

El Instituto de
Energía Solar

40 años liderando la
energía solar fotovoltaica

Gráficos significativos energía solar fotovoltaica

Actualización: Octubre 2018



POLITÉCNICA

Instituto de Energía Solar

Actualización: Octubre 2018

La energía solar fotovoltaica está en constante evolución y cambio. El objetivo de esta presentación es mantener un repositorio actualizado que incluya los datos mas importantes relativos a esta tecnología y su implementación en España.

Si tienes alguna sugerencia de mejora escribe a marta.victoria@ies.upm.es, i.ramiro@ies.upm.es y rodrigo.moreton@ies.upm.es

Resumen de los aspectos más destacados

- Los resultados de diferentes estudios coinciden en señalar que el coste de la energía solar fotovoltaica resulta similar, y en algunos casos inferior, al de otras tecnologías de producción de electricidad renovables y convencionales. El coste medio de la energía producida (conocido como LCOE, siglas del término inglés Levelized Cost of Electricity) para grandes plantas fotovoltaicas se estima en el rango 0,04-0,07 €/kWh. Para plantas en tejado residencial el rango de precios es 0,10-0,27 €/kWh.
- A finales de 2017 había instalados 402 GW de fotovoltaica en el mundo. De ellos, 131 GW en China, 51 GW en EE. UU., 49 GW en Japón, 42 GW en Alemania, 20 GW en Italia y 5,6 GW en España*.
- España es el 10º país del mundo por potencia fotovoltaica instalada (5,6 GW). Sin embargo, ocupa el puesto 18 en relación a la nueva potencia instalada en 2017 (147 MW).
- En 2017, la fotovoltaica cubrió el 3,1% de la demanda eléctrica de España. En el momento en que se produjo el pico de demanda del año 2016 (13-14h del 6 de septiembre) la fotovoltaica representó el 7,2% de la generación.
- El tiempo de retorno energético para una instalación fotovoltaica en Europa se estima entre 1,5 y 3,5 años. Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de electricidad de origen fotovoltaico son aproximadamente 46 gr CO₂/kWh.

*La potencia fotovoltaica instalada en España reportada por REE es la correspondiente en AC (4,5 GW). La tendencia habitual en otros países es reportar esta potencia en DC, por ello se indica el valor correspondiente para la potencia fotovoltaica instalada en España en DC (5,6 GW).

Índice

1. Precios y coste de la tecnología fotovoltaica
2. Generación fotovoltaica, potencia instalada en España, Europa y resto del mundo
3. Tiempo de retorno energético
4. Superficie ocupada por fotovoltaica y generación de empleo
5. Diferentes tecnologías fotovoltaicas
6. Energía solar fotovoltaica de concentración

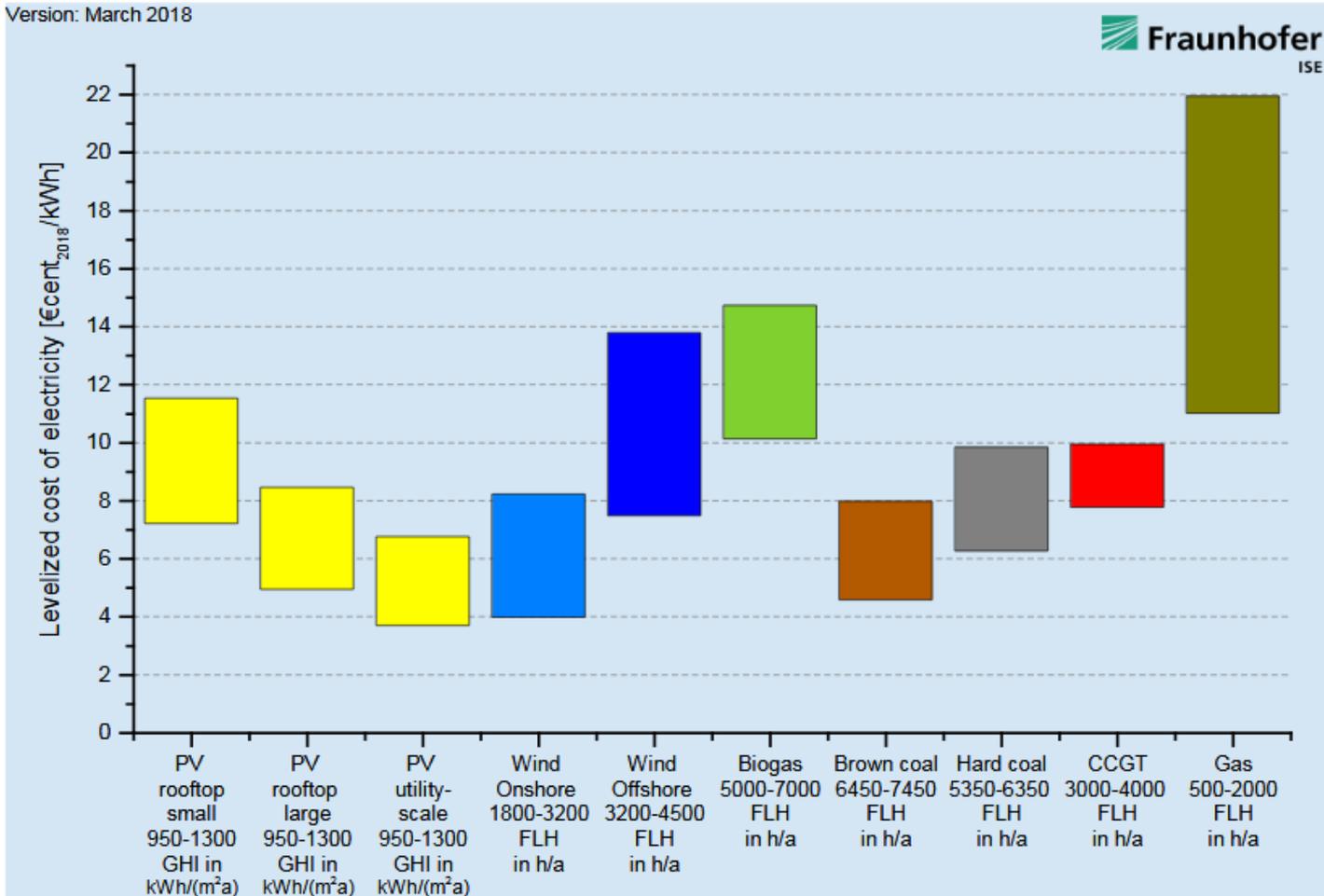
Precios y coste de la tecnología

El coste del kilovatio-hora producido con fotovoltaica ya compite con el resto de fuentes de generación tradicionales.

- El coste medio de la energía producida (conocido como LCOE, siglas del término inglés Levelized Cost of Electricity) para **grandes plantas** fotovoltaicas se estima en el rango **0,04-0,07 €/kWh**. Este precio es competitivo frente a fuentes tradicionales tanto renovables (hidroeléctrica, eólica) como no renovables (carbón, gas y nuclear). El precio garantizado que resulta de algunas subastas de energía es incluso inferior (ver diapositiva 9).
- Para **plantas en tejado residencial** el rango de precios es **0,10-0,27 €/kWh**.

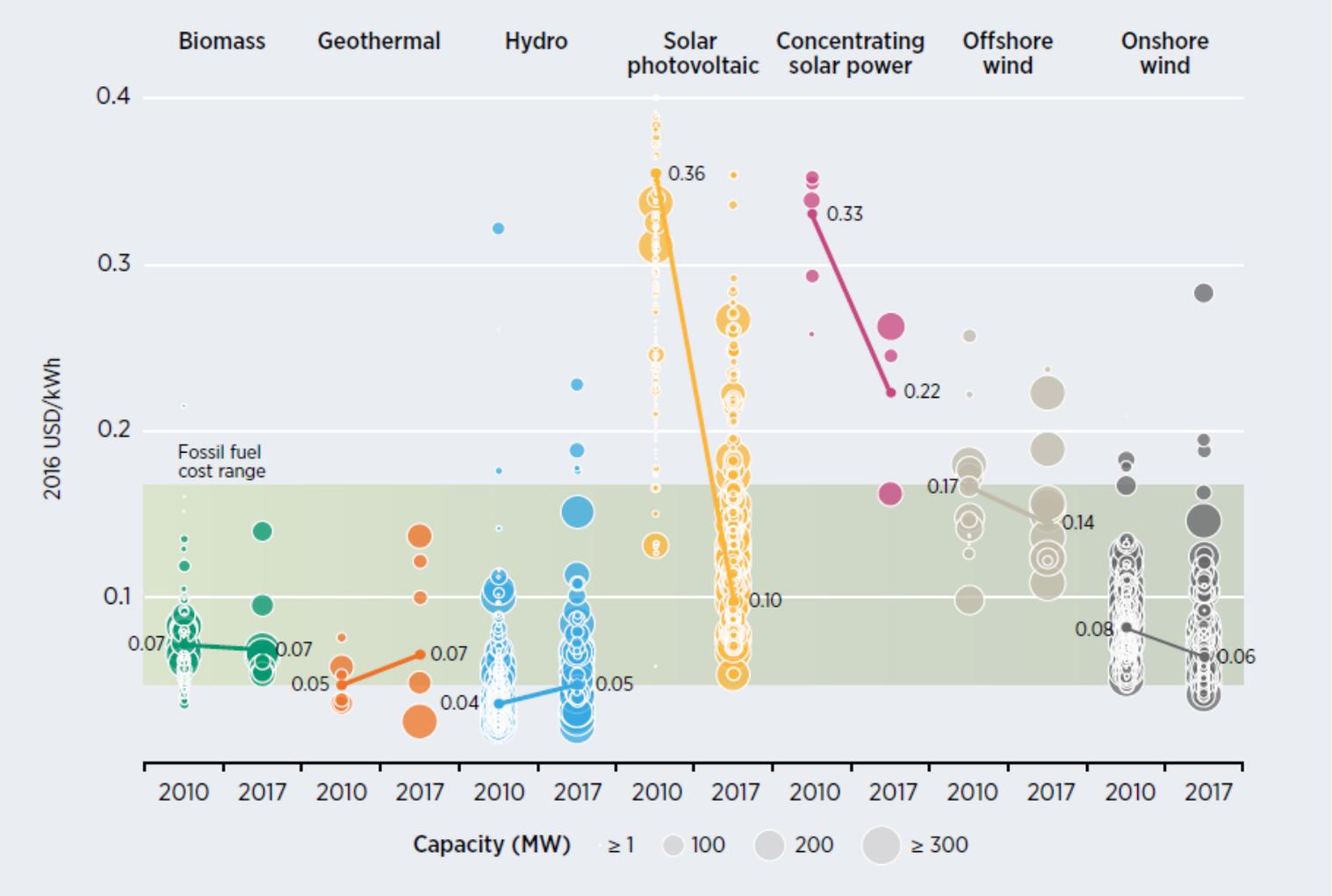
Fuentes: Deutsche Bank, febrero 2015, "Solar Grid Parity in a Low Oil Price Era"
Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - version 11.0, November 2017
Fraunhofer- ISE, March 2018, Levelized cost of electricity renewable energy technologies
Renewable Power Generation Costs in 2017, © IRENA 2018

El coste del kilovatio-hora producido con fotovoltaica ya compite con el resto de fuentes de generación tradicionales.



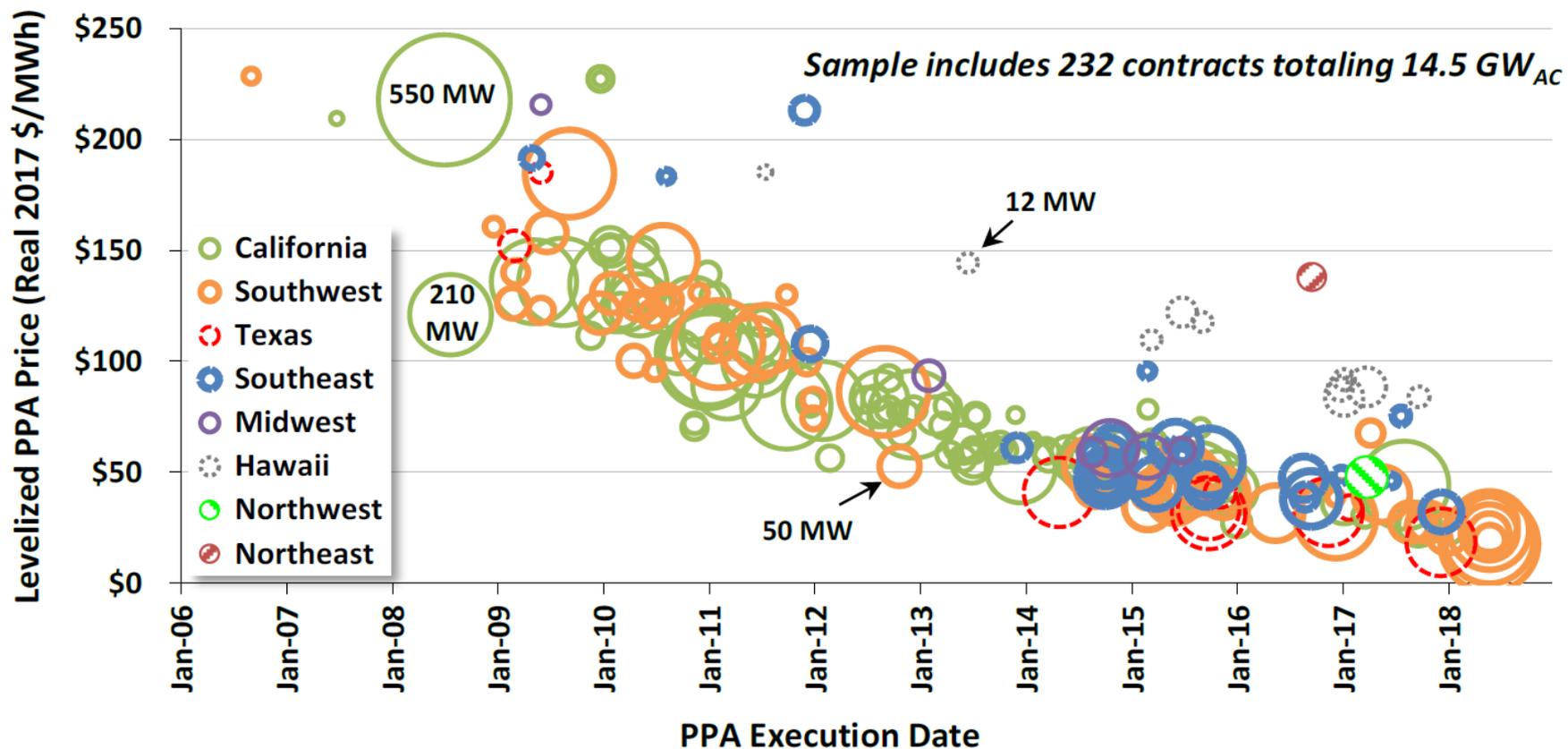
Fuente: Fraunhofer- ISE, March 2018, [Levelized cost of electricity renewable energy technologies](#)

El coste del kilovatio-hora producido con fotovoltaica ya compite con el resto de fuentes de generación tradicionales.

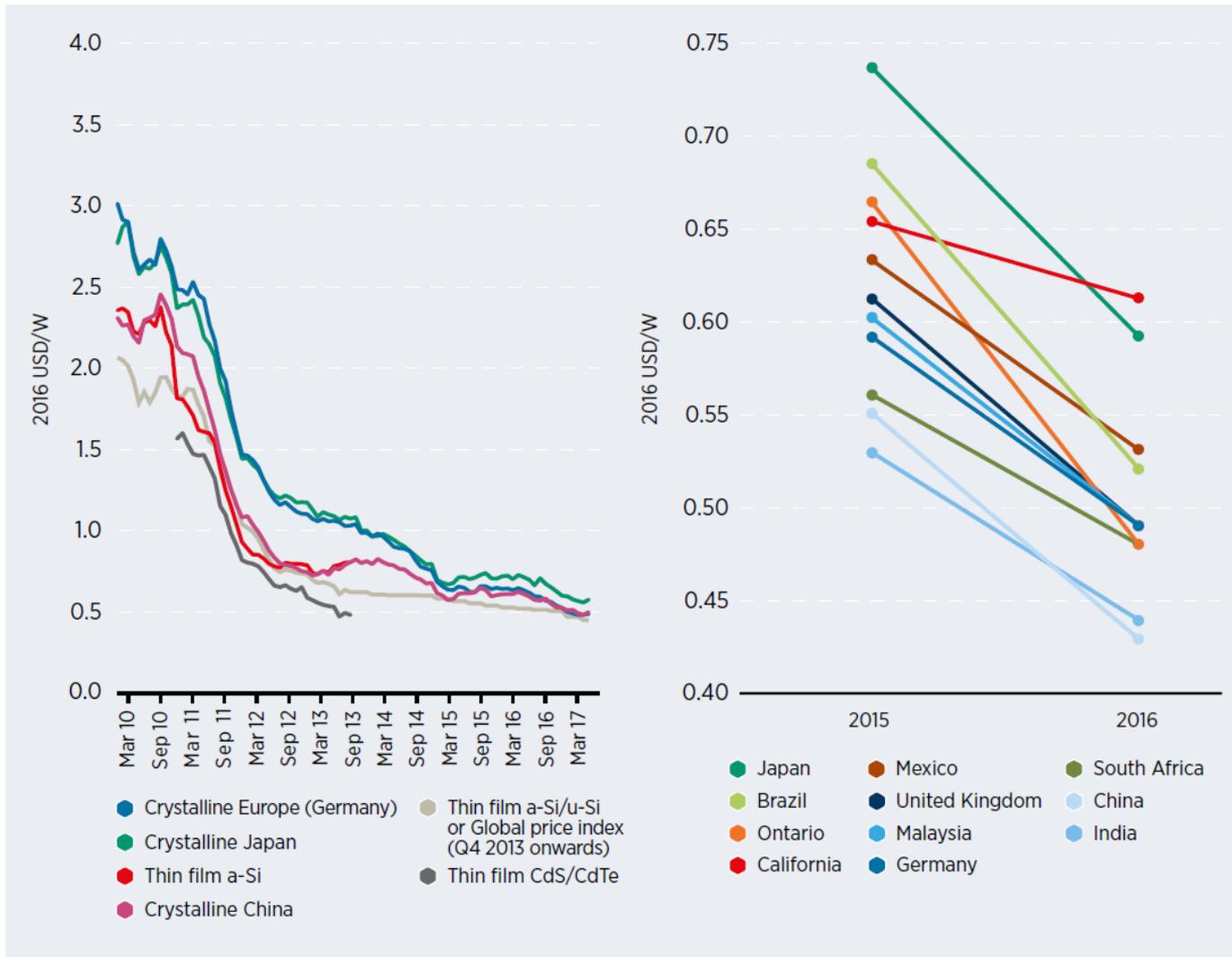


Fuente: [Renewable Power Generation Costs in 2017](#), Copyright © IRENA 2018

Evolución del precio en EEUU de los contratos de venta de electricidad (PPA, siglas del término en inglés Power Purchase Agreement) basados en tecnología fotovoltaica (\$/MWh).

