

# INTRODUCCION A ENERGIA EOLICA

Angélica Pedraza

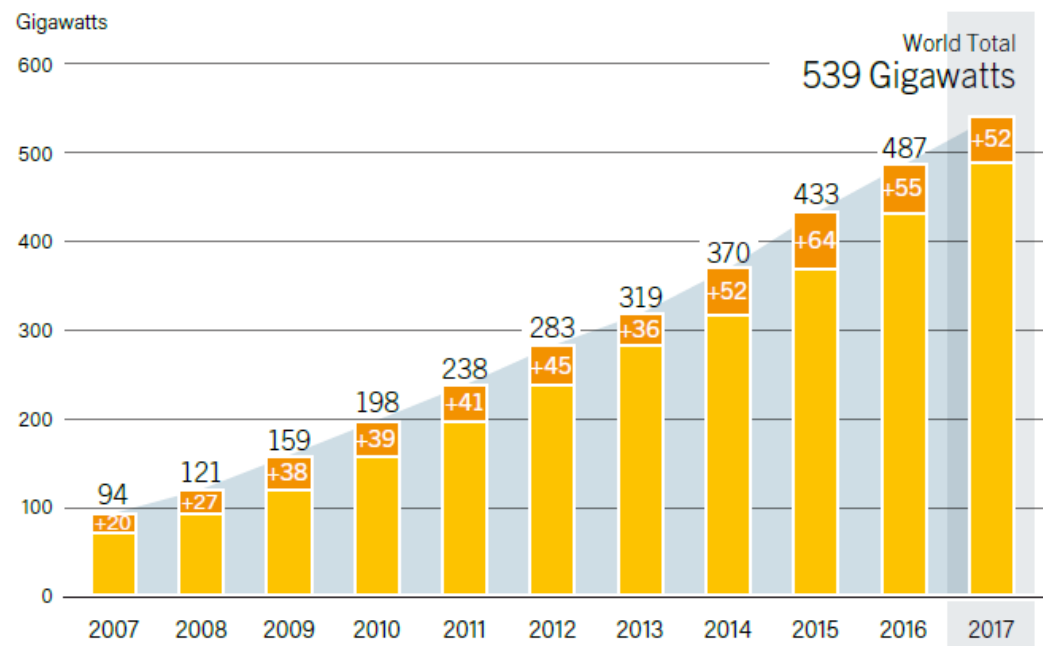
[Ab.pedraza1391@uniandes.edu.co](mailto:Ab.pedraza1391@uniandes.edu.co)

Abril 2023

1. Clases entre el 18/04 y el 11/05
2. Tarea 1 – Evaluación de recurso, Weibull y calculo de generación
3. Tarea 2 – Parque eólico gran escala
4. Examen final (por definir)

1. Contexto internacional
2. Recurso eólico
  - a. Meteorología, topografía, vegetación
  - b. Campañas de medición
  - c. Manipulación de datos
3. Teoría y selección de equipos
4. Otras aplicaciones
5. Cálculo y estimación de generación
  - a. Weibull
  - b. Modelos de parque
6. Etapas de desarrollo de un proyecto: selección de áreas de interés
7. Energía eólica en Colombia hoja de ruta offshore

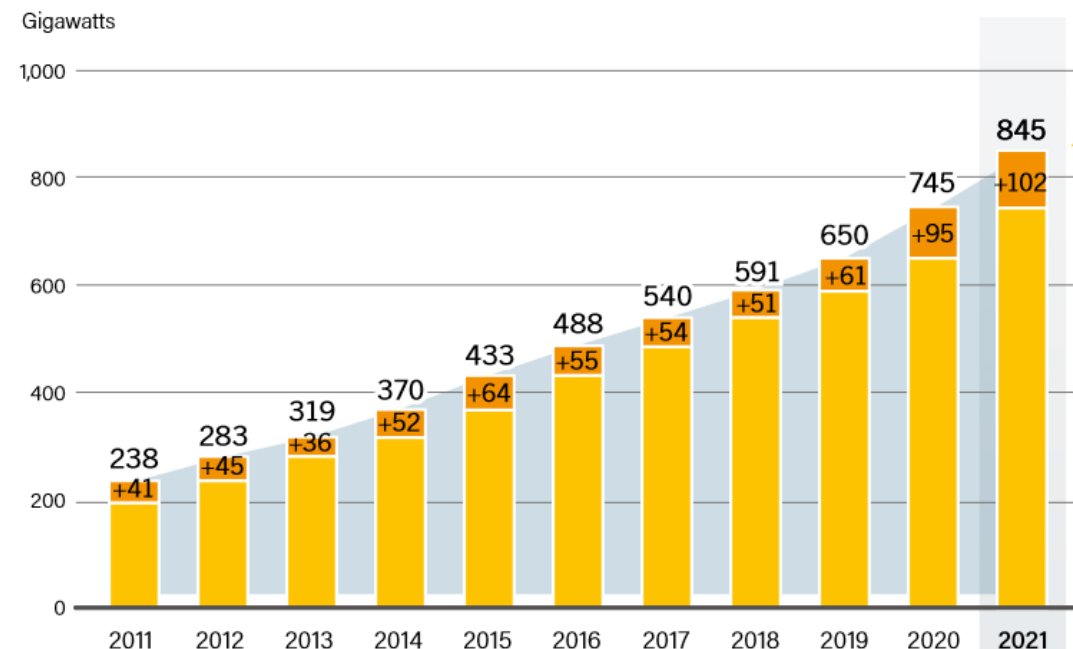
## Adiciones en capacidad instalada de energía eólica, 2017 - 2021



