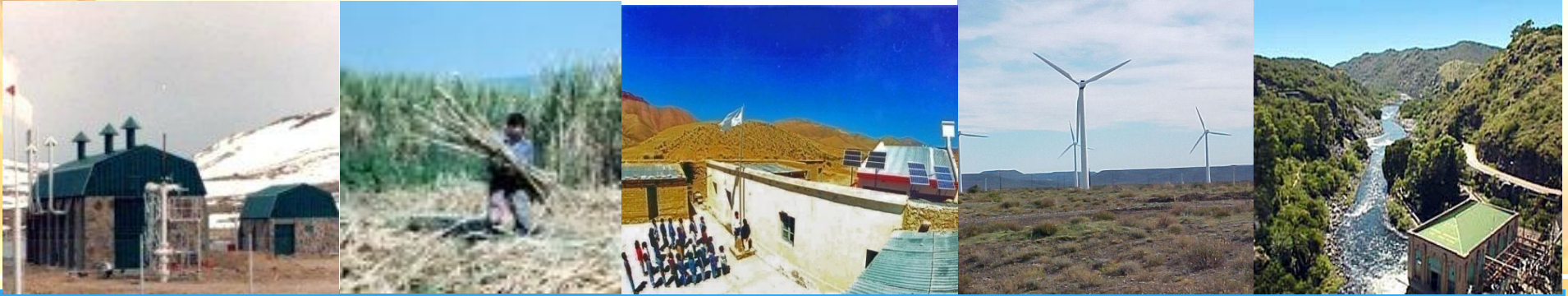
# Situación actual en la Argentina

- Hasta recientemente sólo FV aislado
  - Primeros pasos en conexión a red de centrales FV
    - ⇒ 1,2 MW<sub>p</sub> + 7 MW<sub>p</sub> (GENREN) – San Juan
      - Ley Nacional N° 26190/2006 (beneficios impositivos, Fondo Fiduciario destinado a subsidiar tarifa diferencial)
      - Res. SE 108/2011 (contratos de abastecimiento con el MEM, tarifa diferencial)
- ❑ En GD, Argentina se encuentra retrasada frente a países de la región, en especial en cuanto a regulación (Brasil, Chile, Méjico, Uruguay,...)



# Planta FV 1,2 MW<sub>p</sub> – Ullum – San Juan





# Programa “GENREN”

## Adjudicación de Contratos de Abastecimiento con Fuentes Renovables de Energía

*Junio de 2010*



MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL  
INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS

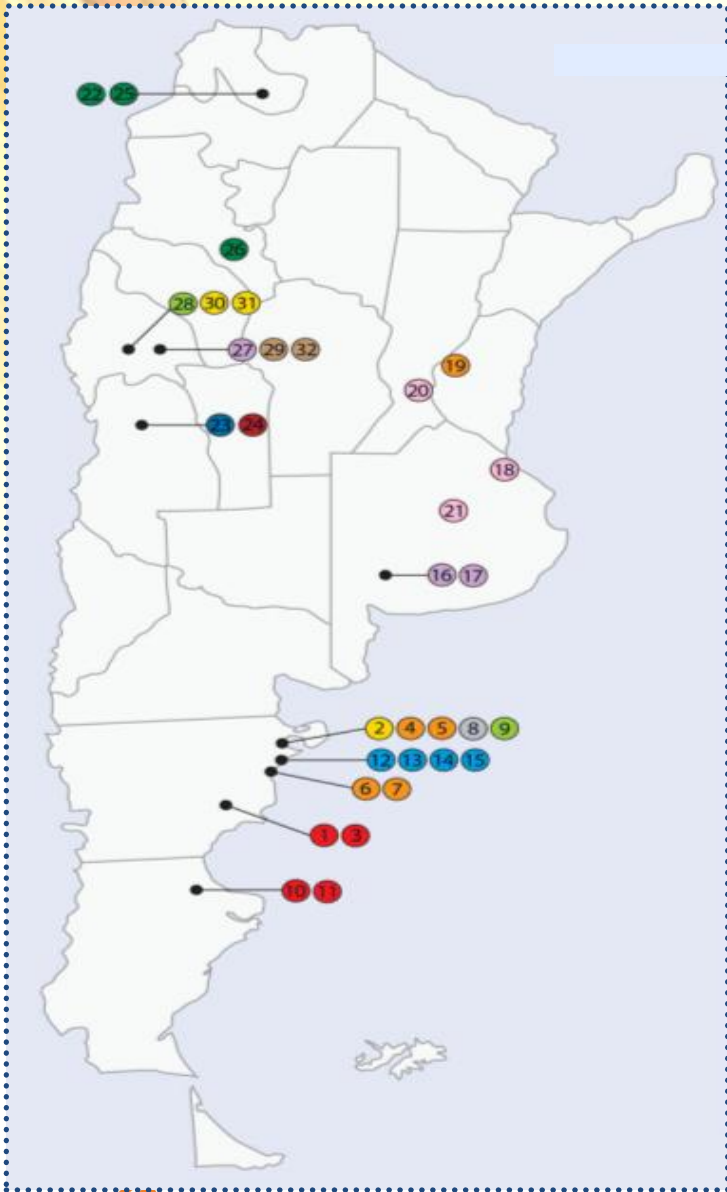


SECRETARIA DE ENERGIA



[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

# Ofertas Adjudicadas



## SOLAR FOTOVOLTAICA (20 MW)

Central	Proponente	Potencia MW	
27	Chimbera III	Nor Aldyl S.A.	5,0
28	Cañada Honda III	International New Energy S.A.	5,0
29	Chimbera II	Generación Eólica S.A.	3,0
30	Cañada Honda II	Energías Sustentables S.A.	3,0
31	Cañada Honda I	Energías Sustentables S.A.	2,0
32	Chimbera I	Generación Eólica S.A.	2,0

