



BARRERAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA: REFLEXIONES PARA EL DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS EN COLOMBIA

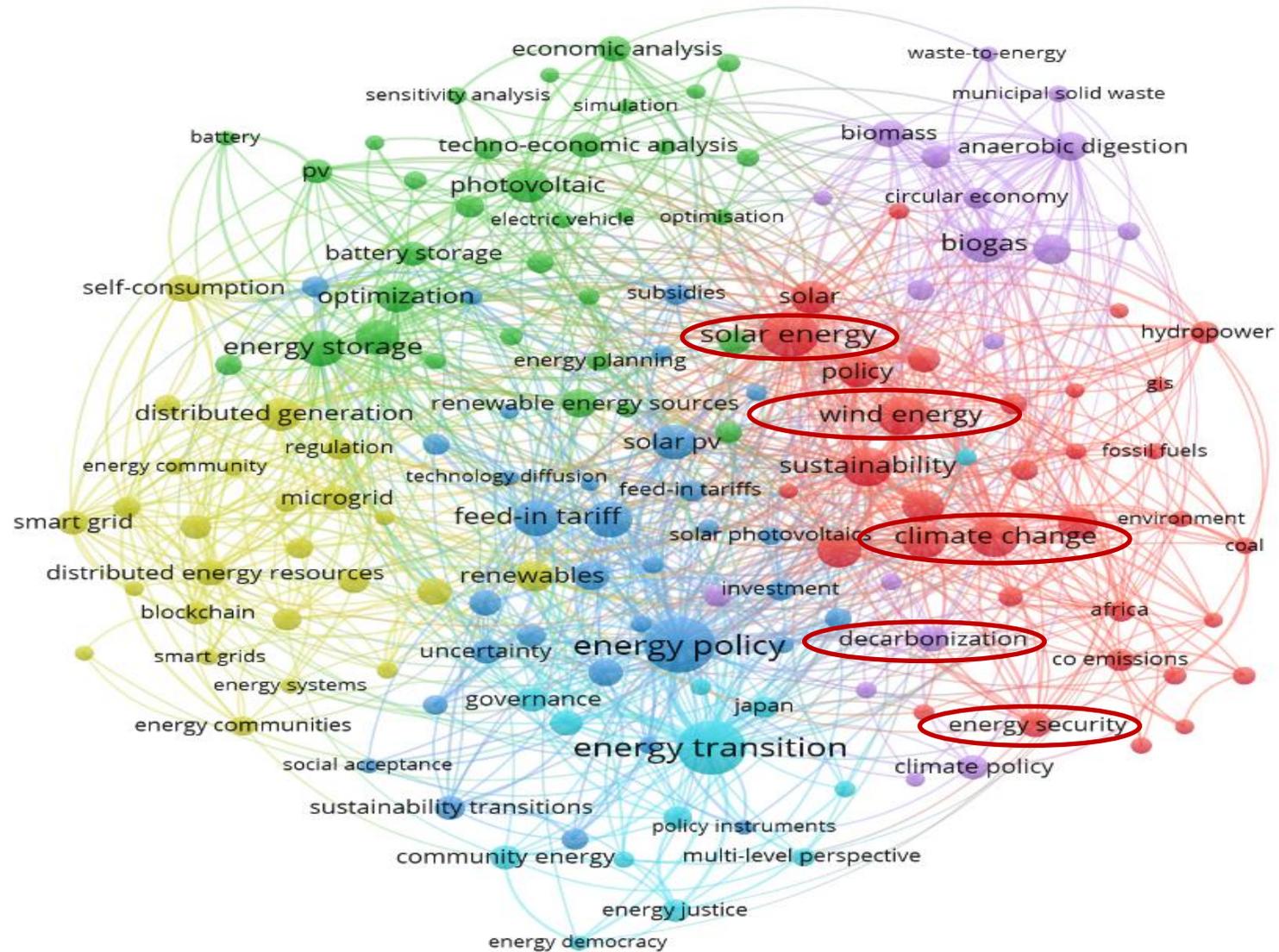
JOHN GARCIA RENDON

jgarcia@eafit.edu.co

<https://sites.google.com/view/johnja/publications>

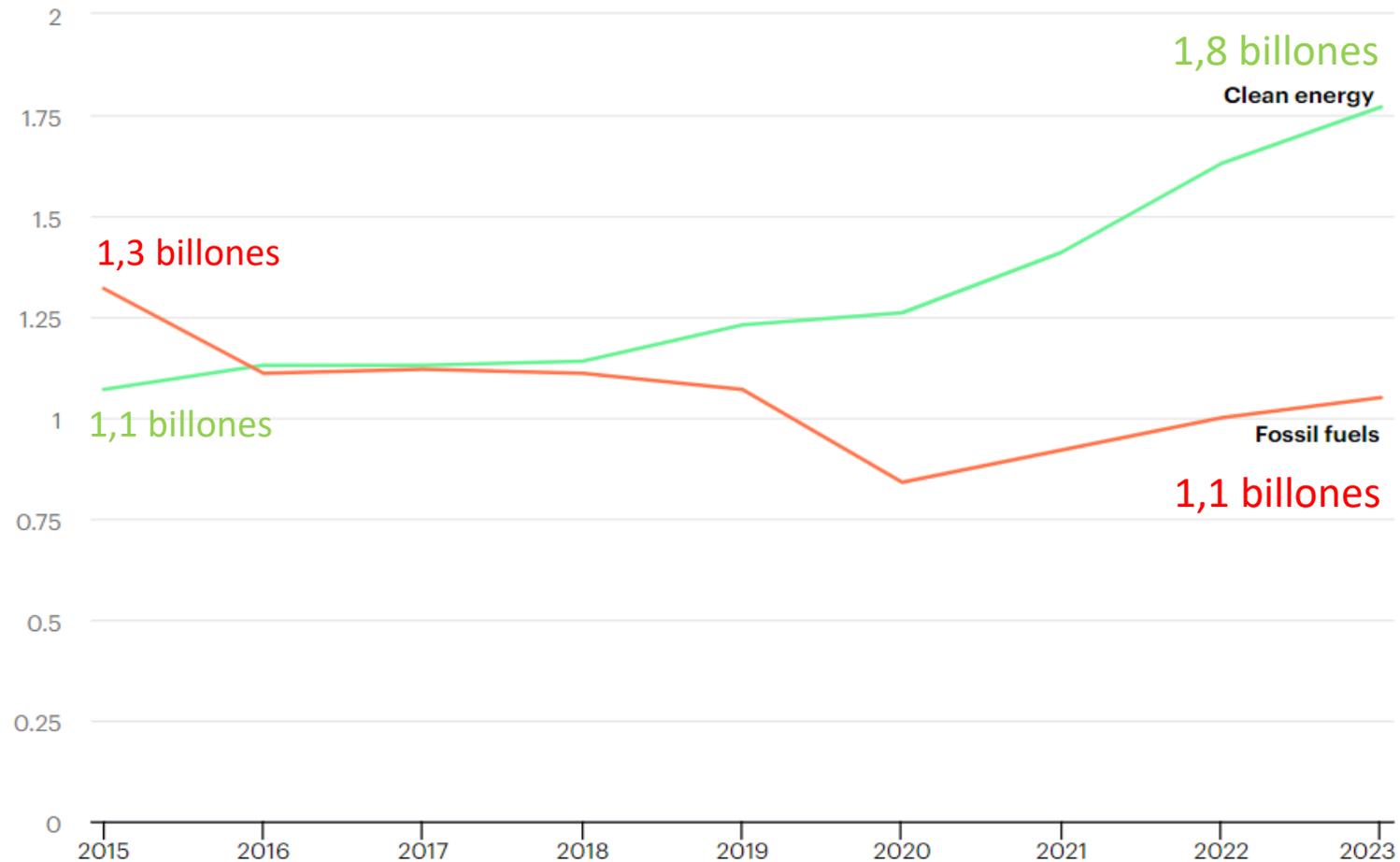