Fuente: REN21, 2018

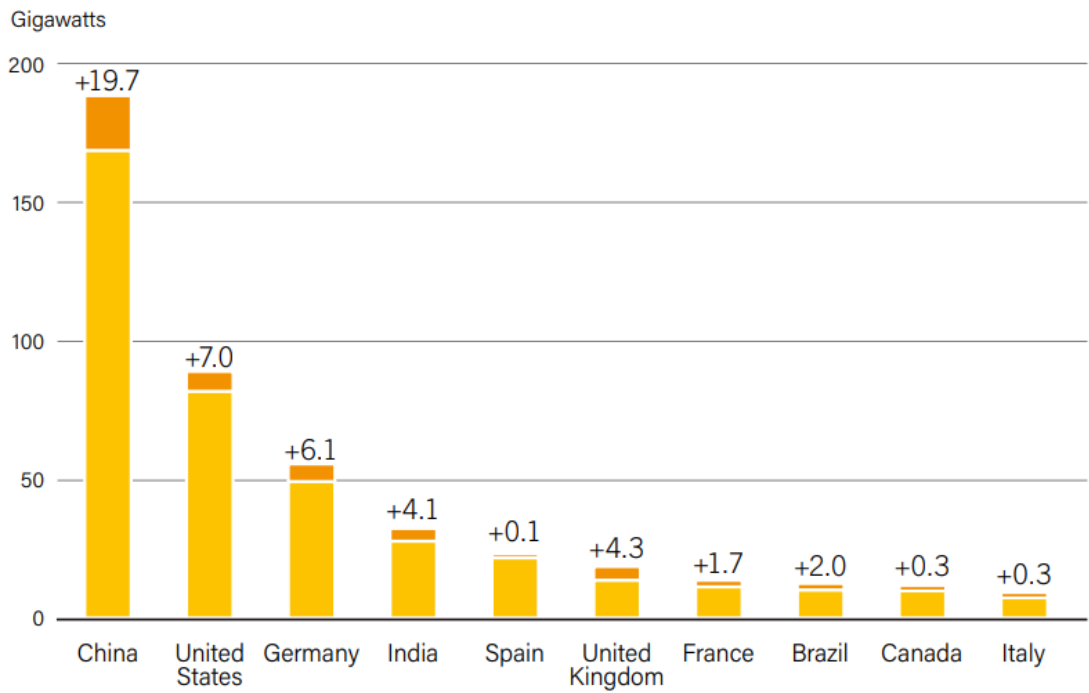
Annual additions

Previous year's capacity

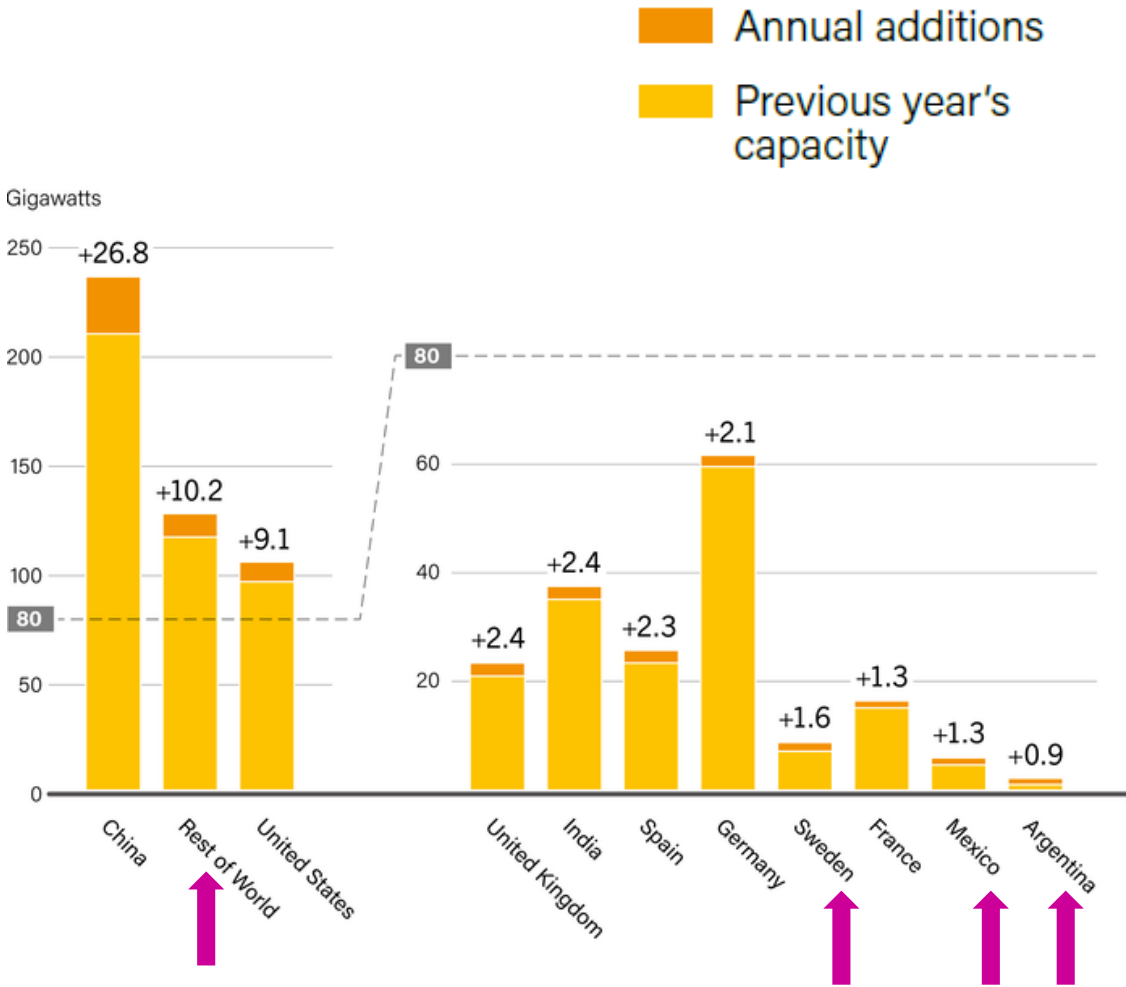


Fuente: REN21, 2022

## Top 10 de países con mayores adiciones en capacidad

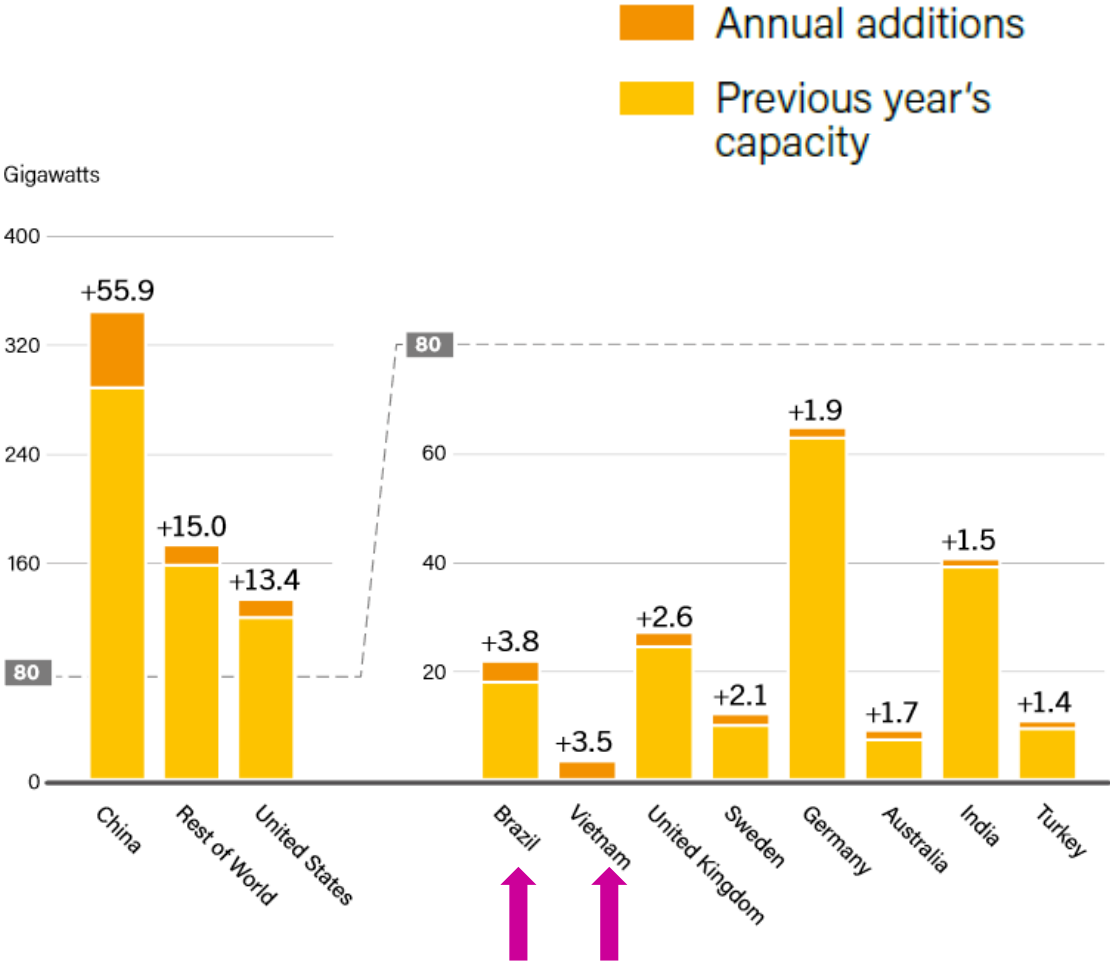
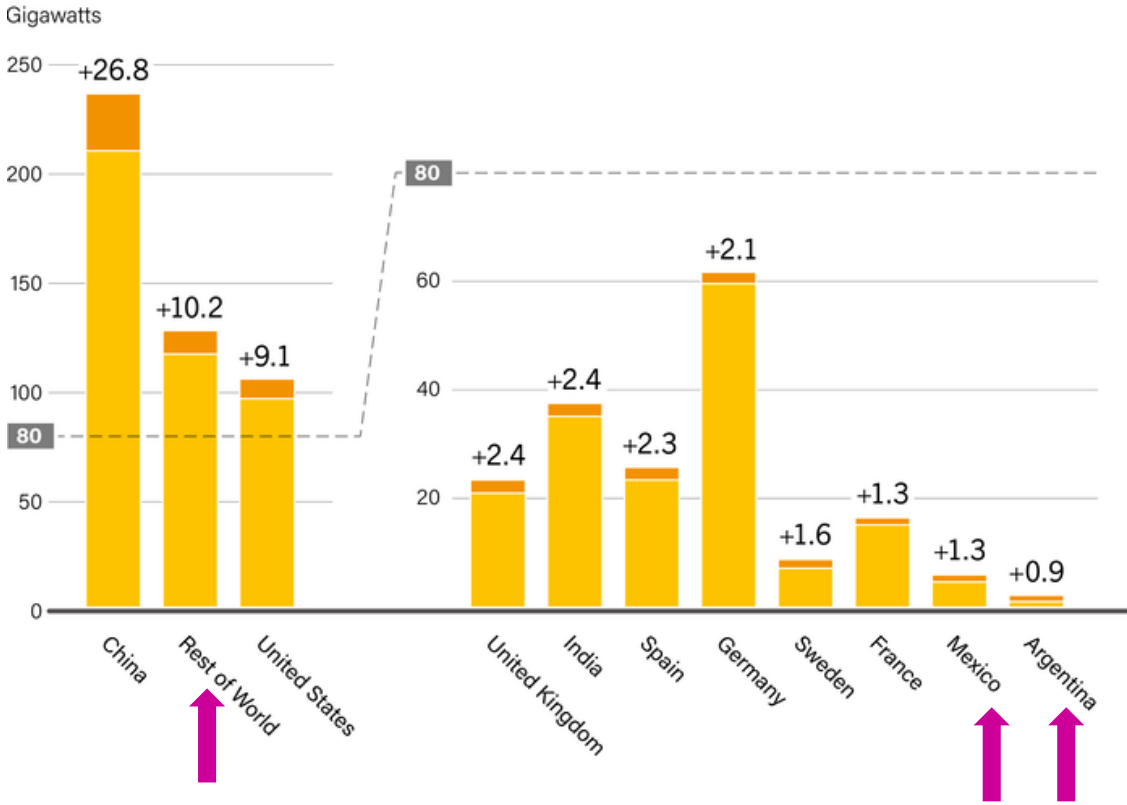


Fuente: REN21, 2018

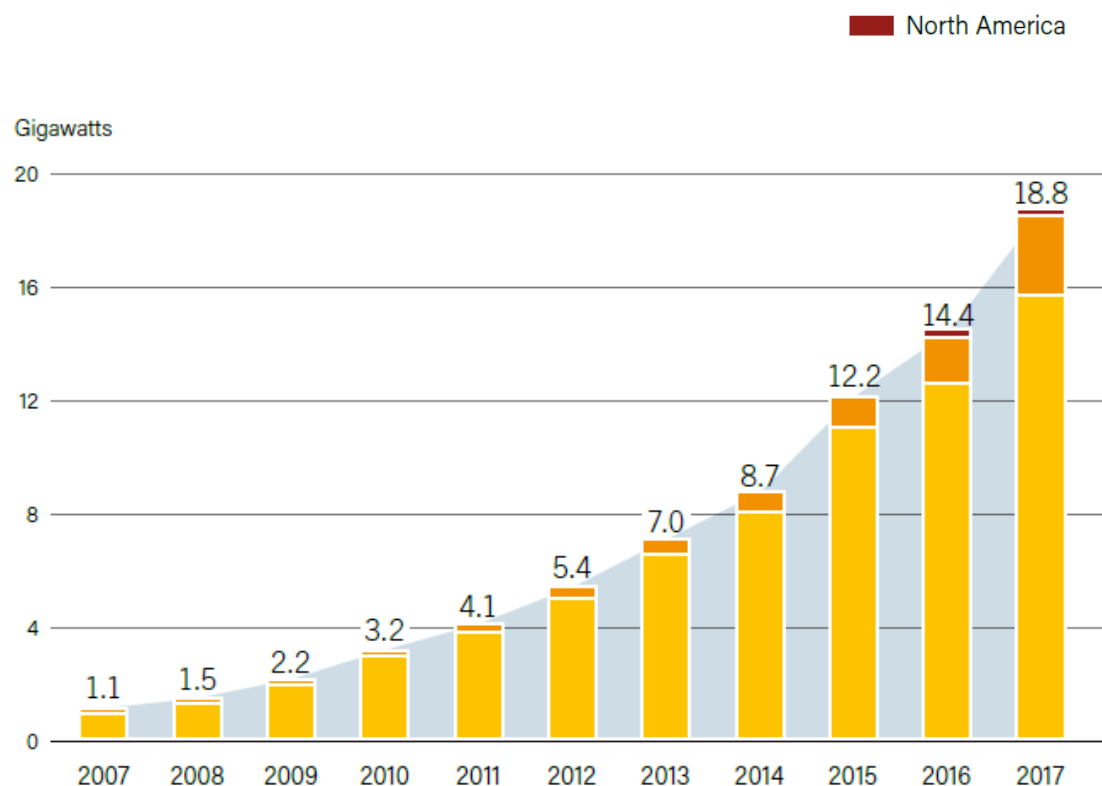


Fuente: REN21, 2020

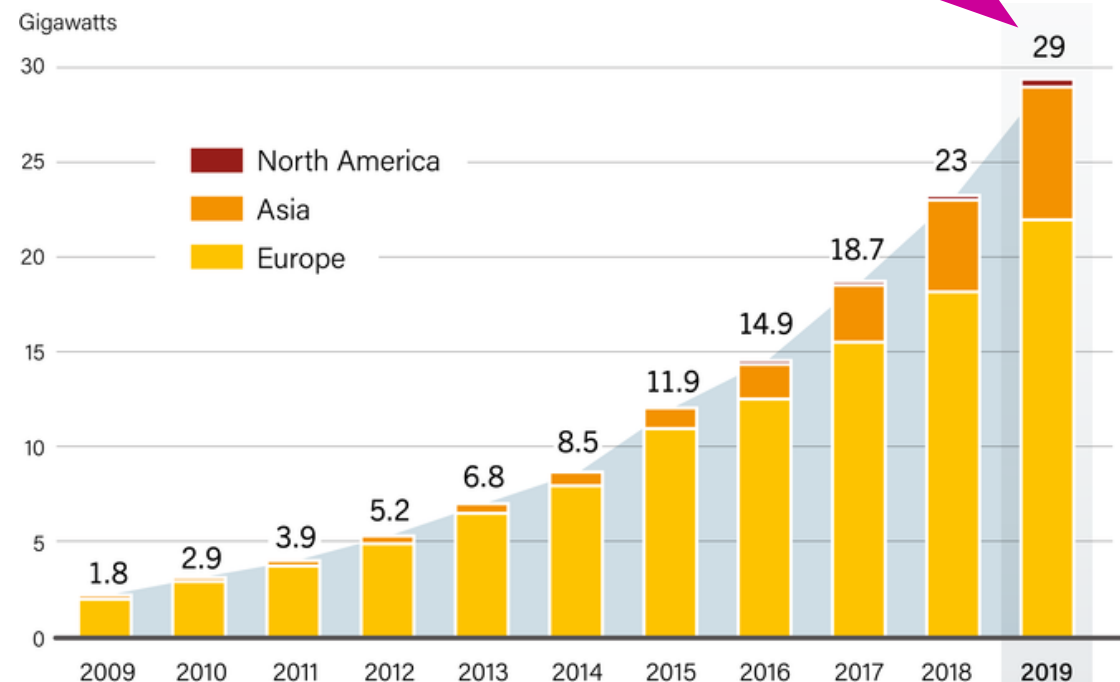
## Top 10 de países con mayores adiciones en capacidad



