

La Energía Solar en el Sistema Eléctrico Español ca 2050

Prof. Antonio Gómez-Expósito, IEEE Fellow

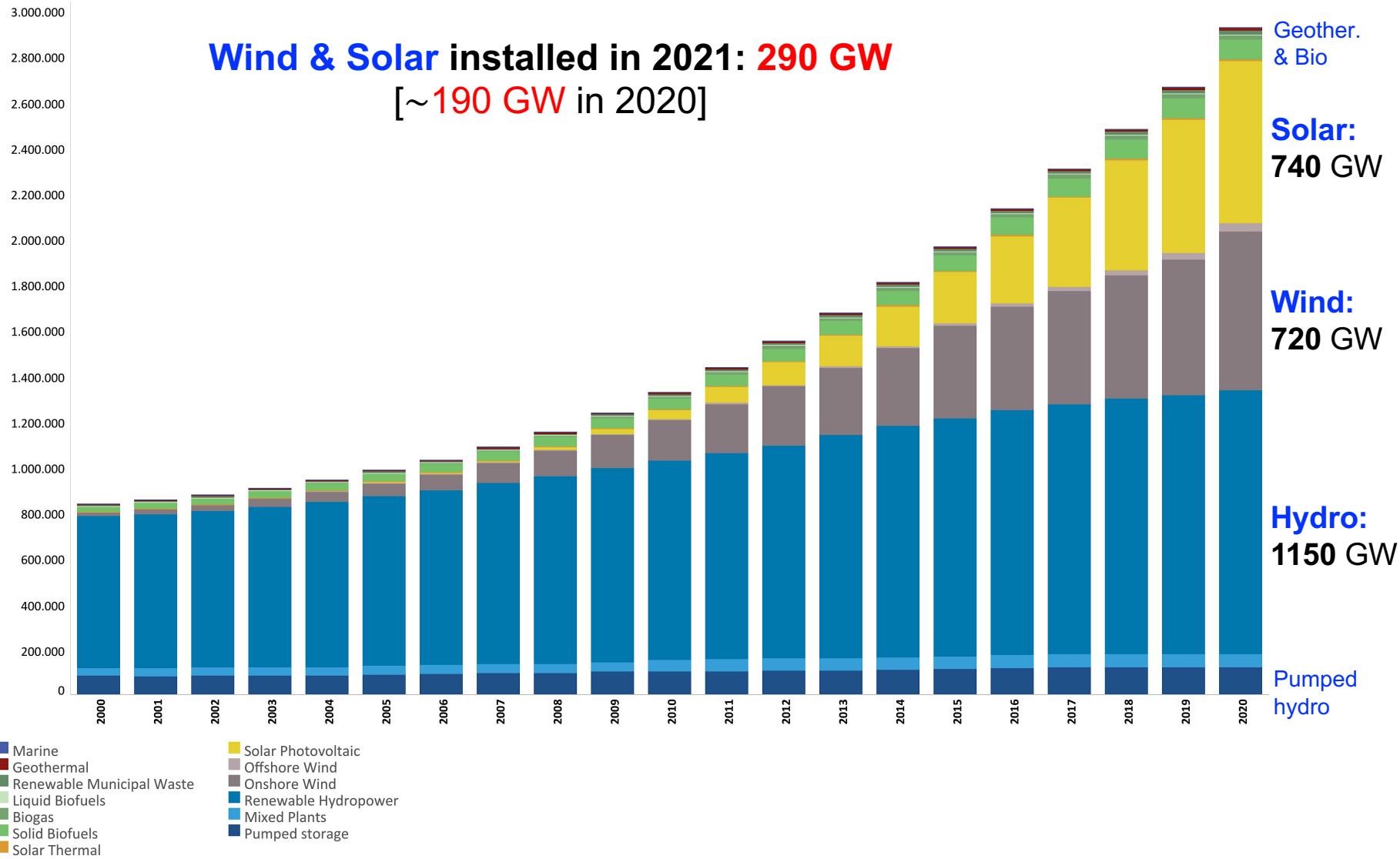
Dpto. Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla



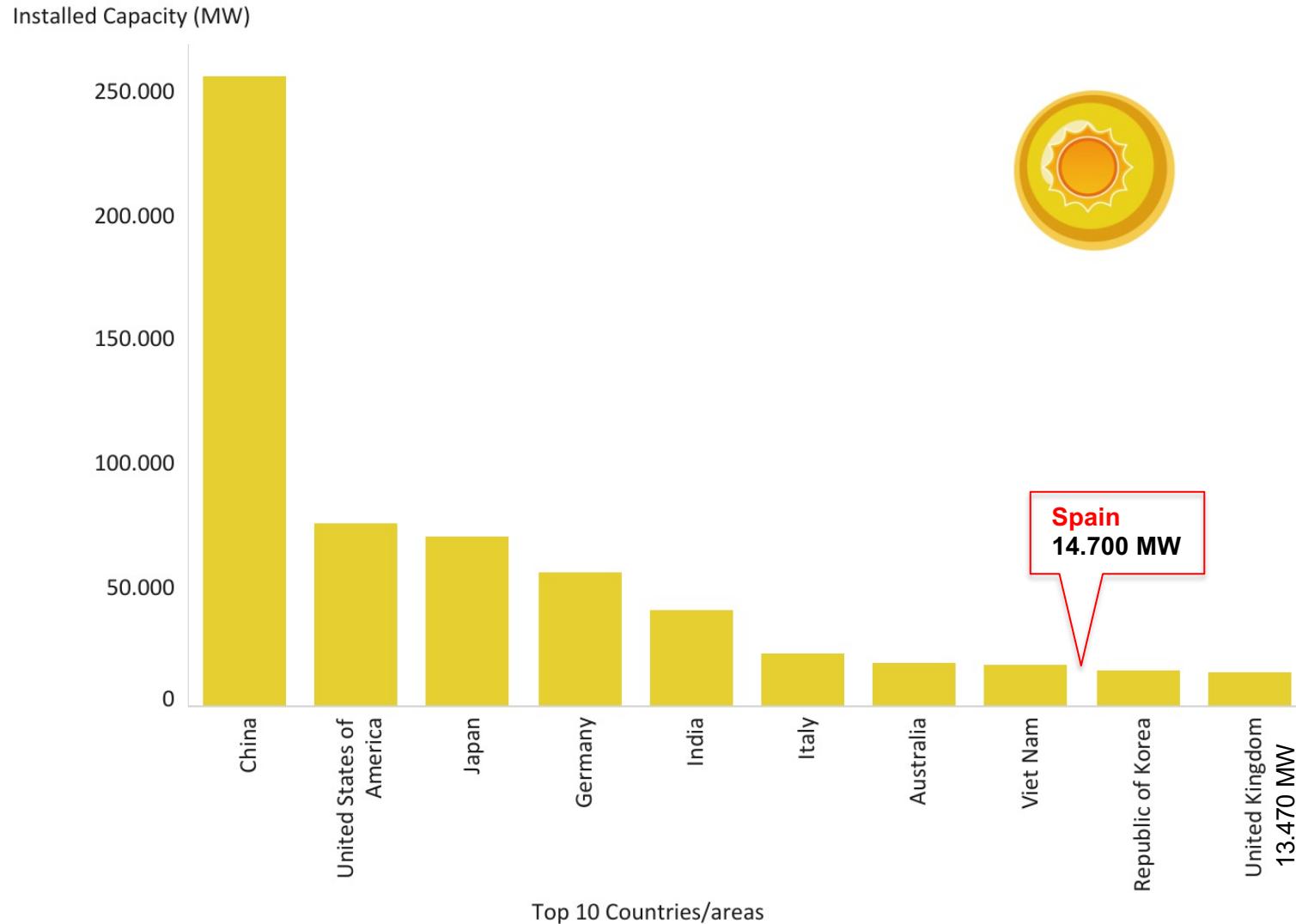
Contenido

- Energía solar en el mundo
- Energía solar en España
 - Burbuja FV y déficit de tarifa
 - Situación actual
 - El PNIEC (2030)
- Potencial FV en España
- Sistema eléctrico español ca 2050
 - Demanda y generación renovable (2010-19)
 - Cobertura óptima del hueco térmico
 - LCOE

Evolution of global RES installed capacities



PV installed capacity: top countries

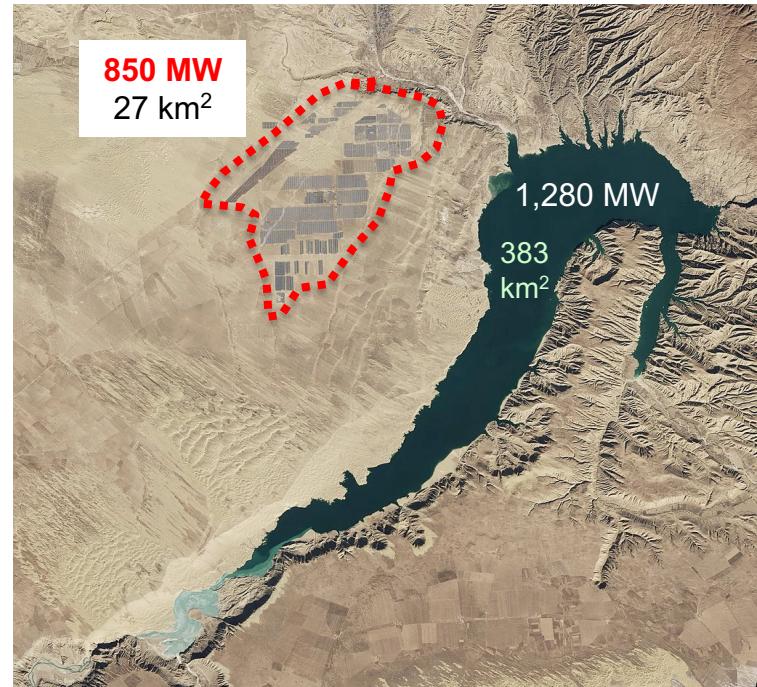


Generación Fotovoltaica

UTILITY-SCALE:

- **850 MW** Longyangxia Dam Solar China, 2014 (~ 4M paneles)
- 14% factor utilización,
- Superficie: 27 km² (30 m²/kWp)

Record actual: 1,550MW, Tengger Desert Solar Park, Zhongwei (China), 43 km²



ROOFTOP (DISTRIBUTED):

- Mayor inversión:
2000-3000 vs 500 €/kWp
- Menor impacto ambiental
- Menor superficie ocupada
- Menores pérdidas
- Menor utilización de red



Generación Fotovoltaica



ANSASOL: Guillena (Sevilla)

- Potencia: **110 MW**
- Producción anual: 180 GWh (19%)
- Inversión: 80M€
- Superficie módulos: 68 ha
- Superficie ocupada: 185 ha
[17 m²/kWp]