**POTENCIA TOTAL: 895 MW**

# CAPACIDAD FV ACUMULADA

Proyecto	Installed Power
PERMER	4 MW
Rural (excluido PERMER)	2 MW
Industrial	1,8 MW
Conectado a red – Autoconsumo	0,3 MW
Centrales FV construidas	8,2 MW
Centrales FV en construcción	5 MW
Centrales FV planeadas	200-300 MW

Fuente: Alejandro Zitzer, Aldar

# FITS 2010 – Energía Solar – Proy 008

## Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos

### ❑ Convenio Asociativo IRESUD

Interconexión a Red de Energía Solar Urbana Distribuida

Instituciones públicas

CNEA – Dpto. Energía Solar

UNSAM – Esc. C&T y GESTEC-Esc. E&N

Empresas privadas

Aldar S.A.

Edenor S.A.

Eurotec S.R.L.

Q-Max S.R.L.

Tyco S.A.

Firma del contrato: 1 de diciembre de 2011

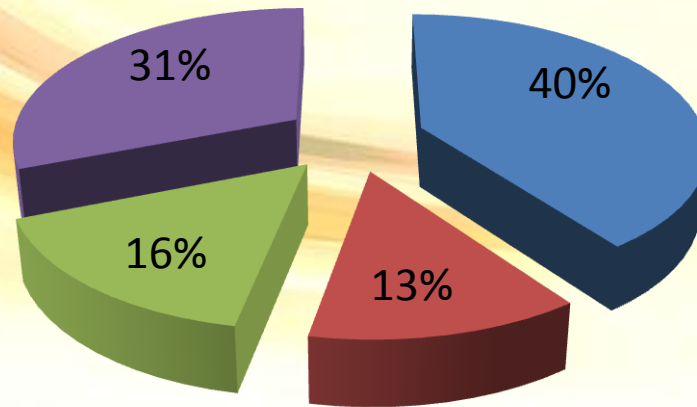
❑ UNNE

❑ PICTO: UNSAM/CNEA, UBA, UTN, UNGS, UNLu, UNLP

# Por qué FV? Por qué GD?

- Diversificación de la matriz energética
- Paridad con la red en 3-7 años
- Energía Solar disponible en grandes centros urbanos, que concentran gran parte del consumo
- Acerca los centros de generación eléctrica al usuario final, mejorando la eficiencia energética
- Genera en los usuarios sensibilidad respecto del medio ambiente

## Demanda de Energía Eléctrica en 2013



- Residencial
- Menores (< 10 kW)
- Intermedios (10 a 300 kW)
- Mayores (> 300 kW)

- **AREA METROPOLITANA BUENOS AIRES (AMBA)**
  - 33% de la población del país
  - 39% del consumo eléctrico del país
  - Produce aprox.  $\frac{1}{4}$  de la energía que consume, mediante centrales a base de combustibles fósiles

# Objetivo General

- ❑ Impulsar la introducción en el país de tecnologías asociadas con la interconexión a la red eléctrica de sistemas FV distribuidos en áreas urbanas y periurbanas



# Objetivos Específicos

- Desarrollar e impulsar instrumentos de promoción y regulación
- Demostrar la factibilidad – Instalaciones Piloto
- Desarrollar en el país sistemas y componentes
- Instalar laboratorios en organismos de C&T
- Formar RRHH en organismos y empresas

# Condiciones Necesarias??

- Hasta paridad con la red  $\Rightarrow$  “Feed-In Tariff” (variable con tamaño y tipo, y decreciente con t), con el objeto de
  - Desarrollar el mercado
  - Desarrollar proveedores de componentes y servicios

# REUNIONES DE TRABAJO – ACUERDOS MARCO

- Secretaría de Energía de la Nación
- Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE)
- Asociación de Entes Reguladores Eléctricos (ADERE)
- Secretarías y Entes Provinciales de Energía
- CAMMESA
- ENARSA
- Empresas Distribuidoras (EDENOR, EDESUR, distribuidoras provinciales)
- Universidades

# NORMATIVA Y POLÍTICAS DE PROMOCIÓN (1)

## □ Reglamentación Técnica y Regulación

- GT10 de la AEA – AEA 90364-Sec. 712 "Sistemas de suministro de energía mediante fotovoltaico", basada en la IEC 60364-7-712.
- Discusiones con Distribuidoras (EDENOR, EDESUR, EPE).
- EPE aprobó la 1ra. reglamentación en el país para GD con Fuentes Renovables: Res. 442 del 2/10/2013.
- ❖ Secretaría de Energía
- ❖ ENRE: Grupo de Trabajo sobre Fuentes de ER y GD