## Capacidad offshore por región, 2007 - 2019



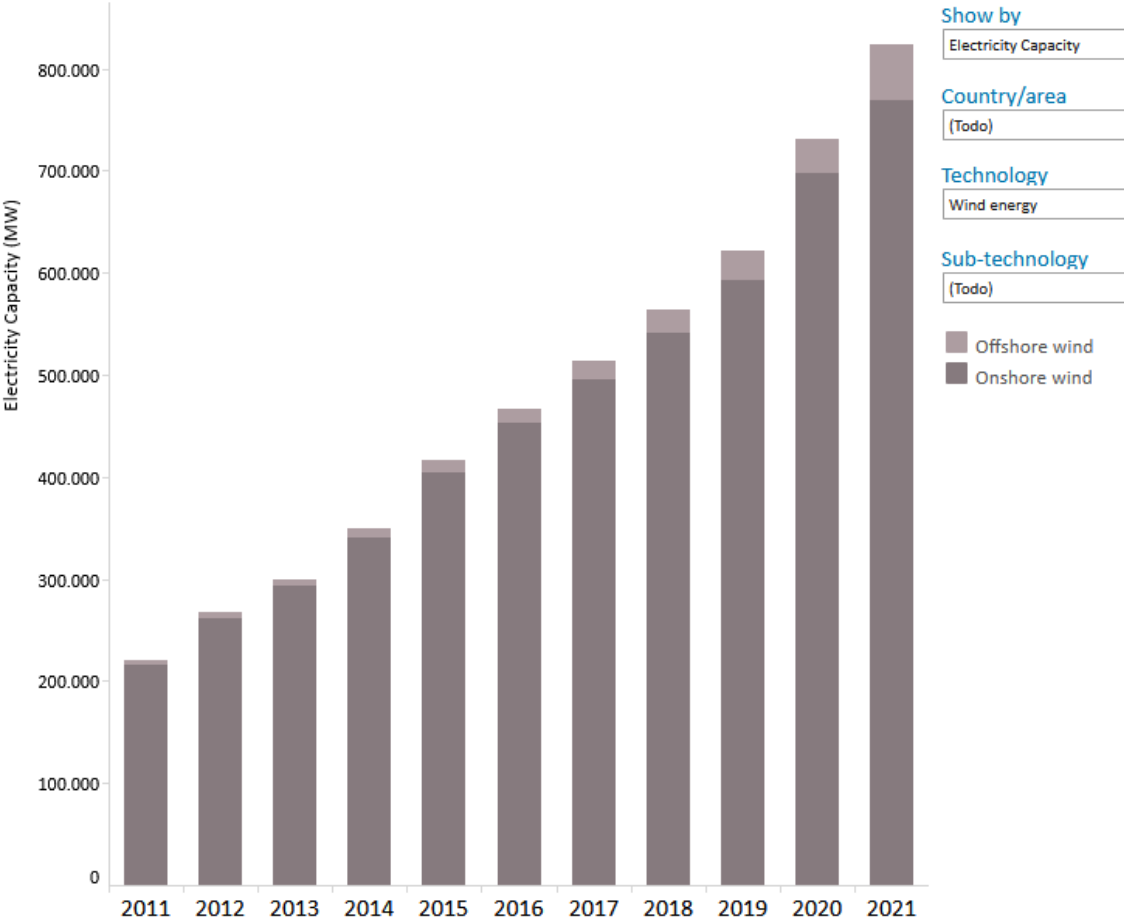
Fuente: REN21, 2018



Fuente: REN21, 2020

## Electricity Capacity Trends

Navigate through the filters to explore trends in renewable energy

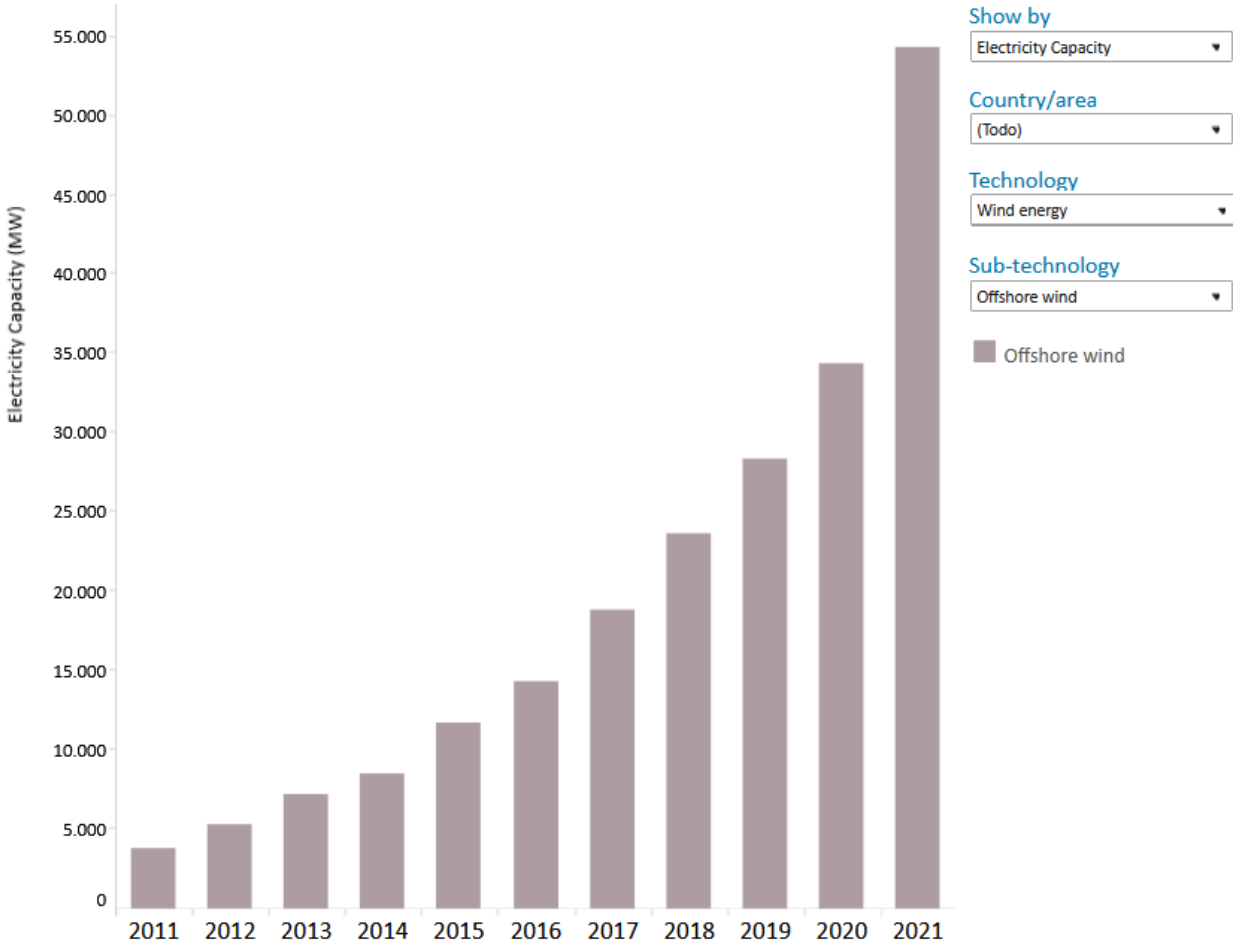


©IRENA Visit [www.irena.org/Statistics](https://www.irena.org/Statistics) for more information

<https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy>

## Electricity Capacity Trends

Navigate through the filters to explore trends in renewable energy

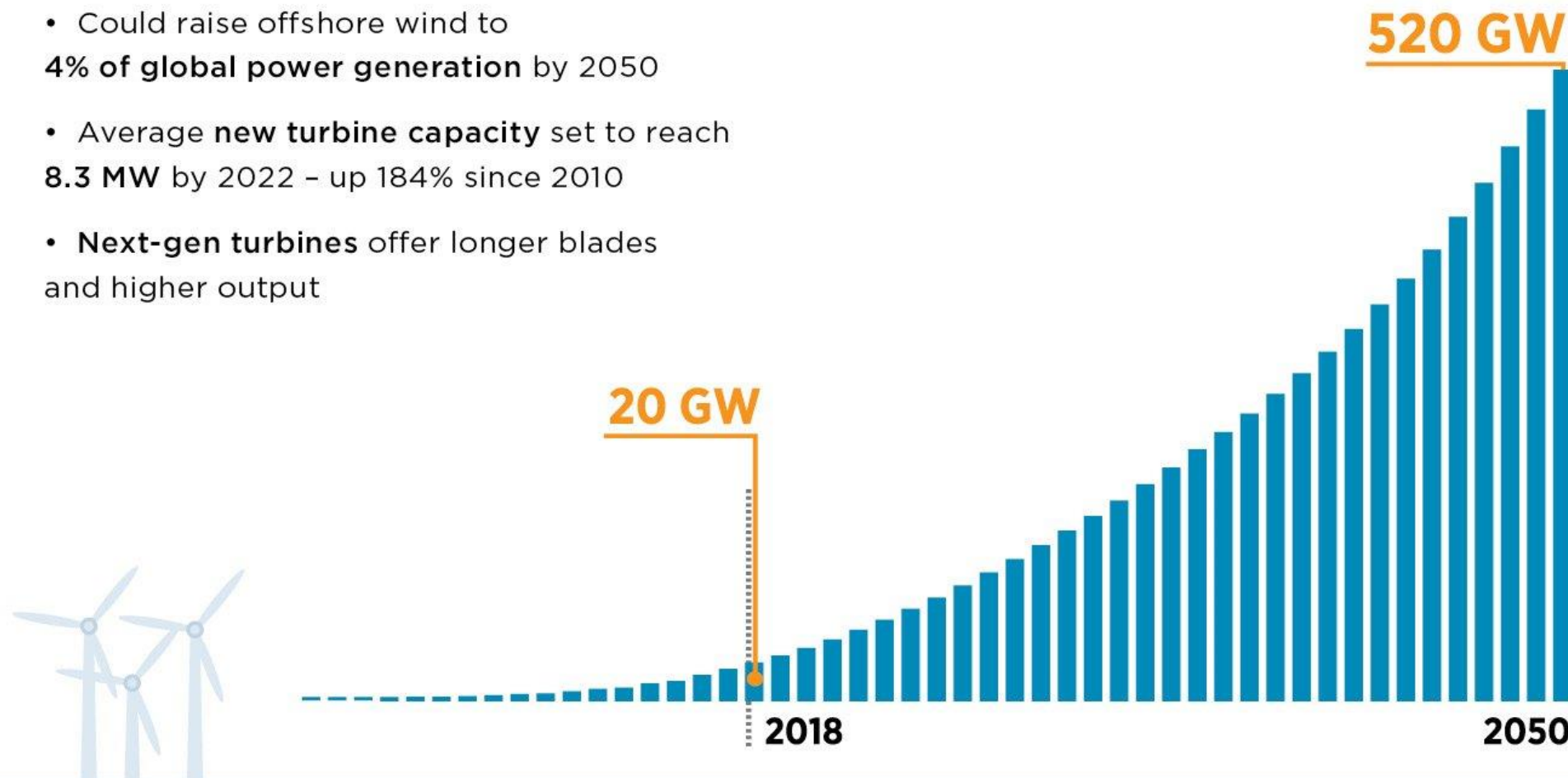


©IRENA Visit [www.irena.org/Statistics](https://www.irena.org/Statistics) for more information

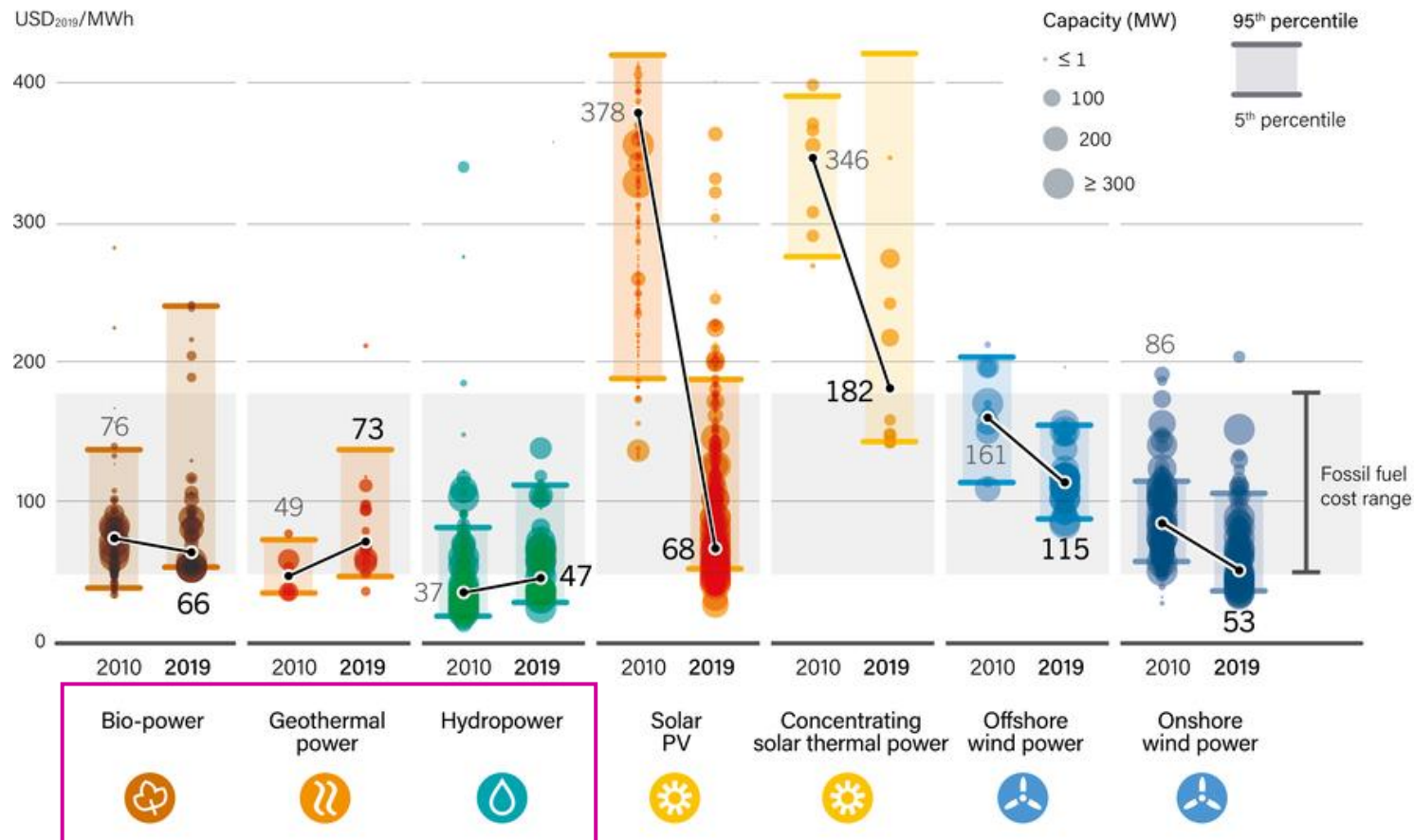


## Offshore wind capacity set to reach 520 GW by 2050

- Could raise offshore wind to **4% of global power generation** by 2050
- Average **new turbine capacity** set to reach **8.3 MW** by 2022 – up 184% since 2010
- **Next-gen turbines** offer longer blades and higher output