The Australian singularity

Australia: 25,7 millones habitantes

$P_{\text{total}} = 75 \text{ GW (265 TWh, 25% renovable)}$

Datos a diciembre de 2020:

$P_{\text{FV-total}} = 20 \text{ GW (24 TWh, 9,5%)}$

$P_{\text{rooftop-total}} = 15 \text{ GW (+2,7 millones casas, 25%)}$

$P_{\text{rooftop-2020}} = 3 \text{ GW (370.000 instalaciones)}$

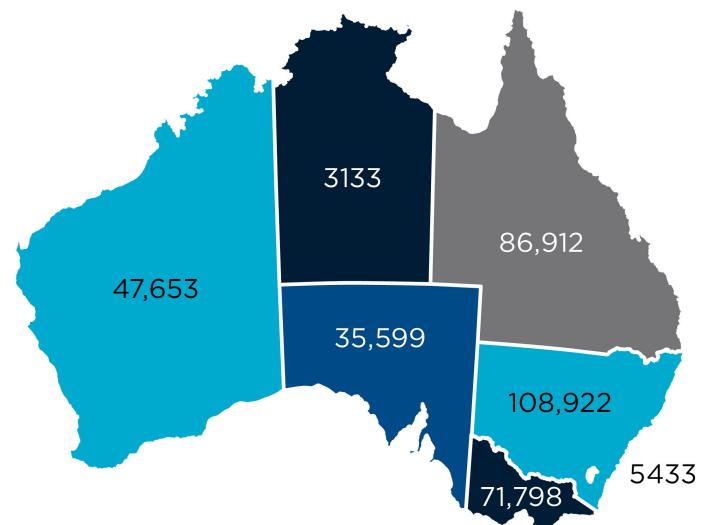


Datos a septiembre de 2021:

$P_{\text{FV-total}} = 24 \text{ GW}$

$P_{\text{rooftop-total}} = 18 \text{ GW (+3 millones casas)}$

Instalaciones tejado 2020



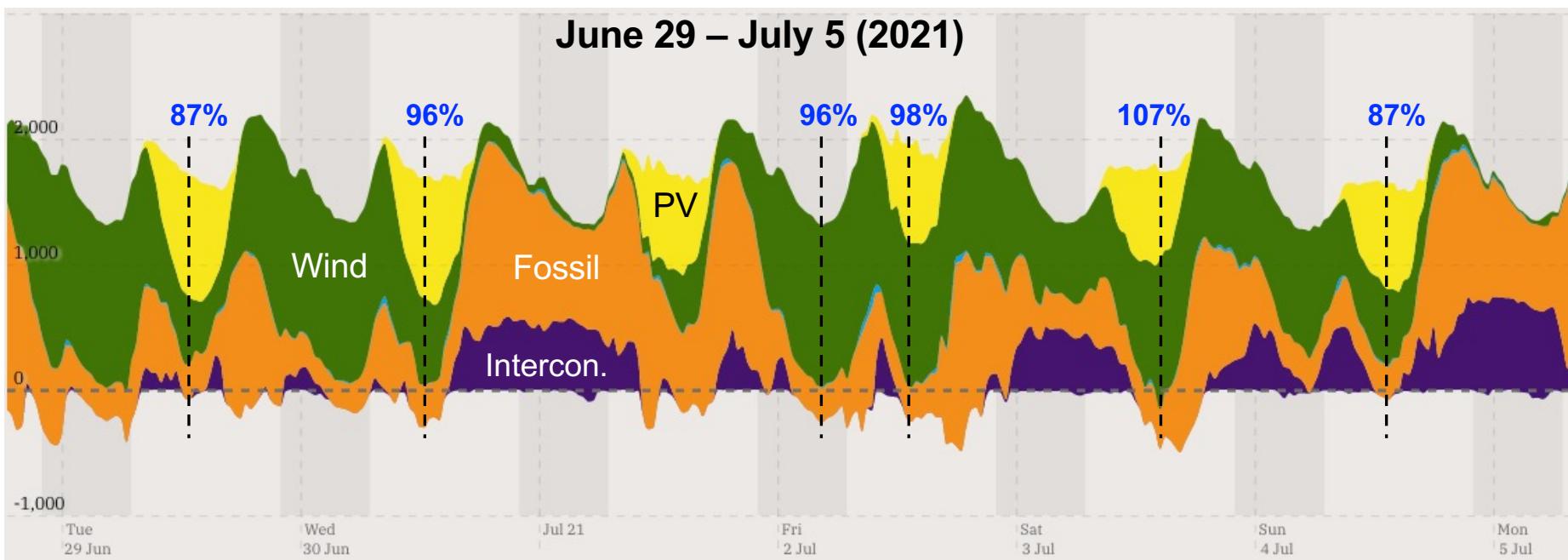
Fuente: [vhttps://www.csiro.au/en/news/news-releases/2021/australia-installs-record-breaking-number-of-rooftop-solar-panels](https://www.csiro.au/en/news/news-releases/2021/australia-installs-record-breaking-number-of-rooftop-solar-panels)

Example of RES penetration: South Australia

Wind: 2140 MW
Rooftop Solar: 1500 MW (35% households)
Utility-scale Solar: 380 MW
Bio: 20 MW **RES: 4000 MW**

Gas: 2950 MW
Other: 380 MW
Coal: 0
Fossil: 3300 MW

Batteries: 160 MW
Interconnectors: 800 MW (10%)

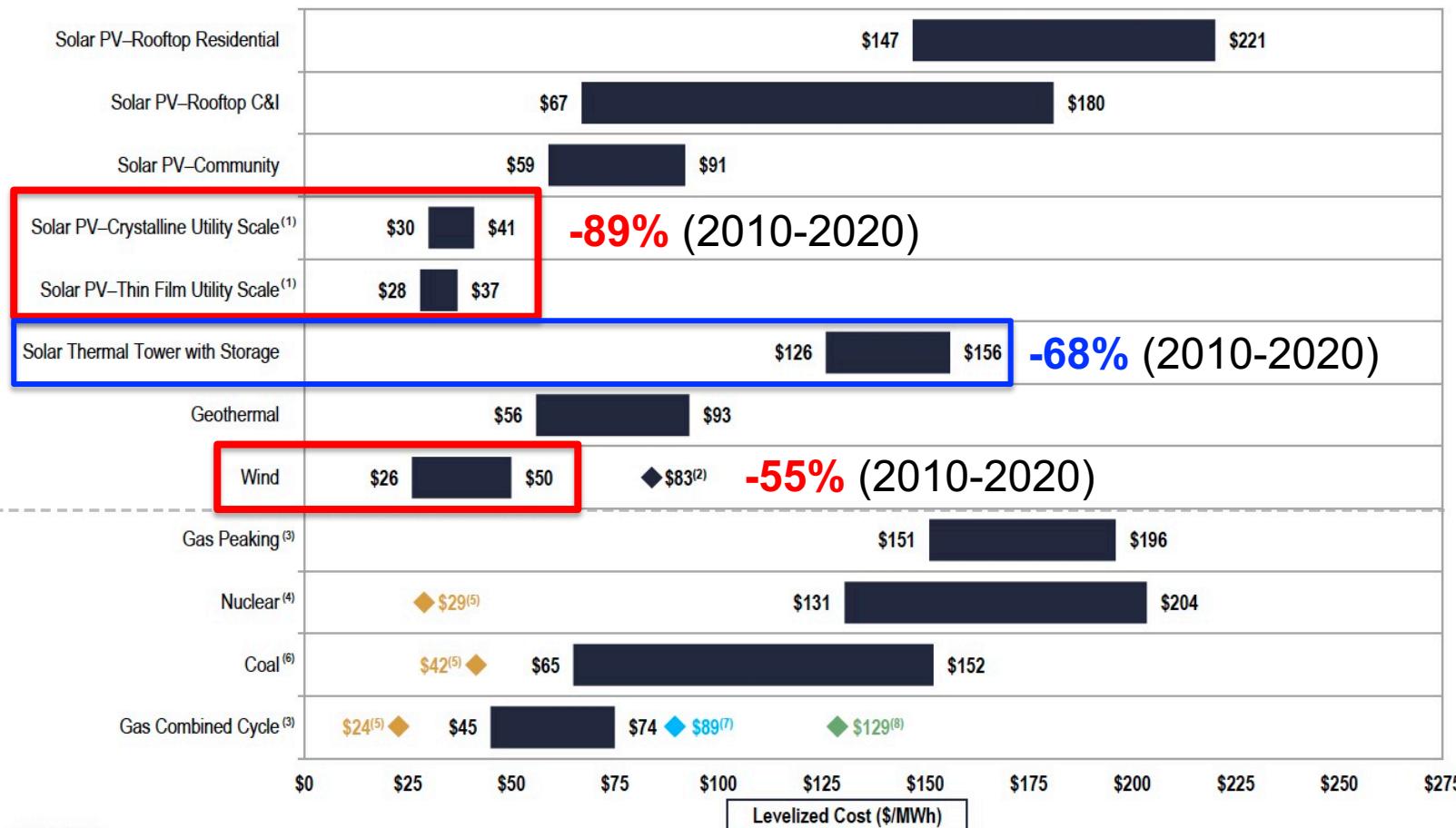


PV (mostly rooftop) + Wind: 60% share in 2020

Source: openNEM (<https://opennem.org.au/>)