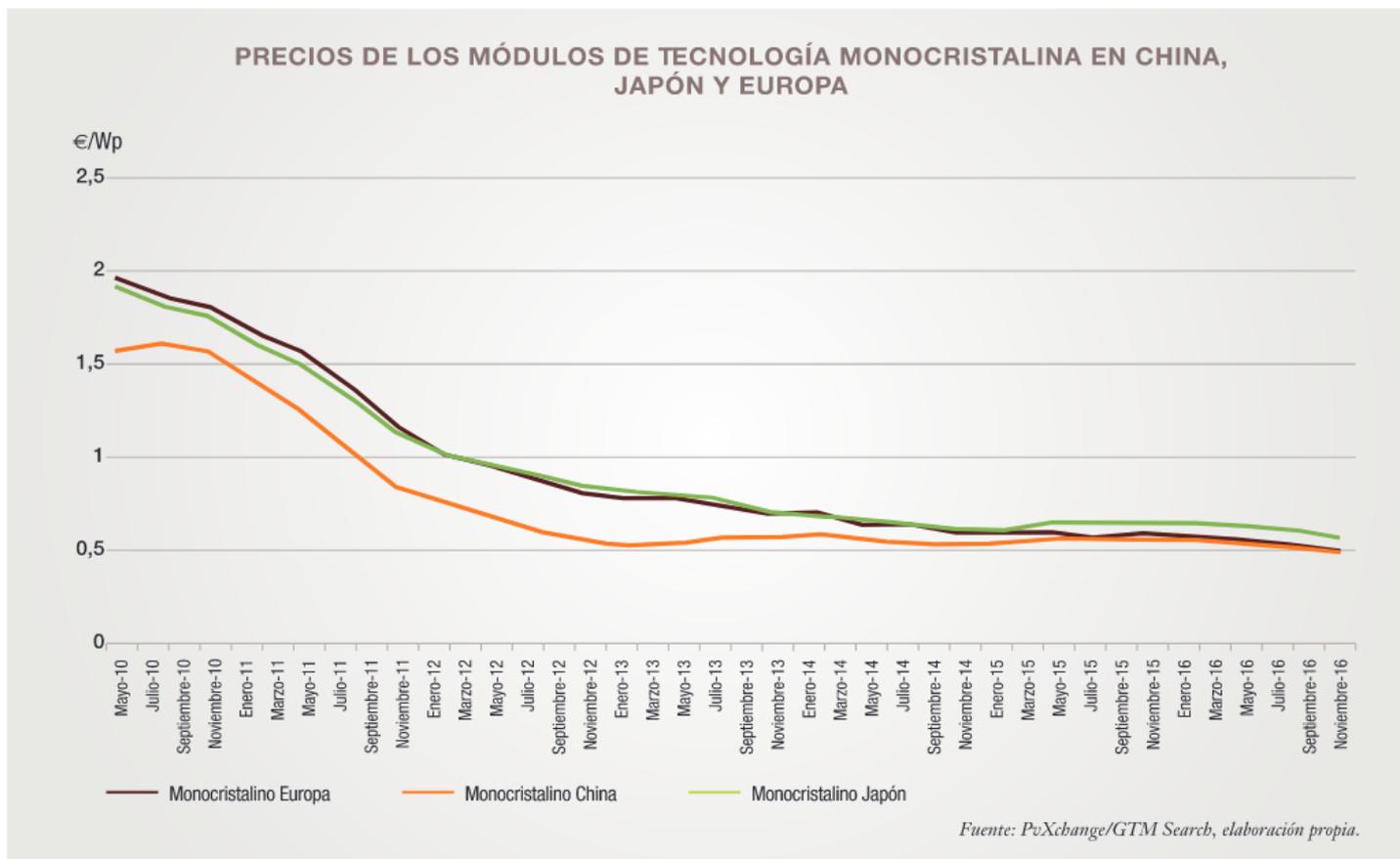


Evolución del precio de las diferentes tecnologías fotovoltaicas.

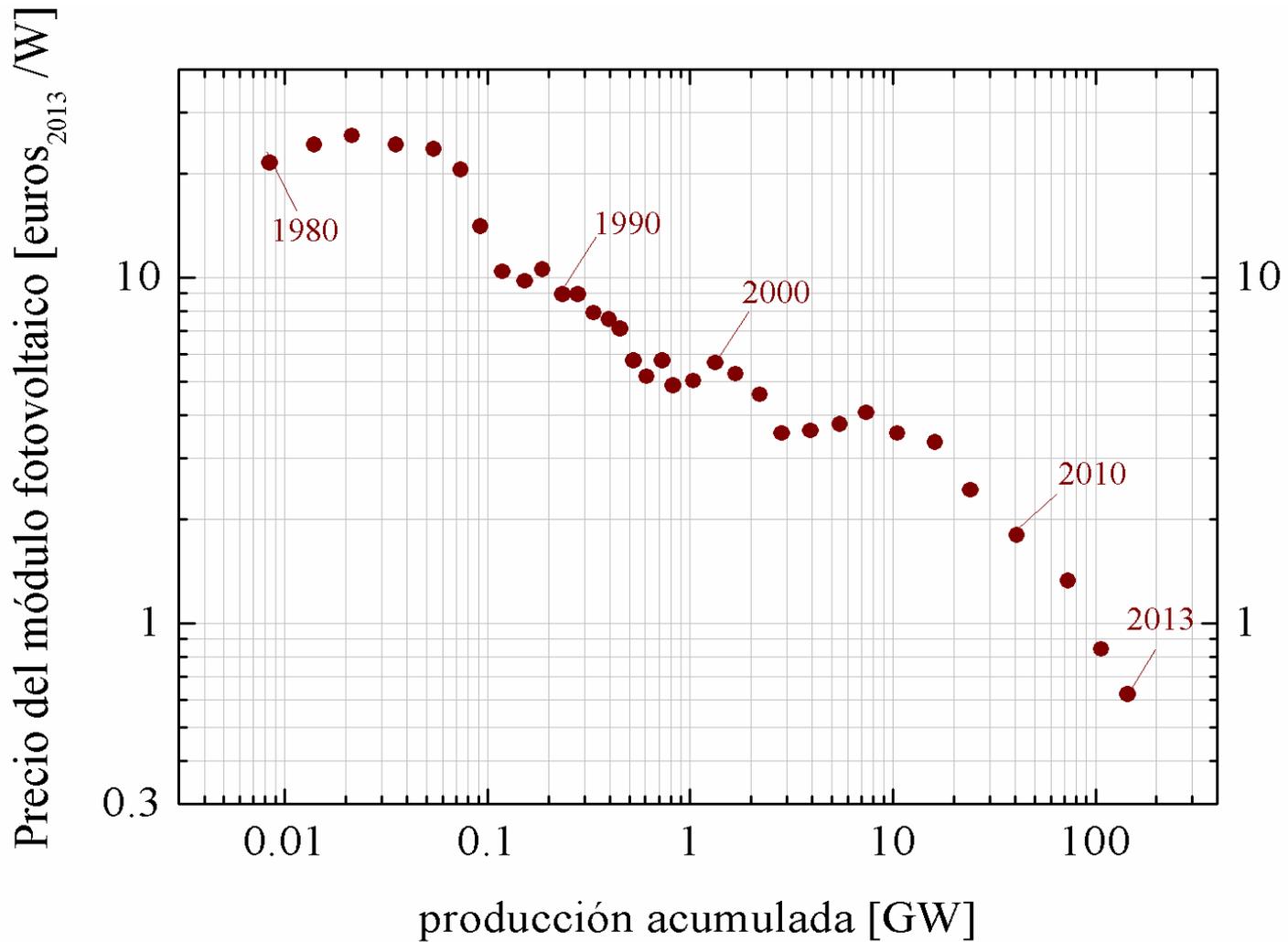


Source: GlobalData, 2017; pvXchange, 2017; Photon Consulting, 2017.

Evolución del precio de los paneles de silicio monocristalino en los diferentes mercados.



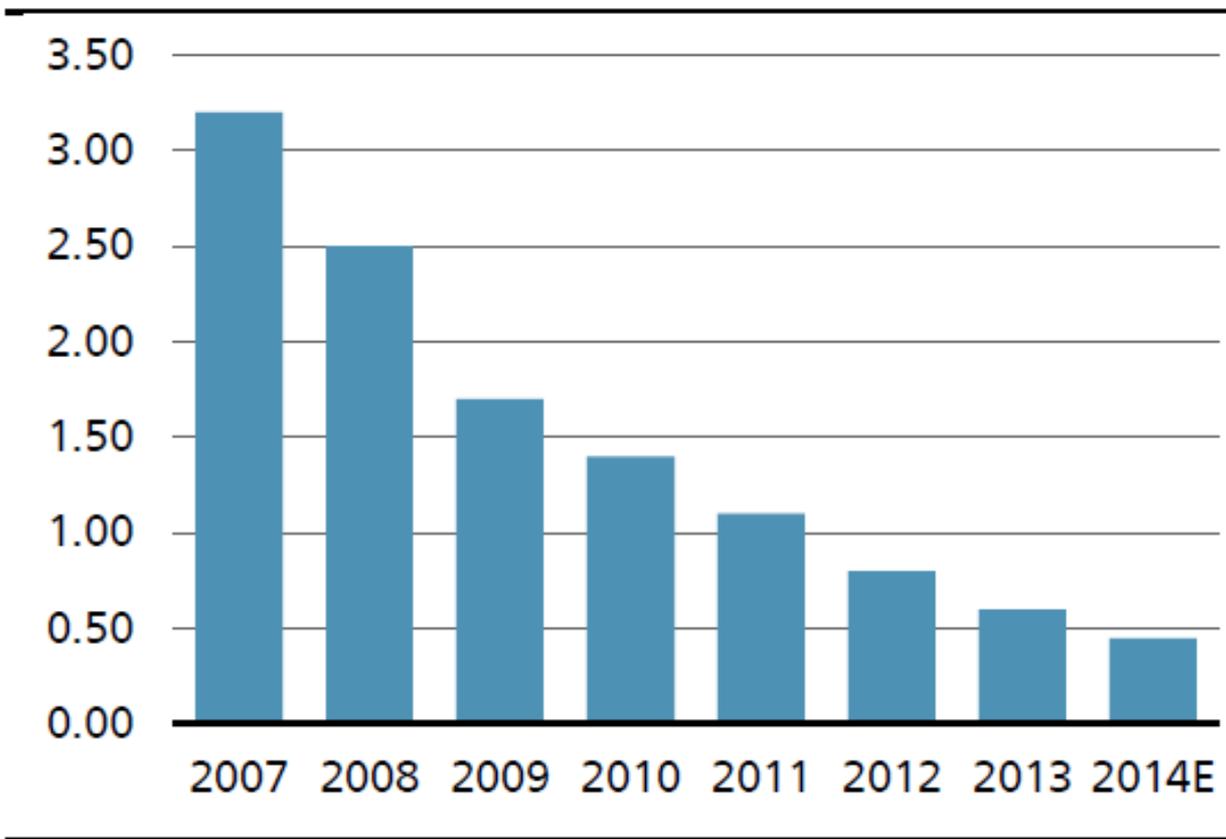
Evolución del precio del módulo fotovoltaico de panel plano.



Fuente: elaboración propia usando datos de [C. Breyer and A. Gerlach., Prog. in Phot.: Res. and App., 21\(1\):121–136, 2013](#) y [Navigant Consulting](#).

Evolución del precio del módulo fotovoltaico de panel plano.

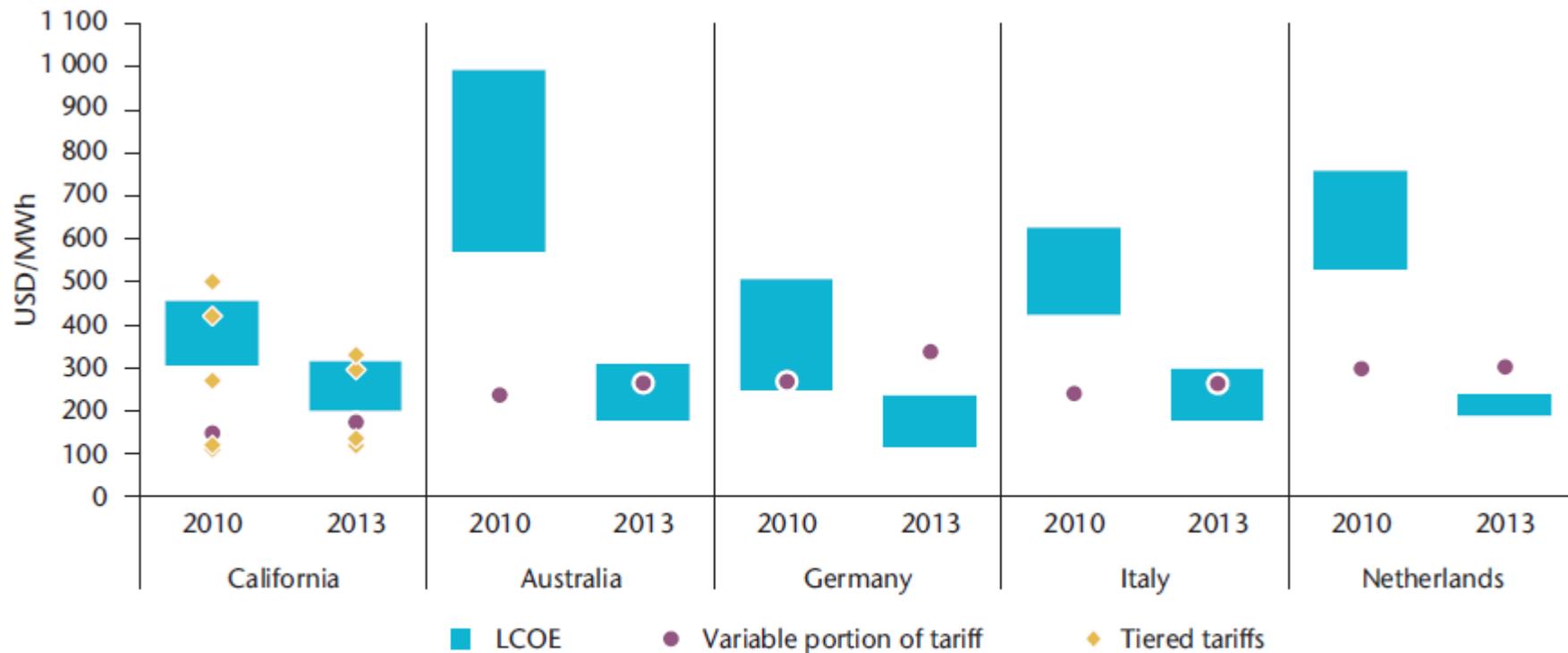
Figure 18: Solar panel prices have dropped c85% since 2007 (€/W) on innovation and economies of scale



Source: UBS estimates

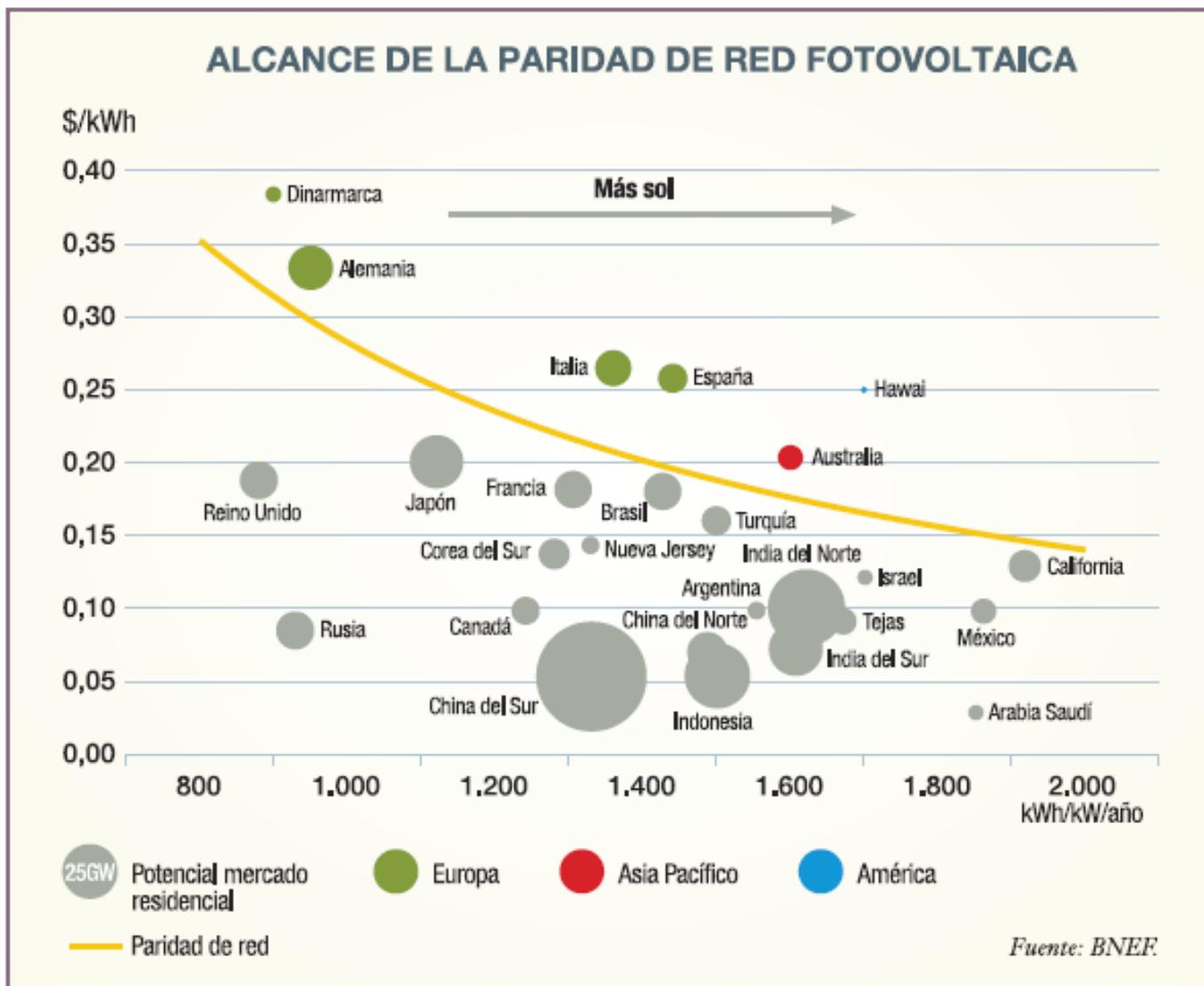
Fuente: UBS, Agosto 2015, [Will solar, batteries and electric cars re-shape the electricity system?](#)

En 2013 ya se había alcanzado la paridad con la red en varios países.



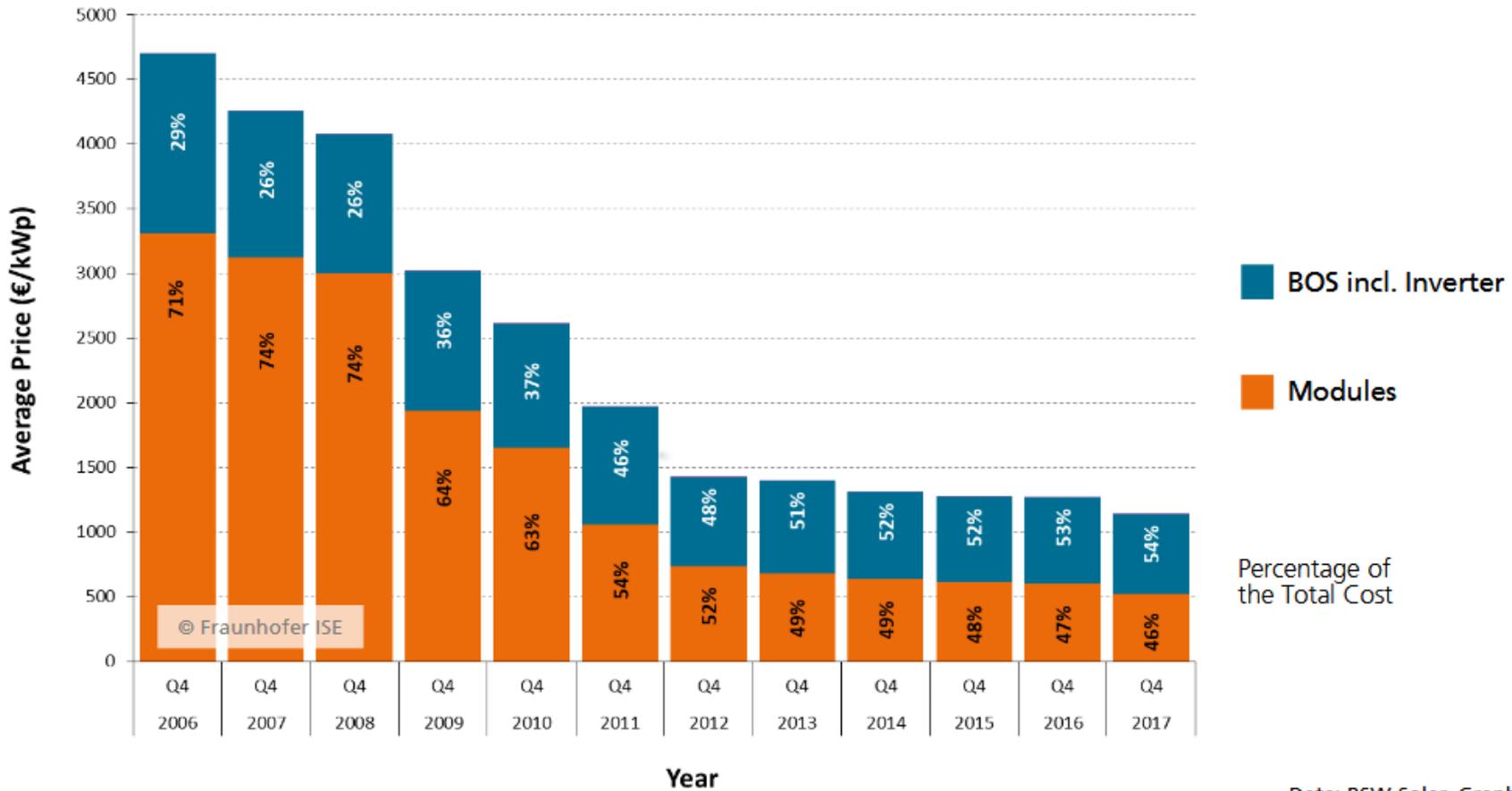
Note: Household electricity tariffs exclude fixed charges. LCOEs are calculated using average residential system costs (including value-added tax and sales tax in where applicable, and investment tax credit in California); ranges mostly reflect differences in financing costs. The tiered tariffs in California are those of Pacific Gas and Electric. Tiers 3 to 4 or 5 are tariffs paid on monthly consumption when it exceeds given percentages of a set baseline. All costs and prices are in 2012 USD.