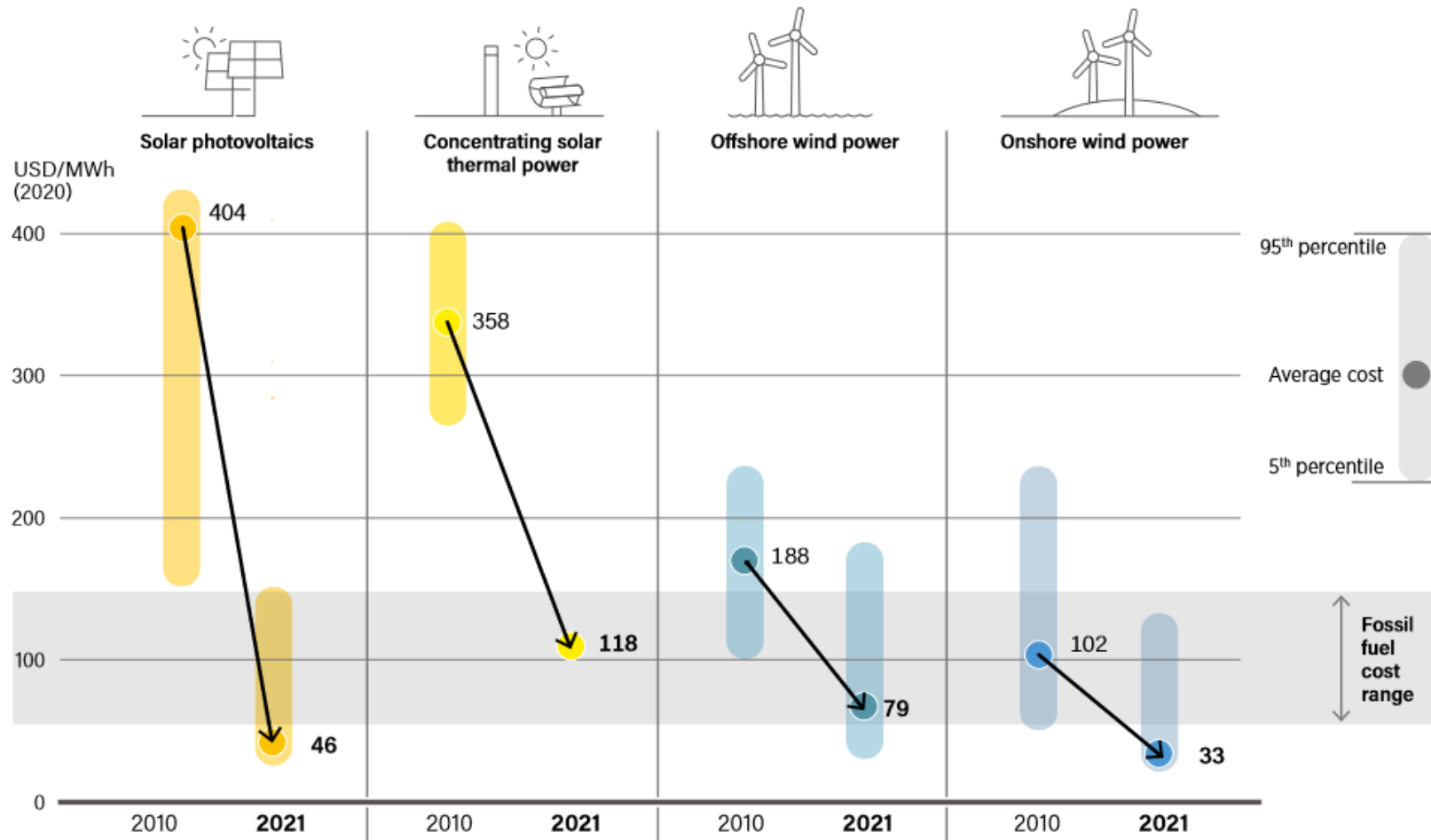


## LCOE para nuevas plantas, utility-scale por tecnología



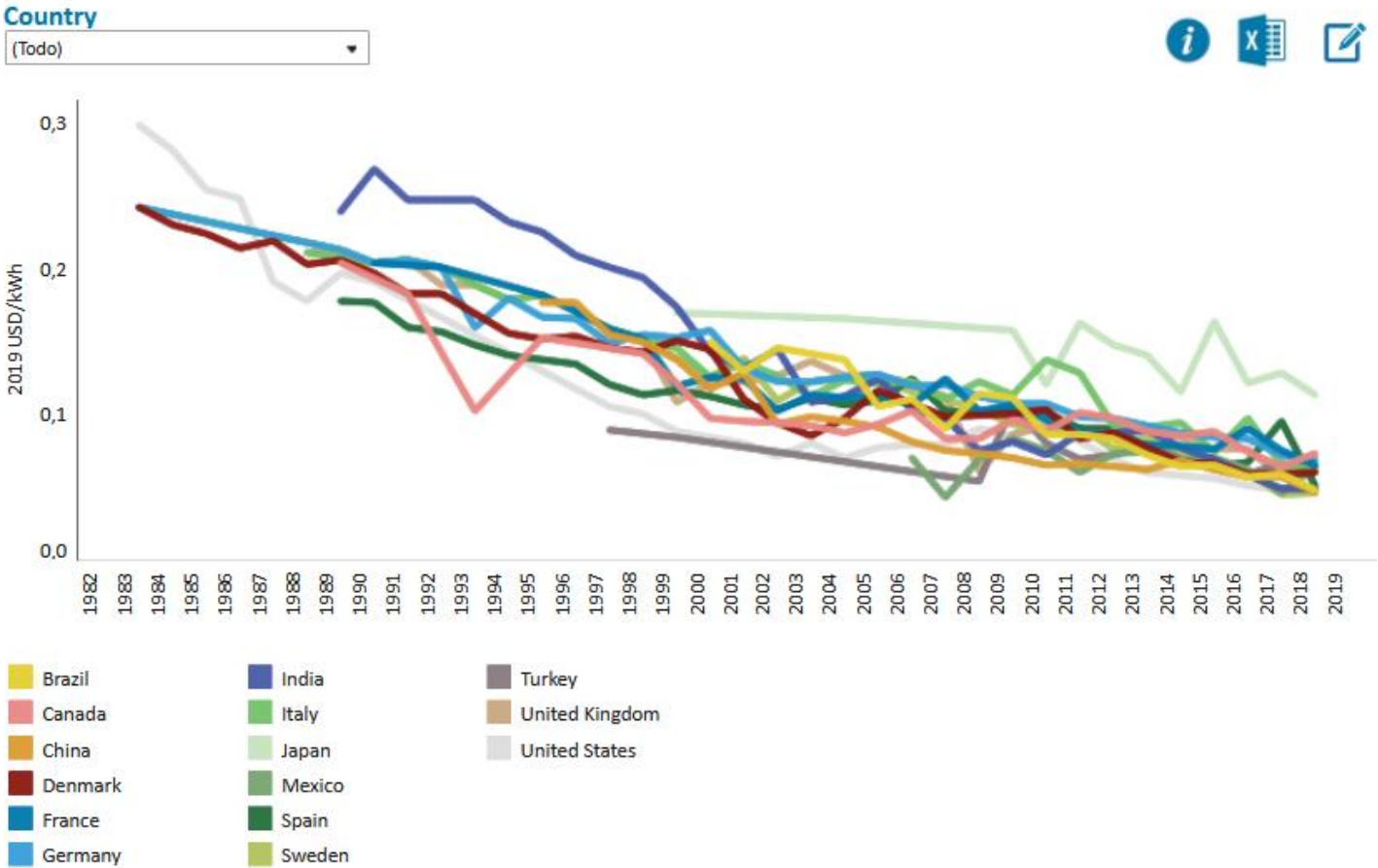
Fuente: REN21, 2020

## LCOE para nuevas plantas, utility-scale por tecnología

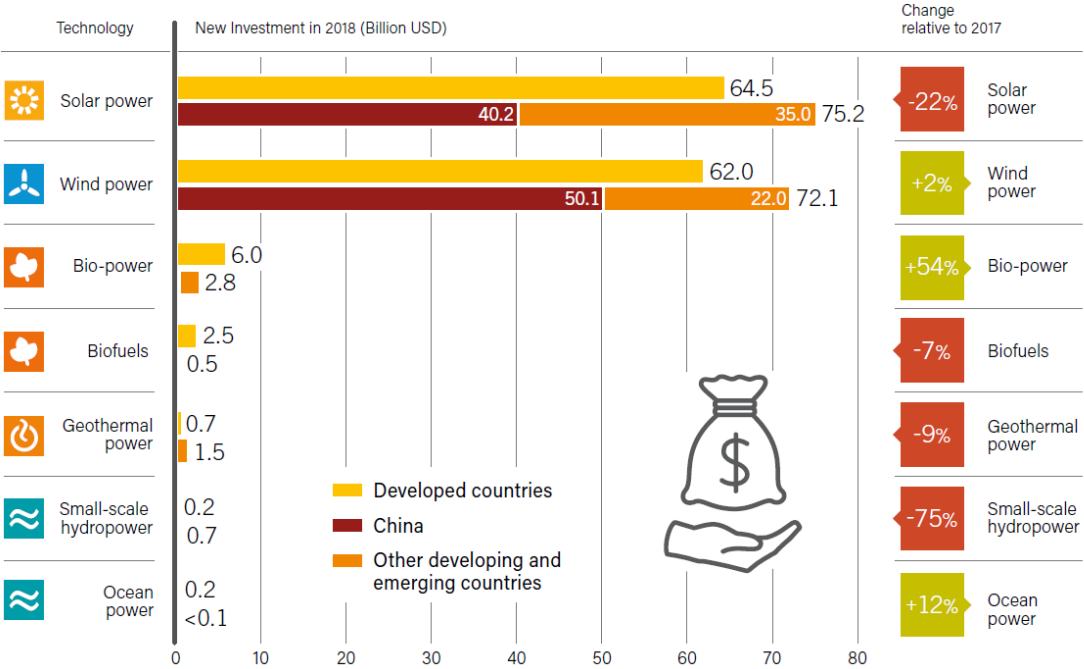


Fuente: REN21, 2022

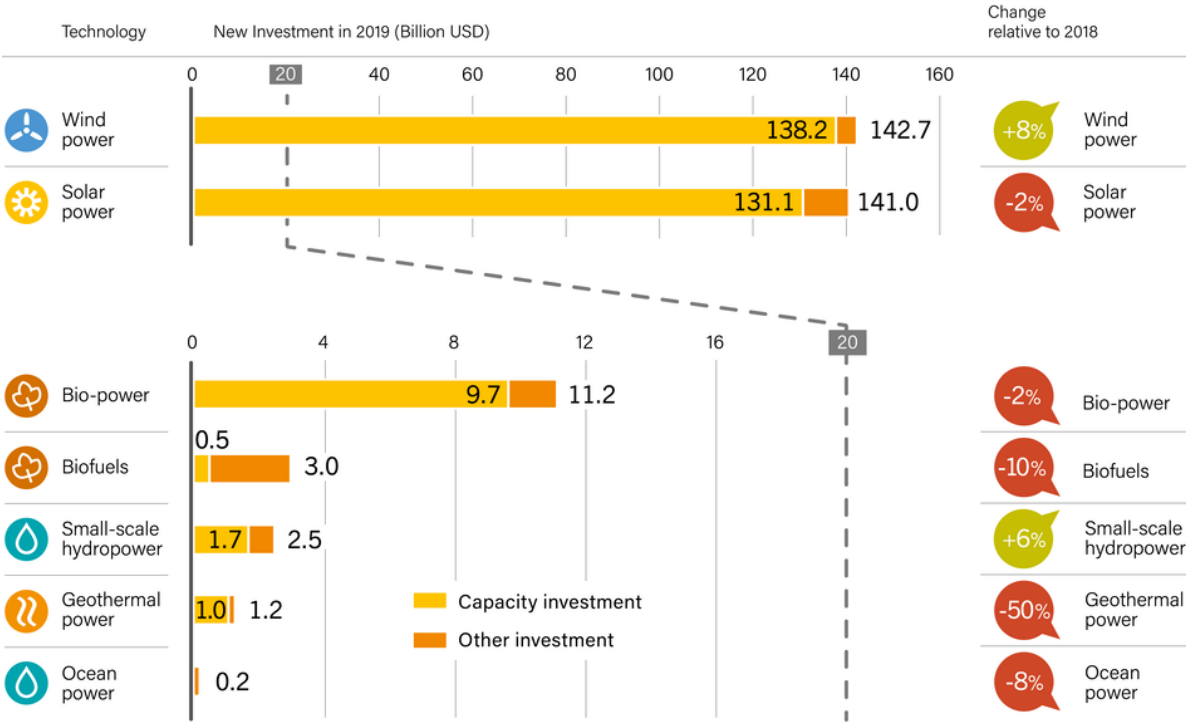
**Weighted-average LCOE of newly commissioned onshore wind projects by country, 1984-2019**  
*Hover over data point for the raw values*