Reducción de costes de renovables

Renewable Energy



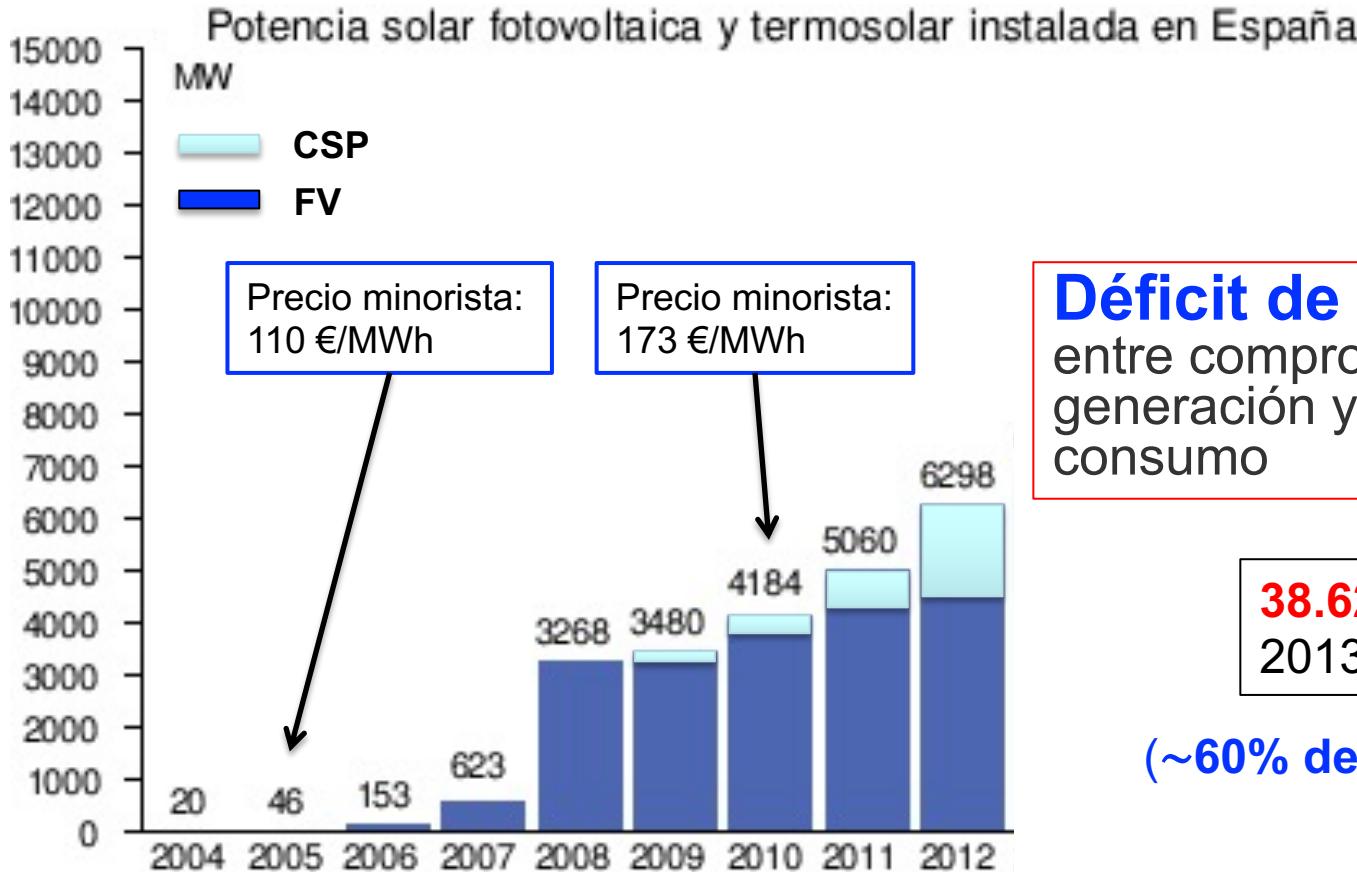
Source: Lazard estimates.

Source: LAZARD Levelized Cost of Energy Analysis v. 15.0

Contenido

- Energía solar en el mundo
- **Energía solar en España**
 - Burbuja FV y déficit de tarifa
 - Situación actual
 - El PNIEC (2030)
- Potencial FV en España
- Sistema eléctrico español ca 2050
 - Demanda y generación renovable (2010-19)
 - Cobertura óptima del hueco térmico
 - LCOE

La energía solar en España



Déficit de tarifa: Diferencia entre compromisos de pago a la generación y los ingresos por consumo

38.625 M€ en
2013 (4% GDP)

(~60% debido a primas)

Primas renovables
vida útil (sin límites)

RD 661/2007

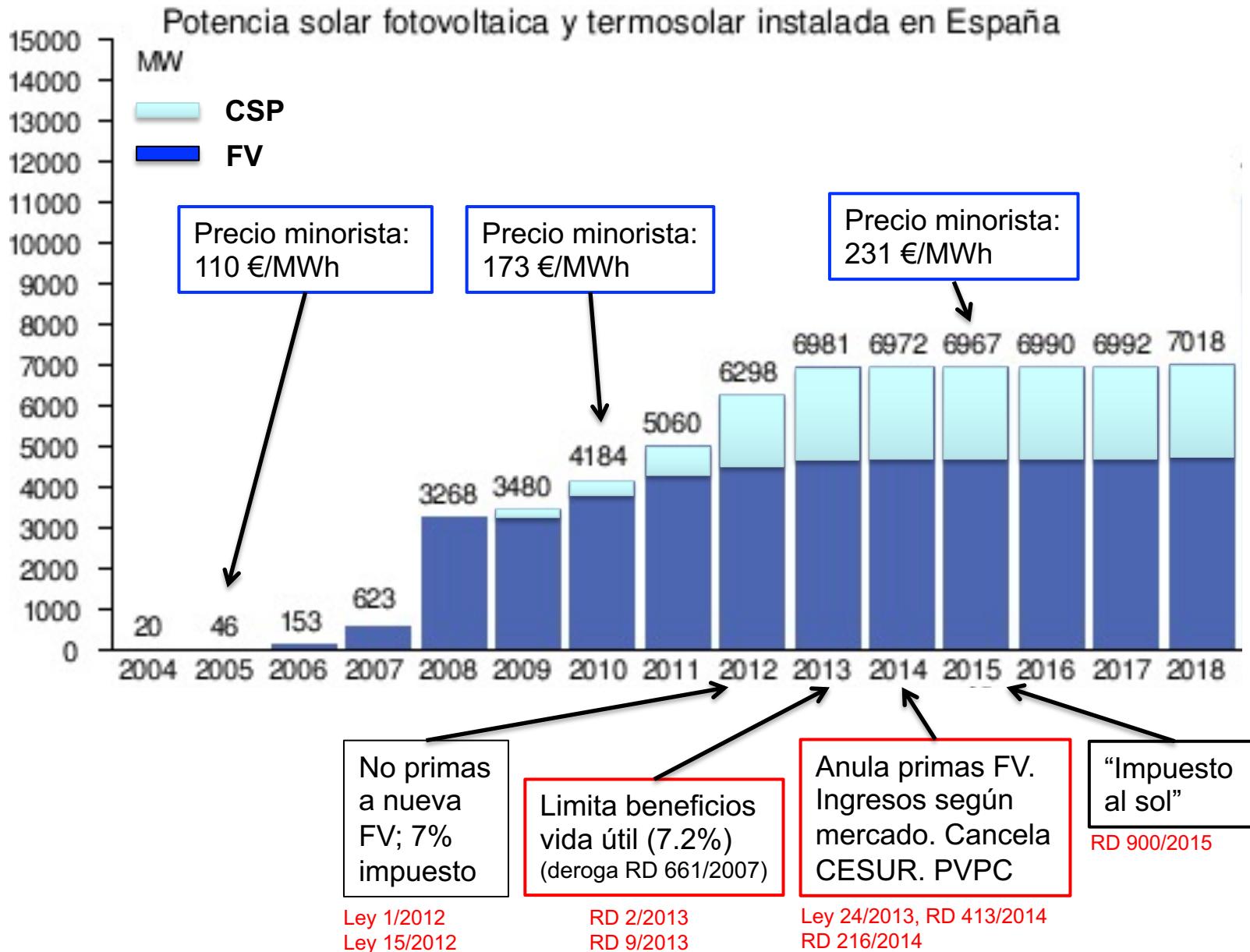
Límite anual
de potencia
(pre-registro)

RD 1578/2008

Prima < 25 años
Límite anual no.
horas con prima

Ley 14/2010

La energía solar en España



La energía solar en España



Potencia FV añadida 2019: 6.5 GW

3.5% mundial (184 GW)

2017- Dos subastas renovables: 8 GW

2021- Dos subastas renovables: 6.3 GW

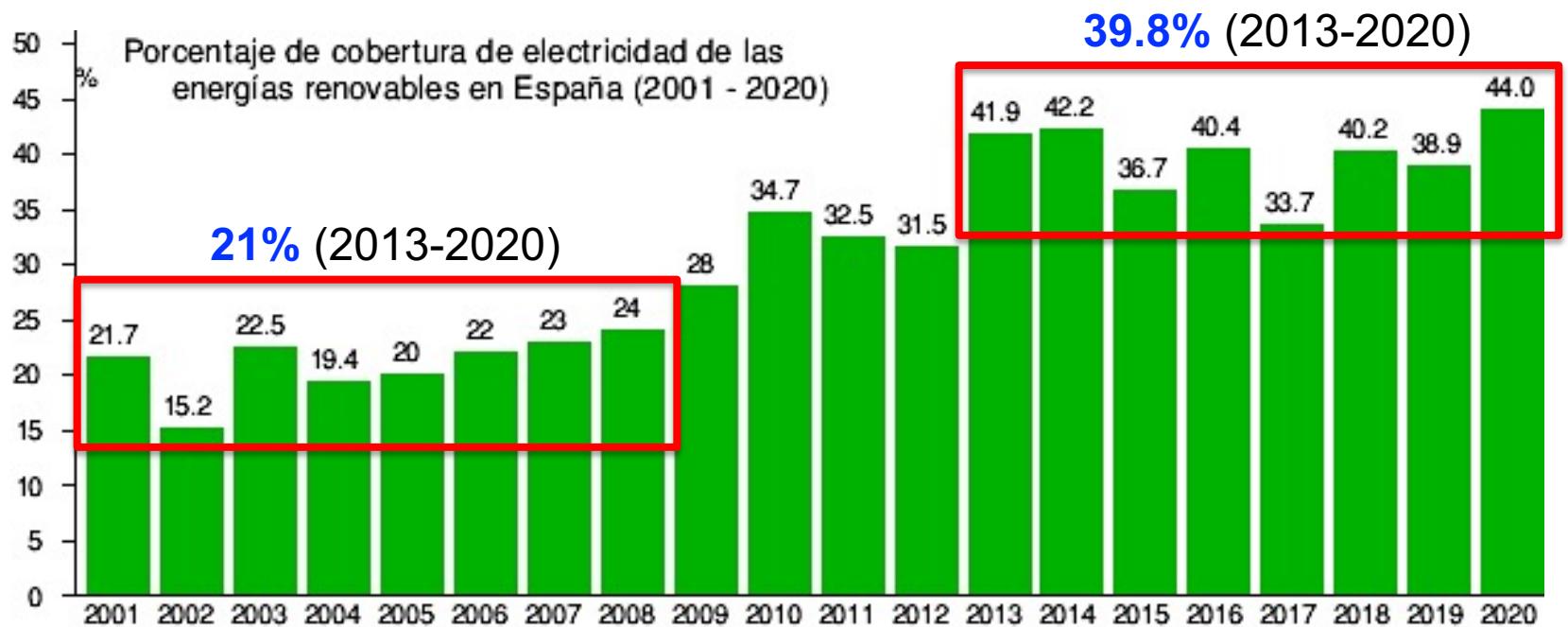
Autoconsumo

RD-ley 15/2018
RD 244/2019

Minoración
“windfall profits”

