



Generación eléctrica distribuida mediante
sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica en
ambientes urbanos

Julio C. Durán

duran@tandar.cnea.gov.ar

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

Escuela Giambiagi 2014

“Física Aplicada y la relación de los científicos con la industria”

FCEyN, UBA, 2 de Septiembre de 2014

www.iresud.com.ar

LA ENERGÍA SOLAR

- Fuente muy abundante, inagotable, esencialmente no contaminante, pero intermitente y de baja intensidad
 - Intermitencia
 - ❑ Acumulación (baterías, supercapacitores, H₂,...)
 - ❑ Interconexión a red
- Radiación Solar de referencia: 1 kW/m²
- Promedio anual de energía solar

Fuente H. Grossi Gallegos y R. Righini, HYFUSEN (2011) / ASADES (2012)

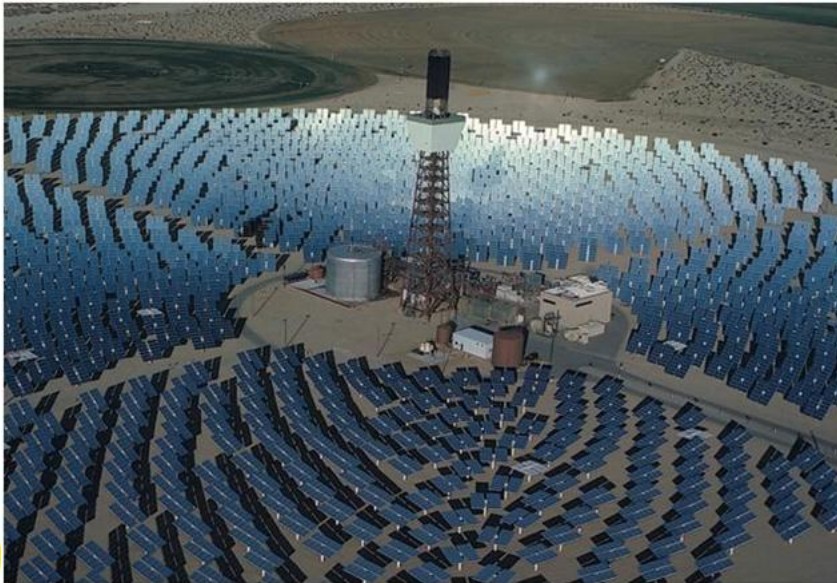
	Plano Horizontal	Plano Inclinado
Usuhaia	1.020 kWh/(m ² año) 2,79 kWh/(m ² día)	1.240 kWh/(m ² año)
San Miguel	1.550 kWh/(m ² año) 4,25 kWh/(m ² día)	1.680 kWh/(m ² año)
San Juan	2.050 kWh/(m ² año) 5,62 kWh/(m ² día)	2.230 kWh/(m ² año)

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SOLAR EN LA ARGENTINA

- Radiación promedio al Norte del Río Colorado 4,5 kWh/(m².día)
- Eficiencia de conversión de energía solar en electricidad 15%
- Factor de ocupación del terreno 50%
- **Demanda eléctrica año 2013: 125×10^9 kWh**
- Área total requerida: 1015 km²
- **Resulta un área de $\cong 65\%$ a la que cubre el espejo de agua de la represa Yaciretá (1600 km² con la cota de 83 msnm), generando 7 veces más energía**

CONVERSIÓN FOTOTÉRMICA

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



CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

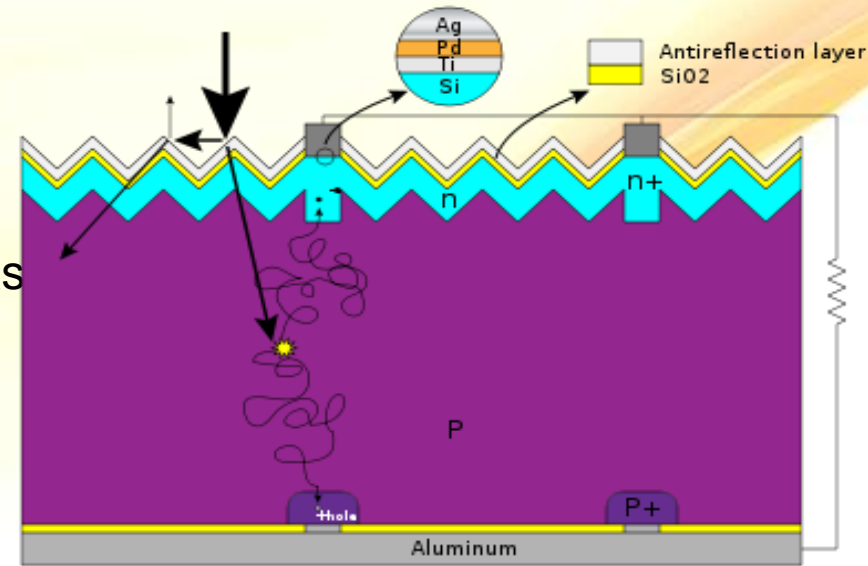


- Generación directa de electricidad
 - *Celda solar de Si cristalino*
 - 1958 → Vanguard I (EEUU), primeras celdas solares de silicio cristalino en el espacio
- Hasta 1973 → usos espaciales y militares
- Crisis del petróleo → usos terrestres de FV
- Década del '90, nuevo impulso por cuestiones ecológicas

CELIDAS SOLARES DE SI CRISTALINO

Ventajas

- 2º elemento más abundante en la corteza terrestre (25%)
- Características eléctricas, químicas y mecánicas uniformes
- Eficiencia de celdas relativamente alta
- Estabilidad en la eficiencia (> 30 años)
- Tecnología altamente desarrollada e industria bien establecida



Desventajas

- Material relativamente caro
- Prop. electrónicas no óptimas (baja absorción de luz)
- Tamaño de celdas limitado