En Dinamarca, Alemania, Italia y España se alcanzó la paridad de red en 2013.



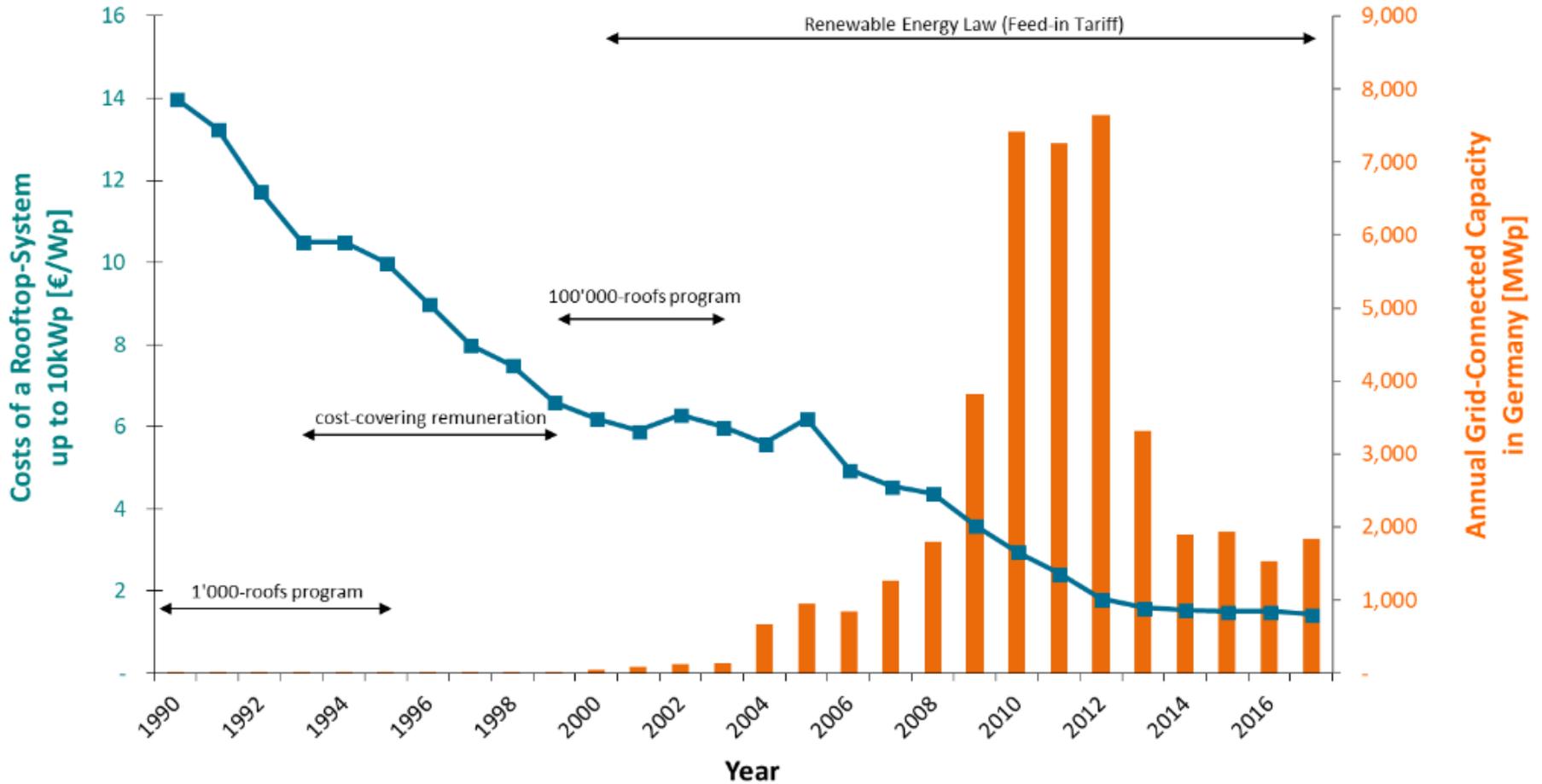
Evolución del precio medio de sistemas fotovoltaicos instalados en tejados en Alemania (10-100kWp).

Historical Price Development Germany for 10 to 100 kWp roof-top PV-Systems

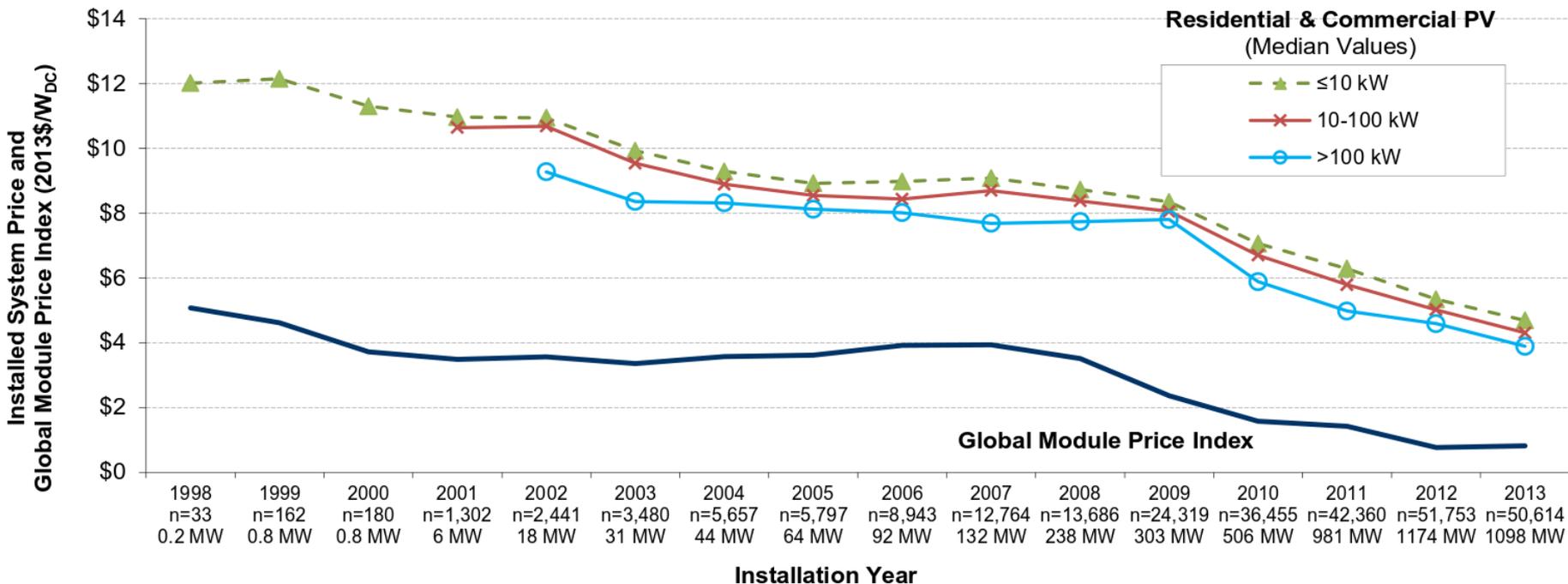


Data: BSW-Solar. Graph: PSE GmbH 2018

Evolución de la potencia instalada, precio del sistema y esquemas de financiación vigentes en Alemania.

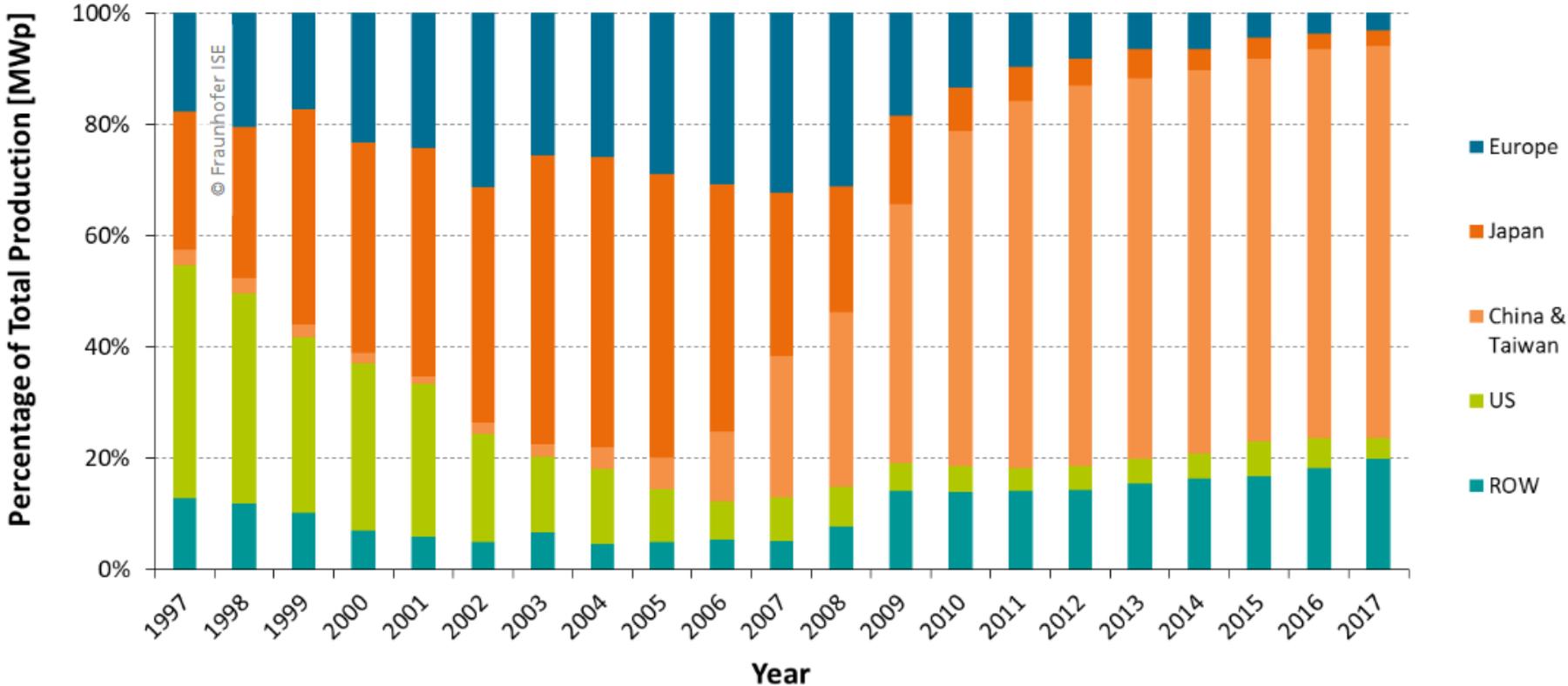


Evolución del precio medio de sistemas fotovoltaicos instalados en tejados en Estados Unidos.



Note: Median installed prices are shown only if 15 or more observations are available for the individual size range. The Global Module Price Index is SPV Market Research's average module selling price for the first buyer (P. Mints).

Producción de células/módulos fotovoltaicos por región (1997-2017).



Fuente: [Fraunhofer ISE: Photovoltaics Report, updated: 27 August 2018](#)

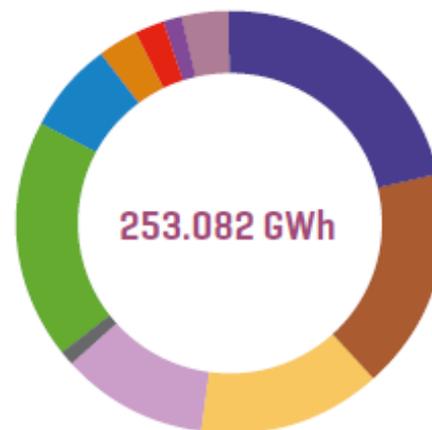
Generación fotovoltaica, potencia instalada en España, Europa y resto del mundo

En 2017 la energía solar fotovoltaica cubrió el 3,1% de la demanda eléctrica anual de España.

COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PENINSULAR AÑO 2017

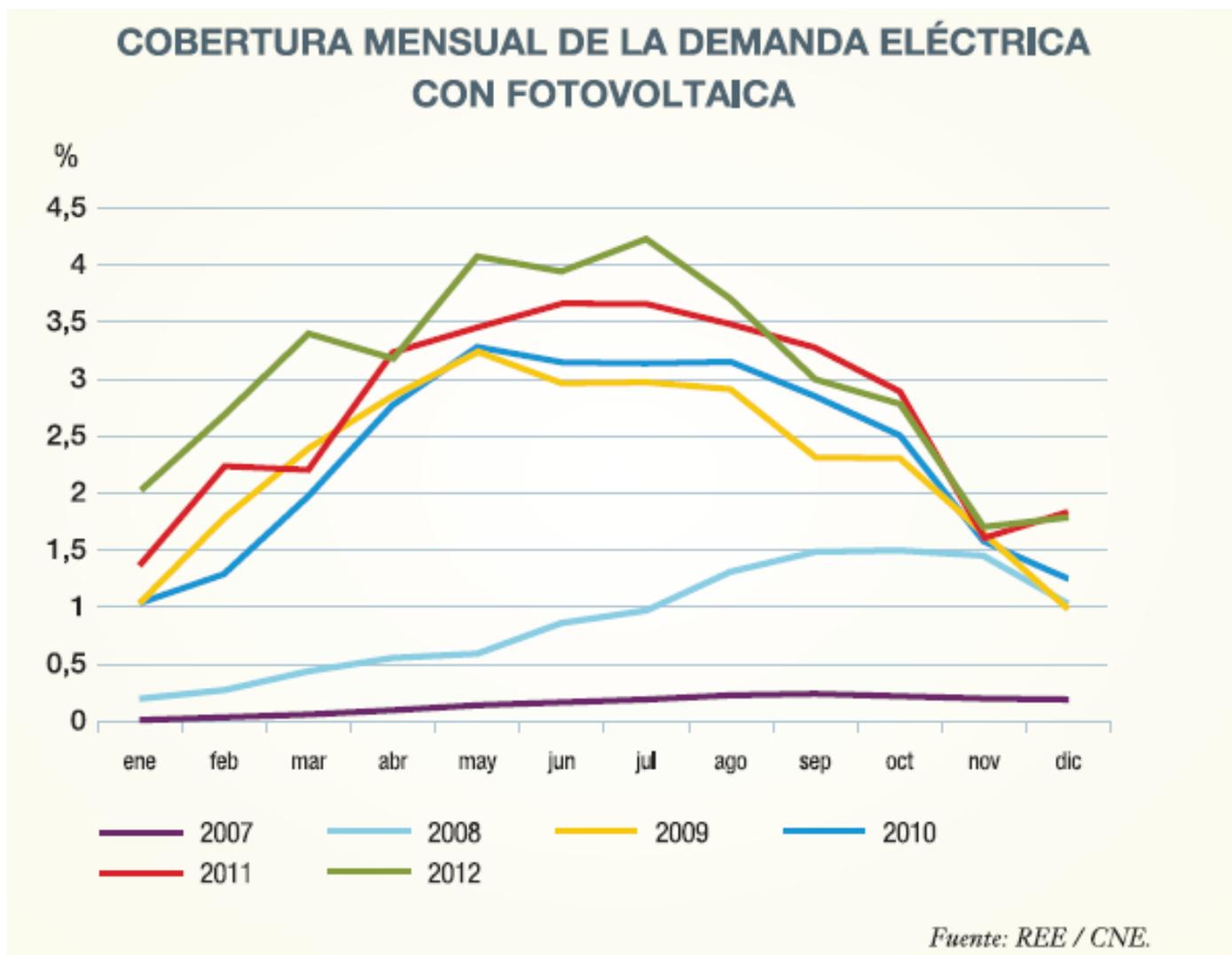
%

| | | | |
|-------------------|------|--|------|
| ■ Nuclear | 21,5 | ■ Eólica | 18,2 |
| ■ Carbón | 17,0 | ■ Hidráulica [1] | 7,0 |
| ■ Ciclo combinado | 13,9 | ■ Solar fotovoltaica | 3,1 |
| ■ Cogeneración | 11,0 | ■ Solar térmica | 2,1 |
| ■ Residuos | 1,2 | ■ Otras renovables | 1,4 |
| | | ■ Saldo importador de intercambios internacionales | 3,6 |



[1] No incluye la generación de bombeo.

En los meses de verano la fotovoltaica cubre más del 4% de la demanda eléctrica de España.

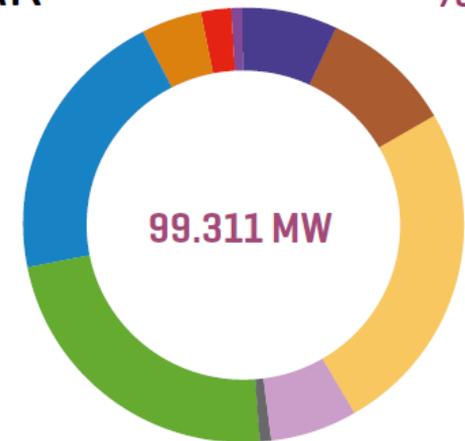


A finales de 2017 había instalados 5,6 GW fotovoltaicos en España*.

POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA PENINSULAR A 31 DE DICIEMBRE DE 2017

%

| | | | |
|-----------------|------|--------------------|------|
| Nuclear | 7,2 | Eólica | 23,0 |
| Carbón | 9,6 | Hidráulica [1] | 20,5 |
| Ciclo combinado | 25,1 | Solar fotovoltaica | 4,5 |
| Cogeneración | 6,4 | Solar térmica | 2,3 |
| Residuos | 0,7 | Otras renovables | 0,7 |



[1] Incluye la potencia de bombeo puro [3.329 MW].

Fuente: [El sistema eléctrico español, Informe REE, avance 2017](#)

*La potencia fotovoltaica instalada en España reportada por REE es la correspondiente en AC (4,5 GW). La tendencia habitual en otros países es reportar esta potencia en DC, por ello se indica el valor correspondiente para la potencia fotovoltaica instalada en España en DC (5,6 GW).

En el pico de demanda que tuvo lugar el 6 de septiembre de 2016 entre las 13 y 14 horas, la fotovoltaica aportó el 7,2% de la generación eléctrica.

COBERTURA DE LA DEMANDA ELÉCTRICA MÁXIMA HORARIA

40.144 MW / 06 Sep 2016 (13-14 h)

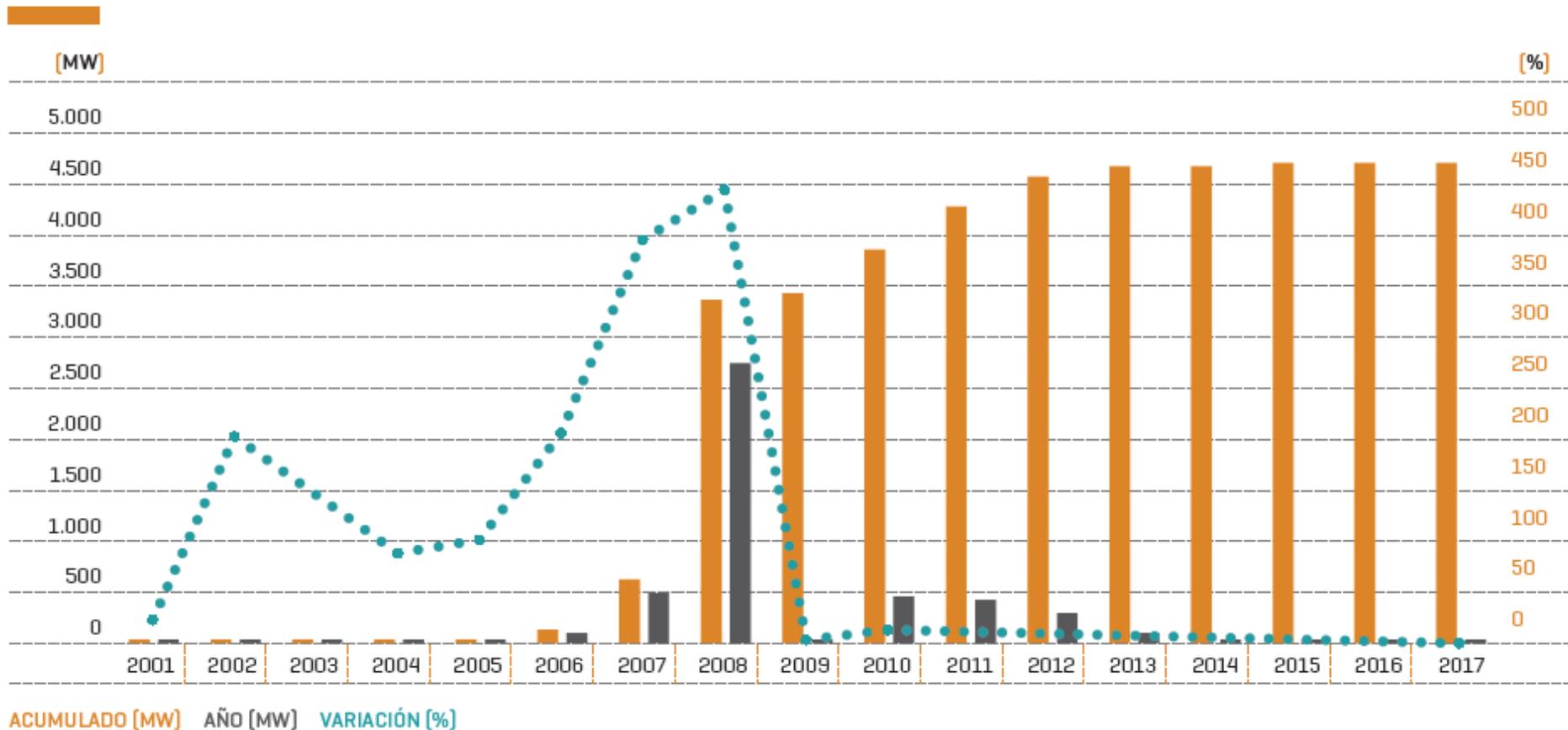
| | | | |
|-----------------|------|--|------|
| Nuclear | 16,7 | Eólica | 2,8 |
| Carbón | 17,2 | Hidráulica [1] | 13,7 |
| Ciclo combinado | 18,6 | Solar fotovoltaica | 7,2 |
| Cogeneración | 7,6 | Solar térmica | 4,7 |
| Residuos | 0,9 | Otras renovables | 1,1 |
| | | Saldo importador de intercambios internacionales | 9,5 |



[1] No incluye la generación de bombeo.