RD 17/2021

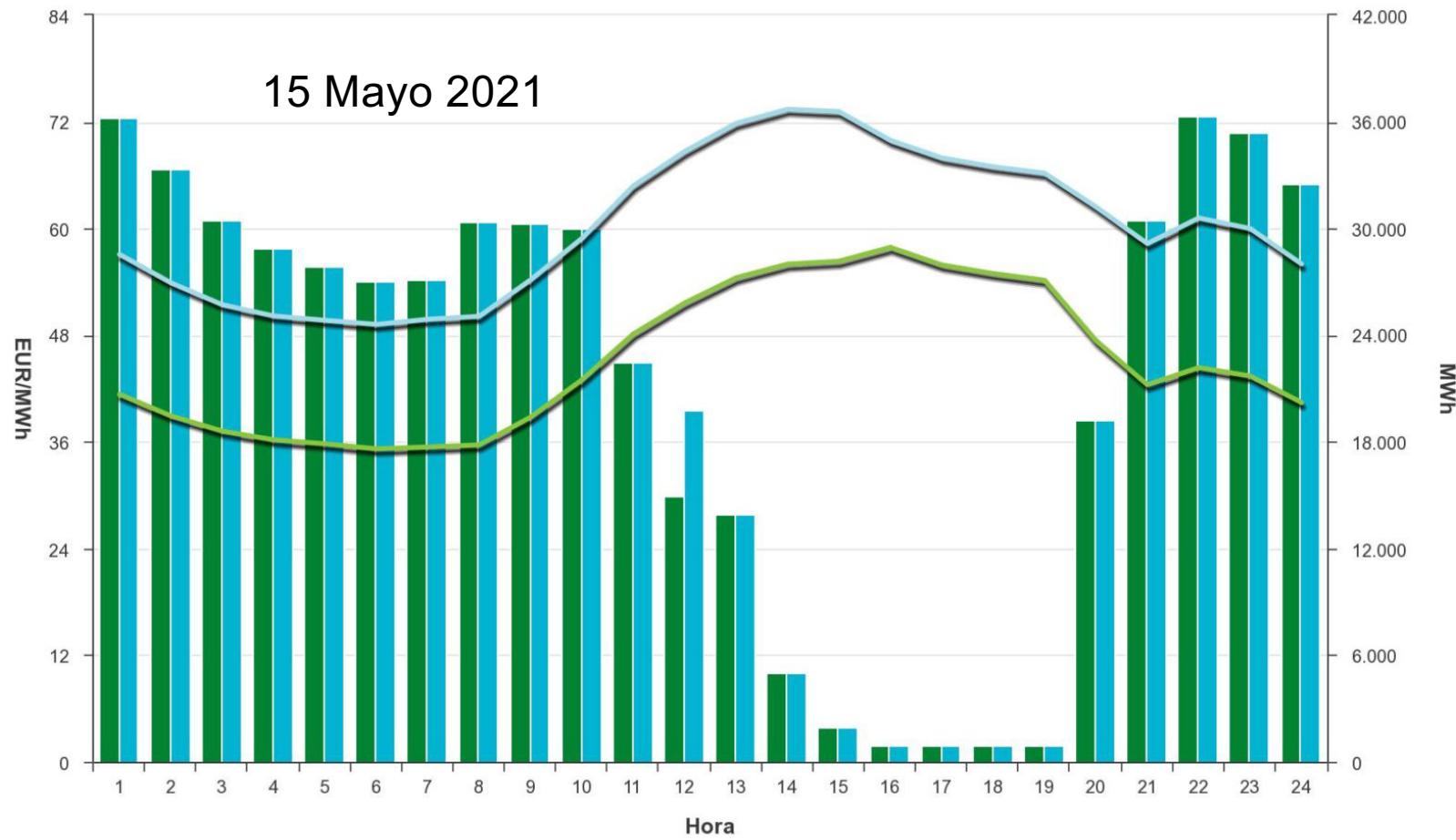
Share renovable en España



2021:
46.6%

Impacto de FV en precios mayoristas

Potencia instalada: 13.8 GW FV & 3.5 GW CSP (total 115 GW)



● Precio marginal español ● Precio marginal portugués ● Energía negociada Mercado Diario ● Energía Mercado Ibérico incluyendo bilaterales

Fuente: <https://www.omie.es/es/market-results/daily/daily-market/daily-hourly-price?scope=daily&date=2021-05-15>

Plan Nacional Energía y Clima (2030)

Potencia instalada

Technology	2020 (MW)	2030 (MW)
Nuclear	7,120	3,180
Coal	6,220	0
Fuel/gas	2,400	1,850
Combined C.	26,250	26,610
Cogeneration	5,710	3,670
Hydraulic	17,100	17,100
Wind	27,110	50,330
Photovoltaic	10,520	39,180
CSP	2,300	7,300
Other renew.	1,250	1,760
Pumped hydro	3,330	6,800
Storage	0	2,500
Total	110 GW	160 GW
Renewables	120 GW	

Objetivos:

- 42% de energía final renovable
- **74% de electricidad renovable**
(100% en 2050)
- 40% mejora eficiencia
(energía primaria)
- 23% reducción CO2
(90% in 2050)
- 240,000 M€ inversión, 20% pública
(150,000 M€ en sector eléctrico)

Source:https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_final_nepc_main_en.pdf

Contenido

- Energía solar en el mundo
- Energía solar en España
 - Burbuja FV y déficit de tarifa
 - Situación actual
 - El PNIEC (2030)
- **Potencial FV en España**
- Sistema eléctrico español ca 2050
 - Demanda y generación renovable (2010-19)
 - Cobertura óptima del hueco térmico
 - LCOE

Potencial FV en España

Potencia instalada

Technology	2020 (MW)	2030 (MW)
Nuclear	7,120	3,180
Coal	6,220	0
Fuel/gas	2,400	1,850
Combined C.	26,250	26,610
Cogeneration	5,710	3,670
Hydraulic	17,100	17,100
Wind	27,110	50,330
Photovoltaic	10,520	39,180
CSP	2,300	7,300
Other renew.	1,250	1,760
Pumped hydro	3,330	6,800
Storage	0	2,500
Total	110 GW	160 GW
Renovables	120 GW	

Potencial financiero:

Solicitud puntos de conexión

GW	Concedido	Denegado	Pendiente
Eólica	30.5	17.2	24.3
Fotovoltaica	99.7	100.3	35.7

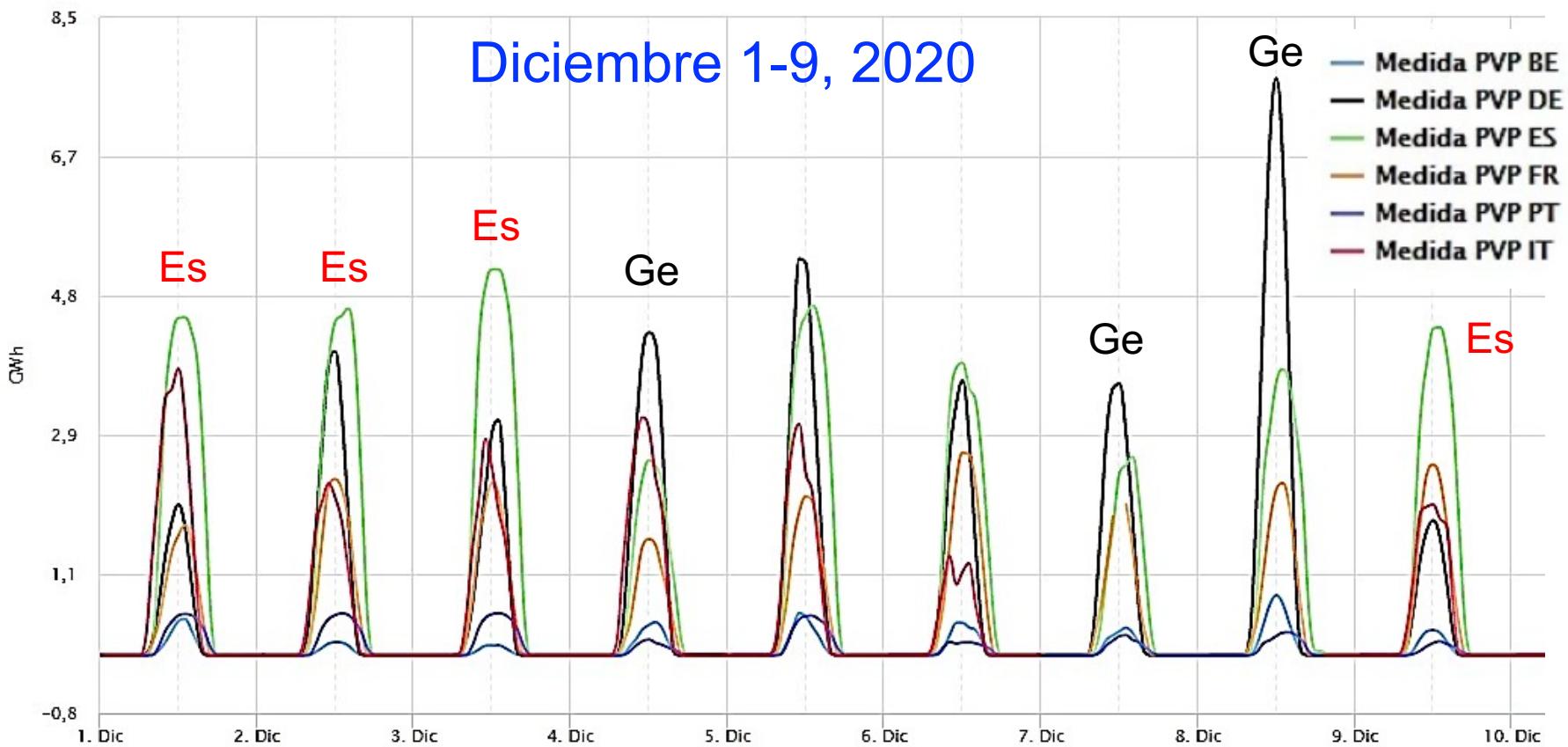
Fuente: REE (September 2020)

Está el PNIEC infravalorando
el potencial de España en FV?