MATERIALES DE INTERÉS FOTOVOLTAICO

- *c-Si*
- *mc-Si*
- *a-Si:H*
- $\mu\text{c-Si}$
- *III-V (GaAs, ...)*
- *CdTe*
- *Cu(In, Ga)Se₂*

SISTEMA FOTOVOLTAICO



- Módulo FV
 - Corriente continua (12 V – 40 V) → 36/72 celdas de c-Si conectadas en serie
 - Potencias típicas: 80-300 W_p (360-1200 Wh/día)
- Sistema FV
 - Módulos FV
 - BOS (*balance of system*): baterías, controladores de carga, inversores 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*



El Chañar, Neuquén, Argentina

2,8 kW

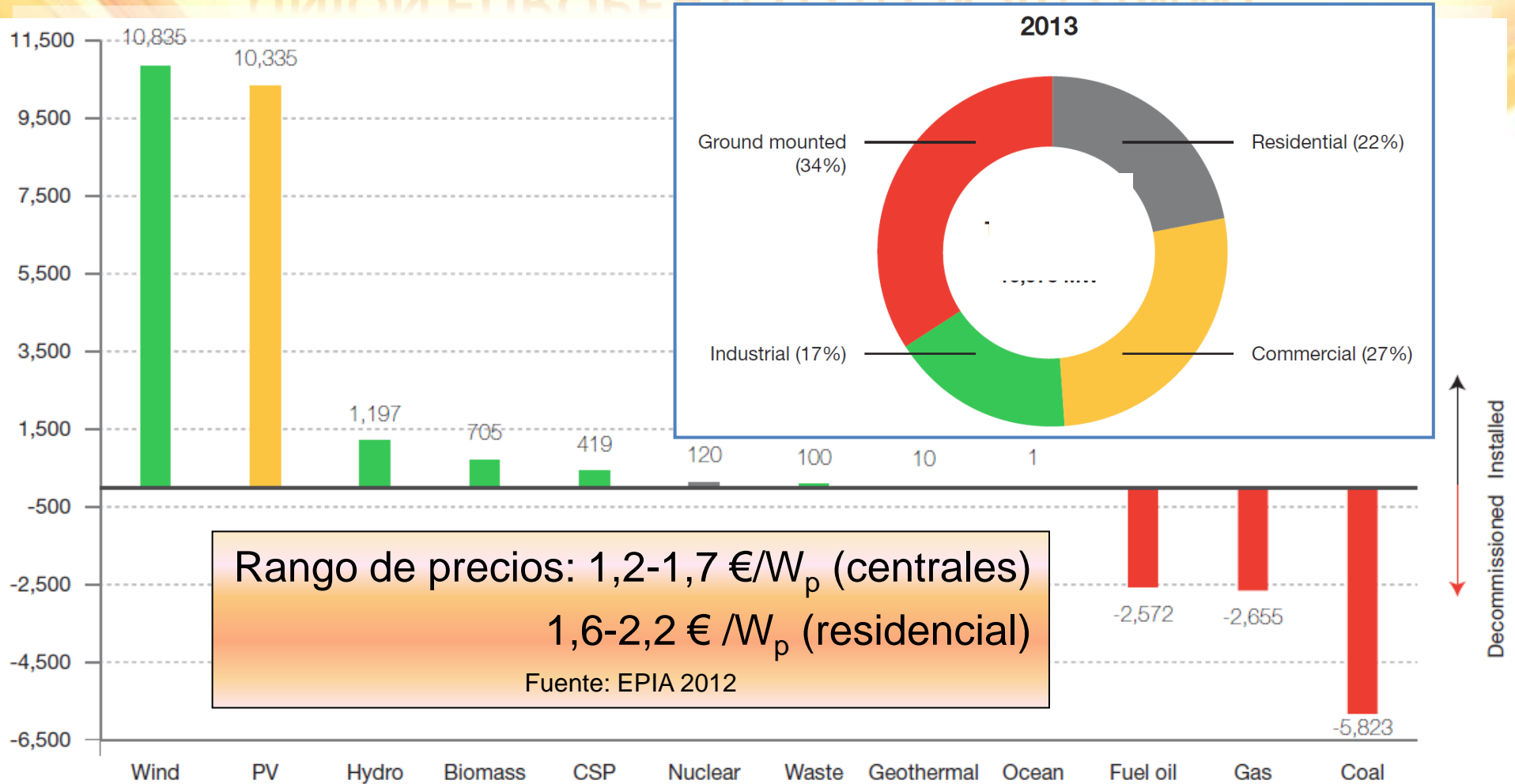
www.iresud.com.ar



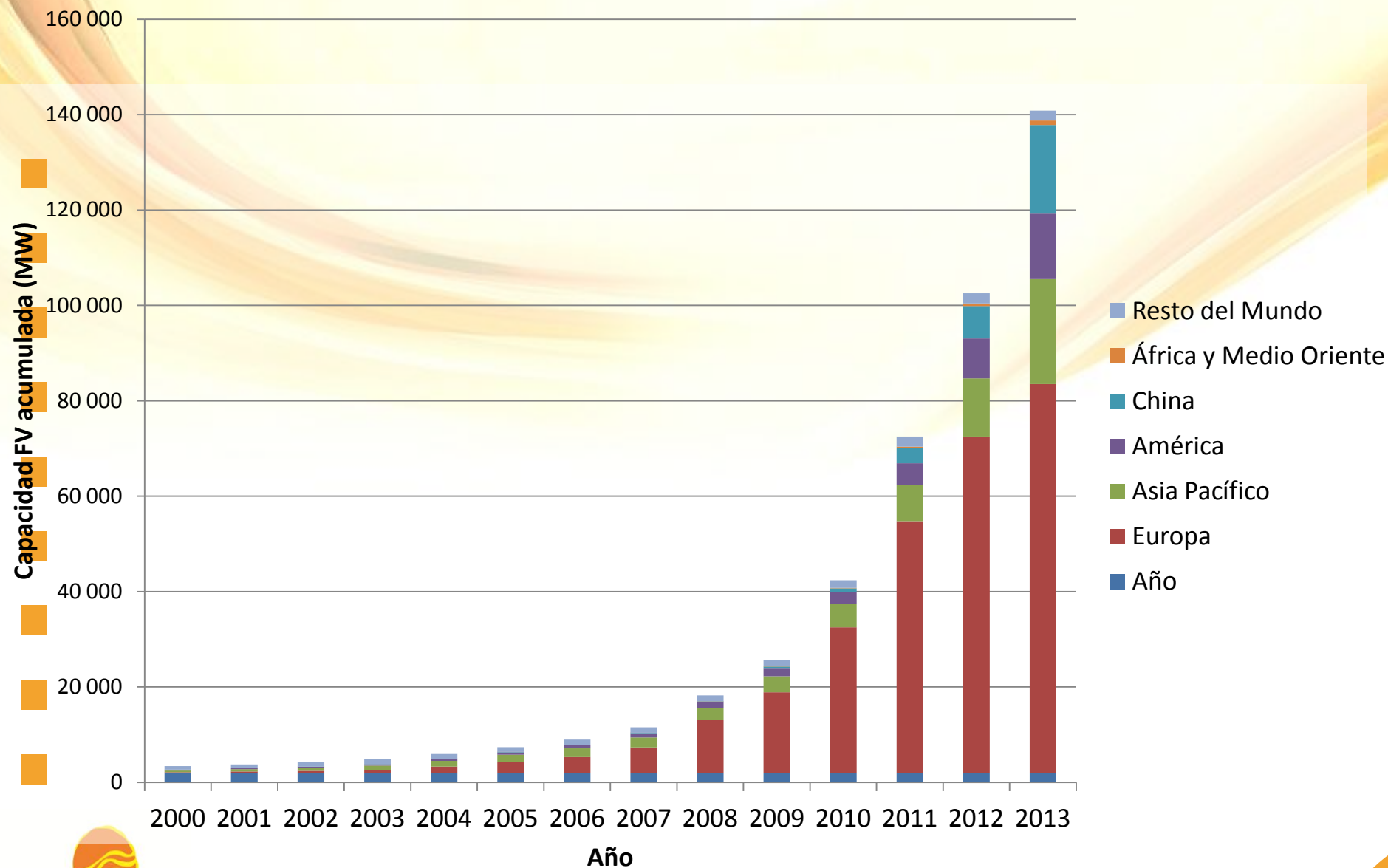
Cañada Honda, San Juan, Argentina

5 MW

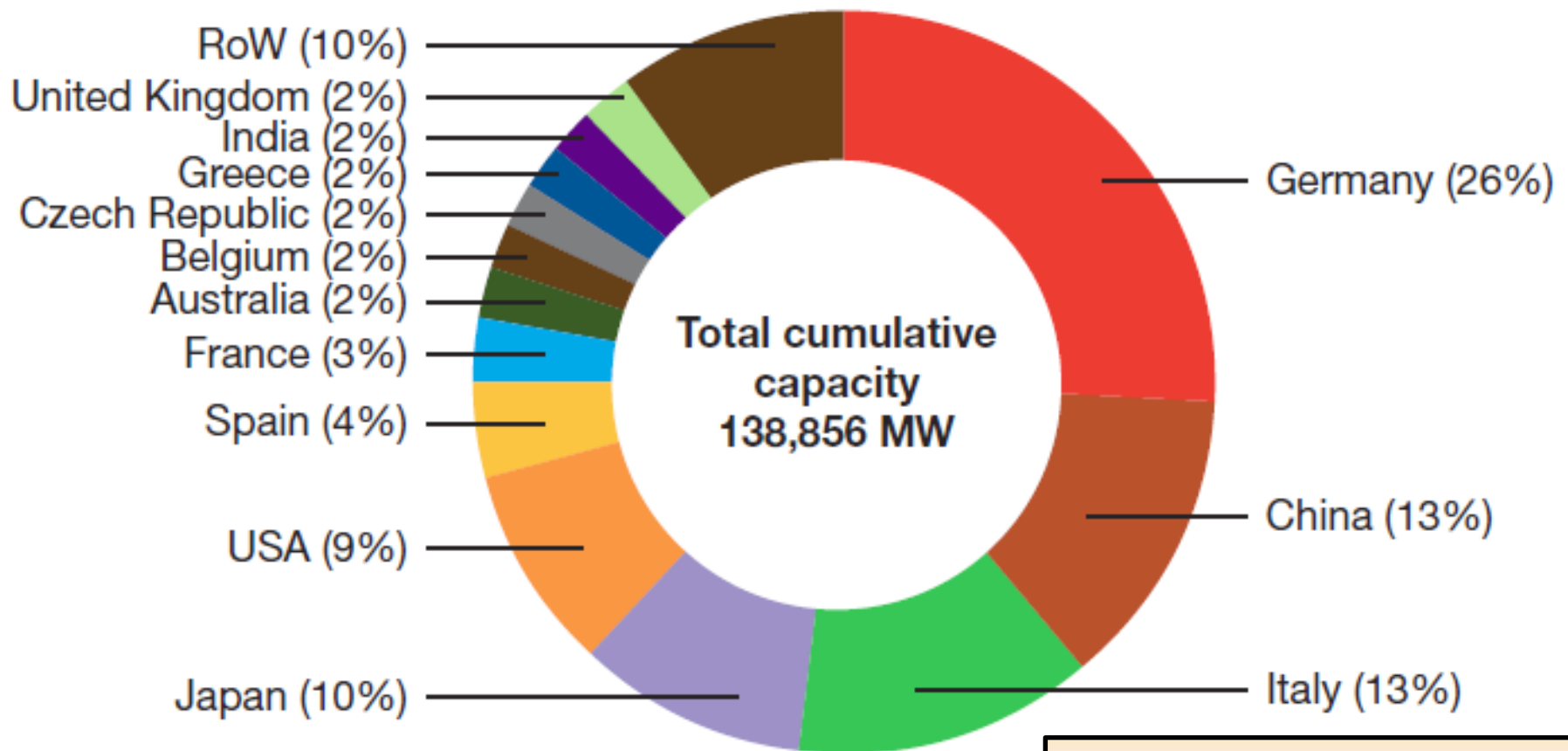
CAPACIDAD NETA DE GENERACIÓN AGREGADA EN LA UNIÓN EUROPEA (EU27) EN 2013 (MW)



EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD FV ACUMULADA (MW)



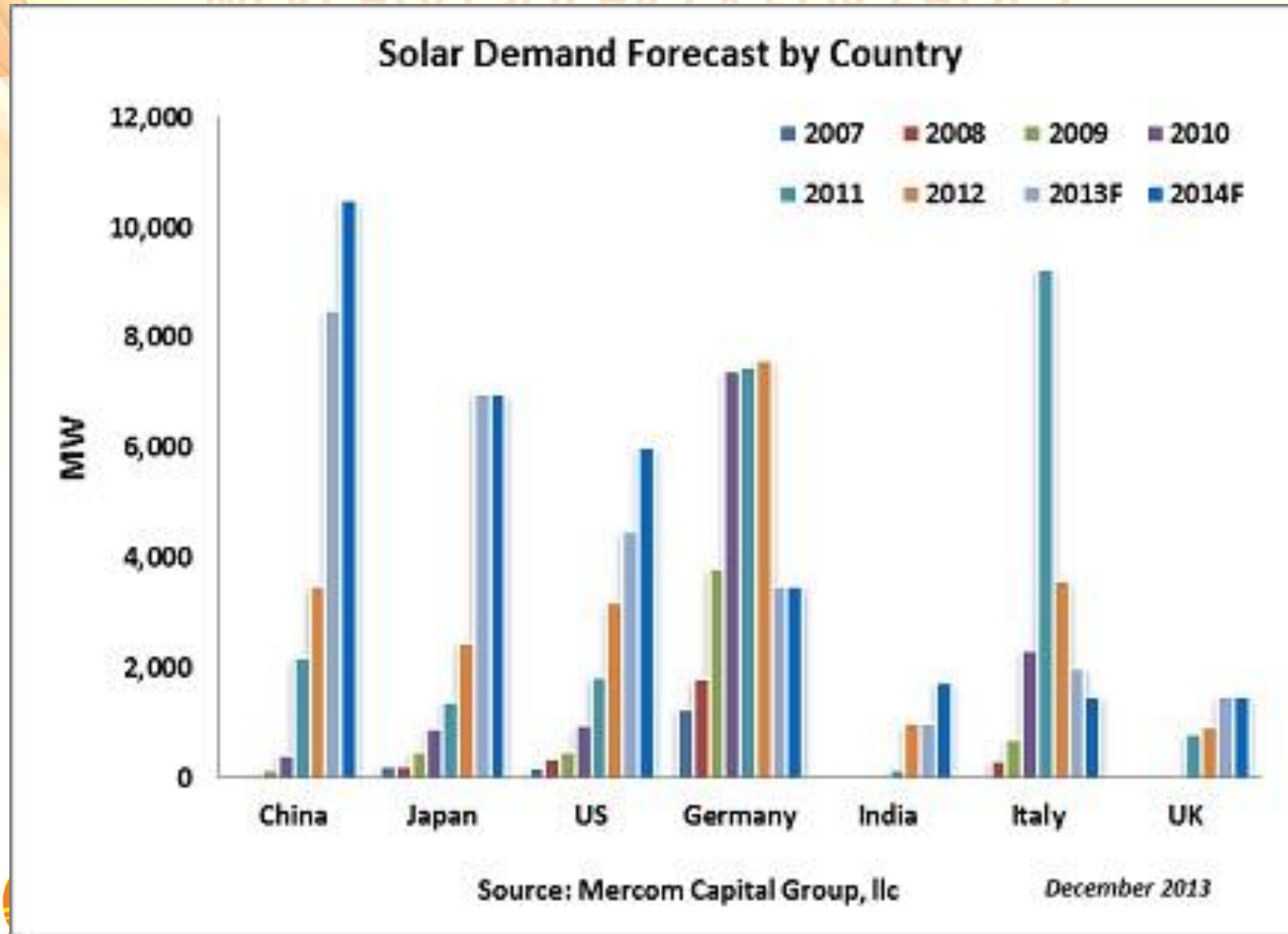
CAPACIDAD FV TOTAL ACUMULADA AL AÑO 2013



Matriz Eléctrica 2012

- Alemania ≈ 5,6% con FV
- Italia ≈ 6,7% con FV

MERCADO SOLAR FV POR PAÍSES



EPIA 2014 – ALGUNAS CONCLUSIONES

❑ Competitividad creciente de FV

- Fuerte disminución de precios de sistemas FV
- Precios crecientes de la electricidad convencional

❖ Paridad con la red

Sin embargo:

❑ Mercado impulsado por políticas de Estado

- Reducción de políticas de promoción ⇒ reducción del mercado (Alemania, Italia, Bélgica, Francia, España)
- Nuevas políticas FIT ⇒ incremento violento del mercado (China, Japón)

SITUACIÓN ACTUAL EN LA ARGENTINA

- Hasta 2010 sólo FV aislado
- Primeros pasos en conexión a red de centrales FV
 - ⇒ 1,2 MW_p + 7 MW_p (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)

Centrales FV Planeadas: 200-300 MW

- En GD, Argentina se encuentra retrasada frente a países de la región, en especial en cuanto a regulación (Brasil, Chile, Méjico, Uruguay,...)