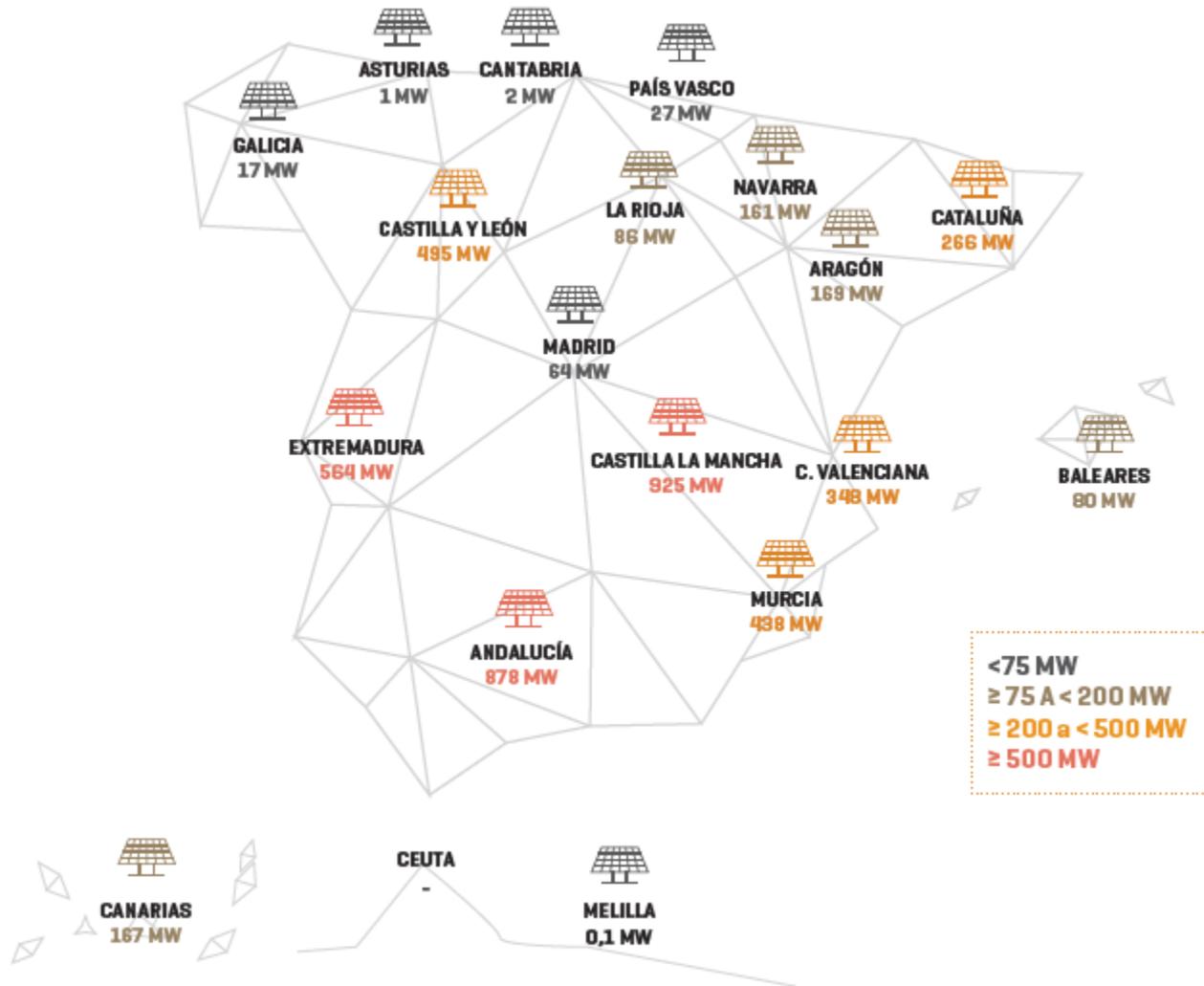
Evolución de la potencia fotovoltaica instalada anualmente en España.

Potencia solar fotovoltaica instalada. Sistema eléctrico nacional

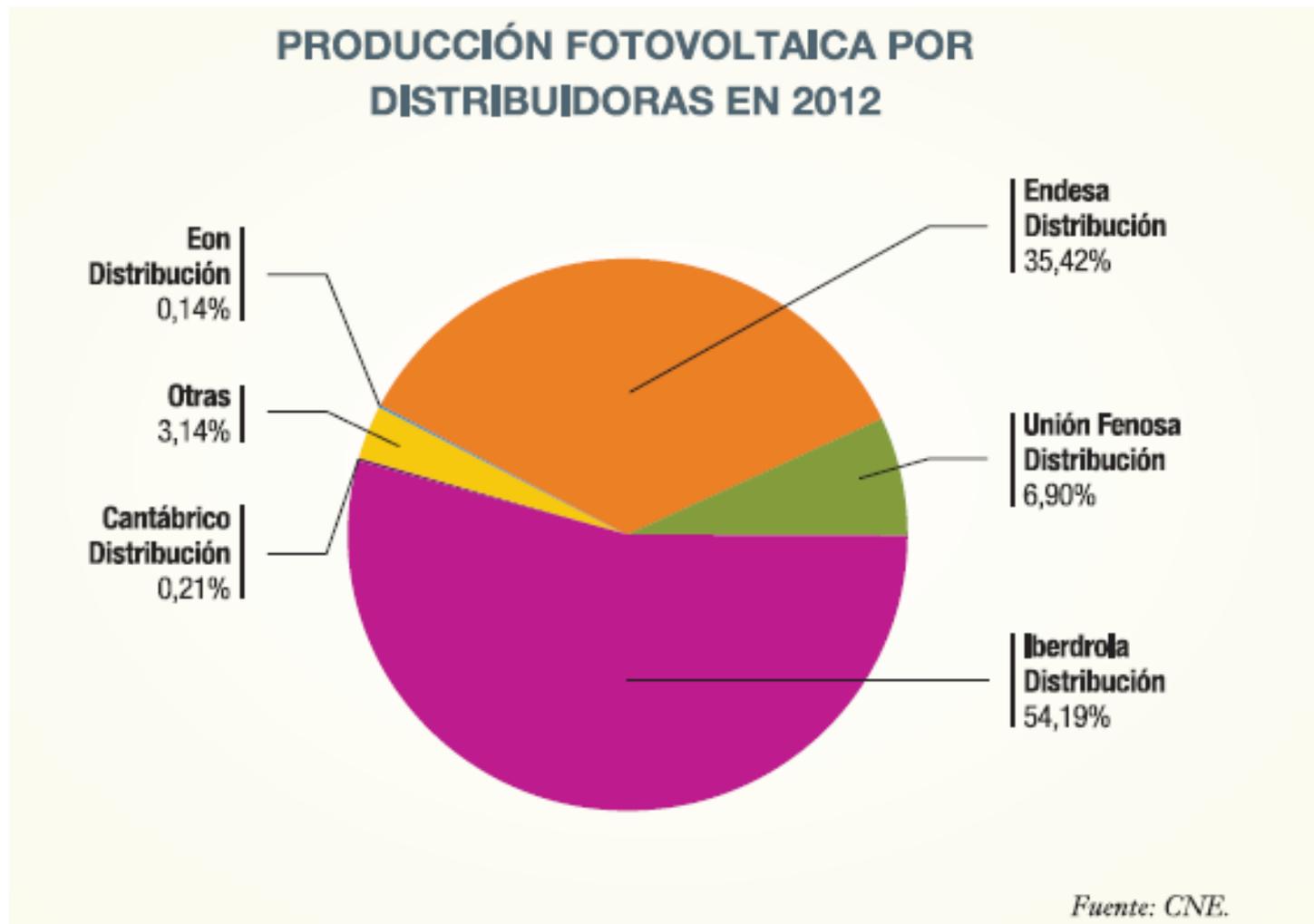


Fuente: [Las energías renovables en el sistema eléctrico español 2017](#)

Distribución geográfica de la potencia fotovoltaica instalada en España.



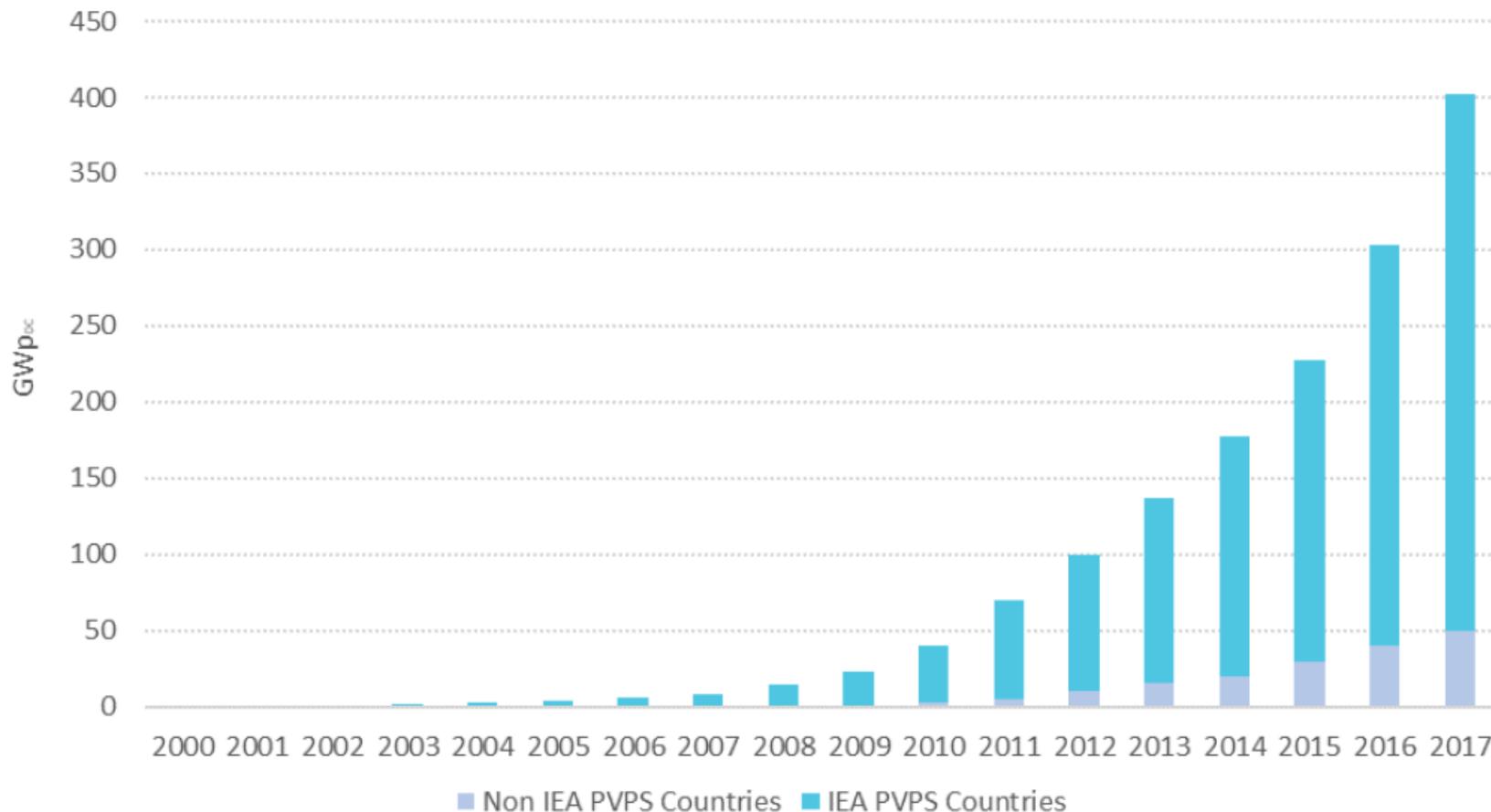
Reparto por distribuidoras de la potencia fotovoltaica instalada en España.



Fuente: [Informe anual UNEF, 2013](#)

A finales de 2017 había instalados 402 GW en el mundo. De ellos, 131 GW en China, 51 GW en EE. UU., 49 GW en Japón, 42 GW en Alemania, 20 GW en Italia y 5,6 GW en España*.

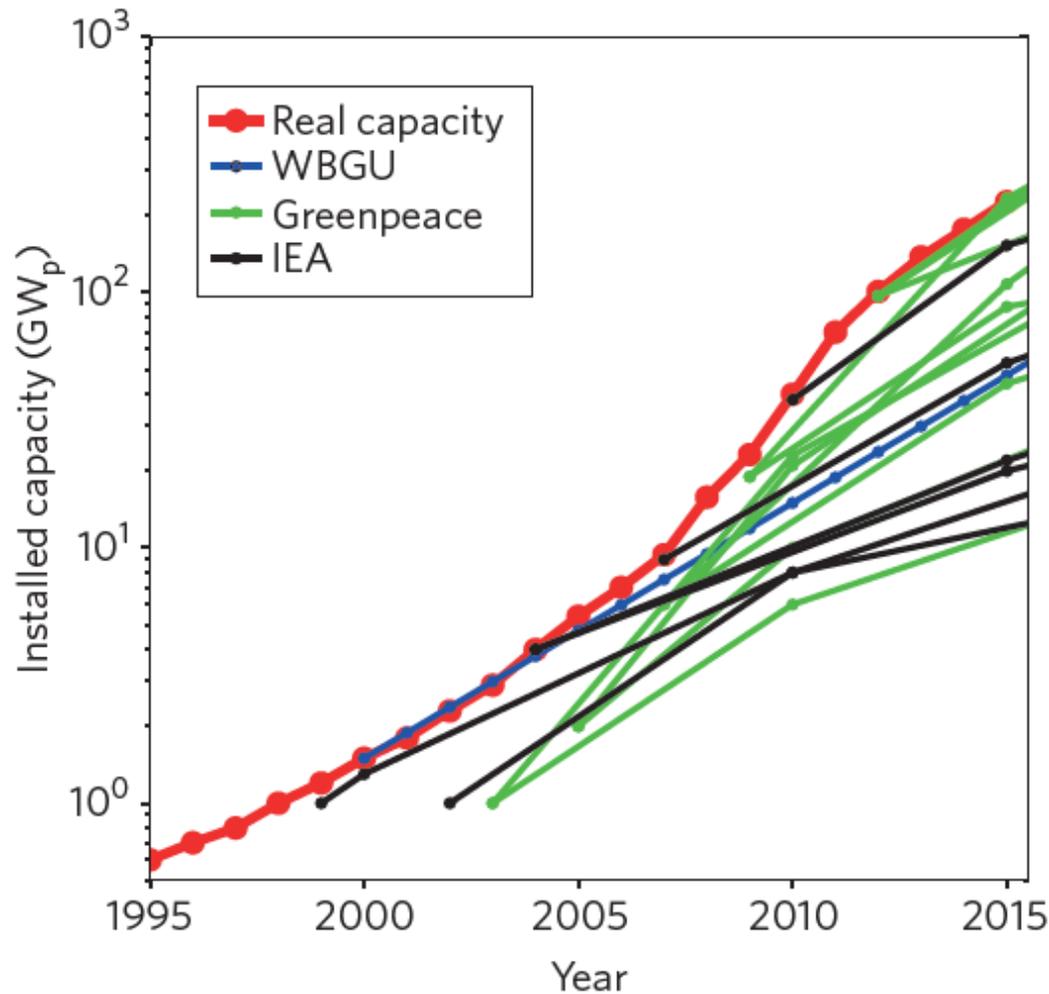
FIGURE 2: EVOLUTION OF TOTAL INSTALLED CAPACITY (GW - DC)



Fuente: © IEA, *Snapshot of Global Photovoltaic Market, 2018*, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t&c

*La potencia fotovoltaica instalada en España reportada por REE es la correspondiente en AC (4,5 GW). La tendencia habitual en otros países es reportar esta potencia en DC, por ello se indica el valor correspondiente para la potencia fotovoltaica instalada en España en DC (5,6 GW).

La potencia fotovoltaica instalada en los últimos años ha superado las previsiones más optimistas de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) o de Greenpeace.



«Top 10» de países por capacidad instalada y acumulada en 2017.

TABLE 1: TOP 10 COUNTRIES FOR INSTALLATIONS AND TOTAL INSTALLED CAPACITY IN 2017

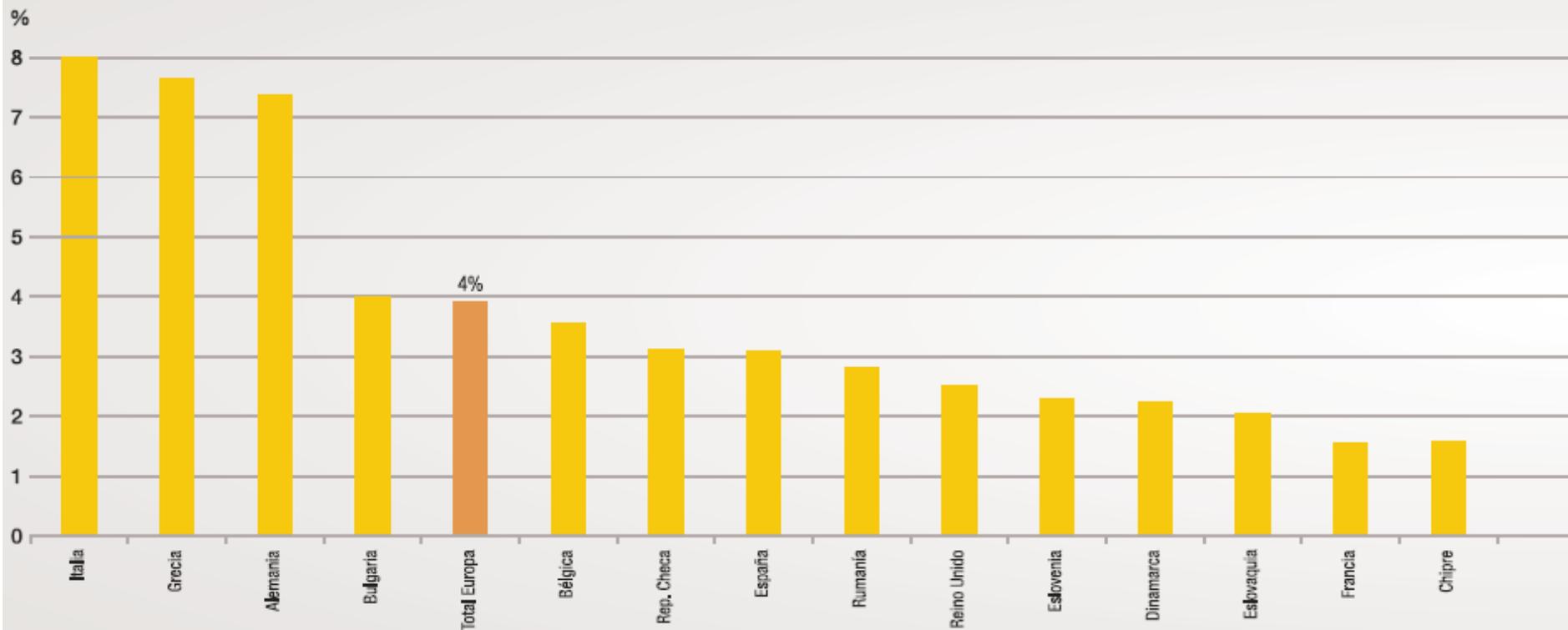
| TOP 10 COUNTRIES IN 2017 | | | | TOP 10 COUNTRIES IN 2017 | | | |
|--------------------------|---|-----------|---------|--------------------------|---|-----------|---------|
| 1 |  | China | 53 GW | 1 |  | China | 131 GW |
| 2 |  | USA | 10,6 GW | 2 |  | USA | 51 GW |
| 3 |  | India | 9,1 GW | 3 |  | Japan | 49 GW |
| 4 |  | Japan | 7 GW | 4 |  | Germany | 42 GW |
| 5 |  | Turkey | 2,6 GW | 5 |  | Italy | 19,7 GW |
| 6 |  | Germany | 1,8 GW | 6 |  | India | 18,3 GW |
| 7 |  | Australia | 1,25 GW | 7 |  | UK | 12,7 GW |
| 8 |  | Korea | 1,2 GW | 8 |  | France | 8 GW |
| 9 |  | UK | 0,9 GW | 9 |  | Australia | 7,2 GW |
| 10 |  | Brazil | 0,9 GW | 10 |  | Spain | 5,6 GW |