## □ Otras experiencias en el país

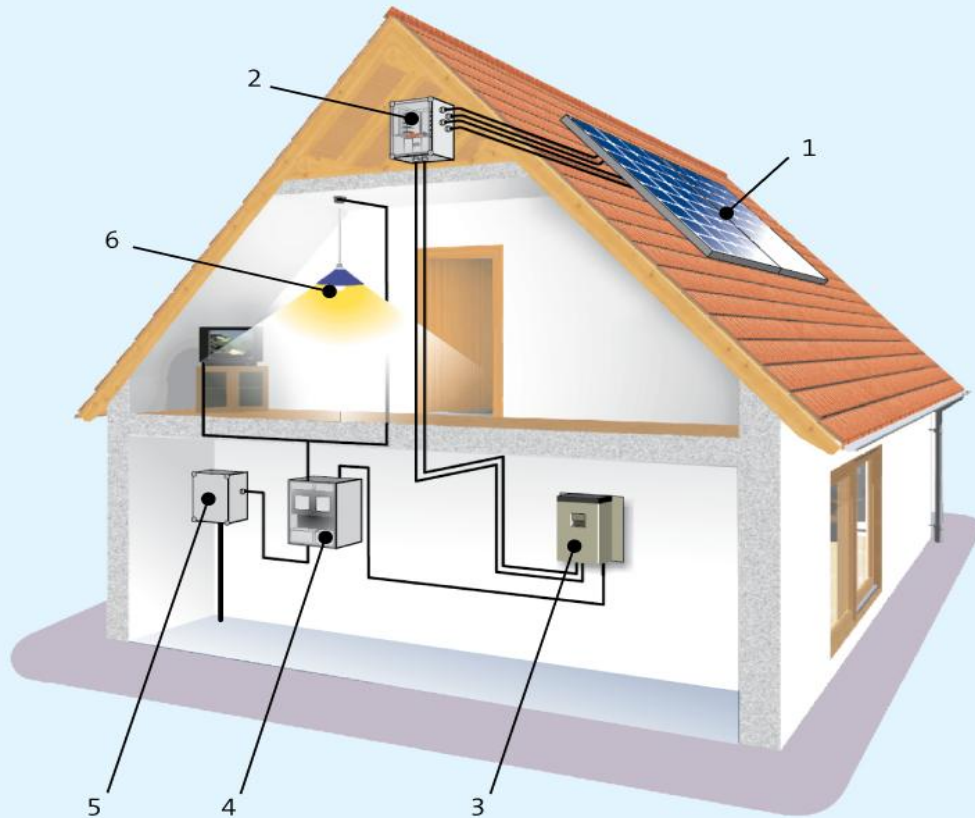
- Viviendas en la Prov. San Juan

# NORMATIVA Y POLÍTICAS DE PROMOCIÓN (2)

## □ Políticas de Promoción – Tarifa

- Secretaría de Energía
- Legisladores Nacionales – Modificación de la Ley 26.190
- Ley CABA 4.024 – Reglamentación
- CAMMESA – Posible utilización de la Res. SE 108/2011 para GD

# Sistema FV conectado a la red

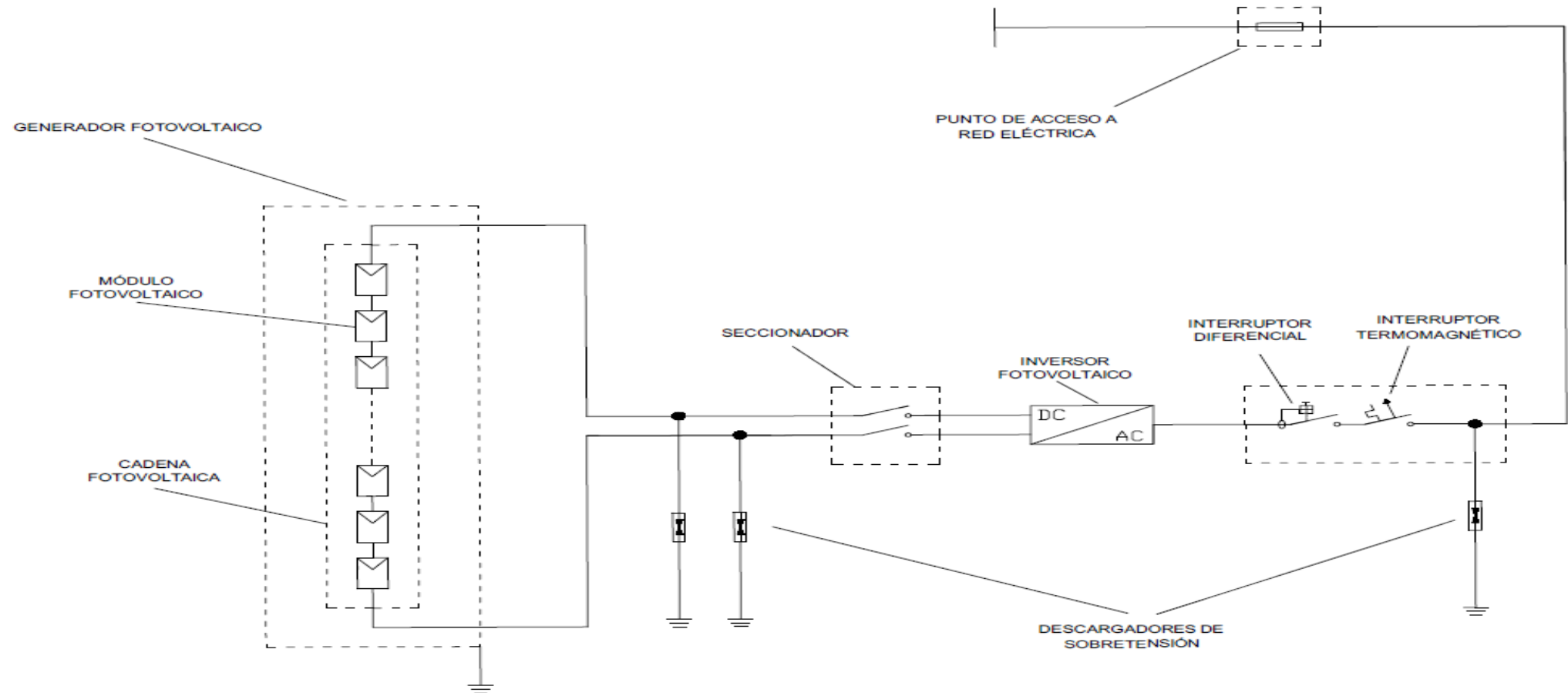


© www.solarpraxis.de

1 Generador solar, 2 Caja de conexión del generador, 3 Inversor, 4 Medidor de consumo y medidor de inyección (o medidor bidireccional?), 5 Conexión a red, 6 Punto de consumo