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.

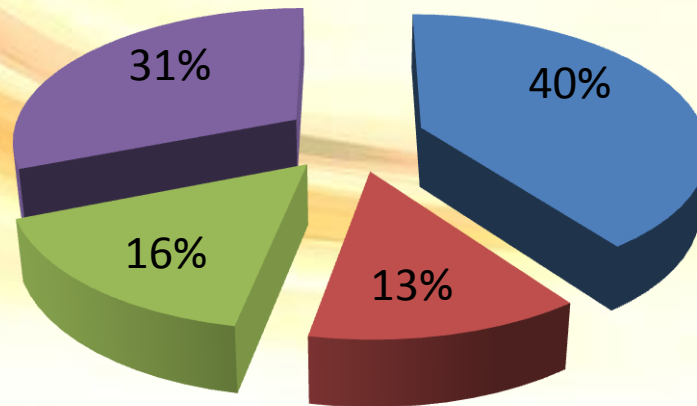
Firma del contrato: 1 de diciembre de 2011

❑ Acuerdos de colaboración con numerosas Universidades, Organismos Públicos, Cooperativas, etc., a lo largo de casi todo el país

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
- Contribuye al ahorro de combustibles fósiles
- 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 la generación FV distribuida conectada a la red eléctrica en áreas urbanas y periurbanas

Cambio de Paradigma

Generación Centralizada + Transporte + Distribución



GC + T + D + **Generación en el Lugar de Consumo**

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
 - Componentes: Módulos FV, Inversores CC-CA, Estructuras, Cables,...
 - Servicios: Ingeniería, Instalación, O&M

REUNIONES DE TRABAJO – ACUERDOS MARCO

- Congreso de la Nación
- 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

AERA: ALIANZA PARA LA ENERGÍA RENOVABLE ARGENTINA

- Grupo compuesto por actores del
- Sector Público, Privado y Sociedad Civil,
- trabajando en conjunto desde 2010



REGLAMENTACIÓN TÉCNICA Y REGULACIÓN

- GT10 de la AEA – AEA 90364-Sec. 712 "Sistemas de suministro de energía mediante fotovoltaico", basada en IEC 60364-7-712.
- Interacción con Distribuidoras (EDENOR, EDESUR, EPESF, EPEN).
- EPE Santa Fe: 1^{ra} reglamentación para GD con FR, Res. 442/2013.
- ❖ Secretaría de Energía
- ❖ ENRE: Grupo de Trabajo sobre Fuentes de ER y GD

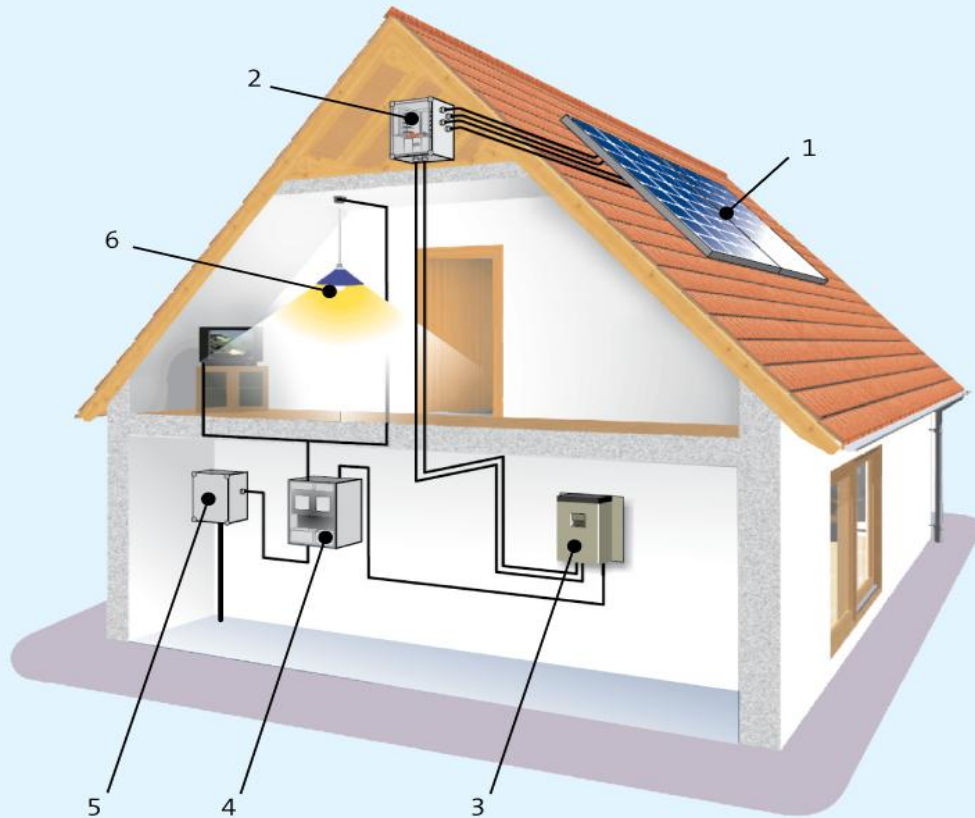
Sistemas FV instalados o a instalar

Pot. Campo FV (kW _p)	Pot. Inversor (kW)	Energía Anual Generada (Bs.As.)
1,9 (8 paneles)	1,5	2.400 kWh/año
2,9 (12 paneles)	2,8	3.900 kWh/año
4,8 (20 paneles)	4,6	6.500 kWh/año