Potencial FV en España

Potencial geográfico:

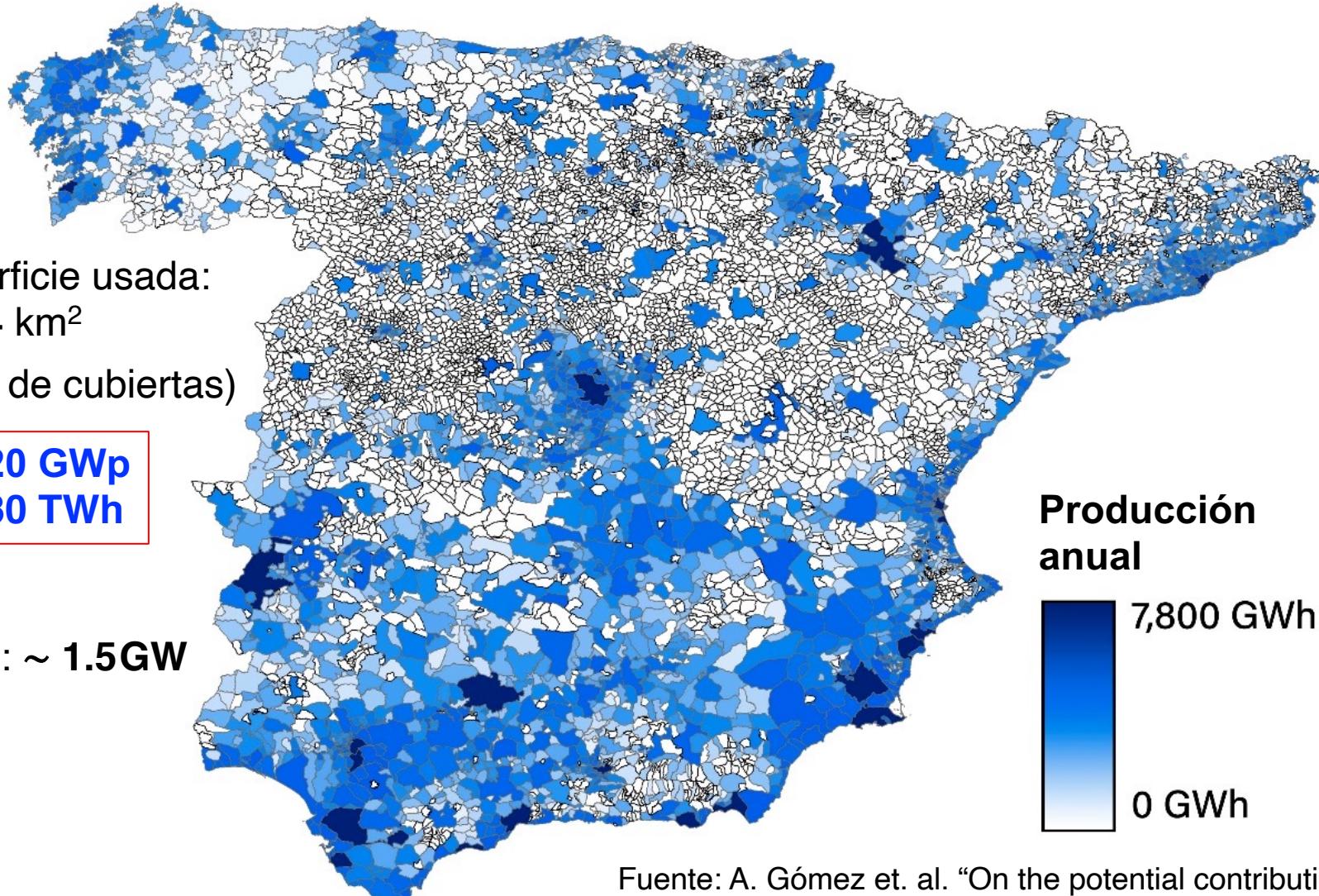
“Spain’s 10 GW PV beat Germany’s 40 GW”



source: Janus-Genarum

Potencial FV en España

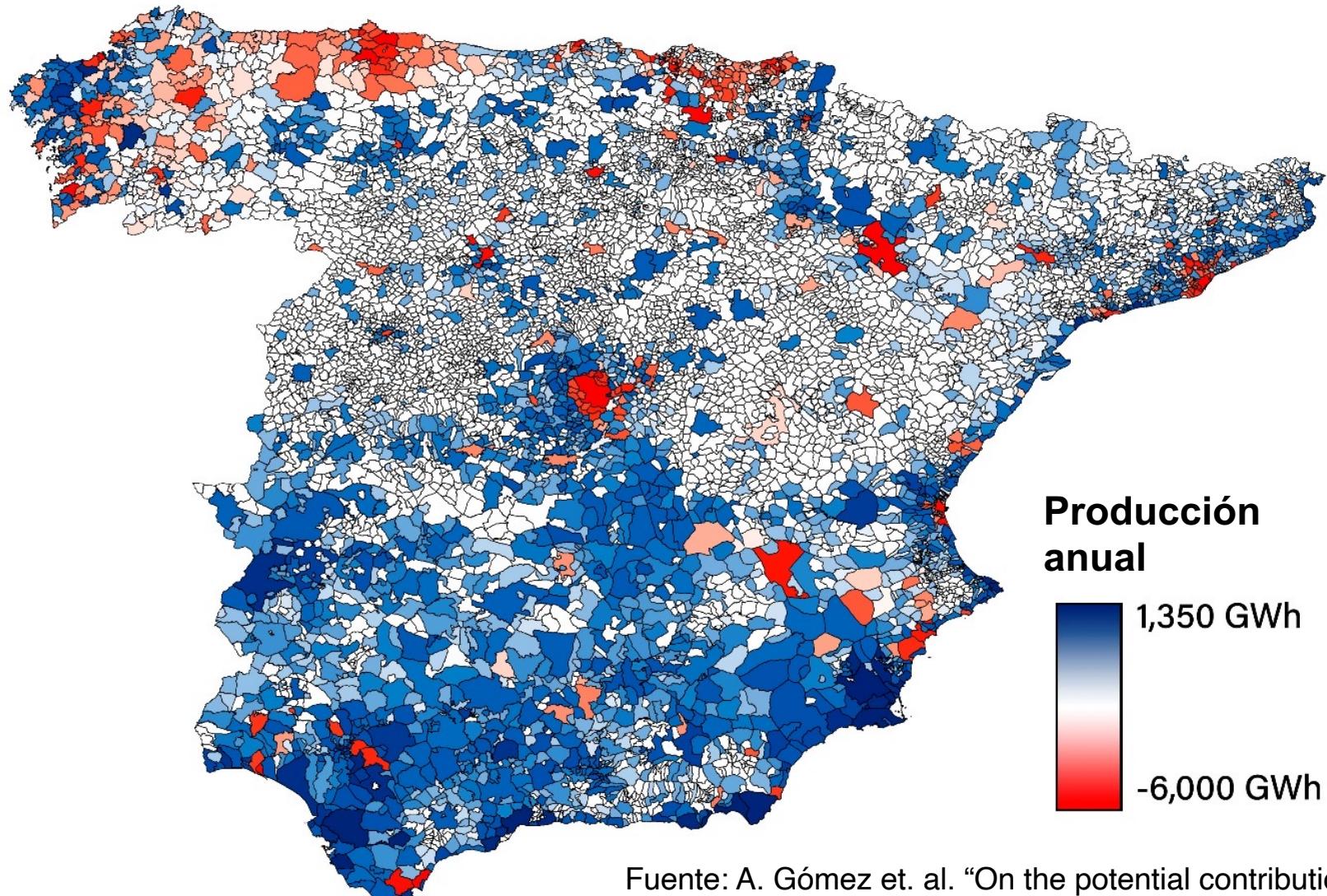
Potencial FV en **cubiertas**



Fuente: A. Gómez et. al. "On the potential contribution of rooftop pv to a sustainable electricity mix: the case of spain"

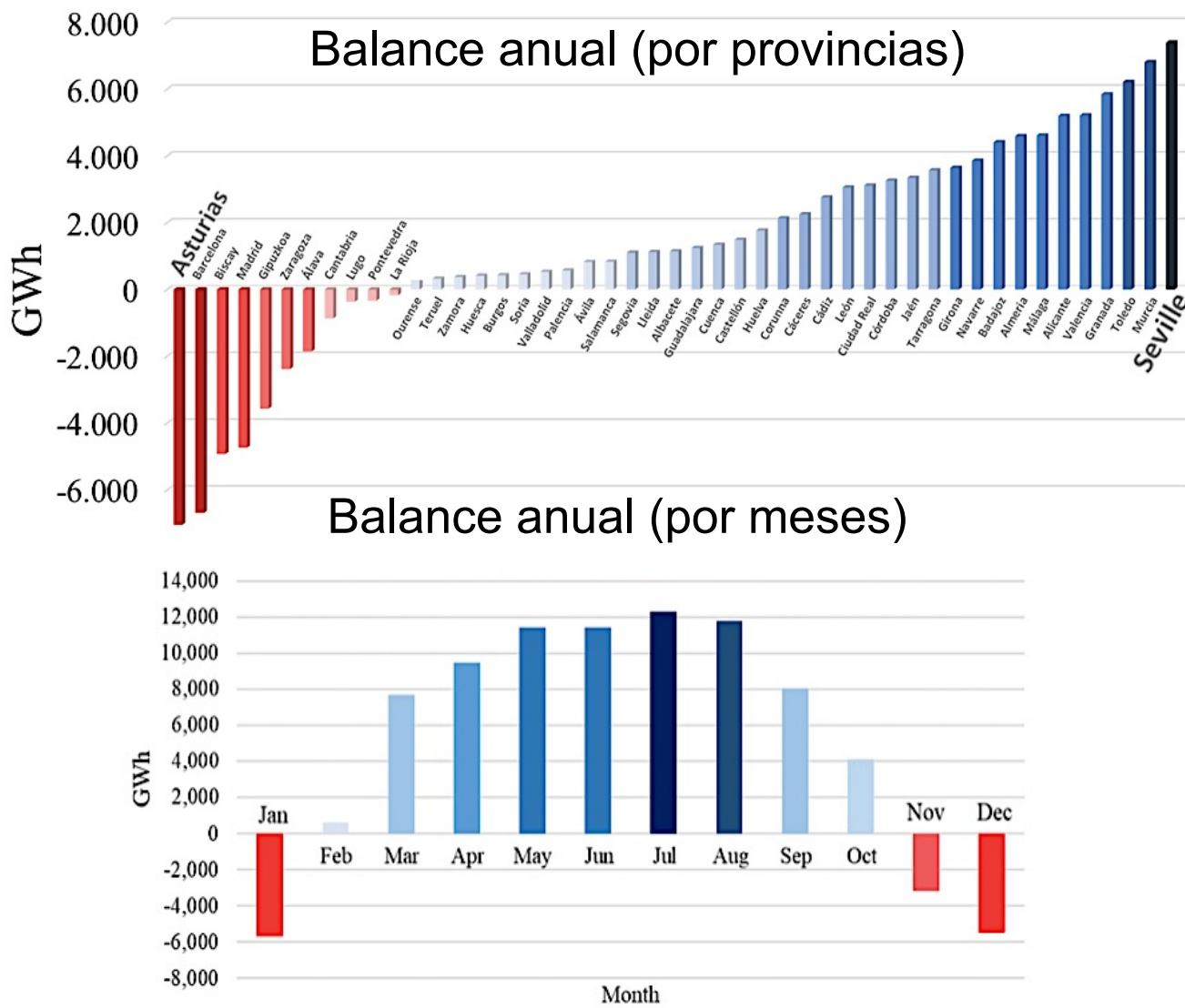
Potencial FV en España

Balance anual municipal: FV – demanda



Fuente: A. Gómez et. al. "On the potential contribution of rooftop pv to a sustainable electricity mix: the case of spain"