## Inversión global por tecnología, 2017 - 2019

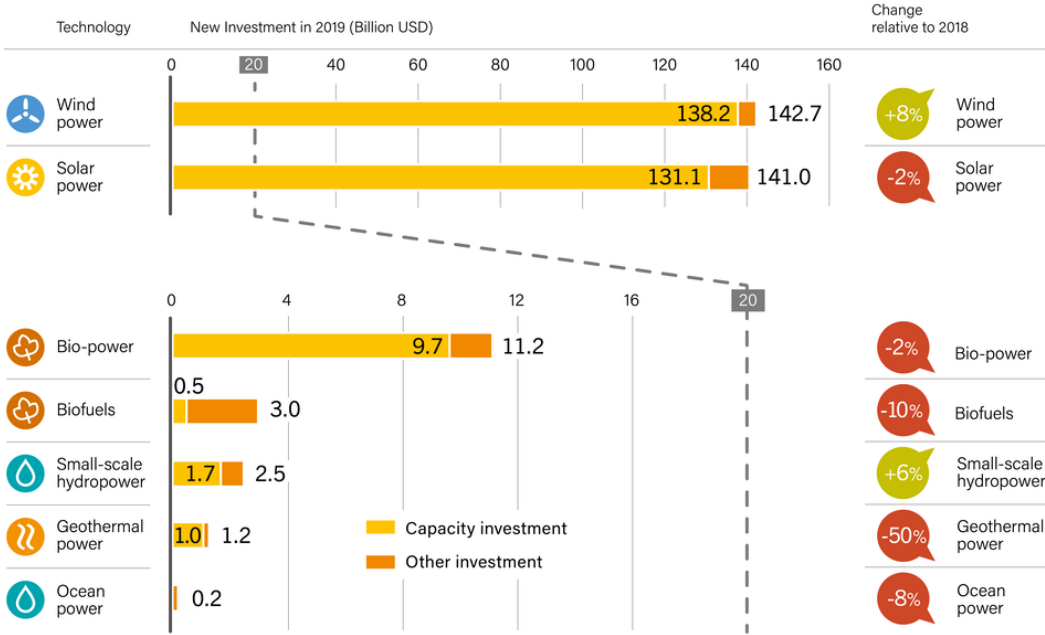


Fuente: REN21, 2018

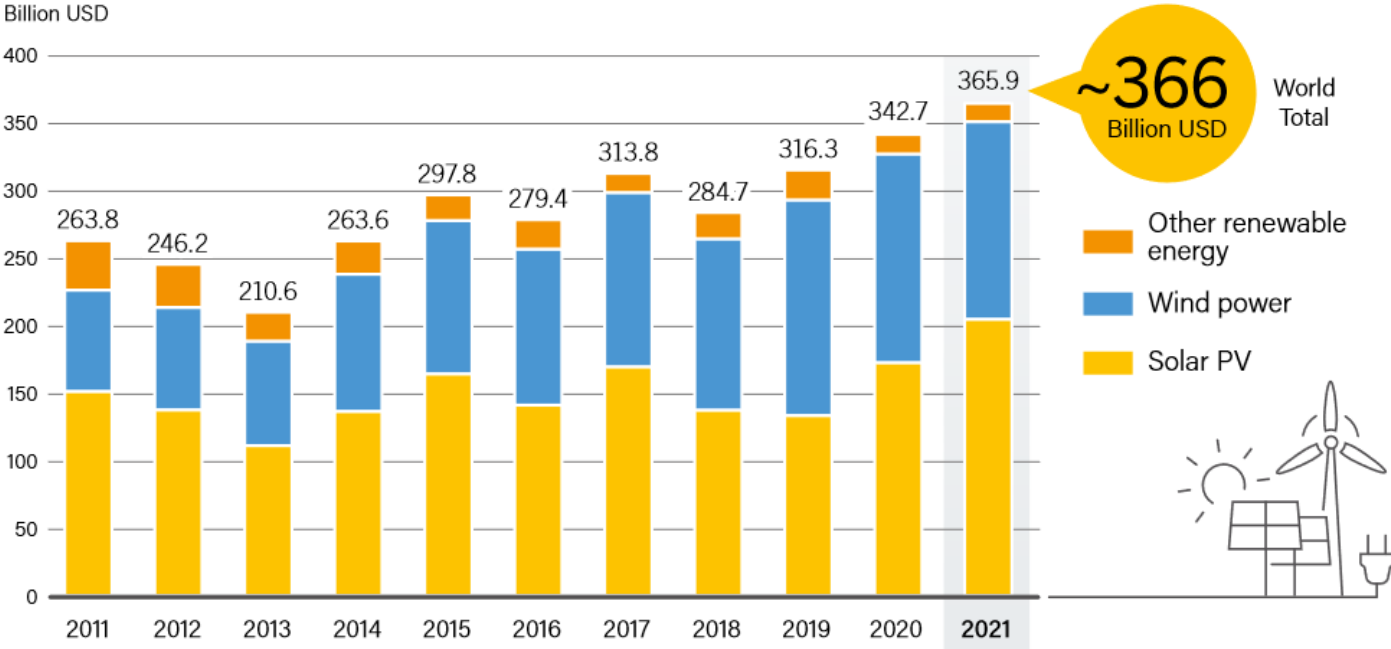


Fuente: REN21, 2020

## Inversión global por tecnología, 2017 - 2019

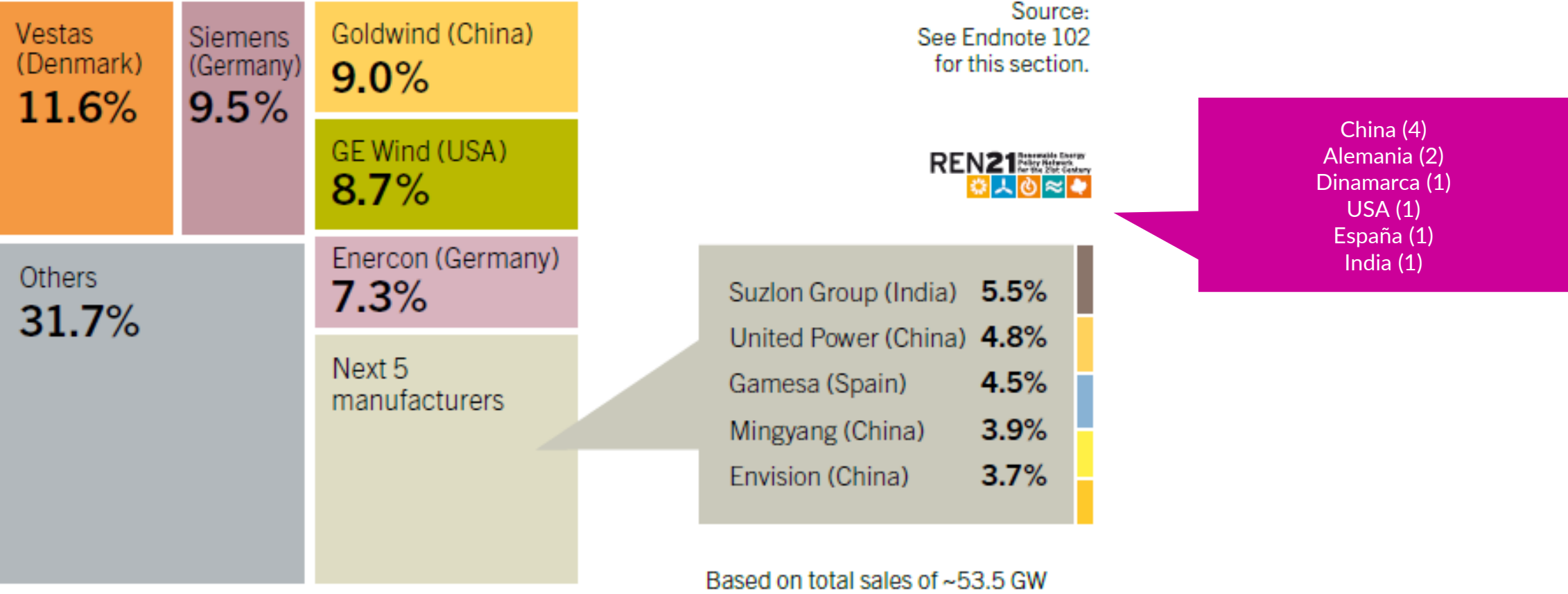


Fuente: REN21, 2018

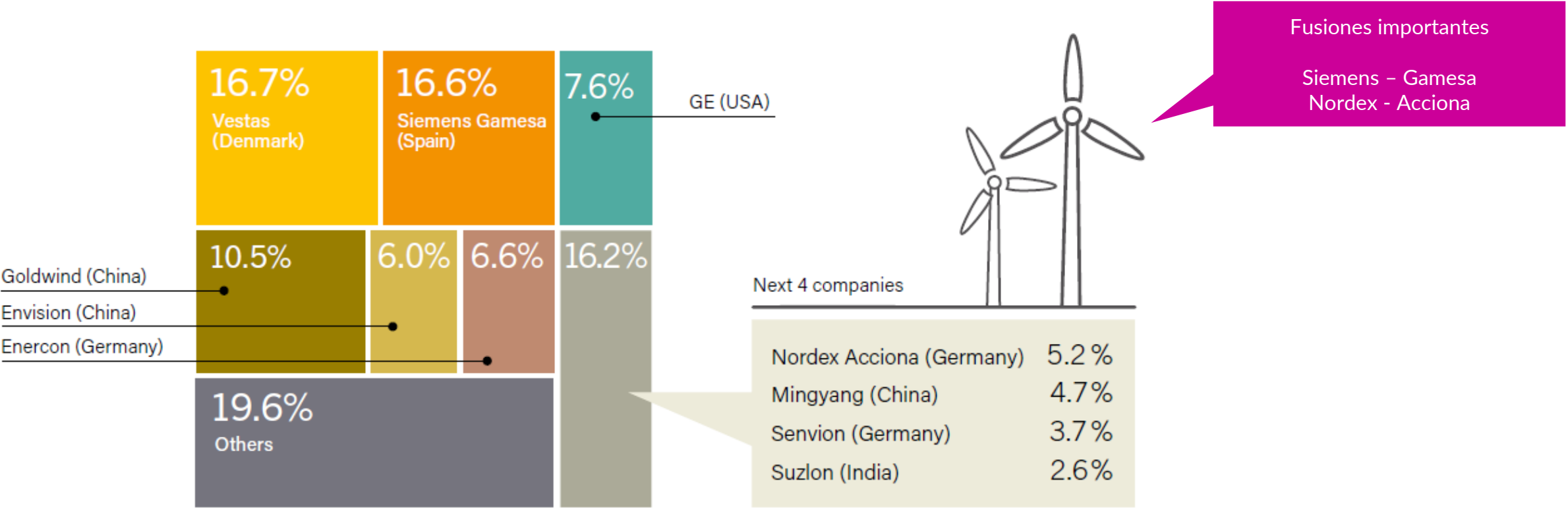


Fuente: REN21, 2022

## Participación en el mercado, Top 10 fabricantes, 2014



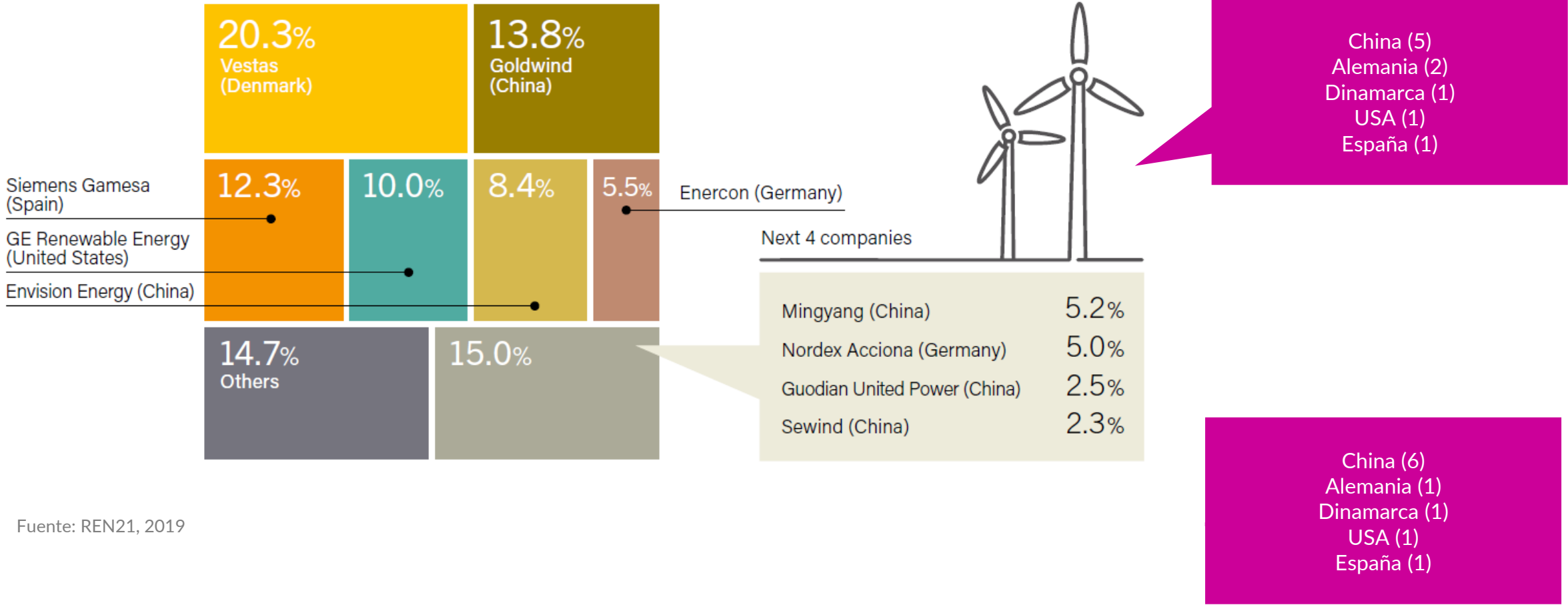
## Participación en el mercado, Top 10 fabricantes, 2017