En España se instalaron 147 MW de fotovoltaica en 2017

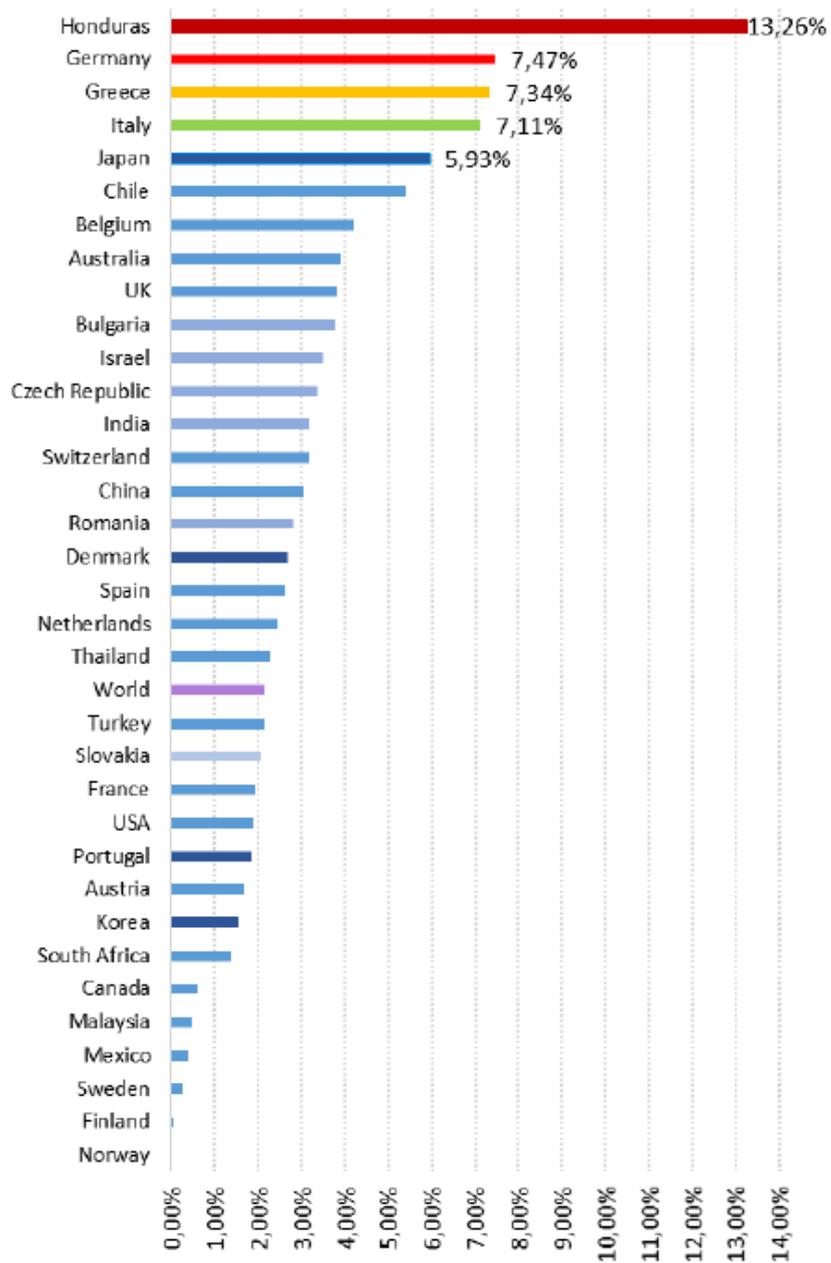
| | ANNUAL INSTALLED CAPACITY | | CUMULATIVE INSTALLED CAPACITY | |
|---------------------|---------------------------------|----|-------------------------------------|----|
| China | 53 | GW | 131 | GW |
| USA | 10,6 | GW | 51 | GW |
| Japan | 7 | GW | 49 | GW |
| Turkey | 2,6 | GW | 3,4 | GW |
| Germany | 1,8 | GW | 42 | GW |
| Australia | 1,25 | GW | 7,2 | GW |
| Korea | 1,2 | GW | 5,6 | GW |
| France | 875 | MW | 8 | GW |
| Netherlands | 853 | MW | 2,9 | GW |
| Chile | 668 | MW | 1,8 | GW |
| Italy | 409 | MW | 19,7 | GW |
| Belgium | 284 | MW | 3,8 | GW |
| Switzerland | 260 | MW | 1,9 | GW |
| Thailand | 251 | MW | 2,7 | GW |
| Canada | 212 | MW | 2,9 | GW |
| Austria | 153 | MW | 1,25 | GW |
| Mexico | 150 | MW | 539 | MW |
| Spain | 147 | MW | 5,6 | GW |
| Sweden | 93 | MW | 303 | MW |
| Denmark | 60 | MW | 0,91 | GW |
| Israel | 60 | MW | 1,1 | GW |
| Portugal | 57 | MW | 577 | MW |
| Malaysia | 50 | MW | 386 | MW |
| Finland | 23 | MW | 61 | MW |
| Norway | 18 | MW | 45 | MW |
| South Africa | 13 | MW | 1,8 | GW |

En 2015 la energía solar fotovoltaica cubrió más del 7% de la demanda eléctrica en tres países (Italia, Grecia y Alemania). En España supuso el 3%.

PORCENTAJE DE COBERTURA POR LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE LA DEMANDA DE CADA PAÍS

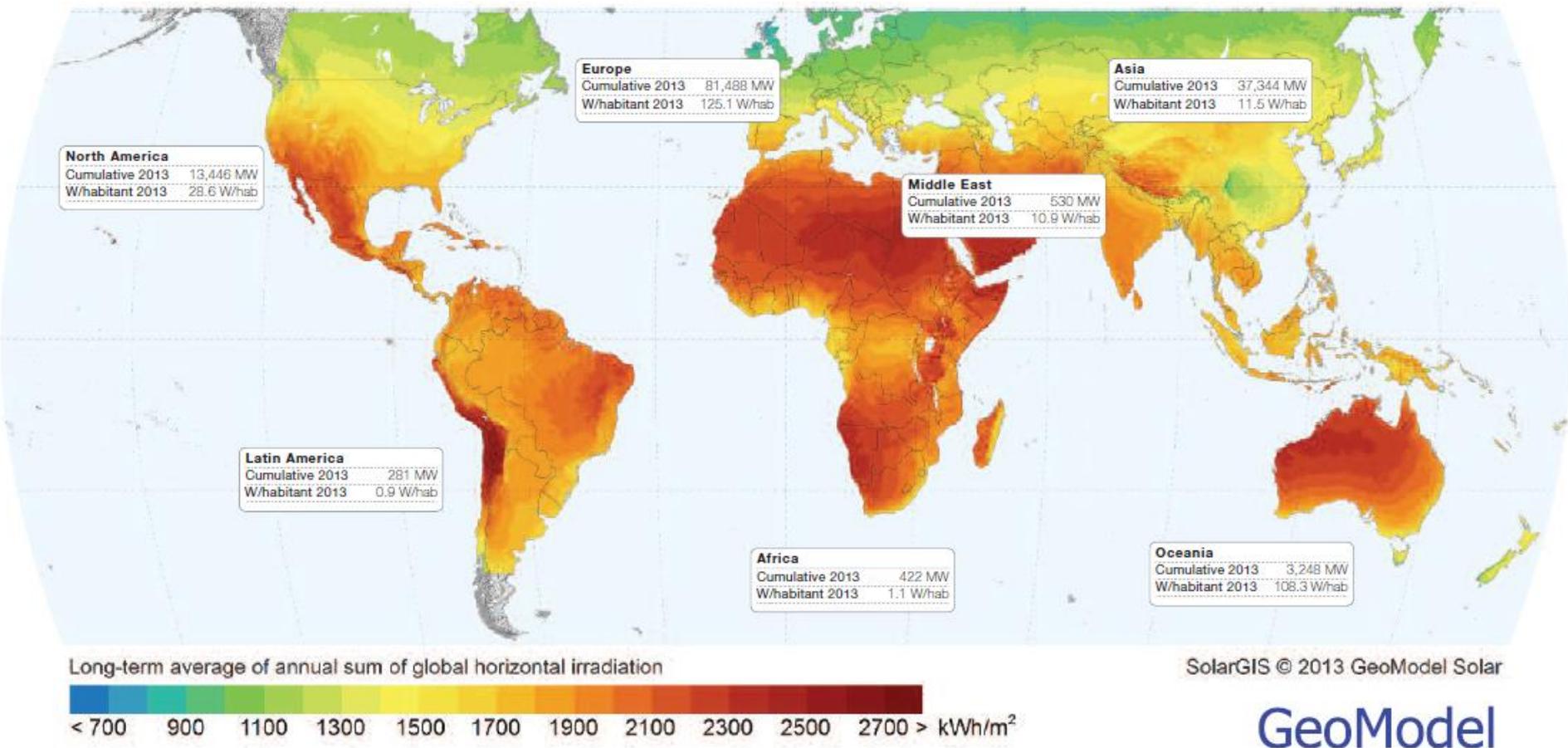


Estimación del porcentaje de la demanda cubierto con fotovoltaica en diferentes países.

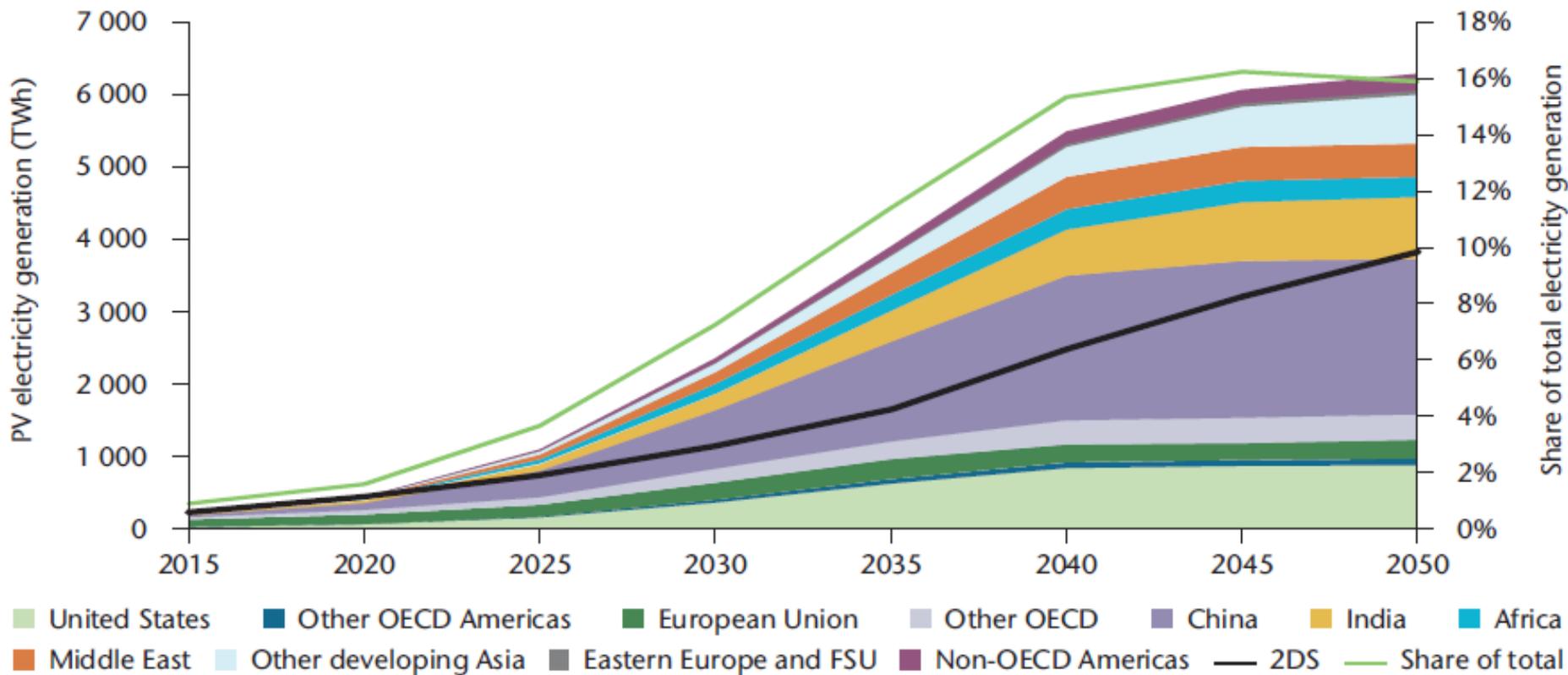


Fuente: © IEA, *Snapshot of Global Photovoltaic Market, 2018*, IEA Publishing. Licence: www.iea.org/t&c

Recurso solar disponible, potencia instalada por regiones, global y per cápita.

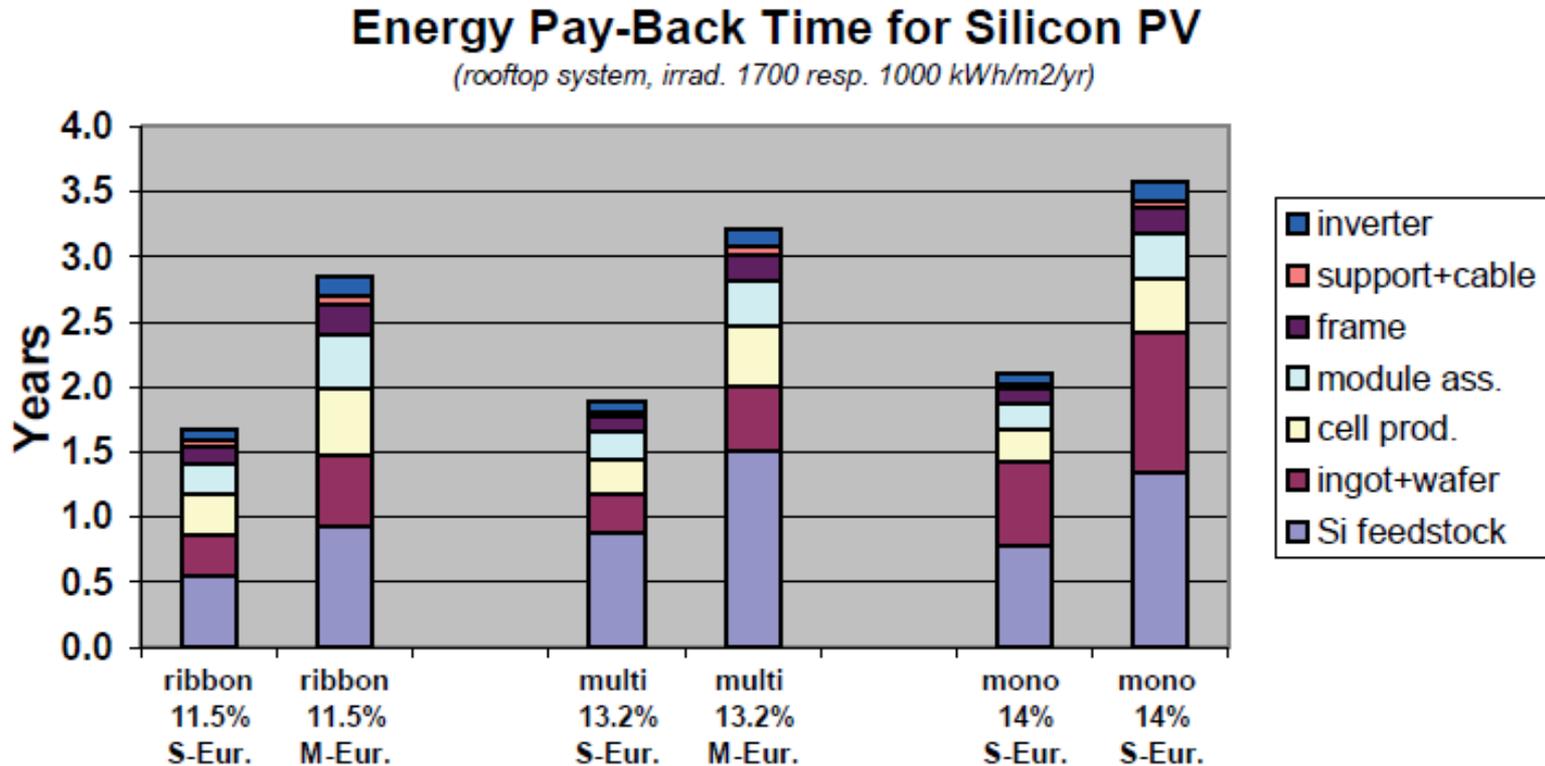


Según la Agencia Internacional de la Energía, es factible un escenario en el que el 16% del consumo eléctrico mundial se genere mediante fotovoltaica en 2050.

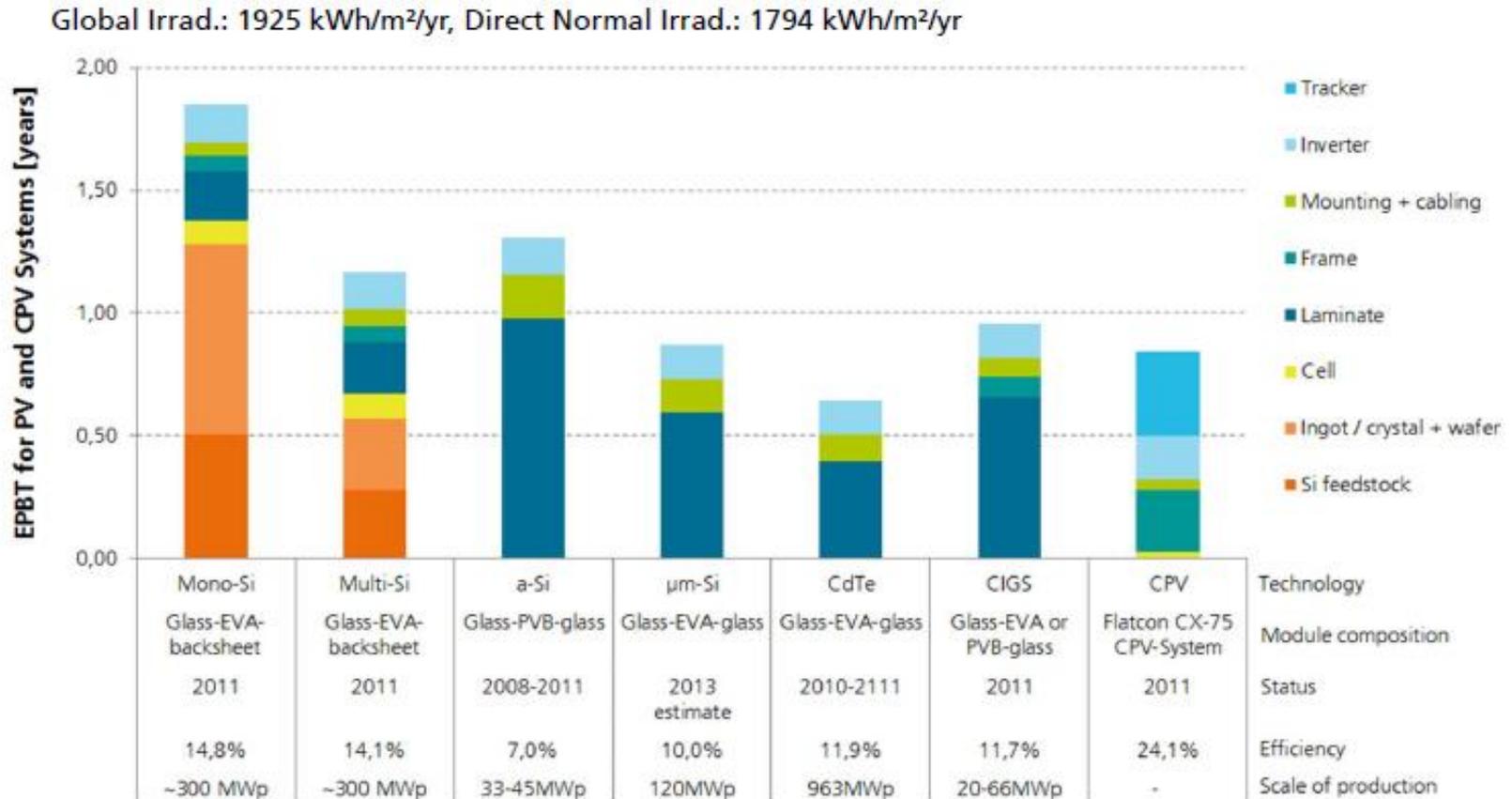


Tiempo de retorno energético

El tiempo de retorno energético (*Energy Payback Time* en inglés) se define como el tiempo necesario para que un sistema genere tanta energía como ha sido empleada para su fabricación. En Europa el tiempo de retorno energético para la fotovoltaica está entre 1,5 y 3,5 años.