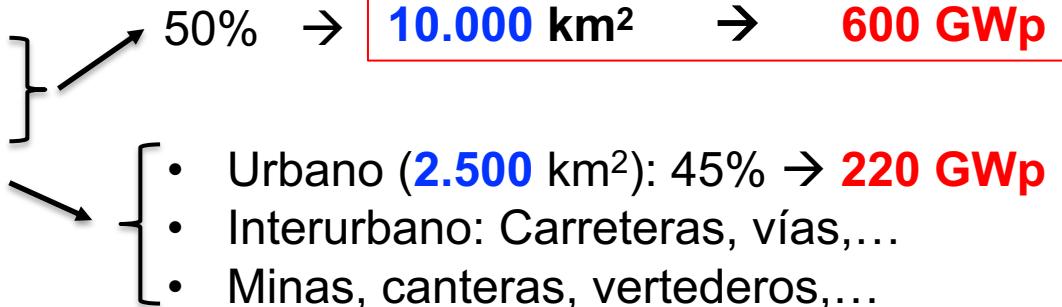
Potencial FV en España



Potencial FV en España

- Bosques, matorral, prados, pastizales (55%): 277.184 km²
- Tierras de cultivo (33%): 170.000 km² → 3.800 km² hortalizas
AGROVOLTAICA
- Suelos no cultivables (12%): **59.500 km²**

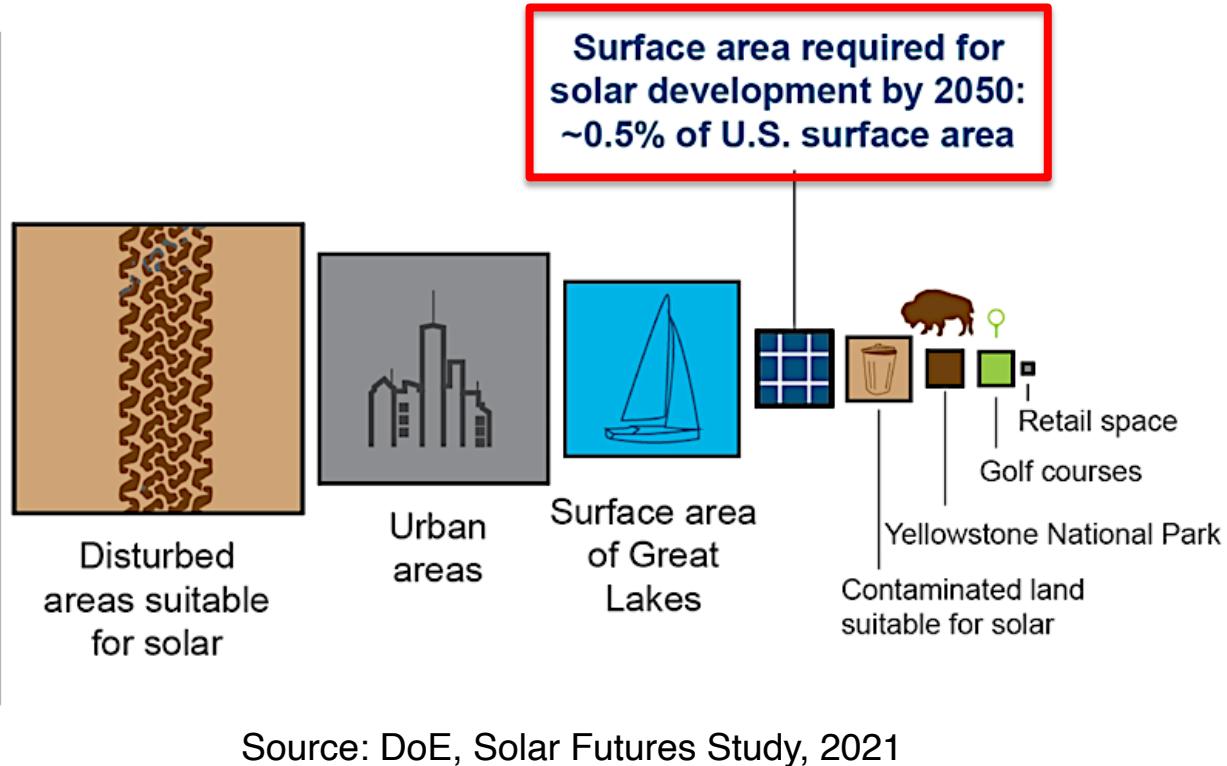
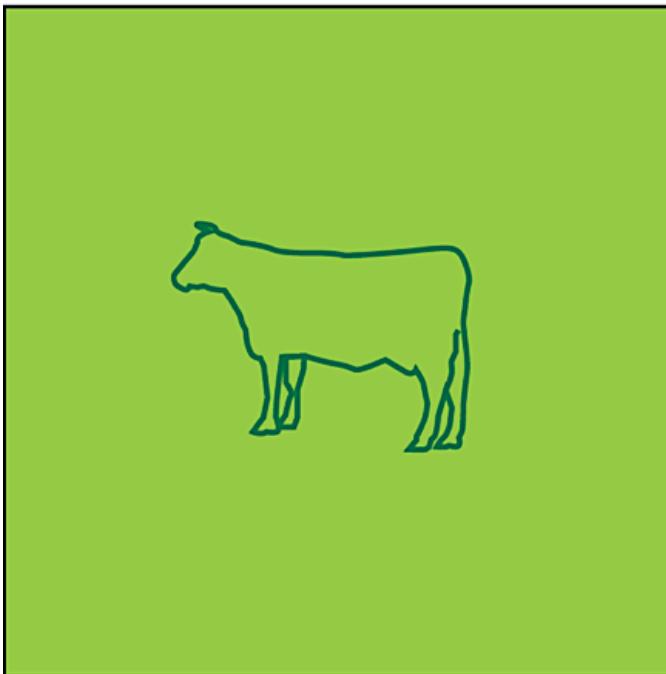
ERIAL	8.442
ESPARTIZAL	2.229
BALDIO	9.087
IMPRODUCTIVO	8.151
NO AGRICOLA	25.168
AGUAS INTERIORES	6.413
TOTAL	59.490



Provincia de Guipuzcoa: **2.000 km²** → ~ **120 GWp**

Ocupación de territorio (EEUU)

EEUU: 1600 GW FV en 2050 (45% del consumo)

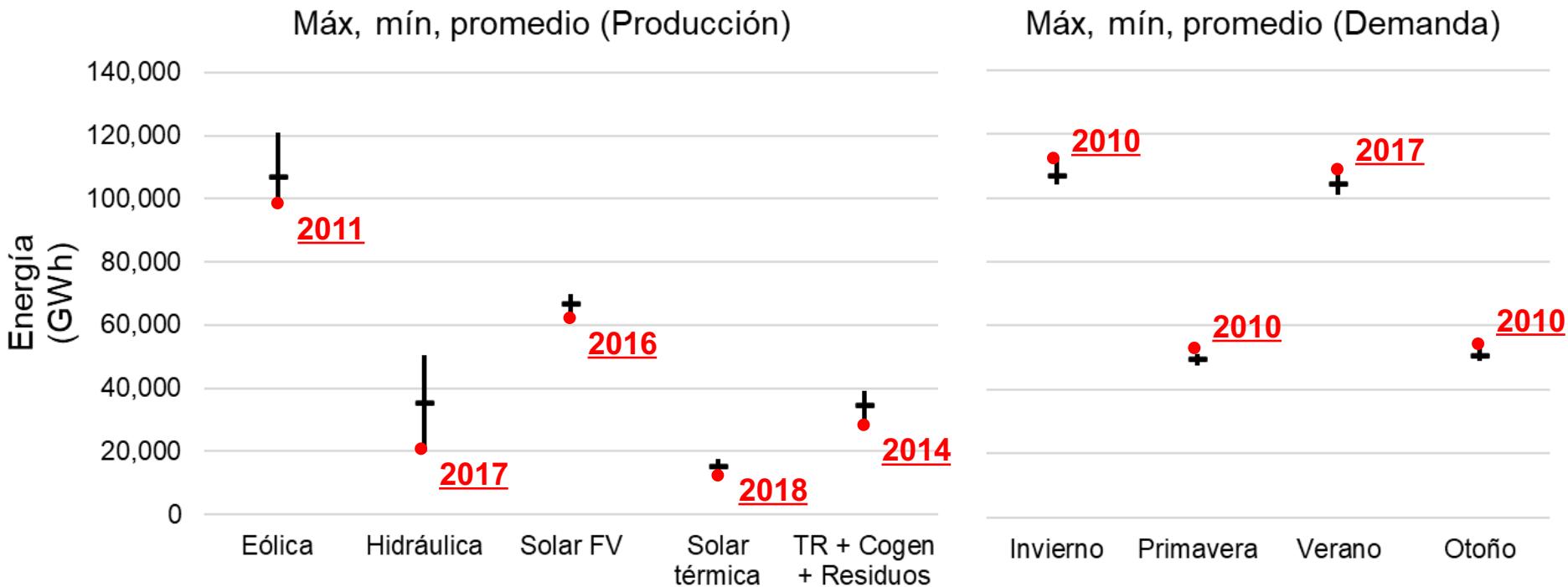


~ 0,5% Superficie España: **2.500 km² → 150 GWp**

Contenido

- Energía solar en el mundo
- Energía solar en España
 - Burbuja FV y déficit de tarifa
 - Situación actual
 - El PNIEC (2030)
- Potencial FV en España
- **Sistema eléctrico español ca 2050**
 - Demanda y generación renovable (2010-19)
 - Cobertura óptima del hueco térmico
 - LCOE

Demanda y generación renovable (2010-19)