Fuente: REN21, 2018



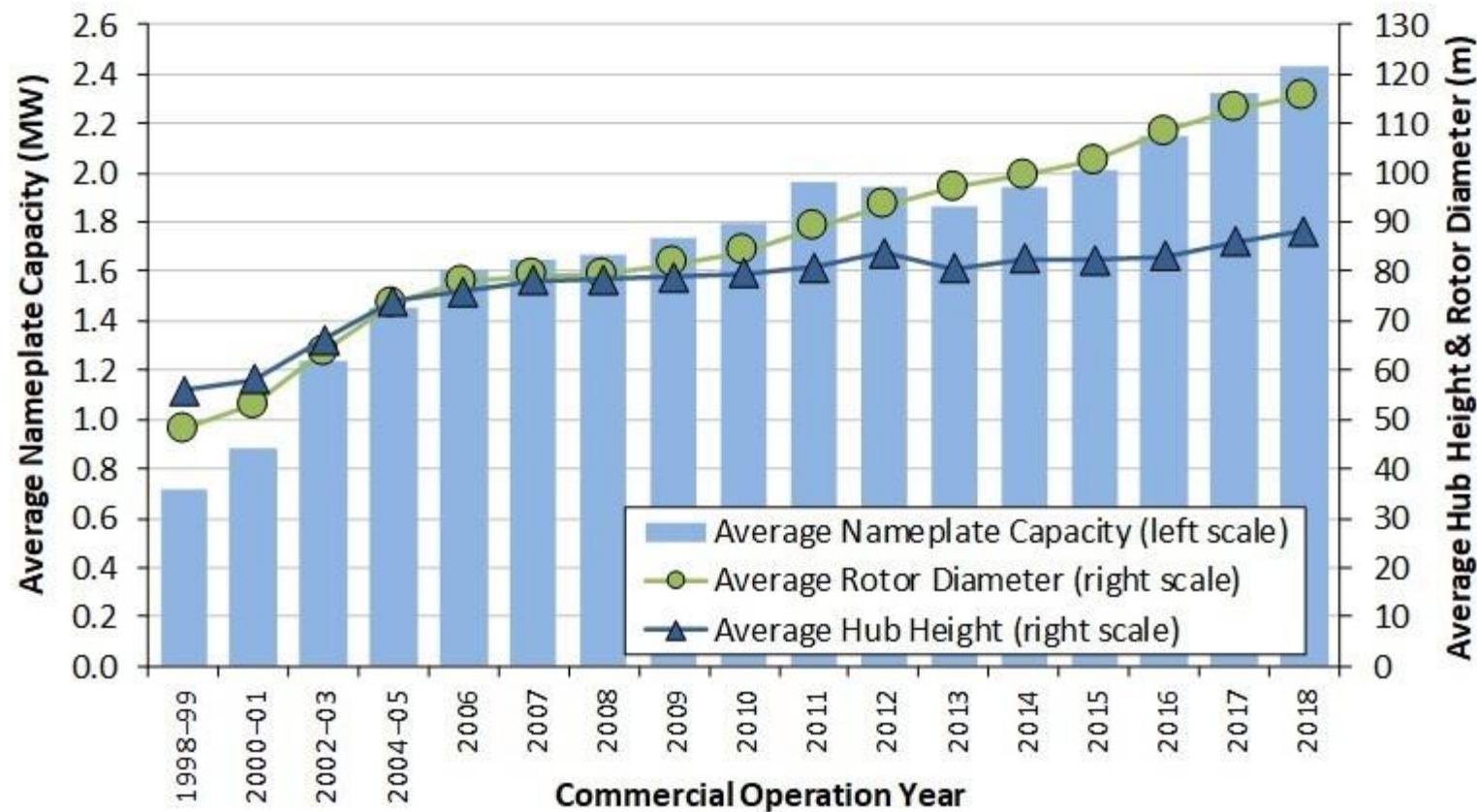
Participación en el mercado, Top 10 fabricantes, 2018



Fuente: REN21, 2019

Fuente: REN21, 2022

## Tamaños y componentes de las turbinas



- Altura de cubo (Hub height)
- Diámetro de rotor
- Capacidad nominal

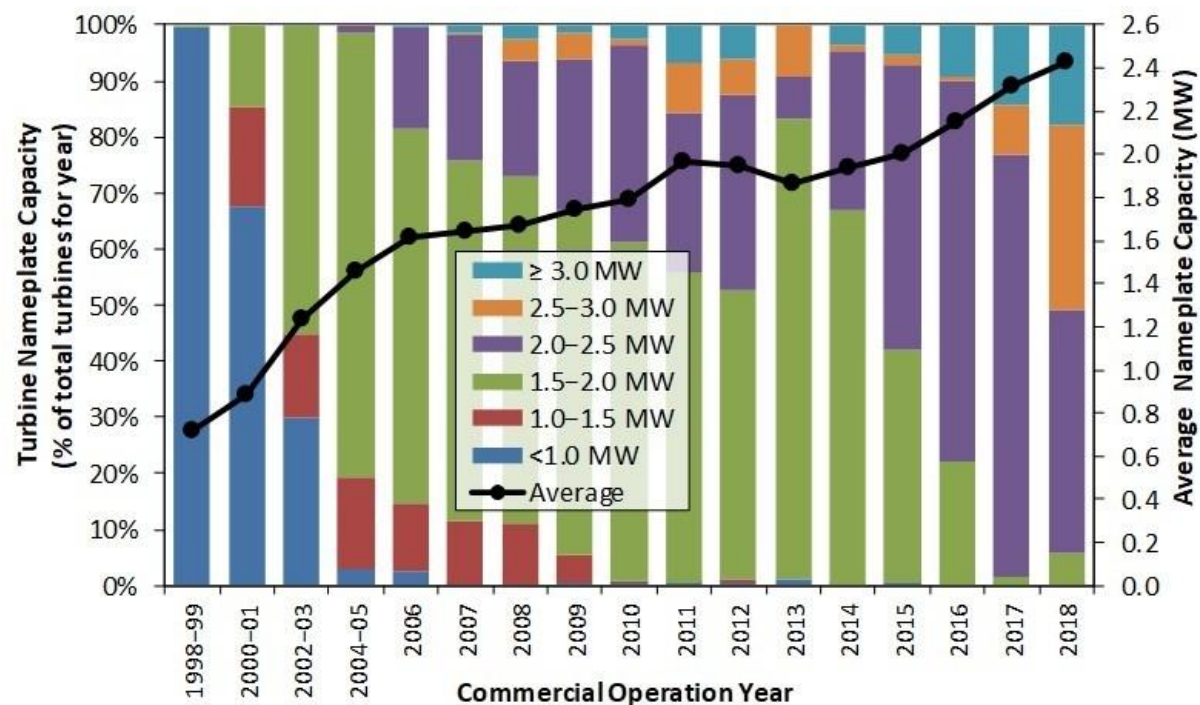
En 2017 hay un salto tecnológico

Antes de 2017: 99% - D: 100 m

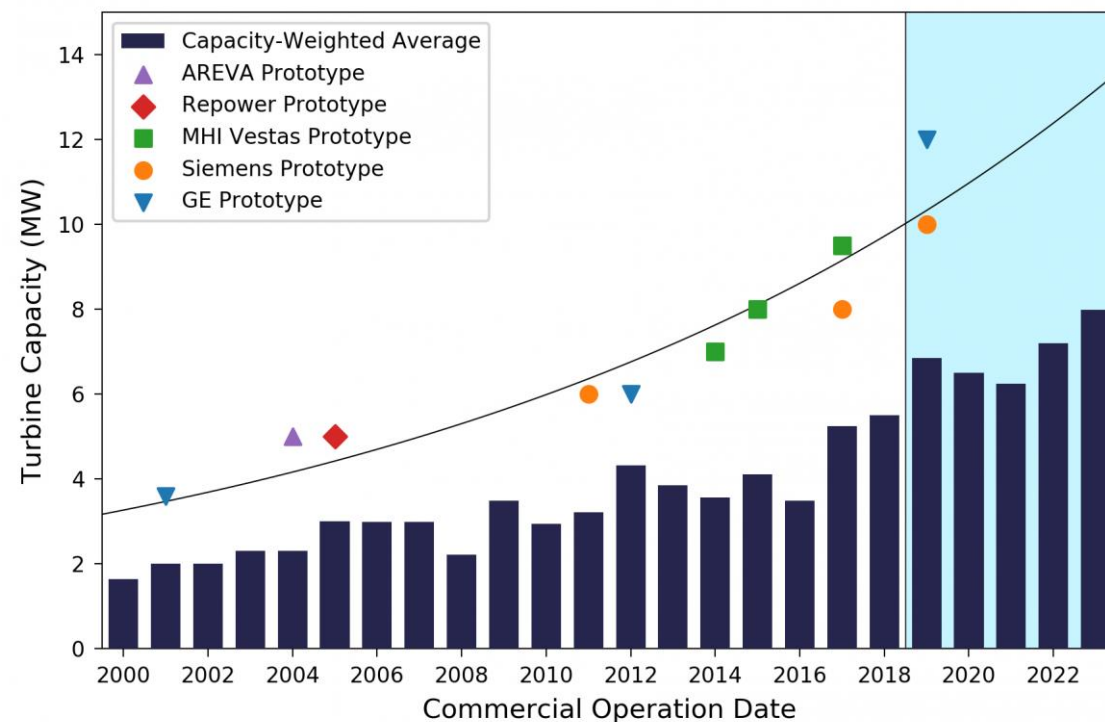
Después 2017: 80% - D>110 m

14% - D>= 120m

## Land based WTG – Nameplate capacity



## Offshore WTG – Nameplate capacity



Fuente: Departamento de energía, Estados Unidos.

<https://www.energy.gov/eere/wind/articles/top-trends-offshore-wind>, Agosto 2019

# PERSPECTIVAS FUTURAS



## 3.0 MW

- V112-3.0 MW first member of new 3 MW Platform

V90-3.0 MW®

V112-3.0 MW®



## 3.3 MW

- Upgrade to 3.3 MW
- New rotors: 105/117/126m

V105-3.3 MW®  
V112-3.3 MW®

V117-3.3 MW®

V126-3.3 MW®



## 3.45 MW

- Upgrade to 3.45 MW
- New rotor: 136m
- 3.6 MW Power Mode

V105-3.45 MW™  
V112-3.45 MW™  
V117-3.45 MW™

V126-3.45 MW™

V136-3.45 MW™



## 4.2 MW

- Upgrade to 4 MW
- New rotor: 150m
- 4.2 MW Power Mode
- New Segment: Typhoon Class

V117-4.2 MW™  
(incl. Typhoon)

V136-4.2 MW™

V150-4.2 MW™

IEC I

IEC II

IEC III

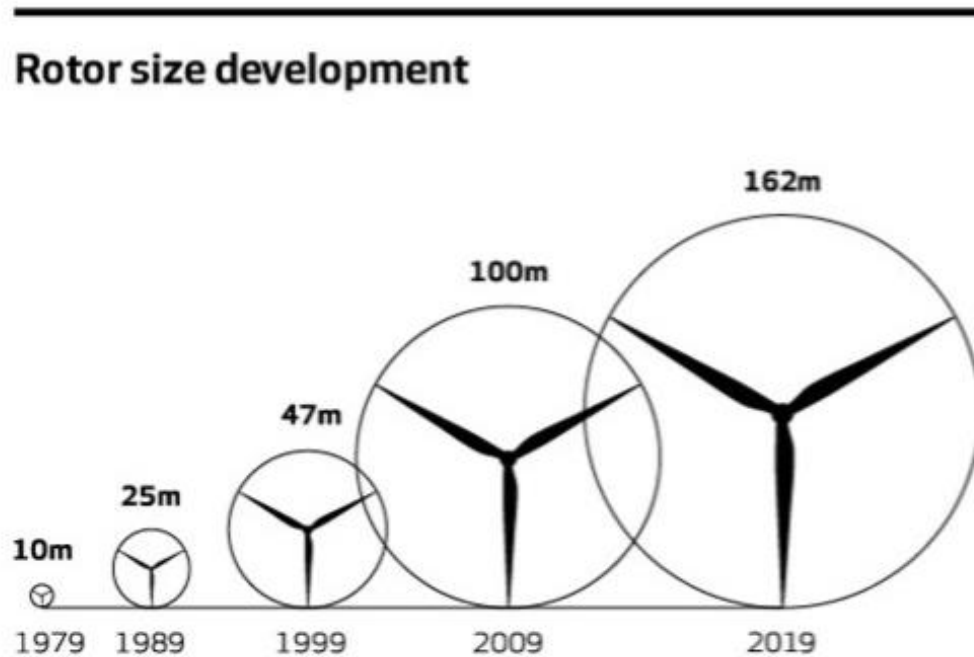
YEAR OF ANNOUNCEMENT

2010

2012/13

2015/16

2017-...