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

# AEA 90364-Sec. 712



# Sistemas FV instalados o a instalar

Pot. Campo FV (kW <sub>p</sub> )	Pot. Inversor (kW)	Energía Anual Generada (Bs.As.)
1,9 (8 paneles)	1,5	2.600 kWh/año
2,9 (12 paneles)	2,8	4.000 kWh/año
4,8 (20 paneles)	4,6	6.600 kWh/año

Consumo típico de una vivienda unifamiliar: 250-300 kWh/mes



# EMPLAZAMIENTOS

- ❑ 27 emplazamientos en 16 provincias: Buenos Aires, C.A. Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Mendoza, Misiones, Neuquén, Río Negro, Salta, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán.
- ❑ Base Marambio, Antártida Argentina
- ❑ Los emplazamientos incluyen lugares estratégicos:
  - Congreso de la Nación – Edificio Anexo
  - Ministerio de Planificación / Ministerio de Economía
  - Secretaría de Energía de la Nación
  - Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE)
  - EDENOR
  - Algunas Secretarías y Entes Provinciales de Energía

1ª Etapa: red interna (autoconsumo)

2ª Etapa: conexión a red pública

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

# CENTRO ATÓMICO CONSTITUYENTES – CNEA

❑ Sistema FV en techo de 4,8 kW<sub>p</sub>  
(20 paneles solares de 240 W<sub>p</sub> c/u)

❑ Pérgola FV de 5 kW<sub>p</sub> (23 paneles solares de 215 W<sub>p</sub> c/u)



# Asociación Argentina Amigos de la Astronomía



Instalación piloto de 1,5 kW conectada a la red interna del Observatorio de la Ciudad de Buenos Aires en el Parque Centenario.

# EPEN – NEUQUÉN (APROX. 3 KW PICO)



16/12/2013

# FACULTAD DE INFORMÁTICA – UNLP (APROX. 17 KW PICO)

Verano - 21 / 12 - 12:30 hs



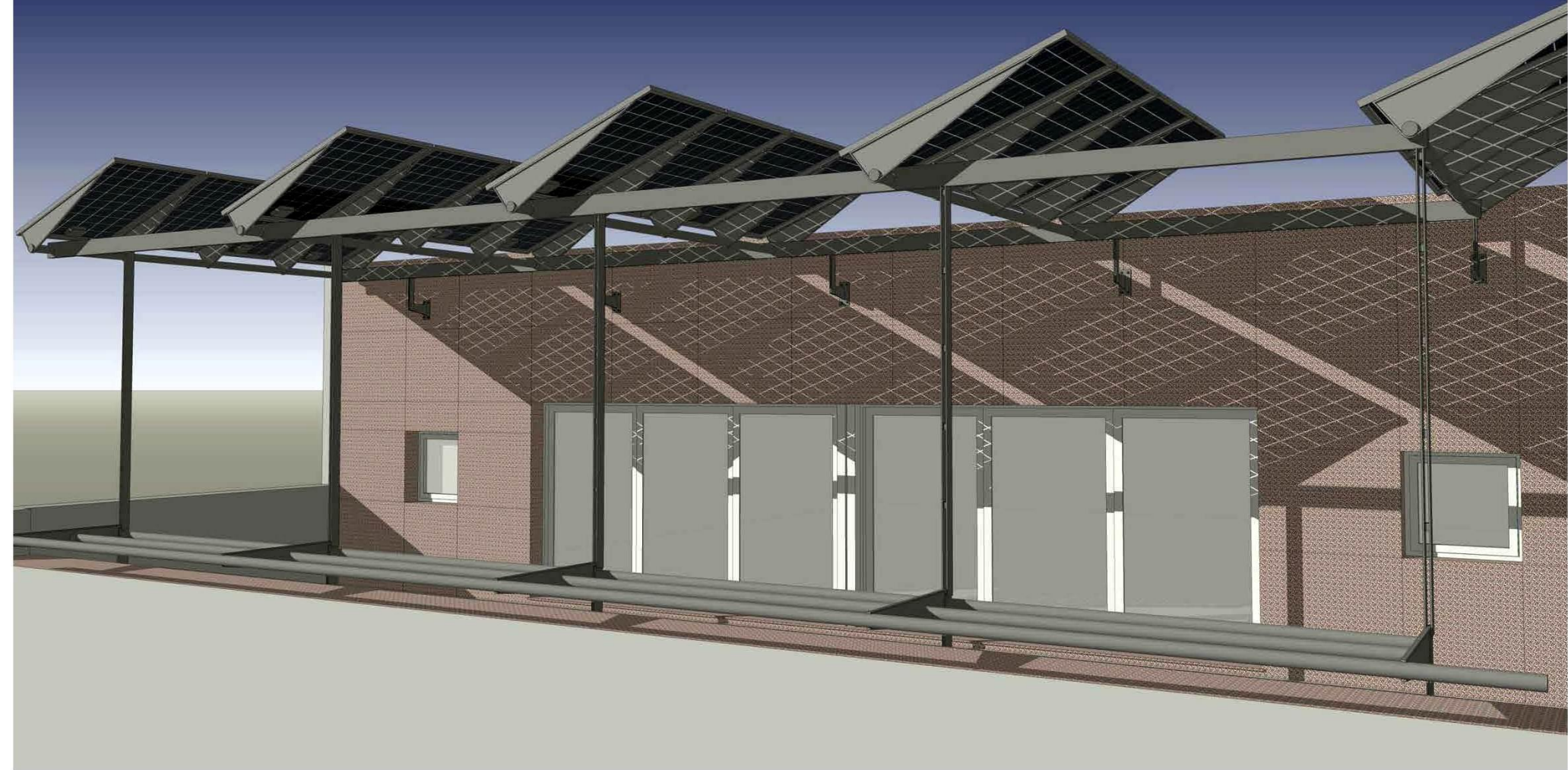
DC:  $72 \times 235 \text{ W}_p \approx 17 \text{ kW}_p$   
AC:  $3 \times 4,6 \text{ kW} + 1 \times 2,8 \text{ kW}$