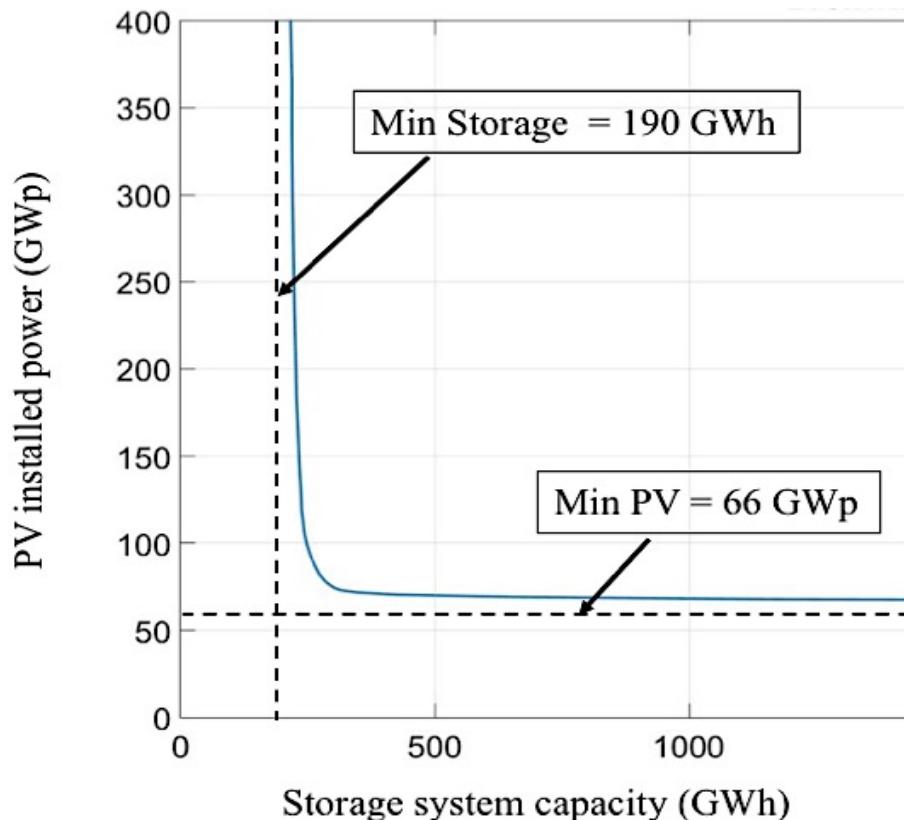


Demanda vehículos ligeros (23 millones): **65 TWh**

Fuente: "Escenarios para un sistema eléctrico descarbonizado: el caso de España", Tesis doctoral F. Gutiérrez, Universidad de Sevilla, 2021 (directores A. Gómez & A. Arcos)

Cobertura óptima del hueco térmico

- **Sin Nucleares ni Ciclos Combinados** (solo cogeneración):
>95% renovable
- Infinitas combinaciones **renovables & almacenamiento**

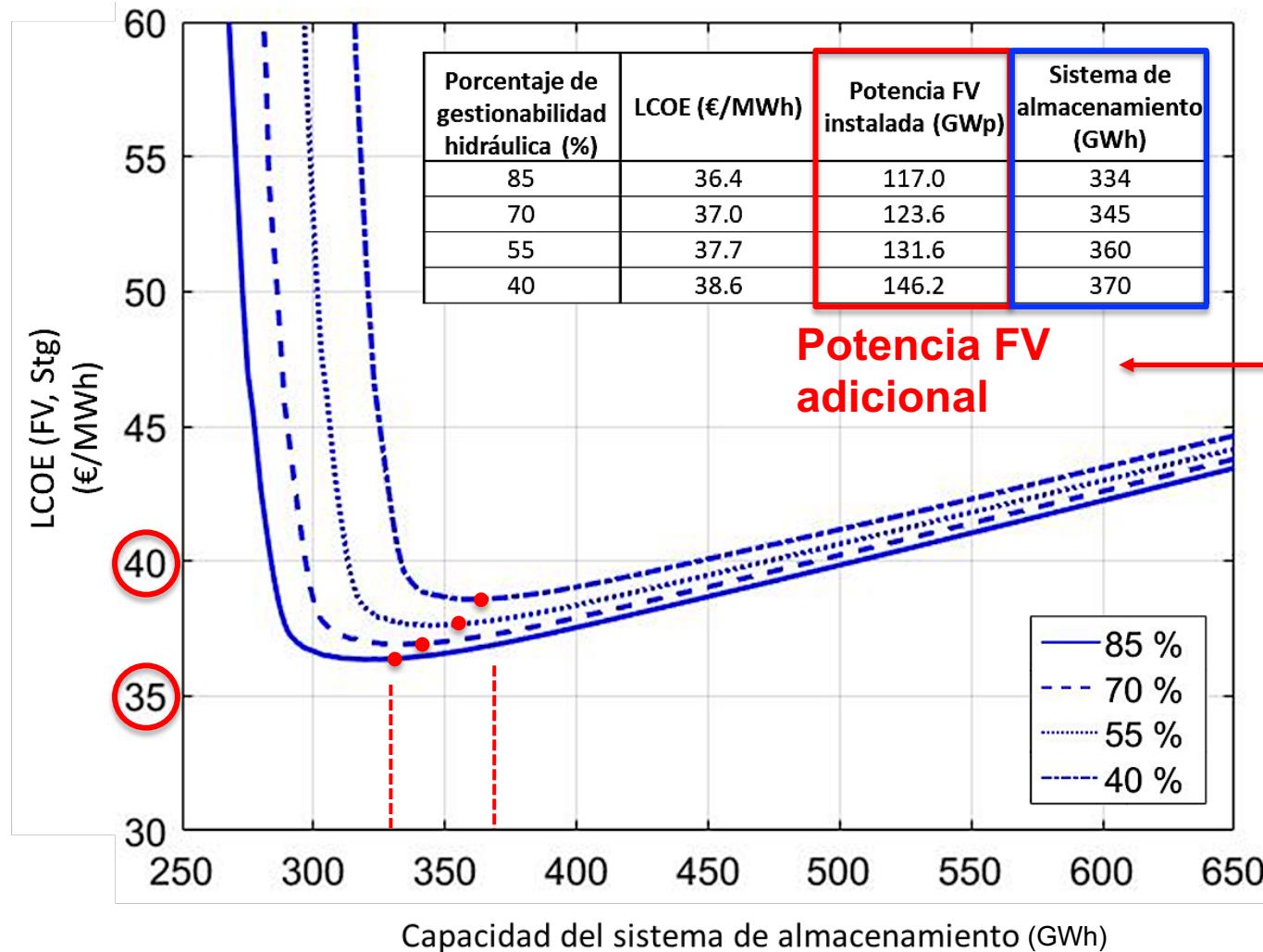


Ejemplo: Año 2019

FV versus almacenamiento
(85% hidráulica gestionable)

Cobertura óptima del hueco térmico (LCOE)

Escenario “Frankenstein” más desfavorable (2010-19)



Sistema eléctrico español ca 2050

Tecnología	Potencia 2021 (GW)	Potencia 2050 (GW)	Energía anual (TWh)
Cogeneración	5,7	5	11
Hidráulica	17,1	18	31,5
Eólica	27	50	109,5
Fotovoltaica	13	170	285
CSP	2,3	5	9,7
Otra renovable	1,1	2	4,3

Capacidad total: **66/110 GW**

250 GW

450 TWh

= **320** + **130 (vertidos)**

Demandas punta: **45 GW**

Demandas media: **30 GW**

255 TWh + 65 TWh VEs

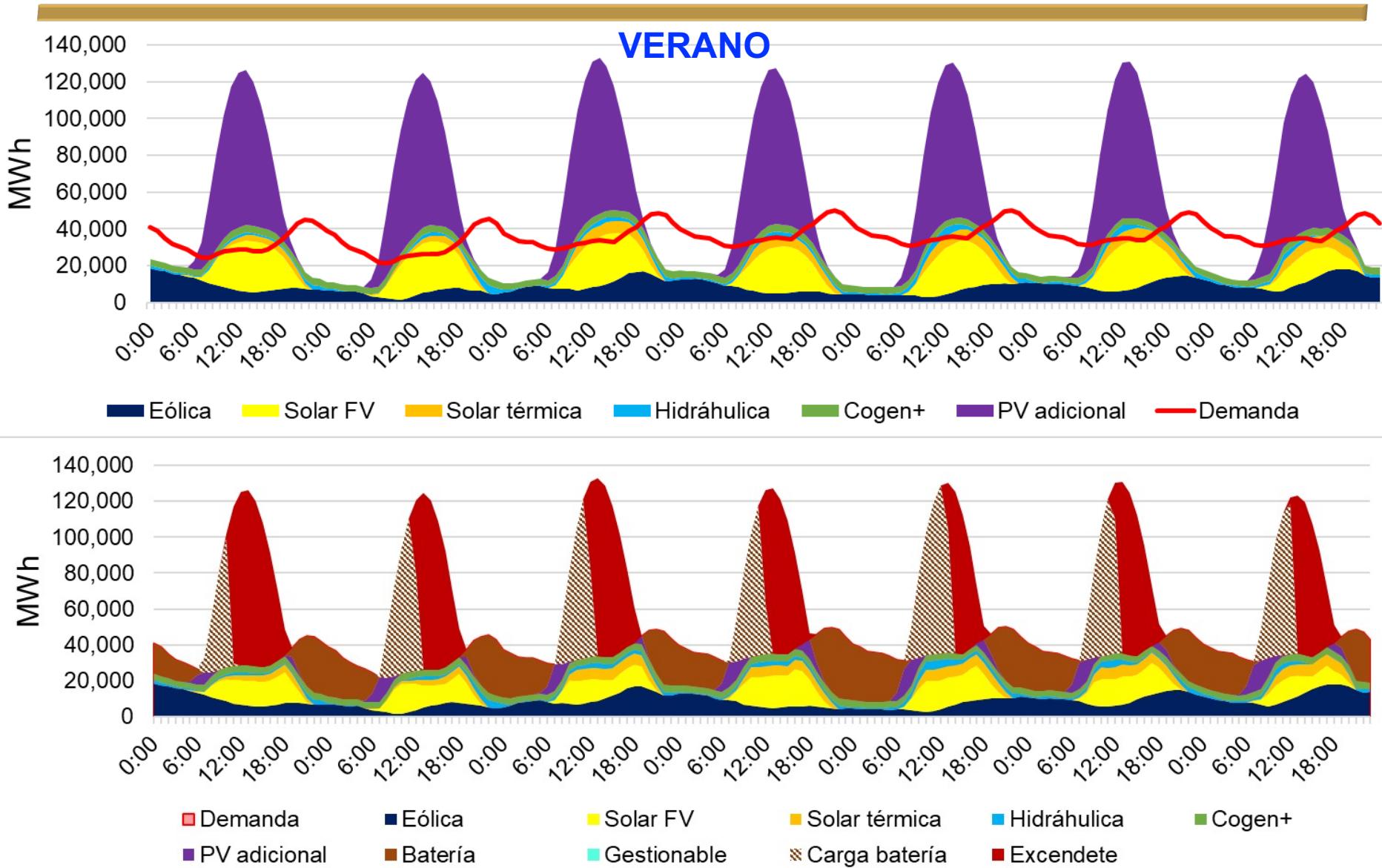
↑
97% Ren.
90% W+S
65% Solar

Hidrógeno
Desaladoras
Industria
Interconexiones

Almacenamiento necesario para balance horario: **300-350 GWh**
(depende del uso de la hidráulica: **gestionable ≥ 40%**)