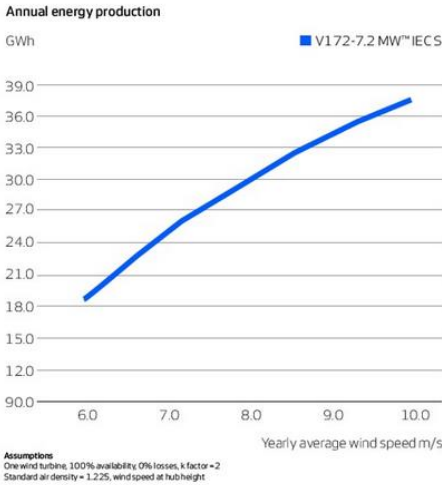
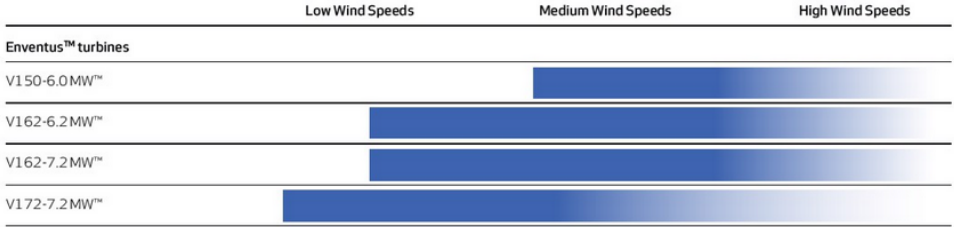
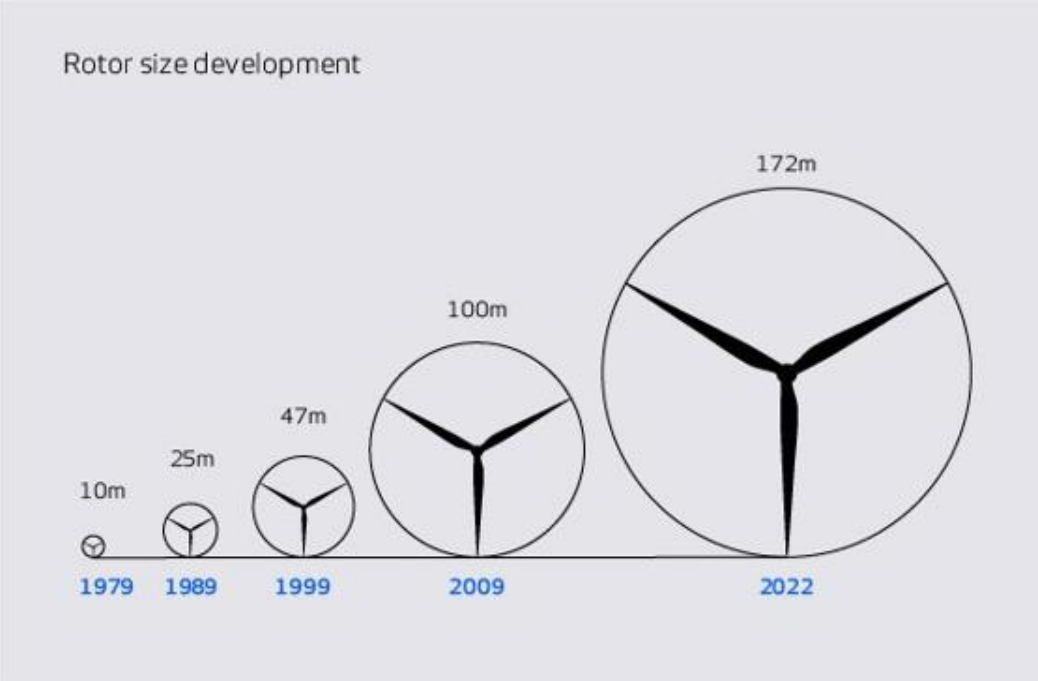


Welcoming the  
**V150-5.6 MW<sup>TM</sup>**



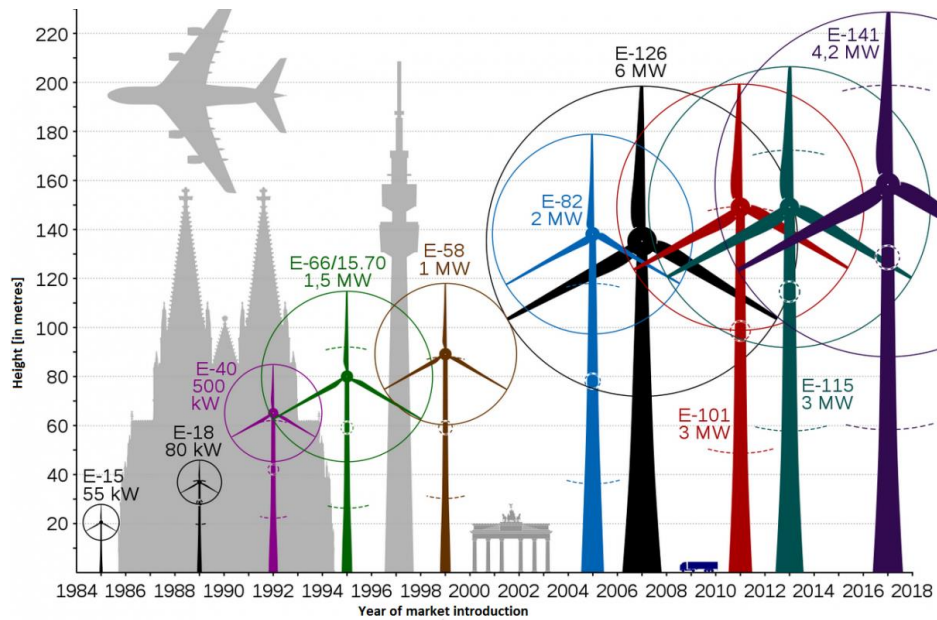


# PERSPECTIVAS FUTURAS



Fuente: <https://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/enventus/enventus-platform-brochure/?page=6>

## Diámetro del rotor



<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/german-onshore-wind-power-output-business-and-perspectives>

### WINDCLASSES

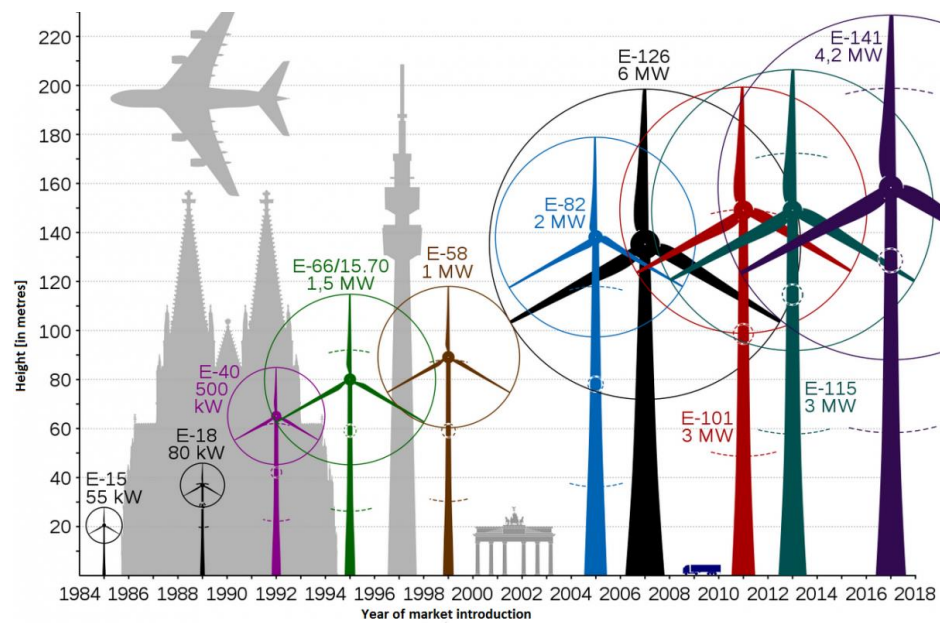
TURBINE TYPE	Low Wind Speeds	Medium Wind Speeds	High Wind Speeds
4 MW TURBINES			
V105-3.45 MW™ IEC IA			
V112-3.45 MW* IEC IA			
V117-3.45 MW* IEC IB/IEC IIA			
V117-4.2 MW™ IEC IB-T/IEC IIA-T/IEC S-T			
V126-3.45 MW* IEC IIA/IEC IIB			
V136-3.45 MW* IEC IIB/IEC IIIA			
V136-4.2 MW™ IEC IIB/IEC S			
V150-4.2 MW™ IEC IIIB/IEC S			

### WINDCLASSES - IEC

TURBINE TYPE	IEC III (6.0 – 7.5 m/s)	IEC II (7.5 – 8.5 m/s)	IEC I (8.5 – 10.0 m/s)
2 MW TURBINES			
V90-2.0 MW™ IEC IIA/IEC S			
V100-2.0 MW* IEC IIB			
V110-2.0 MW* IEC IIIA			
V116-2.1 MW™ IEC IIB			
V120-2.2 MW™ IEC IIB/IEC S			

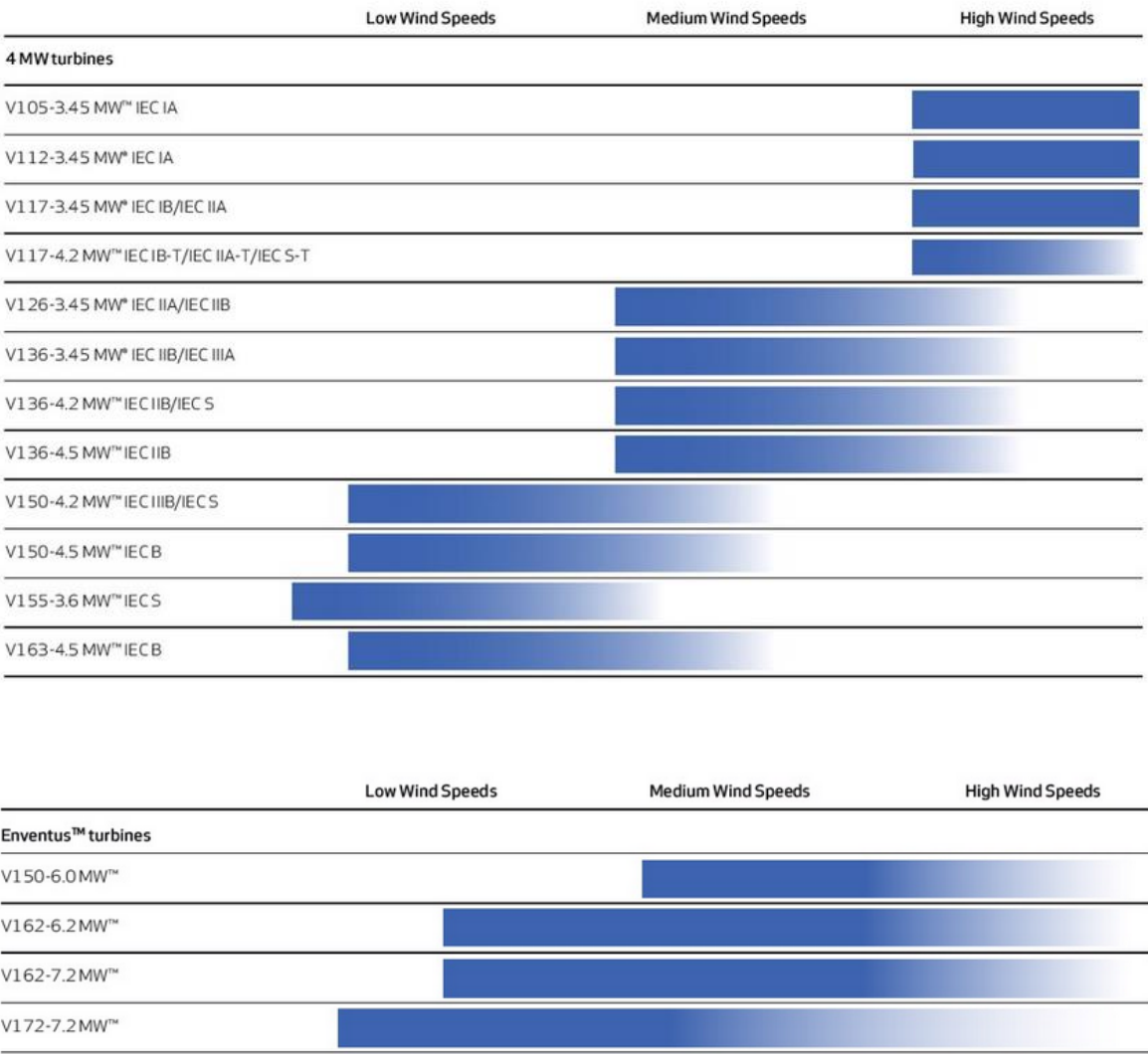
■ Standard IEC conditions ■ Site dependent