Generará  $\approx 22.000 \text{ kWh/año}$   
Aprox. 5% del consumo



# ENRE – CABA (APROX. 5 KW PICO)

Instalación de paneles fotovoltaicos en el ENRE - CABA



# Cuestiones Pendientes

- **Habilitación de la conexión a red para privados**
  - Solución de corto plazo: instalaciones piloto avaladas por el Ente de Regulación que corresponda, la Distribuidora e IRESUD
    - Sistema FV 45 kW<sub>p</sub> Eurotec
  - Solución definitiva: regulación general a nivel nacional y en provincias
- **TARIFA!** La medición neta no promueve el desarrollo de esta tecnología.
- Otras formas de promoción (créditos blandos,...) impulsadas por el Estado Nacional o los Estados Provinciales.

# CONCLUSIONES

- Laboratorios de caracterización y ensayo de sistemas y componentes en organismos de C&T
- “Nacionalización” del proyecto
- Instalaciones piloto instaladas o en proceso de instalación
- Normativa técnica AEA
- Importante tarea de difusión
- Formación de RRHH
-



# FONDO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA REGIONAL FITR 2013

CONVOCATORIA ACTUALMENTE ABIERTA

- III. SECTOR ENERGÍA

- 12. Bioenergía y energía eólica

- 13. Generación distribuida y redes inteligentes.

- 14. Tecnologías para la industria del petróleo y el gas

- V. SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE

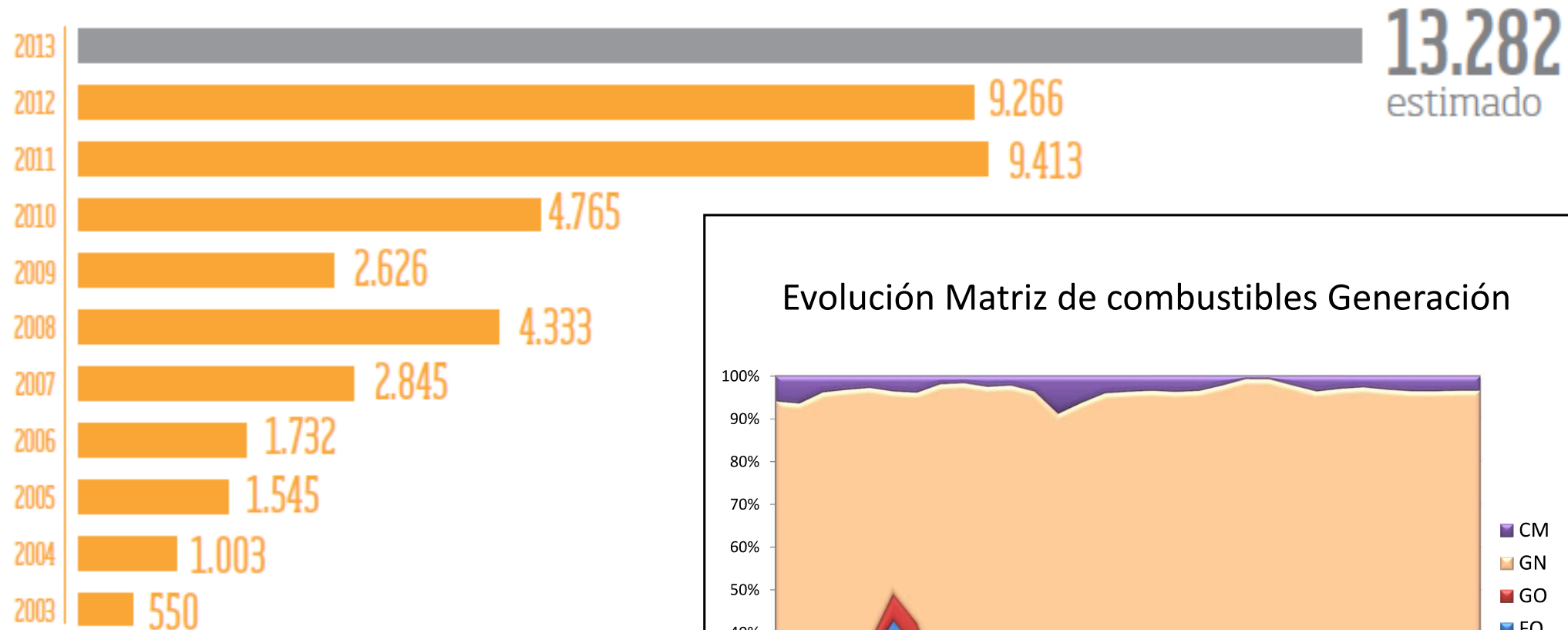
- “Generación Fotovoltaica Distribuida y Redes Inteligentes en la localidad de Centenario, Provincia del Neuquén: una experiencia piloto como referencia para otras áreas urbanas”