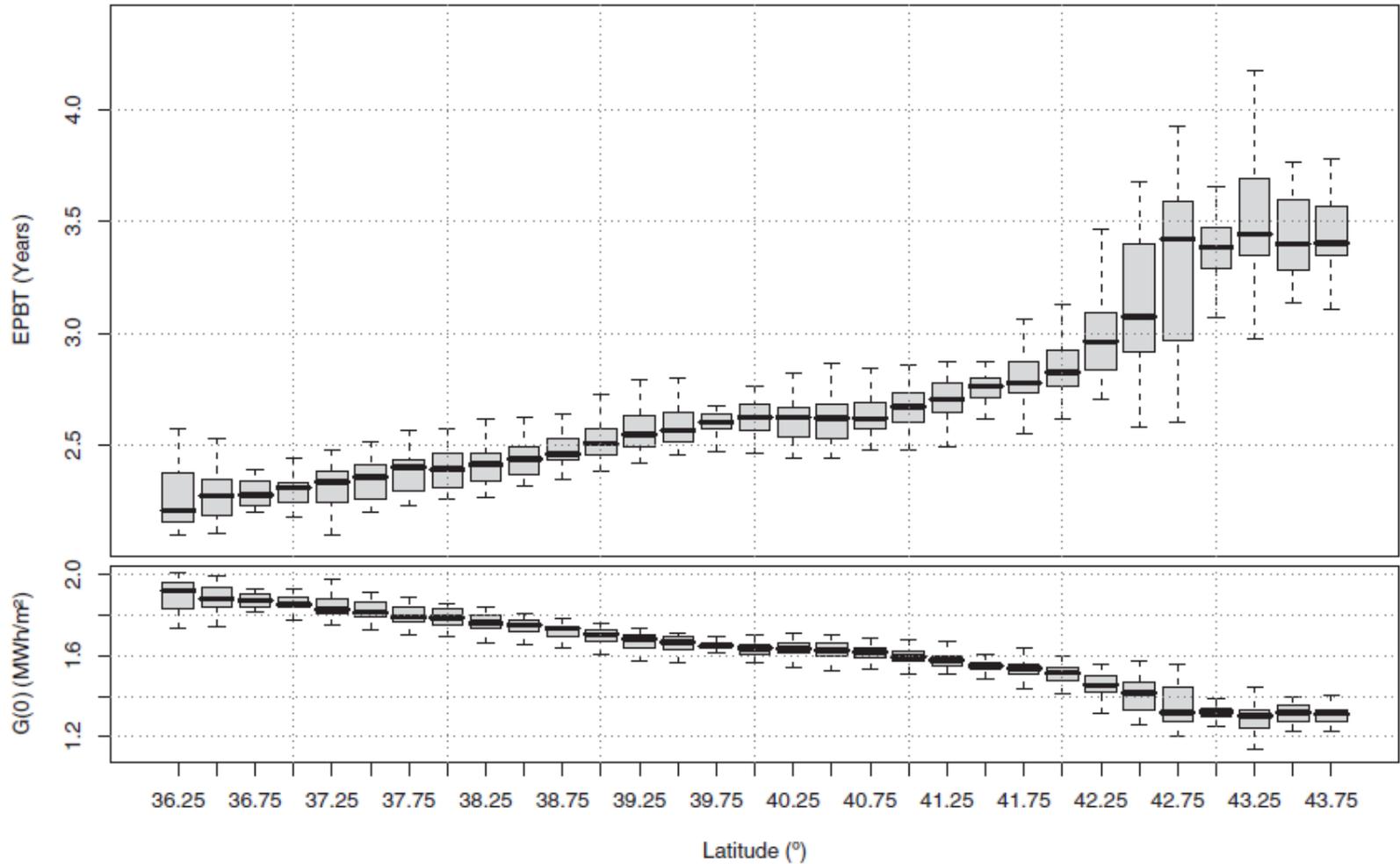


Para un sistema instalado en Catania (Sicilia, Italia) el el tiempo de retorno energético es inferior a 2 años para cualquier tecnología fotovoltaica.



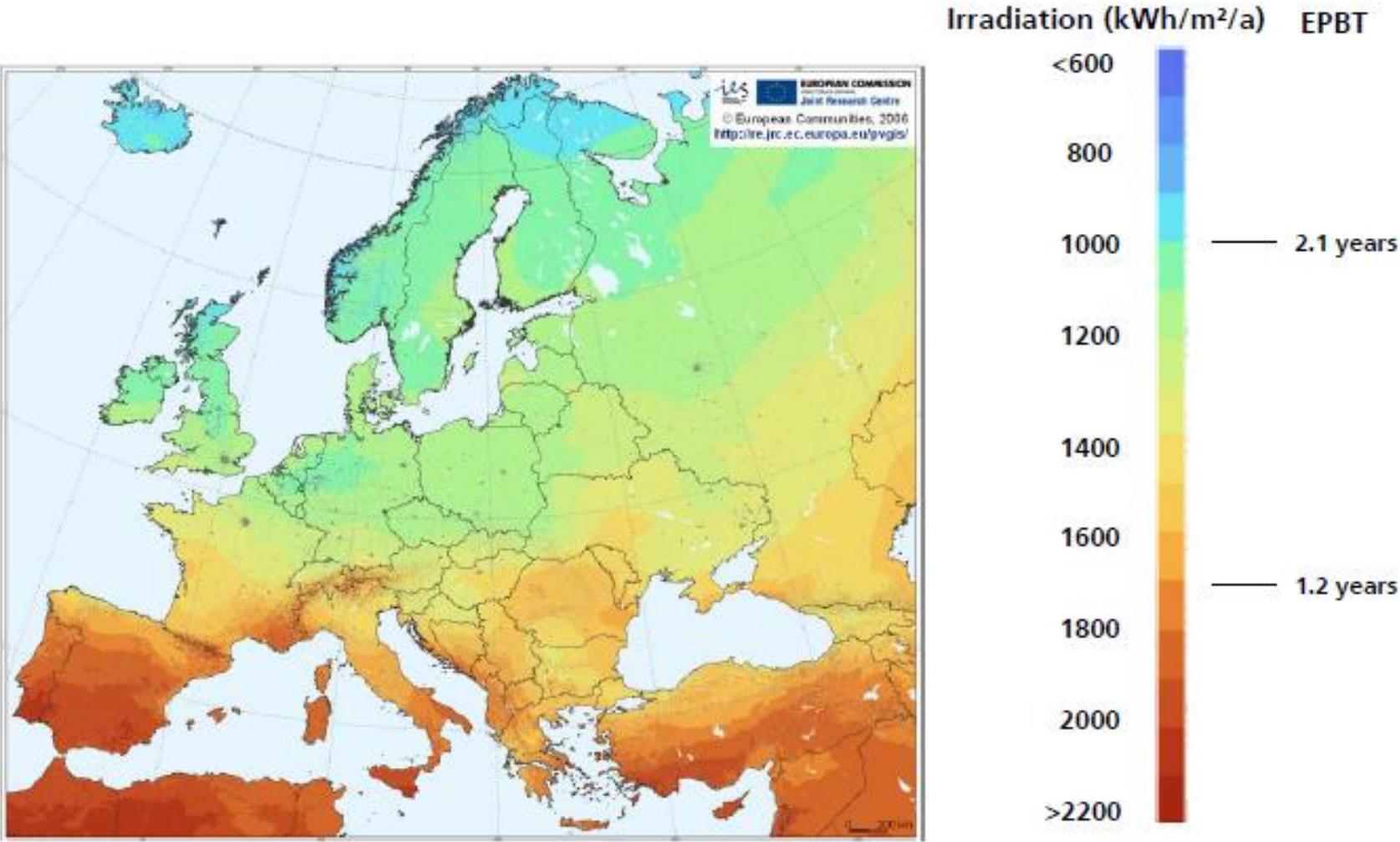
Fuente: PV data: M.J. de Wild-Scholten 2013; CPV data: "Environmental Sustainability of Concentrator PV Systems: Preliminary LCA Results of the Apollon Project" 5th World Conference on PV Energy Conversion, 2010 Graph: PSE AG 2015 [Photovoltaic Report, Fraunhofer ISE, November 2015](#)

El tiempo de retorno energético para una instalación fotovoltaica de panel plano con seguimiento en dos ejes y latitud entre 30 y 45° está comprendido entre 2 y 3.5 años.



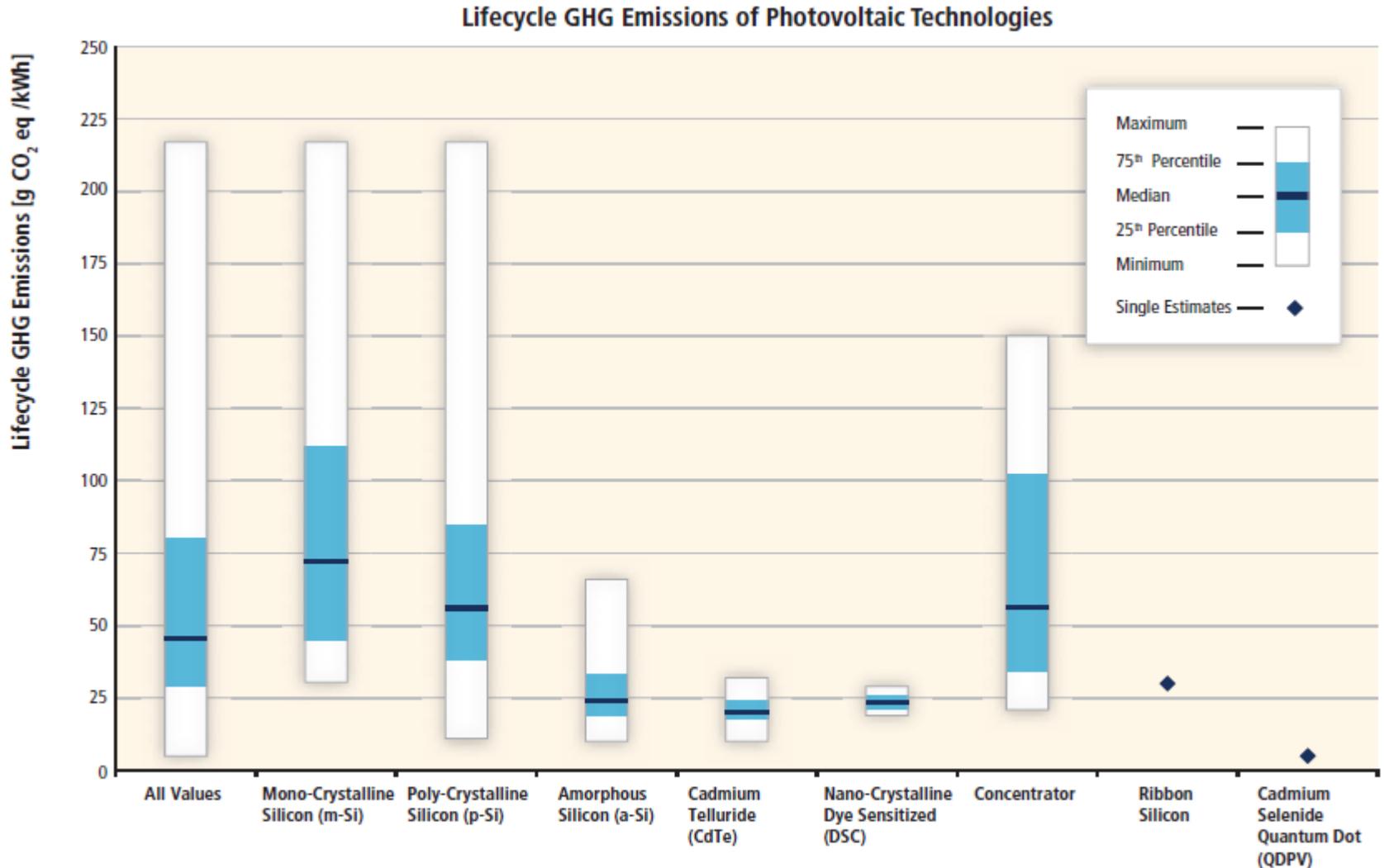
Fuente: [O. Perpiñan et al., Energy payback time of grid connected PV systems. Comparison between tracking and PV systems. Prog. In Phot.: Res. And App. Vol17, p.137-147, 2009](#)

Tiempo de retorno energético para un sistema instalado en tejado que utilice paneles de silicio multicristalino en función del emplazamiento.



Fuente: Data: M.J. de Wild-Scholten 2013. Image: JRC European Commission.
Graph : PSE AG 2015 [Photovoltaic Report, Fraunhofer ISE, November 2015](#)

Emisiones de gases de efecto invernadero por kilovatio-hora generado mediante distintas tecnologías fotovoltaicas. El análisis de ciclo de vida incluye las emisiones asociadas a la fabricación, instalación, operación y desmantelamiento.



Fuente: [Renewable Energy in the Context of Sustainable Energy. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011.](#)

Evolución del coste, tiempo de retorno energético y emisiones de gases de efecto invernadero publicadas en un reciente artículo del grupo Nature.

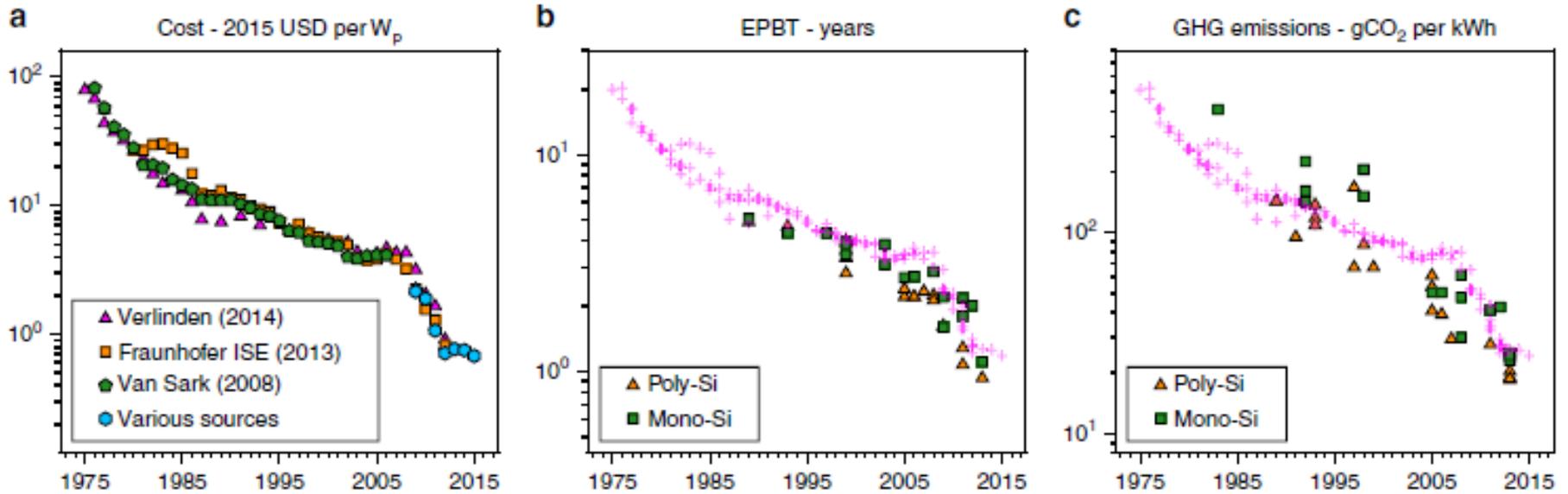
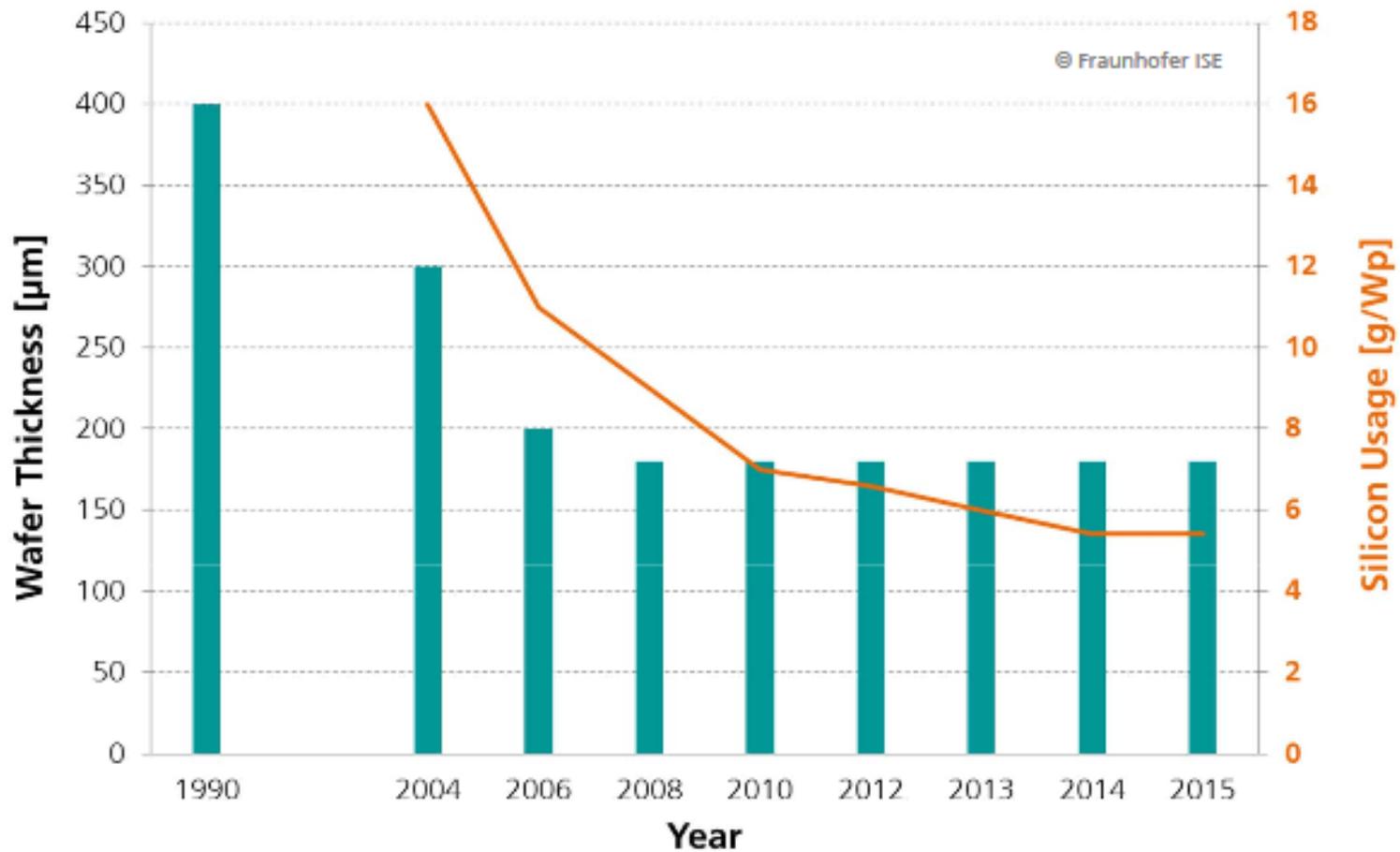


Figure 2 | Development of cost and environmental impact of PV. (a) Development of average module selling price over time, in 2015 USD per W_p . Data from^{16,25,26,34,35}. (b) Development of energy payback time over time. (c) Development of greenhouse gas emissions from PV electricity over time. The magenta crosses in (b,c) are an overlay of the cost data from (a).

Fuente: [A. Louwen et al., Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development, *Nature Communications*, 13728 \(2016\)](#)

Evolución del espesor de la oblea de silicio (μm) y uso de silicio (g/Wp).



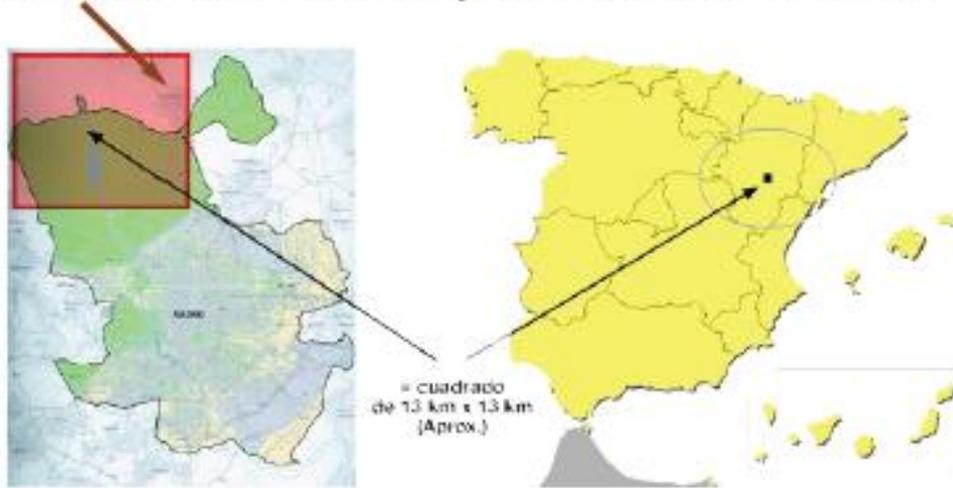
Fuente: Data: until 2012: EU PV Technology Platform Strategic Research Agenda, from 2012: c-Si Roadmap ITRPV; 2015.