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

⇒ 3.000-3.600 kWh/año

Sistema FV conectado a la red eléctrica



© 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

INSTALACIONES PILOTO

- ❑ ≈40 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

CENTRO ATÓMICO CONSTITUYENTES – CNEA

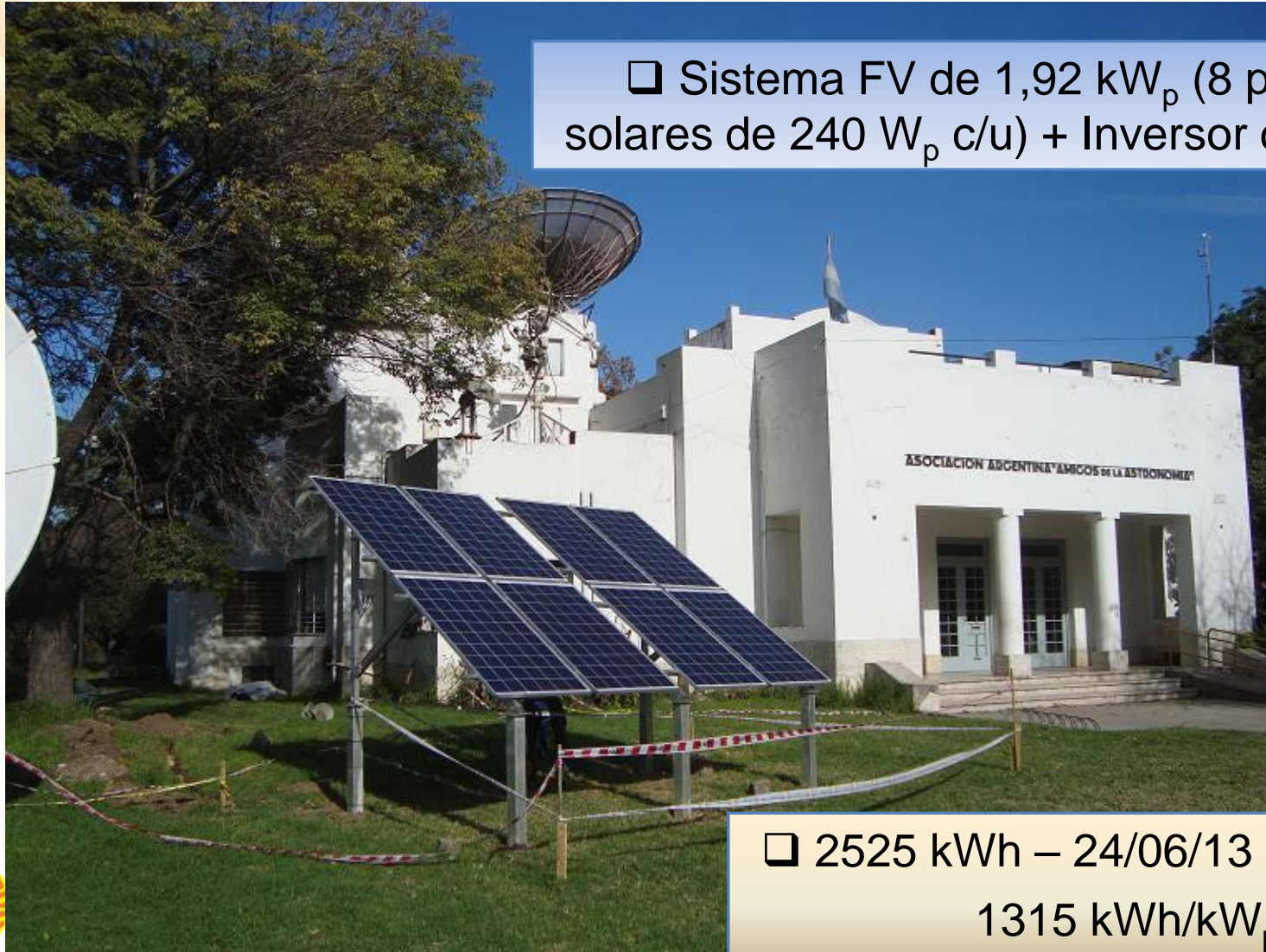
❑ Sistema FV en techo de 4,8 kW_p
(20 paneles solares de 240 W_p c/u)

❑ Pérgola FV de 5 kW_p (23 paneles solares de 215 W_p c/u)



Asociación Argentina Amigos de la Astronomía Parque Centenario – C.A. Buenos Aires

☐ Sistema FV de 1,92 kW_p (8 paneles solares de 240 W_p c/u) + Inversor de 1,5 kW



☐ 2525 kWh – 24/06/13 al 24/06/14
1315 kWh/kW_p

FACULTAD DE INFORMÁTICA – UNLP



DC: $72 \times 235 W_p \approx 17 kW_p$
AC: $3 \times 4,6 kW + 1 \times 2,8 kW$

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



Instalaciones en Google Maps

<http://iresud.com.ar/instalaciones-piloto/>

The screenshot shows a web browser window displaying the IRESUD website. The browser's address bar shows the URL <http://iresud.com.ar/instalaciones-piloto/>. The website header includes the IRESUD logo and navigation links: "Acerca de Iresud", "Instalaciones Piloto", "¿Querés saber más?", "Novedades", and "Contacto". Below the header, the page title is "Instalaciones Piloto" and the breadcrumb is "Inicio / Instalaciones Piloto".

The main content area features a Google Maps interface. On the left, a sidebar titled "Instalaciones Conectadas" lists various locations with yellow circular markers. The "Universidad Nacional de Santiago del Estero" is highlighted. A pop-up window for this location is open, showing a photograph of solar panels on a roof. The pop-up text reads: "Universidad Nacional de Santiago del Estero", "Potencia instalada 4,8 kWp.", and "20 módulos FV de 240 Wp c/u". The map shows the location in Santiago del Estero, Argentina, with a yellow marker and a blue circle indicating the installation site. The map also shows the border with Paraguay and several cities in the region.