- EPEN – UNSAM – Aldar – Eurotec

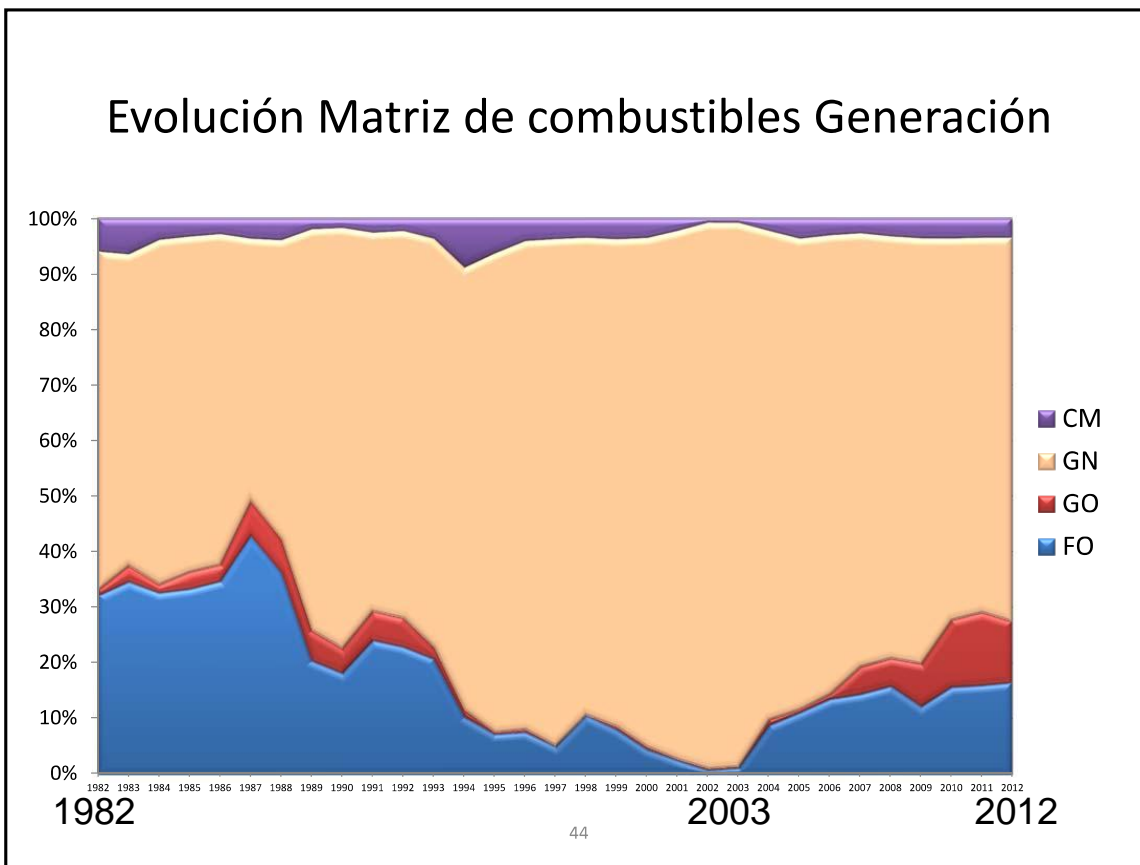
# IMPORTACIONES ENERGÉTICAS

Cifras en millones de dólares

(Fuente IARAF)