Graph: [Fraunhofer ISE: Photovoltaics Report, updated: 17 November 2016](#)

Superficie ocupada por fotovoltaica y
generación de empleo

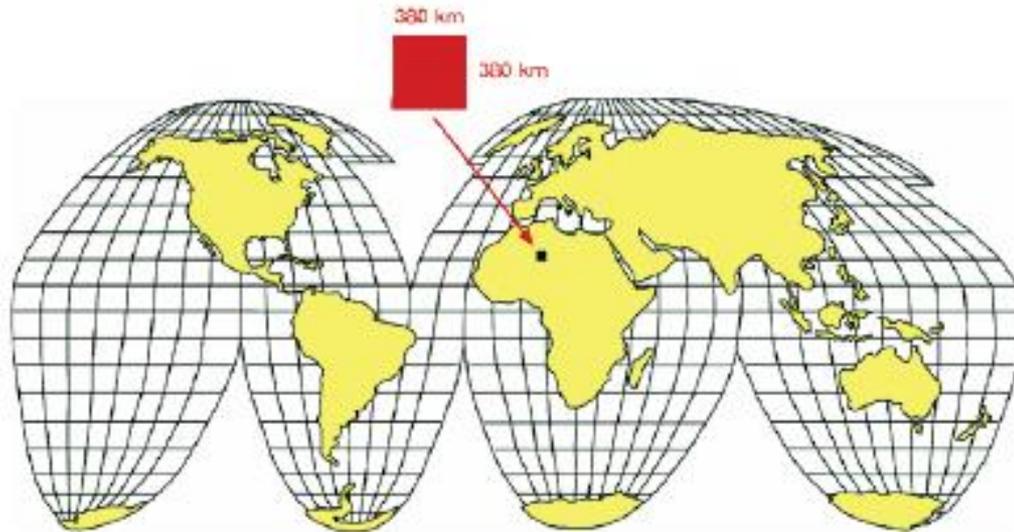
- Necesidades de superficie para cubrir el 8% (*) de las necesidades eléctricas en España:

necesidades eléctricas españolas = cuadrado de 13 km x 13 km



- La energía eléctrica consumida mundialmente se atiende con 0,15 millones de km² de fotovoltaica(*):

necesidades eléctricas mundiales = cuadrado de 380 km x 380 km



**Superficie necesaria para cubrir
con energía solar fotovoltaica la
demanda eléctrica en España
(53x53 km²) ¹**

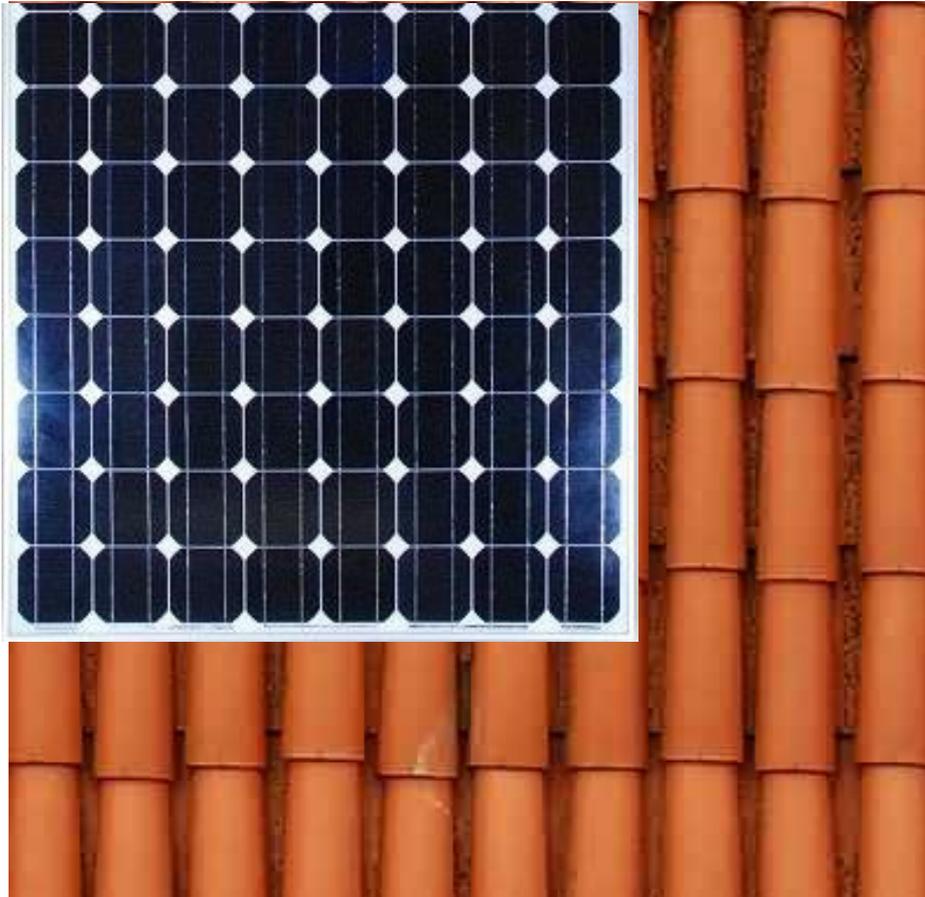
**Superficie cubierta por carreteras
en España (86x86 km²) ²**



¹)Asumiendo eficiencia de panel FV del 15%, porcentaje de uso del suelo del 55%, PR=0,75, degradación anual de módulo 0,7%, 1.500 horas equivalentes, y demanda total de electricidad en 2013, 246TWh.

²) Asumiendo anchura media de carreteras y autovías de 20 y 50 m respectivamente

Superficie necesaria para cubrir con energía solar fotovoltaica el 100% de la demanda eléctrica doméstica en España (21x21 km²) ¹



Superficie de tejado en España (32x32 km²) ²

¹)Asumiendo eficiencia de panel FV del 15%, 1.300 horas equivalentes y demanda doméstica de electricidad en 2013, 84TWh.

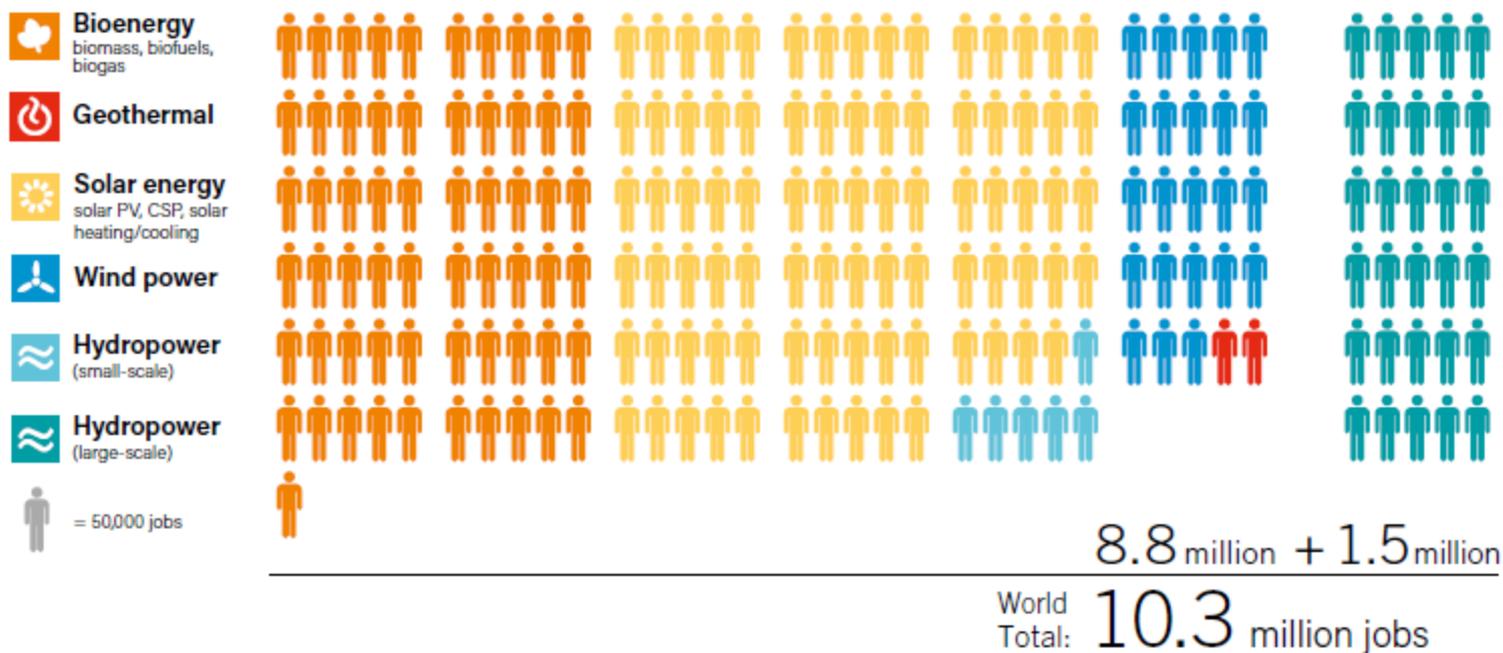
²)Calculado utilizando el Censo de Población y Vivienda 2011

La fotovoltaica es la tecnología renovable que conlleva mayor creación de empleo.

| | World | China | Brazil | United States | India | Japan | Germany | Total EU ^k |
|--|--------------------------|--------------|------------------|------------------|------------|------------|------------------------|-----------------------|
| Thousand jobs | | | | | | | | |
|  Solar PV | 3,365 | 2,216 | 10 | 233 | 164 | 272 | 36 | 100 |
|  Liquid biofuels | 1,931 | 51 | 795 ^a | 299 ^h | 35 | 3 | 24 | 200 |
|  Wind power | 1,148 | 510 | 34 | 106 | 61 | 5 | 160 | 344 |
|  Solar thermal heating/cooling | 807 | 670 | 42 | 13 | 17 | 0.7 | 8.9 | 34 |
|  Solid biomass ^{a, b} | 780 | 180 | | 80 ⁱ | 58 | | 41 | 389 |
|  Biogas | 344 | 145 | | 7 | 85 | | 41 | 71 |
|  Hydropower (small-scale) ^c | 290 | 95 | 12 | 9.3 | 12 | | 7.3 ⁱ | 74 ^l |
| Geothermal energy ^{a, d} | 93 | 1.5 | | 35 | | 2 | 6.5 | 25 |
|  CSP | 34 | 11 | | 5.2 | | | 0.6 | 6 |
| Total | 8,829^f | 3,880 | 893 | 786 | 432 | 283 | 332 | 1,268 |
|  Hydropower (large-scale) ^e | 1,514 | 312 | 184 | 26 | 289 | 20 | 7.3 ⁱ | 74 ^l |
| Total (including large-scale hydropower) | 10,343 | 4,192 | 1,076 | 812 | 721 | 303 | 332^j | 1,268 |

La fotovoltaica es la tecnología renovable que conlleva mayor creación de empleo.

FIGURE 9. Jobs in Renewable Energy



Source: IRENA

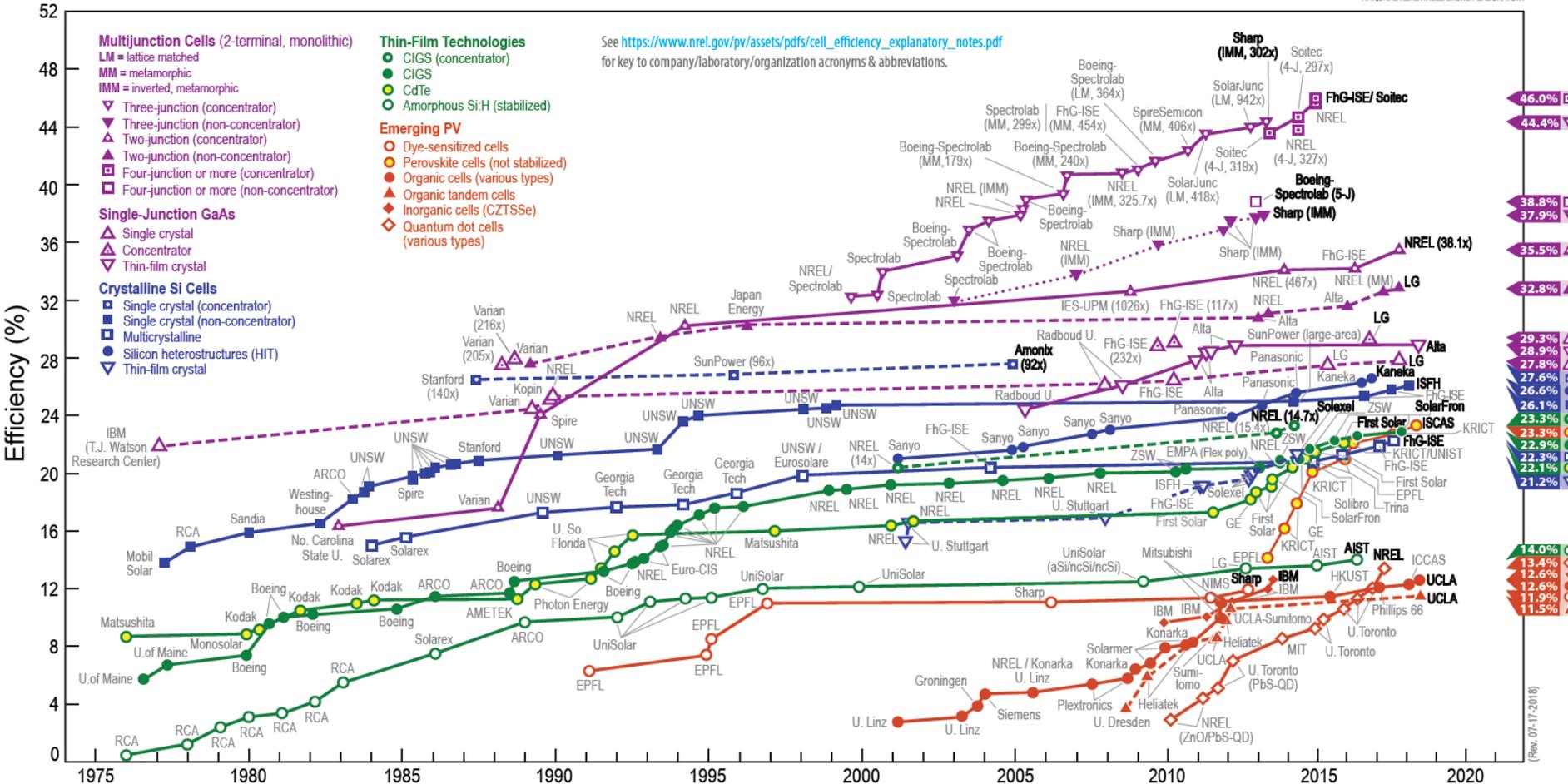
Diferentes tecnologías fotovoltaicas

Evolución de la eficiencia de célula para diferentes tecnologías.

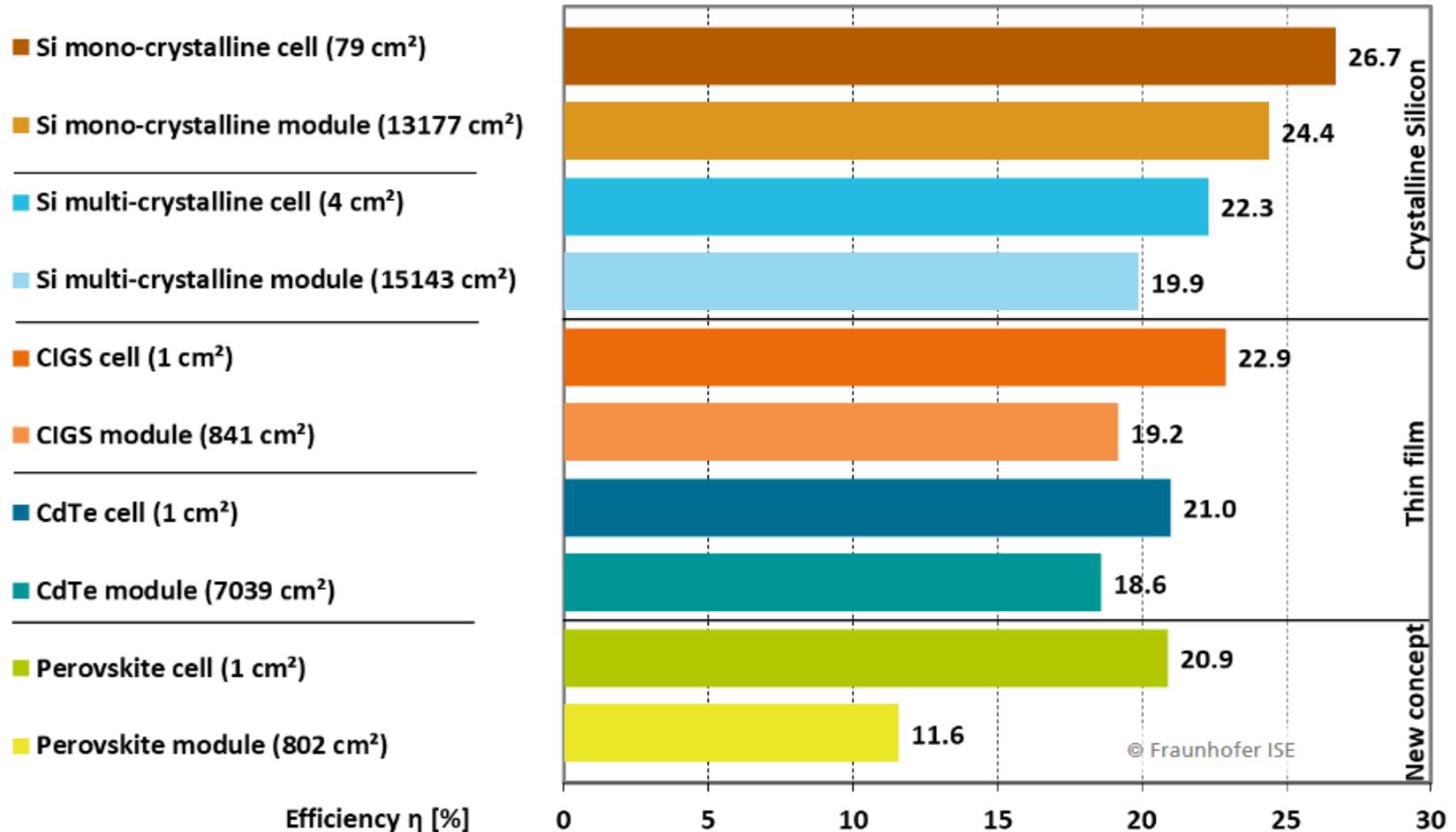
Best Research-Cell Efficiencies



See https://www.nrel.gov/pw/assets/pdfs/cell_efficiency_explanatory_notes.pdf for key to company/laboratory/organization acronyms & abbreviations.