At the bottom of the browser window, the Windows taskbar is visible, showing the Start button and several application icons. The system tray in the bottom right corner displays the date and time: "07:22 p.m. 16/06/2014".

FONDO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA REGIONAL FITR 2013 (MAYO 2014)

III. SECTOR ENERGÍA – 13. Generación distribuida y redes inteligentes.

“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

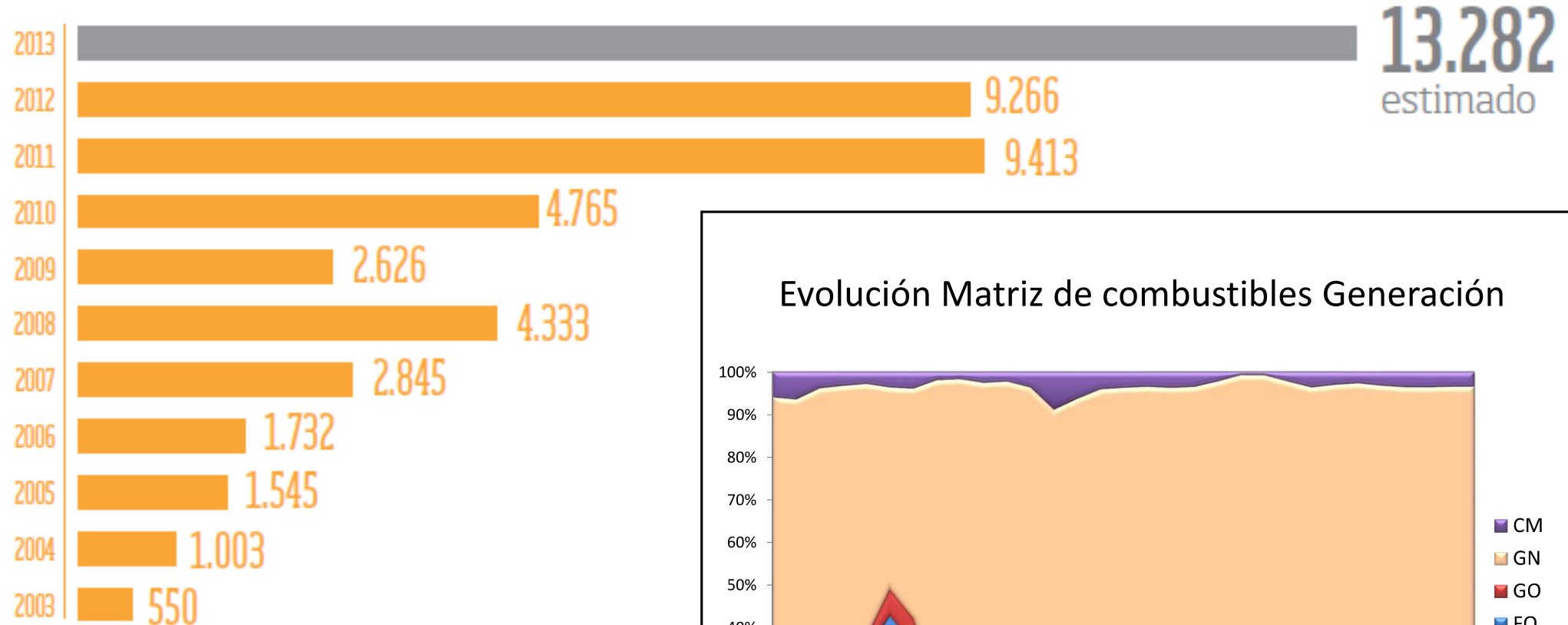
Telesupervisión y telecontrol (BT) + FV distribuidos

- Sistemas FV (≈ 400 kW) conectados a BT. Evaluación del grado de penetración compatible con calidad de servicio.
- Telesupervisión y eventual intervención remota.
- Evaluar la influencia de la GD sobre la calidad del servicio.