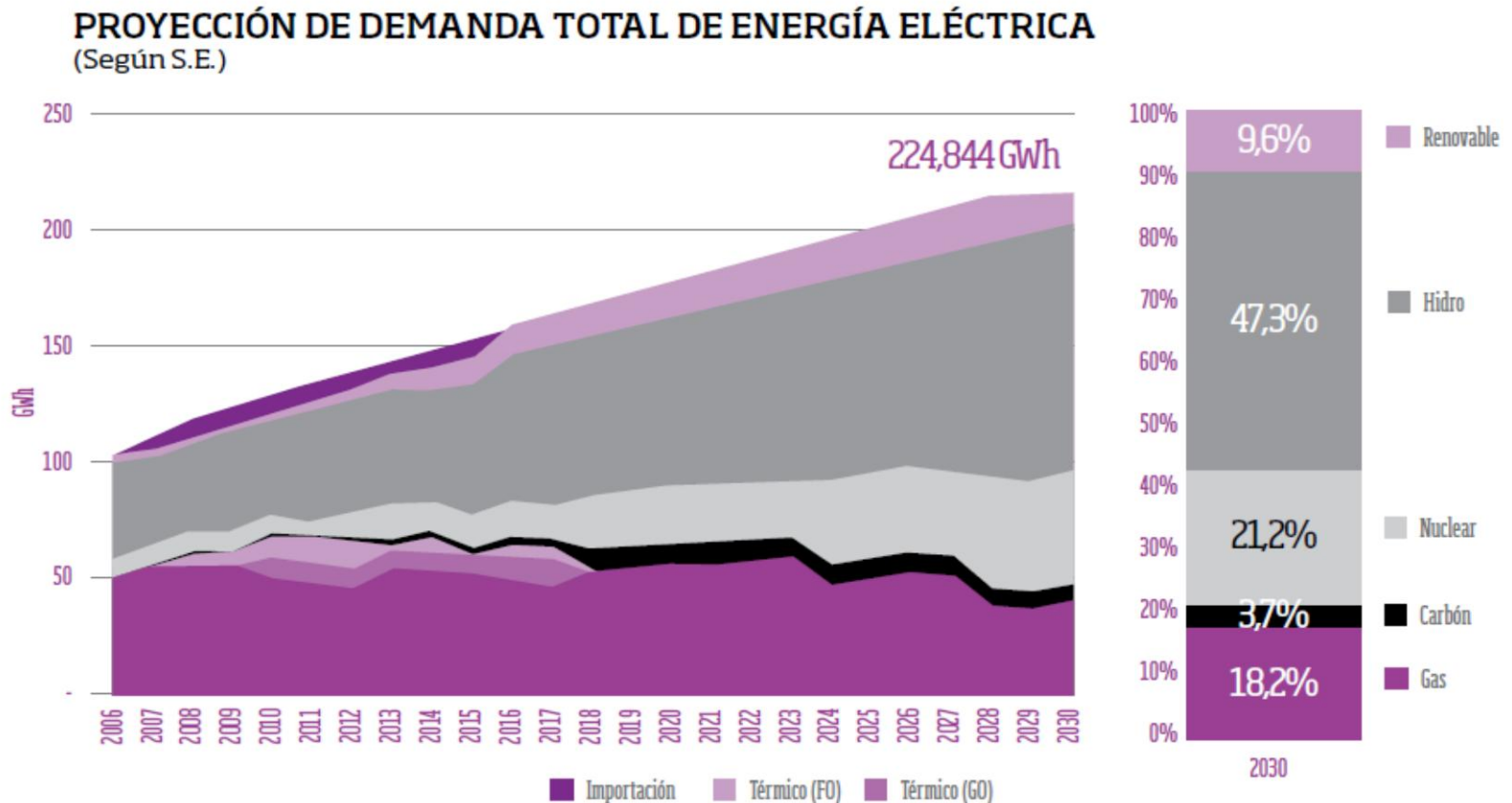


## Evolución Matriz de combustibles Generación



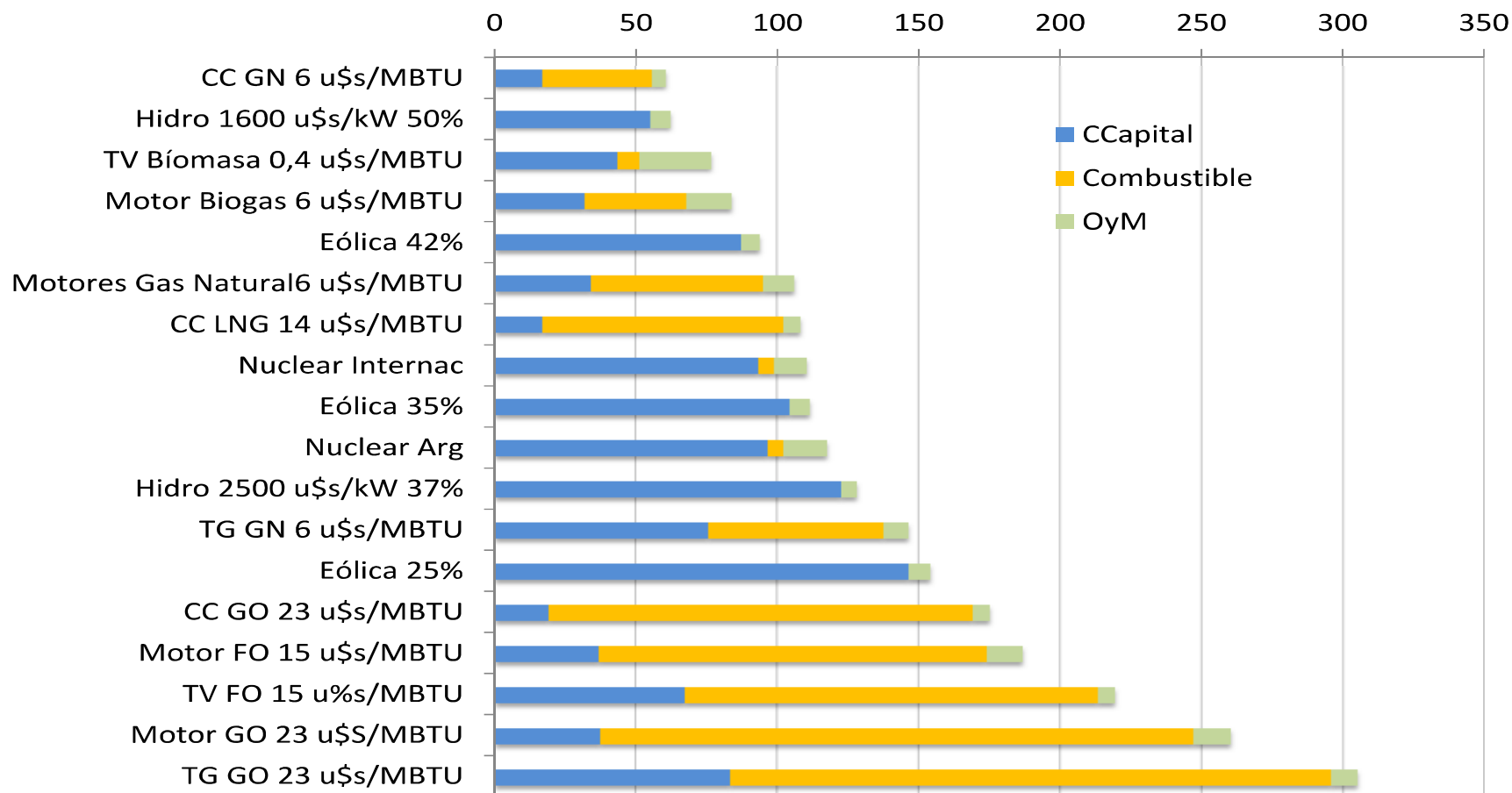
# Proyección de la Demanda Eléctrica S.E.

- La SE proyecta que se necesita un incremento de potencia instalada de 1.500 MW por año.