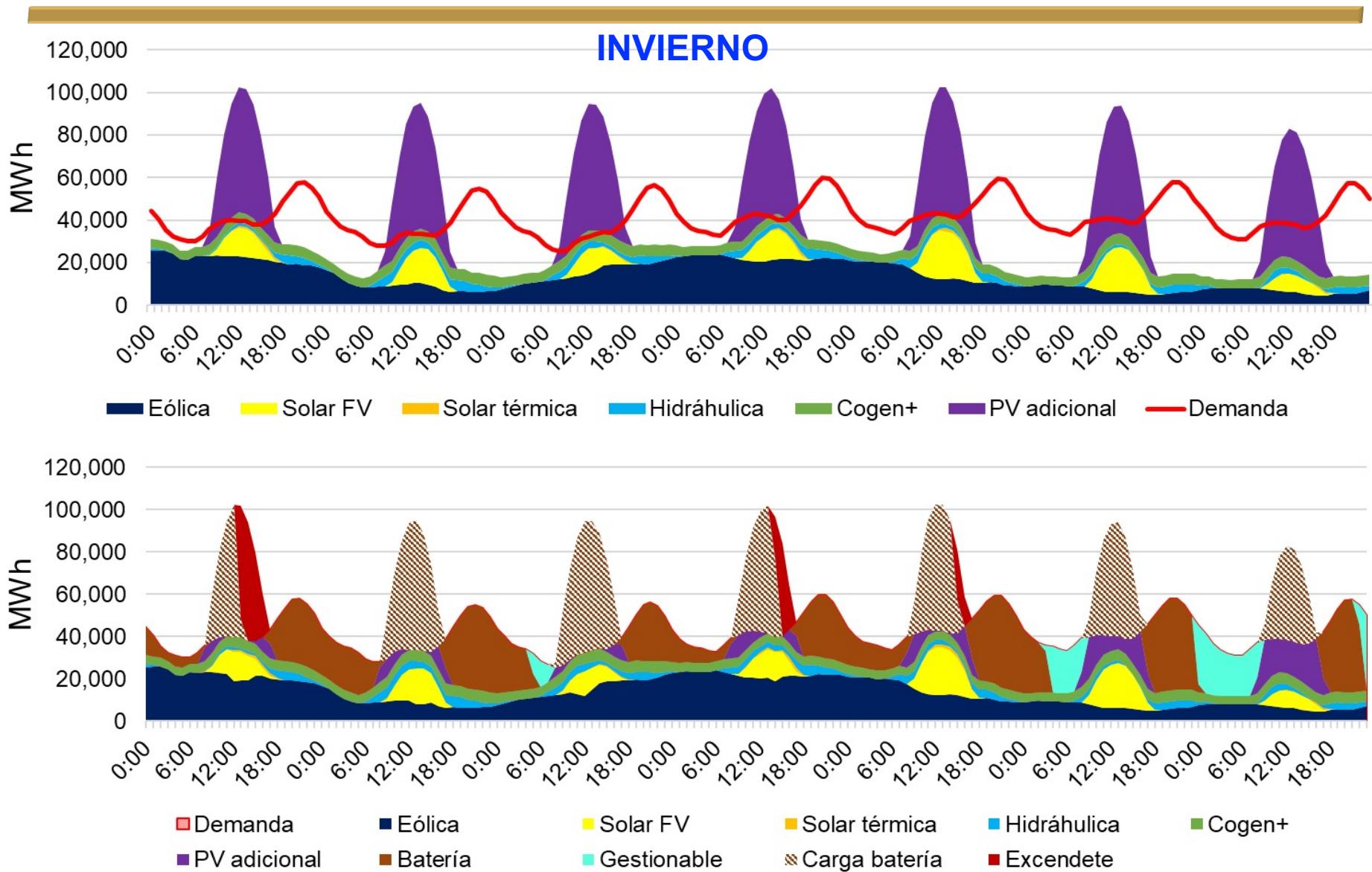
Coste medio resultante: **35-40 €/MWh**

Sistema eléctrico español ca 2050



Fuente: "Escenarios para un sistema eléctrico descarbonizado: el caso de España", Tesis doctoral F. Gutiérrez, Universidad de Sevilla, 2021 (directores A. Gómez & A. Arcos)

Sistema eléctrico español ca 2050



Fuente: "Escenarios para un sistema eléctrico descarbonizado: el caso de España", Tesis doctoral F. Gutiérrez, Universidad de Sevilla, 2021 (directores A. Gómez & A. Arcos)

Volumen de inversiones

Inversiones estimadas (2021-2050): 97% RES

- **Eólica:**

$$25,000 \text{ MW} \times 0.8 \text{ M€/MW} = 20,000 \text{ M€}$$

- **FV:**

$$160,000 \text{ MW} \times 0.5 \text{ M€/MW} = 80,000 \text{ M€}$$

- **Almacenamiento:**

$$375 \text{ GWh} \times 320 \text{ M€/GWh} = 120,000 \text{ M€}$$

Renovables & almacen.: Redes: Total:	<u>220,000 M€</u> <u>80,000 M€</u> 300,000 M€
---	--

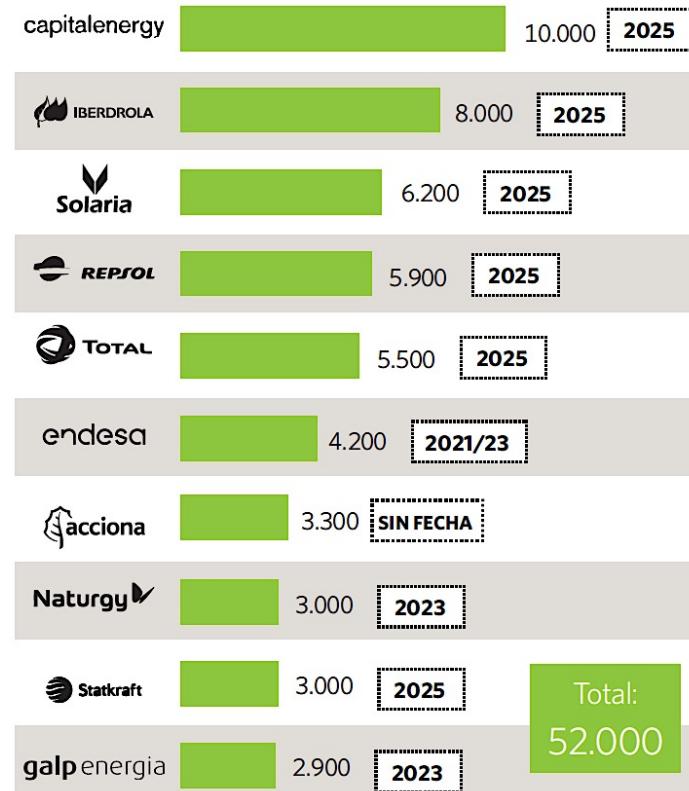
Estimación PNIEC (2021-2030): 74% RES

- Renovables: **92,000 M€**

- Redes & electrificación: **58,000 M€**

Total: 150,000 M€

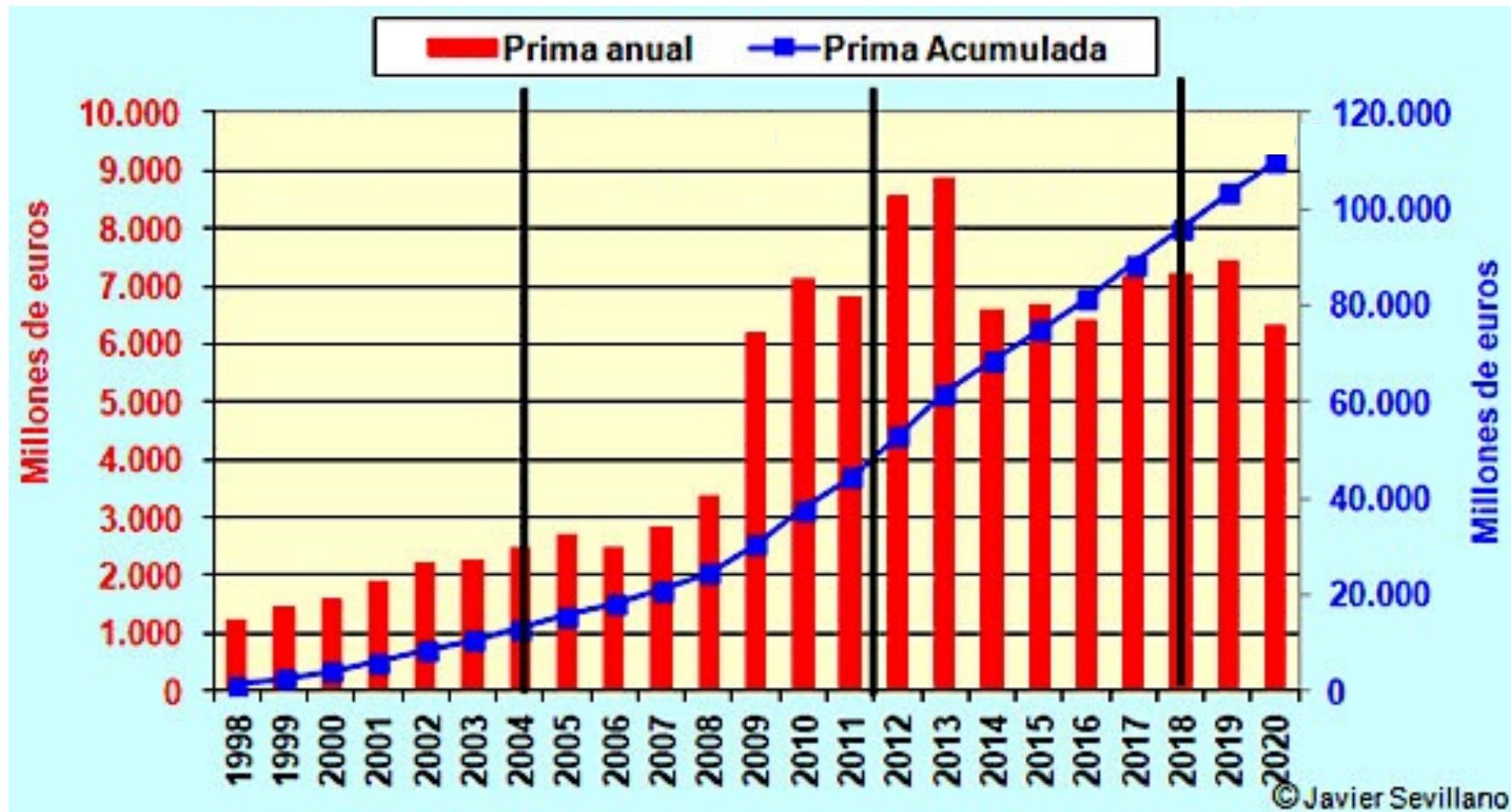
Inversiones anunciadas (2020-25)



Fuente: El Economista 26/11/2020

~ 10,000 M€/año

Evolución primas RECORE



Gracias !!

TOWARDS COP 26 Glasgow – A primer



wilcox

La Energía Solar en el Sistema Eléctrico Español ca 2050

Prof. Antonio Gómez-Expósito, IEEE Fellow

Dpto. Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla