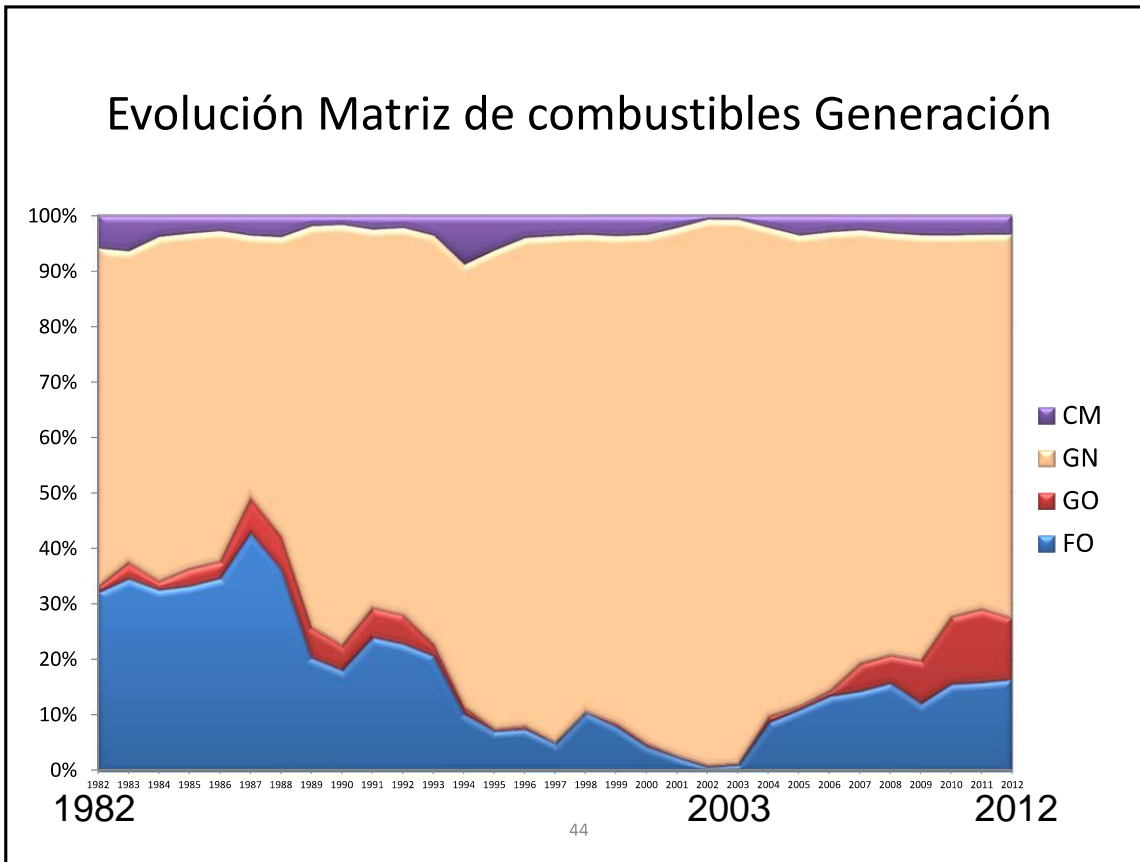
IMPORTACIONES ENERGÉTICAS

Cifras en millones de dólares

(Fuente IARAF)

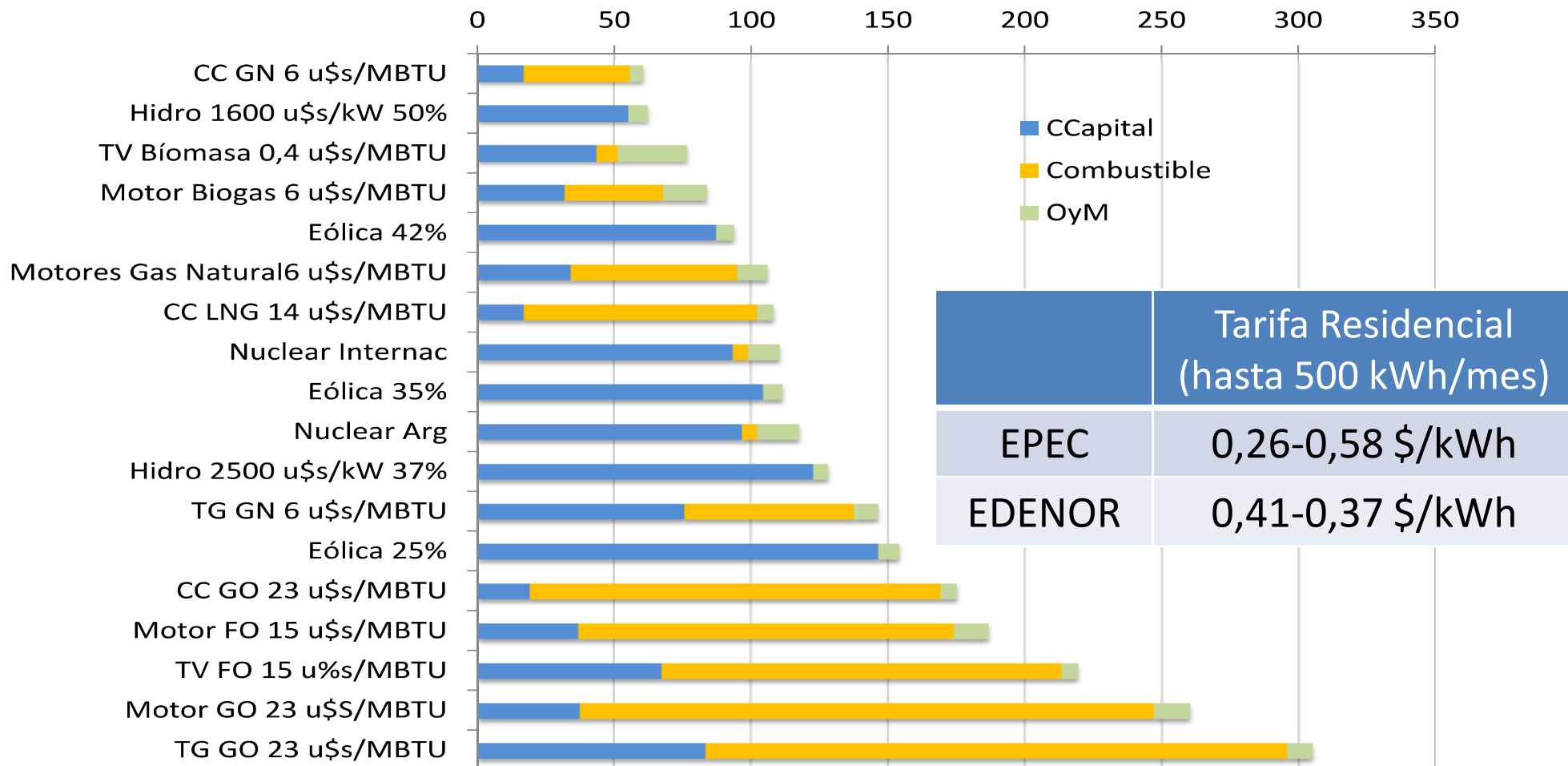


Evolución Matriz de combustibles Generación



Costos de Generación diferentes alternativas

u\$/MWh



Fuente: Secretaría de Energía (2013)

CONCLUSIONES

- ❑ Laboratorios de ensayo en organismos de C&T

- ❑ “Nacionalización” del proyecto

- ❑ Sistemas piloto

- ❑ Desarrollo de componentes y proveedores

- ❑ Formación de RRHH + Difusión

- ➤ **Pendientes**

- ■ Regulaciones a nivel nacional y provincial

- ■ Políticas de promoción (tarifaria, impositiva, etc.)

Las FR deben ser parte de la estrategia energética de mediano y largo plazo