## Costos de Generación diferentes alternativas

u\$/MWh



## Argentina, ESCENARIOS 2030: Objetivos

- Instalar en la agenda pública la necesidad de desarrollar una visión energética de largo plazo, que refuerce la seguridad energética y mitigue el impacto sobre el cambio climático
- Impulsar un proceso de diálogo hacia una visión energética sustentable de largo plazo para Argentina
- Presentar los resultados del debate a la Secretaría de Energía
- Instituciones participantes:
  - CADER CACME AAGERA FIUBA FEP Fundación Vida Silvestre

Fuente: M. Alvarez (CADER). 2014

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

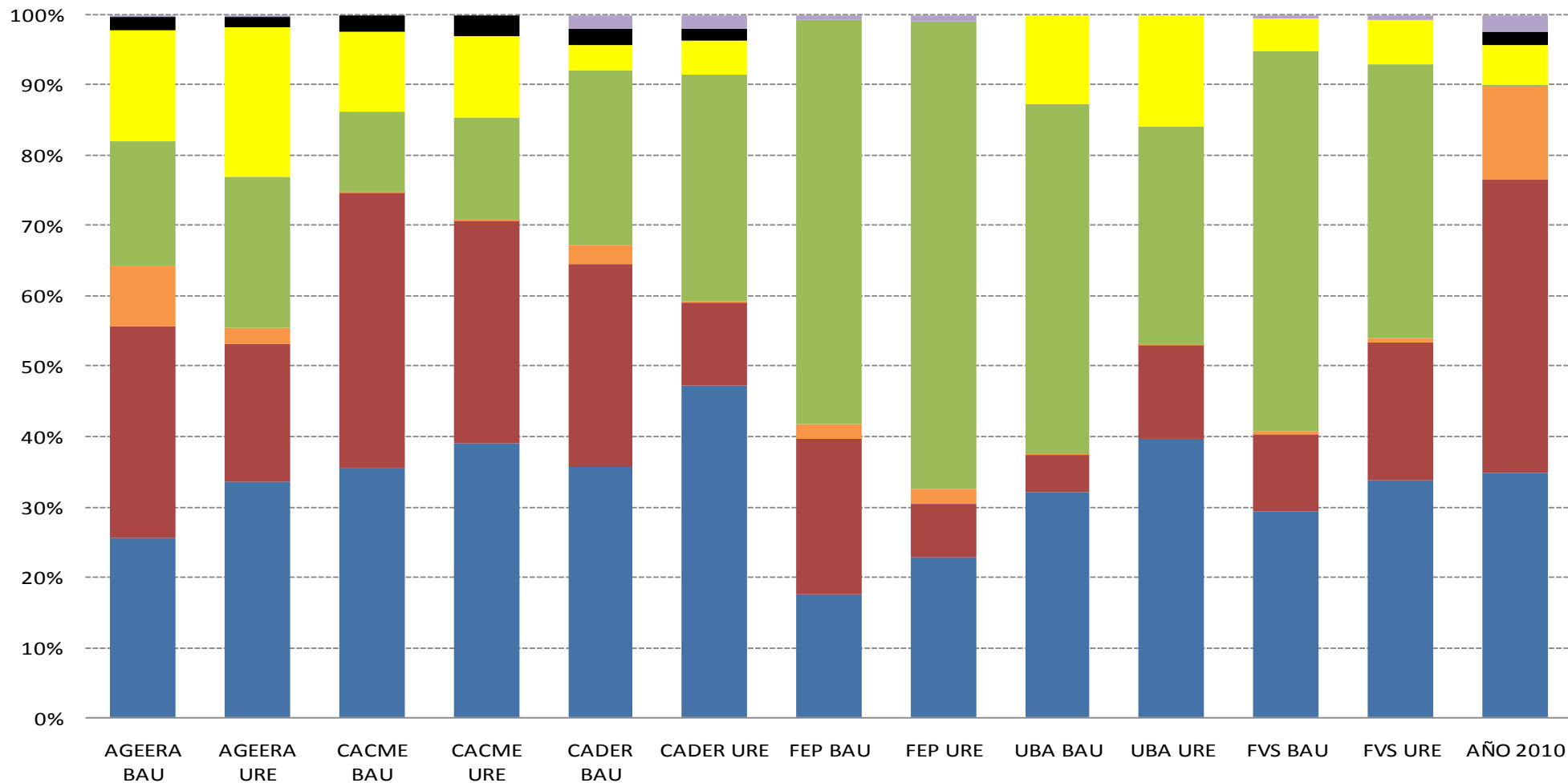
# Principios Básicos

- AGEERA (Asoc. de Generadores de Energía Eléctrica de la Rep. Argentina)
  - Escenario con fuerte probabilidad de ocurrencia.
- CACME (Comité Argentino del Consejo Mundial de la Energía)
  - Combinación de lo “deseado” y lo “posible”.
- CADER (Cámara Argentina de Energías Renovables)
  - Diversificación de la matriz energética a partir de una alta penetración de energías renovables.
- FEP (Foro de Ecología Política)
  - Matriz al año 2050 que se aproxima al 100% de energías renovables.
- GEA – FI – UBA (Grupo de Energía y Ambiente)
  - Procura lograr un costo de la energía que resulte lo más bajo posible y a su vez disminuir las emisiones de GEI.
- FVSA (Fundación Vida Silvestre)
  - Escenario de URE. Perspectiva ambiental.

Fuente: M. Alvarez (CADER). 2014

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)

# Matriz de generación eléctrica - 2030



■ Hidráulico   
 ■ Térmico GN   
 ■ Termico Liquido   
 ■ Renovable   
 ■ Nuclear   
 ■ Carbon   
 ■ Importacion

BAU (Business as Usual): 3,4% anual  
 URE: 1,9% anual



- **Plataforma Escenarios Energéticos Argentina 2030**
- **Aportes para un debate energético nacional**
- Informe de síntesis : aportes para un debate energético nacional / coordinado por Ramiro Fernández. – 1a ed. – Buenos Aires : Fundación AVINA Argentina; CEARE; Buenos Aires: FARN; Buenos Aires: ITBA, 2012.
- ISBN 978-987-25230-2-2
- 1. Recursos Naturales. 2. Energía. I. Fernández, Ramiro, coord. CDD 333.7

[Descarga gratuita en:](http://www.escenariosenergeticos.org/publicaciones/)

<http://www.escenariosenergeticos.org/publicaciones/>

Fuente: M. Alvarez (CADER). 2014

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)





Muchas Gracias!

[www.iresud.com.ar](http://www.iresud.com.ar)