## Diámetro del rotor



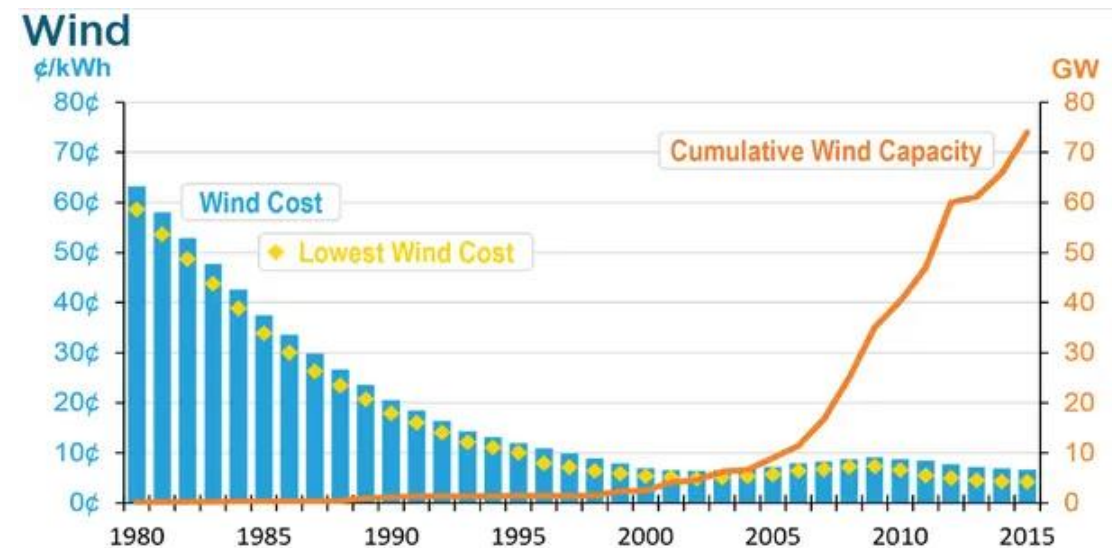
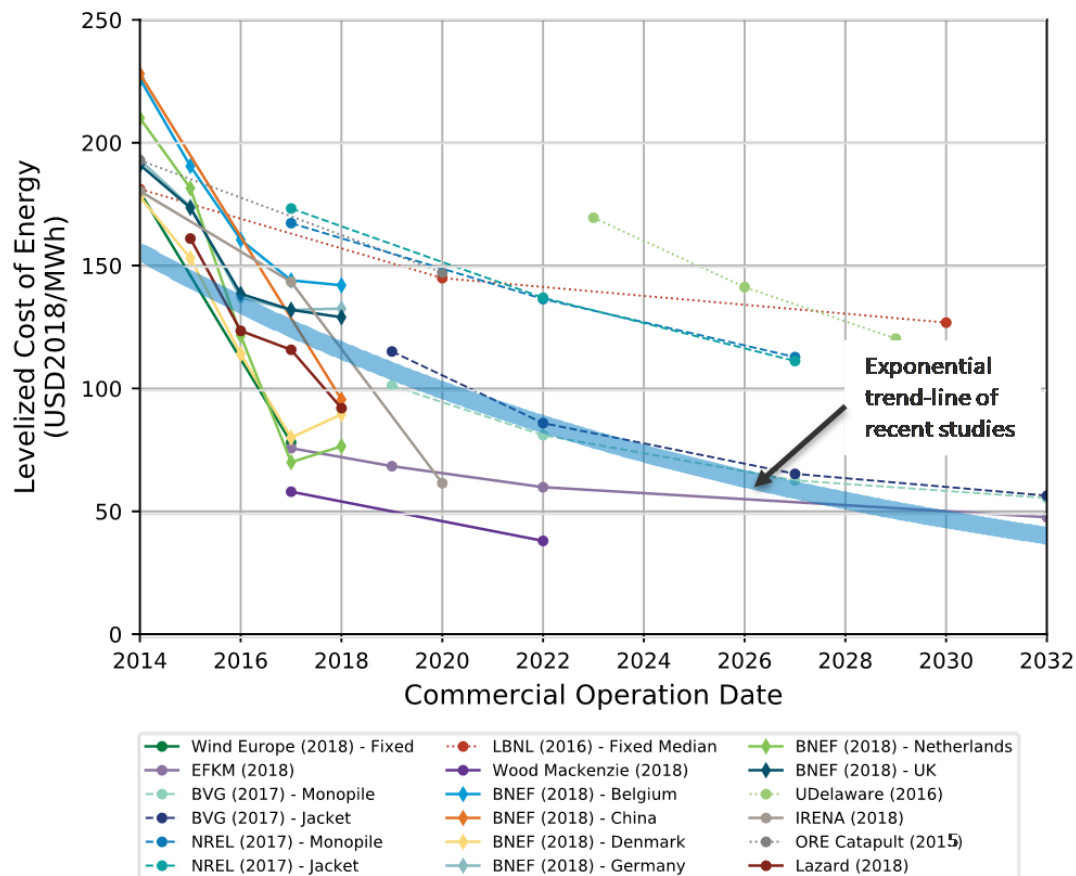
<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/german-onshore-wind-power-output-business-and-perspectives>

<https://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/4mw-platform-brochure/?page=4>





## Reducción en el costo nivelado de la energía (LCOE)

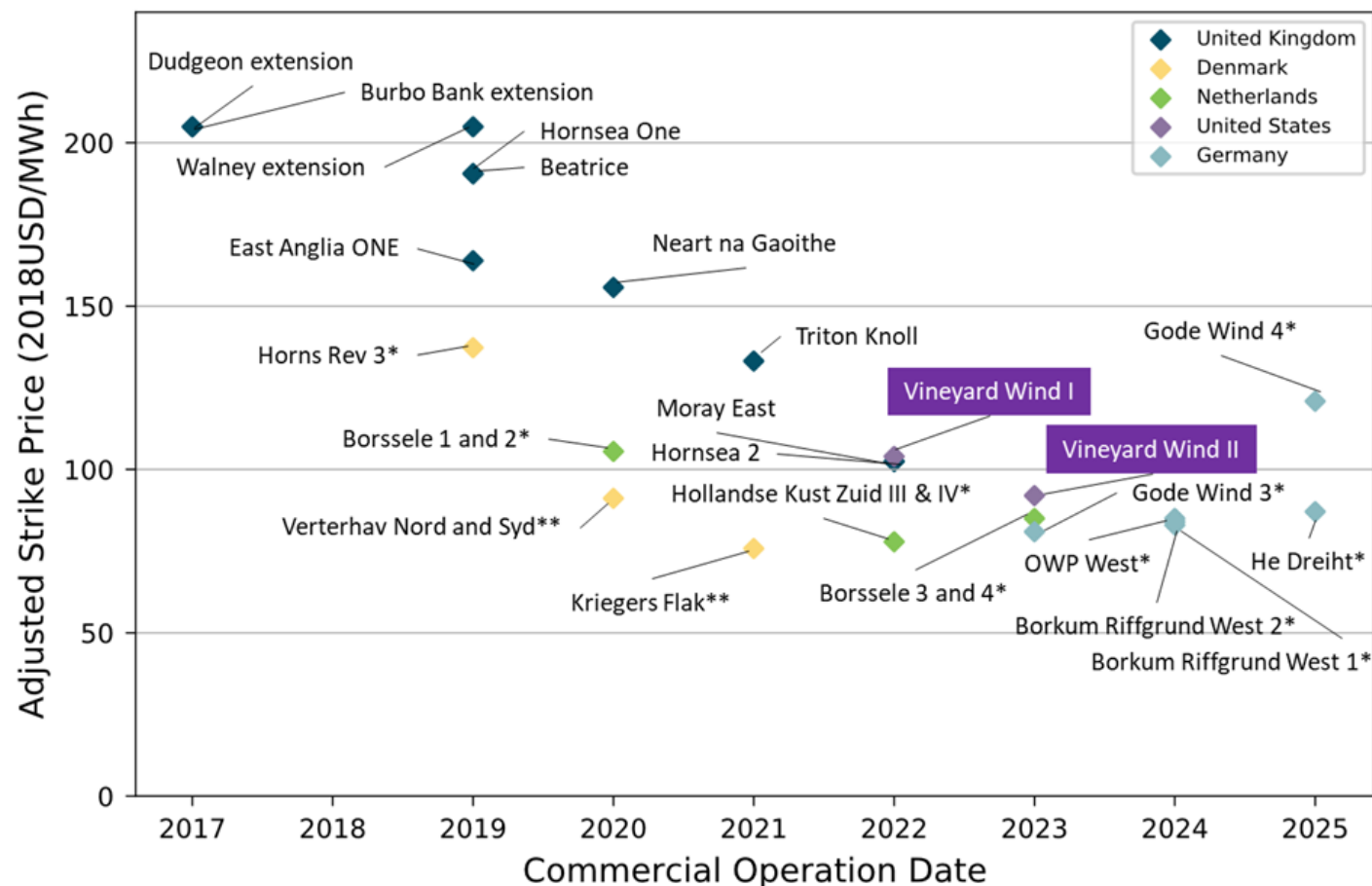


Cost data from references are inflation adjusted to dollar year 2015, and exclude the production tax credit. "Wind Cost" data estimates the levelized cost of energy from a representative wind site from references [1] and [2] and "Lowest Wind Cost" represents costs derived from power purchase agreements from good to excellent wind resource sites in the interior of the country as reported in reference [9]. <sup>1</sup> Deployment data also from reference [9]. 1 gigawatt (GW) = 1,000 megawatts (MW).

Fuente: Departamento de energía, Estados Unidos.

<https://www.energy.gov/eere/wind/articles/top-trends-offshore-wind>, Agosto 2019

## Crecimiento en instalaciones offshore (caída de precios en subastas)



De acuerdo con IEA se alcanzará una capacidad instalada de **839 GW** para el 2023, **10%** corresponde a instalaciones **offshore**.

El crecimiento offshore está dirigido por la Unión Europea, China y otros países asiáticos.

## MECANISMOS DE INTEGRACIÓN DIRECTOS

### Feed-in-tariffs

- Alemania y España: amplio aumento en capacidad instalada que incrementó tarifas, y redujo la capitalización de grandes generadores convencionales. En España ha sido suspendido.

### Subastas

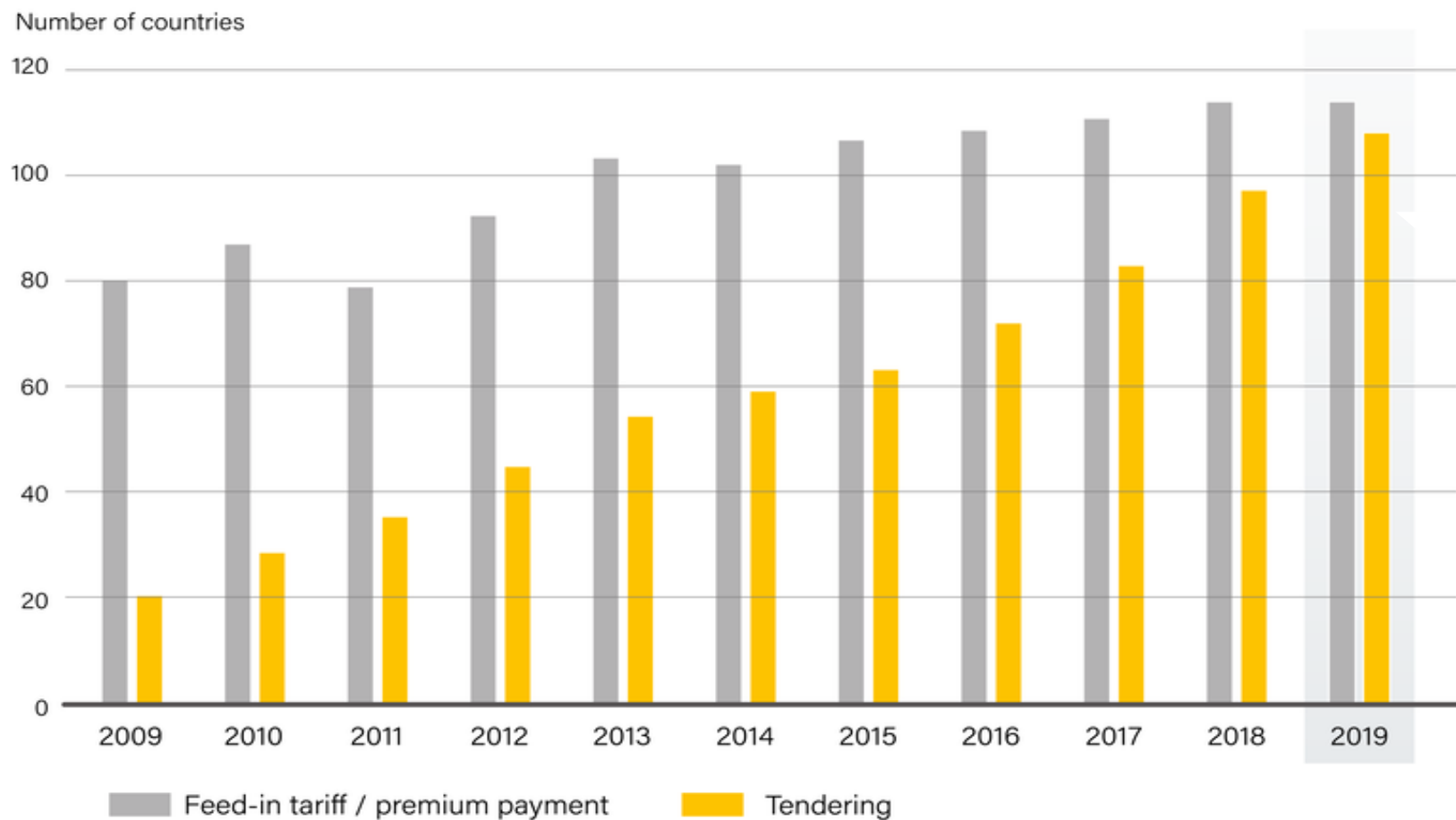
- Alemania: se decanta cada vez más por este mecanismo, para lograr mayor rentabilidad en desarrollo de ERNC (usando la competencia) según directrices de la UE. Ve las ventajas de las decisiones estratégicas mantenidas en el tiempo.
- Chile: En 2008 estableció cuota de 10% de la energía comercializada producida con FNCER en 2024. Hasta ahora, la meta está cumpliéndose con los resultados de las dos anteriores subastas.

**RECs:** No garantizan el mínimo precio de la energía por sus precios inherentemente volátiles. tiempo.

- México: última fase de implementación. Poderoso instrumento de mercado capaz de determinar el precio final de la energía.

**Medición Neta:** Al año 2014, más de 40 países alrededor del mundo han implementado este tipo de instrumento, entre los que se incluyen Canadá, Chile, Japón, India, Estados Unidos, México, Brasil, Italia y el Reino Unido (REN21, 2014), con una amplia variedad de diferentes posibilidades en su aplicación.

## Países con Feed in y/o Subastas, 2009 - 2019



## MECANISMOS DE INTEGRACIÓN INDIRECTOS

### Impuestos al carbono

- Se establece un pago por las emisiones de CO<sub>2</sub> (\$/Ton CO<sub>2</sub>) generadas en cualquier sector de la economía (transporte, industria, energético...), como forma de internalizar el daño asociado a la contaminación.

### Cap and trade

- Establece un límite de emisiones y permite que el mercado fije el precio. En la mayoría de experiencias internacionales las empresas generadoras de emisiones pueden comercializar sus derechos de emisión, lo que ofrece beneficios adicionales para las empresas que implementen medidas de reducción de GEI.

## Países con políticas de cambio climático relacionadas con emisiones, Q1 2020