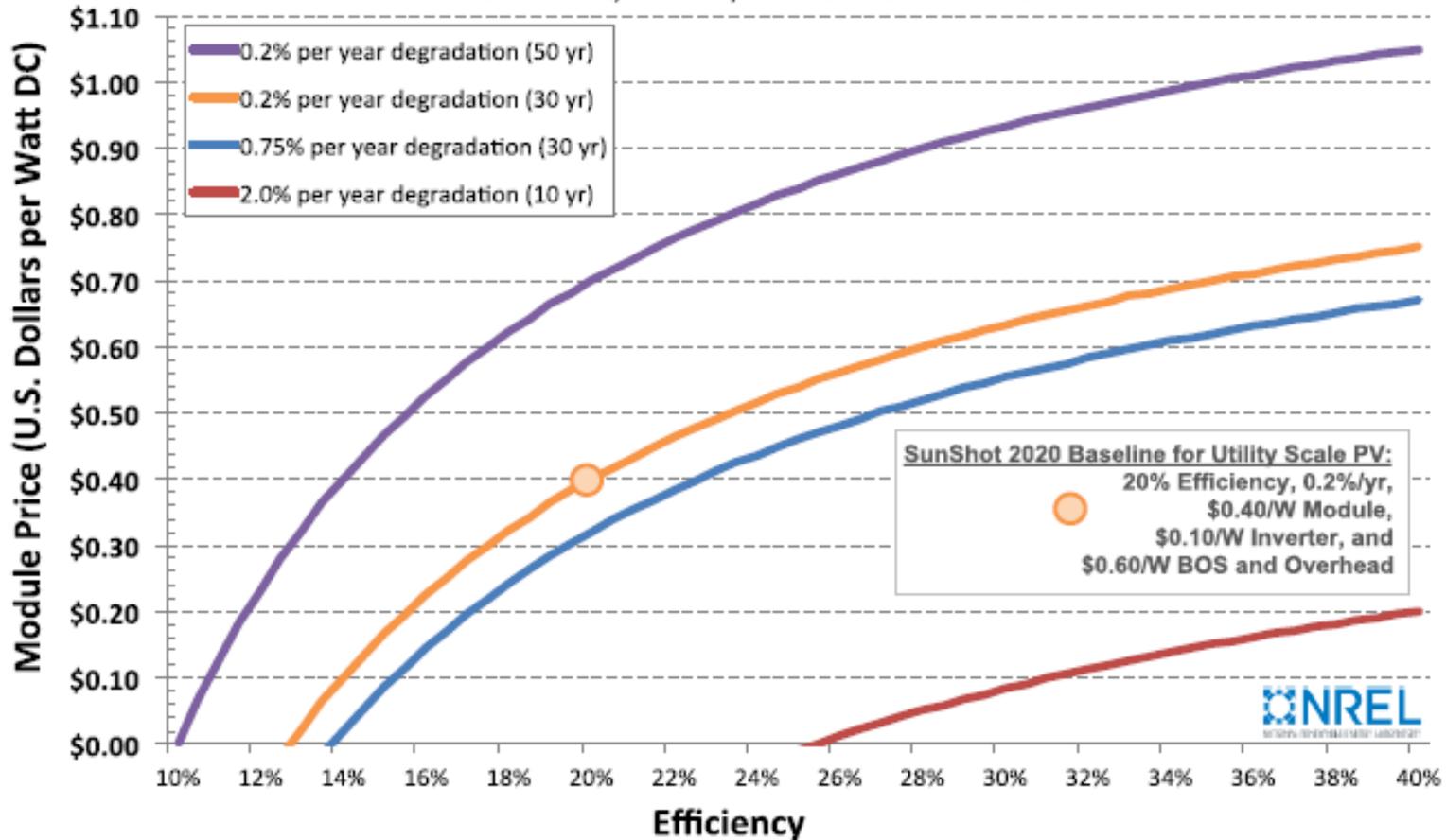
Comparación de eficiencias de diferentes tecnologías: Mejor eficiencia de módulo vs. Mejor eficiencia de célula.



Permutaciones entre los valores de eficiencia de módulo, coste por watio, vida útil y degradación que pueden darse para alcanzar el objetivo de \$0,06/kWh (estimaciones del programa SunShot de EEUU).

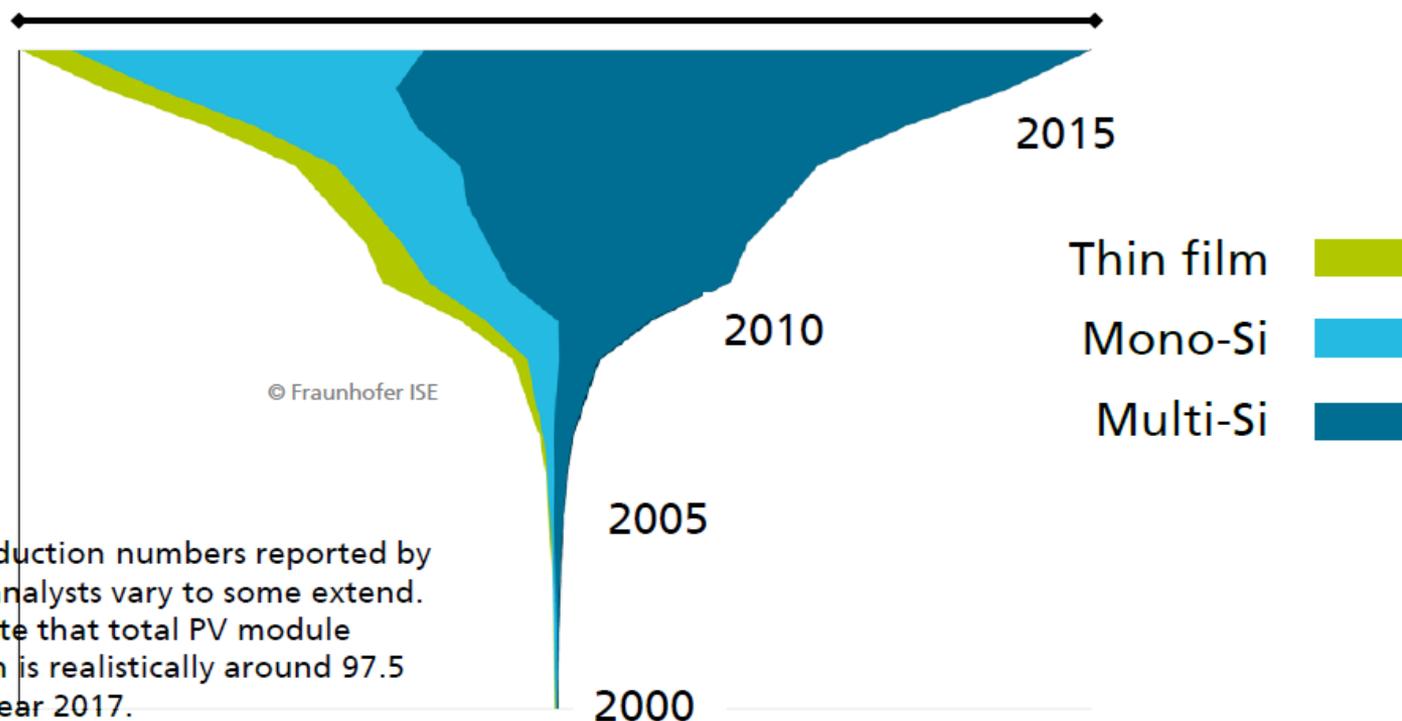
Metric Sets to Achieve the Utility Scale SunShot Goal

Iso-LCOE Curves of 6 cents per kWh Without Federal or State Incentives
and With 1,480 kWh/kW First-Year Performance



En 2017, la producción fotovoltaica mundial incluyó 60.8 GW de silicio multicristalino, 32.2 GW de silicio monocristalino y 4.5 GW de lámina delgada.

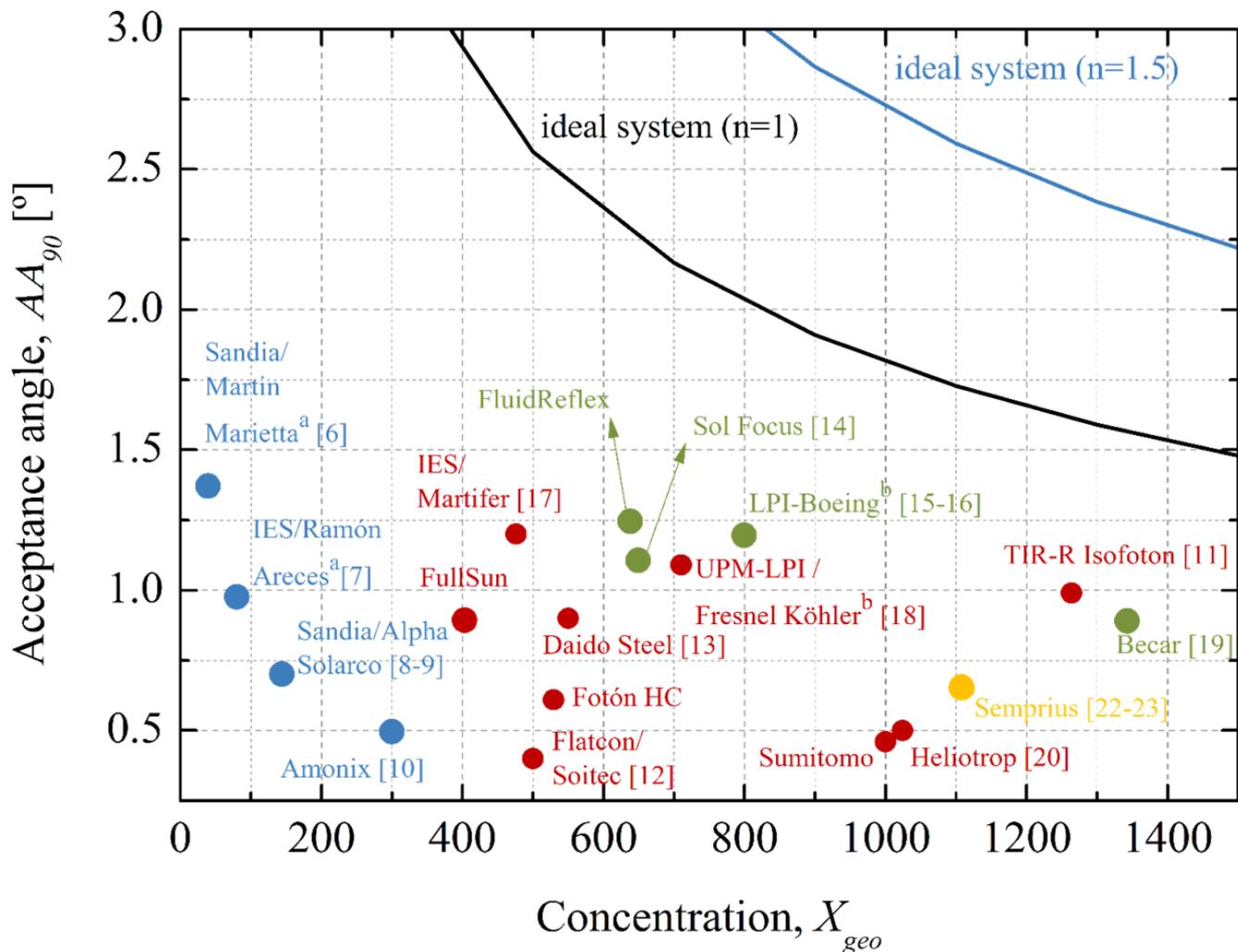
About 97.5* GWp PV module production in 2017



*2017 production numbers reported by different analysts vary to some extent. We estimate that total PV module production is realistically around 97.5 GWp for year 2017.

Energía solar fotovoltaica de concentración

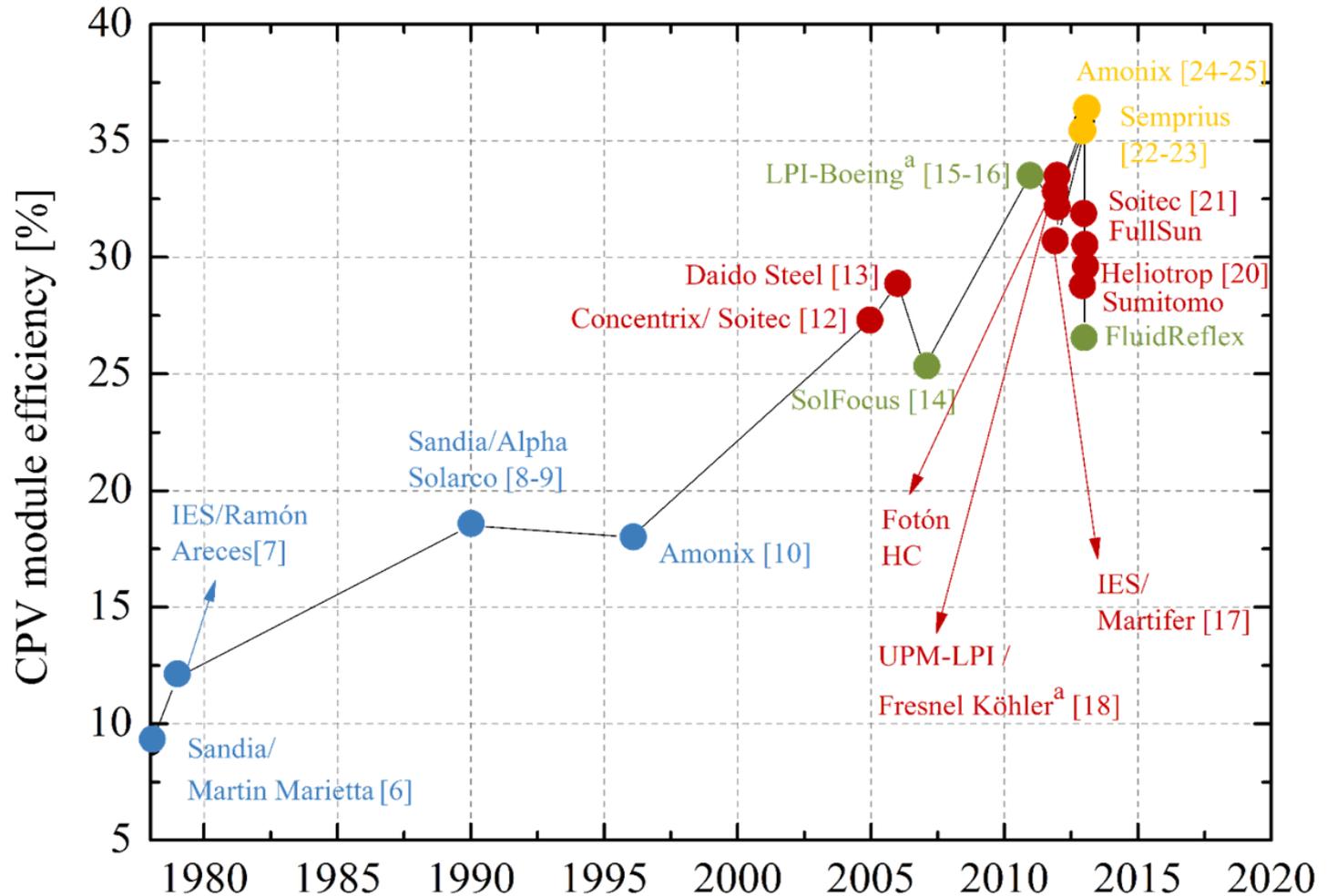
Acceptancia vs. concentración en módulos de concentración fotovoltaica.



Leyenda: azul; sistemas con lentes de Fresnel y células de silicio; rojo; sistemas con lentes de Fresnel y células multiunión clásicas; verde; sistemas reflexivos con células multiunión clásicas; amarillo; sistemas con lentes de Fresnel y células multiunión de nueva generación.

Eficiencia de módulos de concentración fotovoltaica

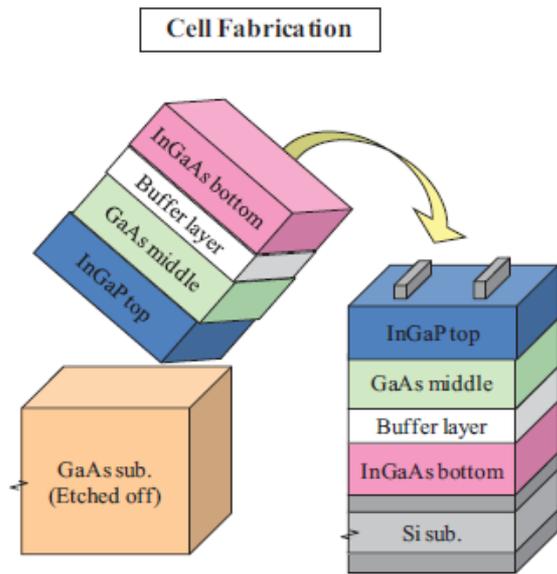
CPV module historical achievements



Leyenda: azul; sistemas con lentes de Fresnel y células de silicio; rojo; sistemas con lentes de Fresnel y células multiunión clásicas; verde; sistemas reflexivos con células multiunión clásicas; amarillo; sistemas con lentes de Fresnel y células multiunión de nueva generación.

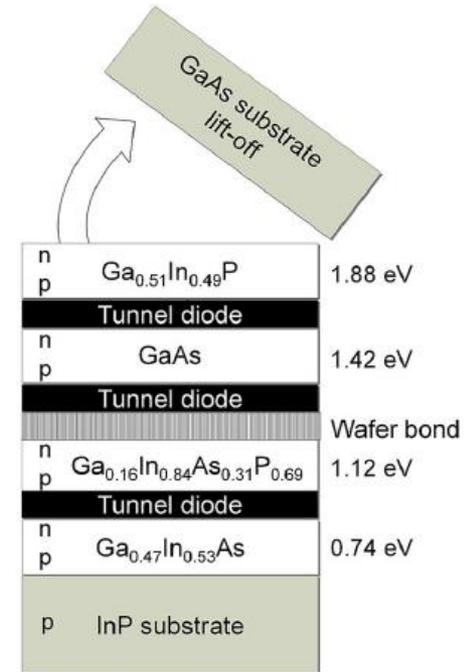
Células multiunión con eficiencias record.

3J solar cell record: Inverted Metamorphic GaInP/GaAs/GaInAs (Sharp, 44.4%)



Sasaki, T. et al., "Development of InGaP/GaAs/InGaAs inverted triple junction concentrator solar cells," *AIP Conference Proceedings*, vol. 1556, pp. 22–25, 2013

4J solar cell record: wafer bonded GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs (46.0%)



F. Dimroth et al., "Wafer bonded four-junction GaInP/GaAs//GaInAsP/GaInAs concentrator solar cells with 44.7% efficiency," *Prog. Photovolt. Res. Appl.*, vol. 22, no. 3, pp. 277–282, 2014.

Módulos de concentración con eficiencias record.

Soitec module (using 4J solar cells)
-> 38.9% certified record efficiency



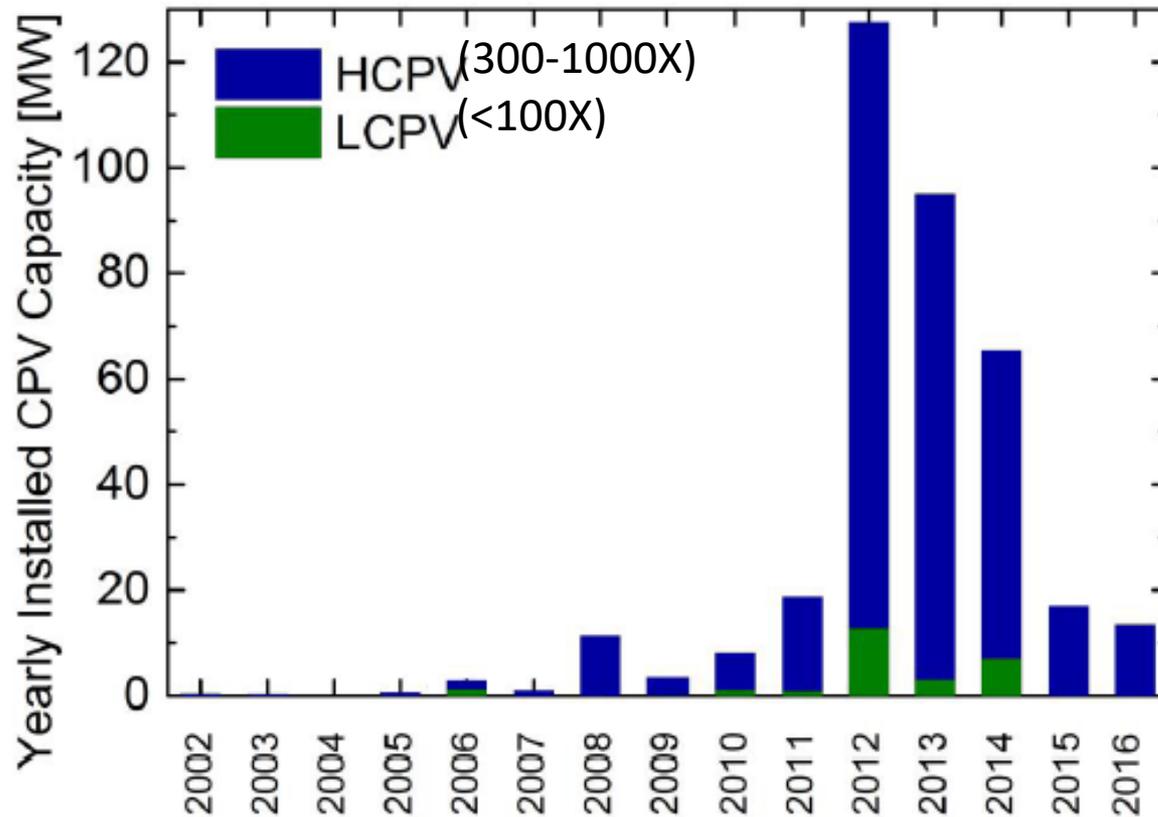
[Current status of Concentrator Photovoltaic \(CPV\) Technology](#), NREL, Fraunhofer- IES, September 2015

Semprius module (using 3J solar cells) -> 35.5% average efficiency



PRESS RELEASE September 2013, [Semprius' 35.5 Percent Efficiency Sets New Record for Commercially Available Solar Modules](#)

Capacidad anual instalada de fotovoltaica de baja (LCPV) y alta concentración (HCPV).



Evolución de eficiencias células, módulos y sistemas de concentración fotovoltaica.