GENERACIÓN DISTRIBUIDA: MOTIVACIÓN



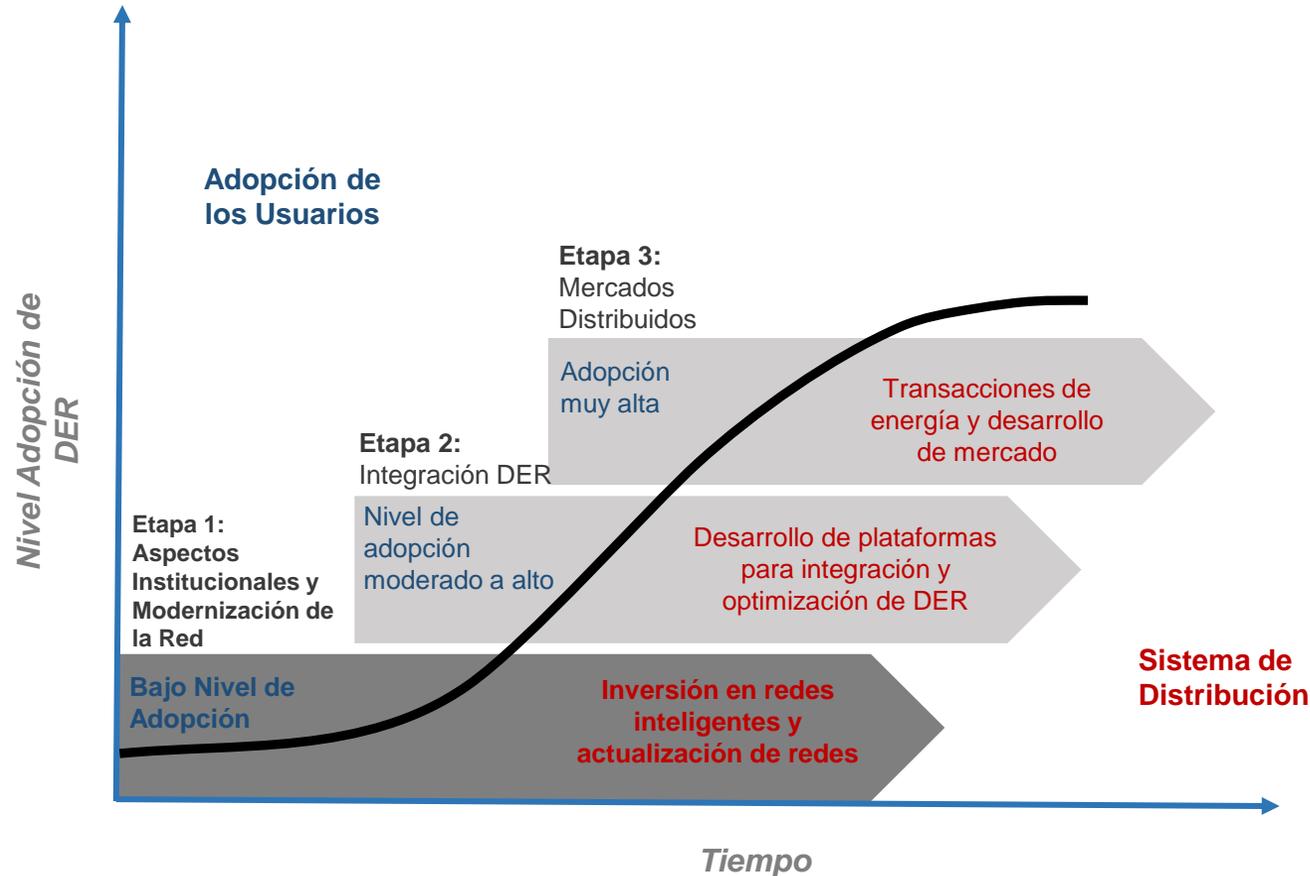
INVERSIÓN ANUAL EN COMBUSTIBLES FÓSILES Y ENERGÍAS LIMPIAS

billones de dólares (2022)



- En **2022** la capacidad instalada de **energías renovables** fue **3.629 GW**
- En **2023** se agregarán más de **500 GW** de capacidad de generación de **energías renovables**.
 - De los cuales **346 GW** serán con **Solar Fotovoltaica**
- En **2030** se instalarían **498 GW** con **Solar Fotovoltaica**
- A finales de esta década, el mundo, podría tener una capacidad de fabricación de más de **1.200 GW de paneles al año**

ADOPCIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS - DER



Etapa 1. Aspectos Institucionales y Modernización Red:

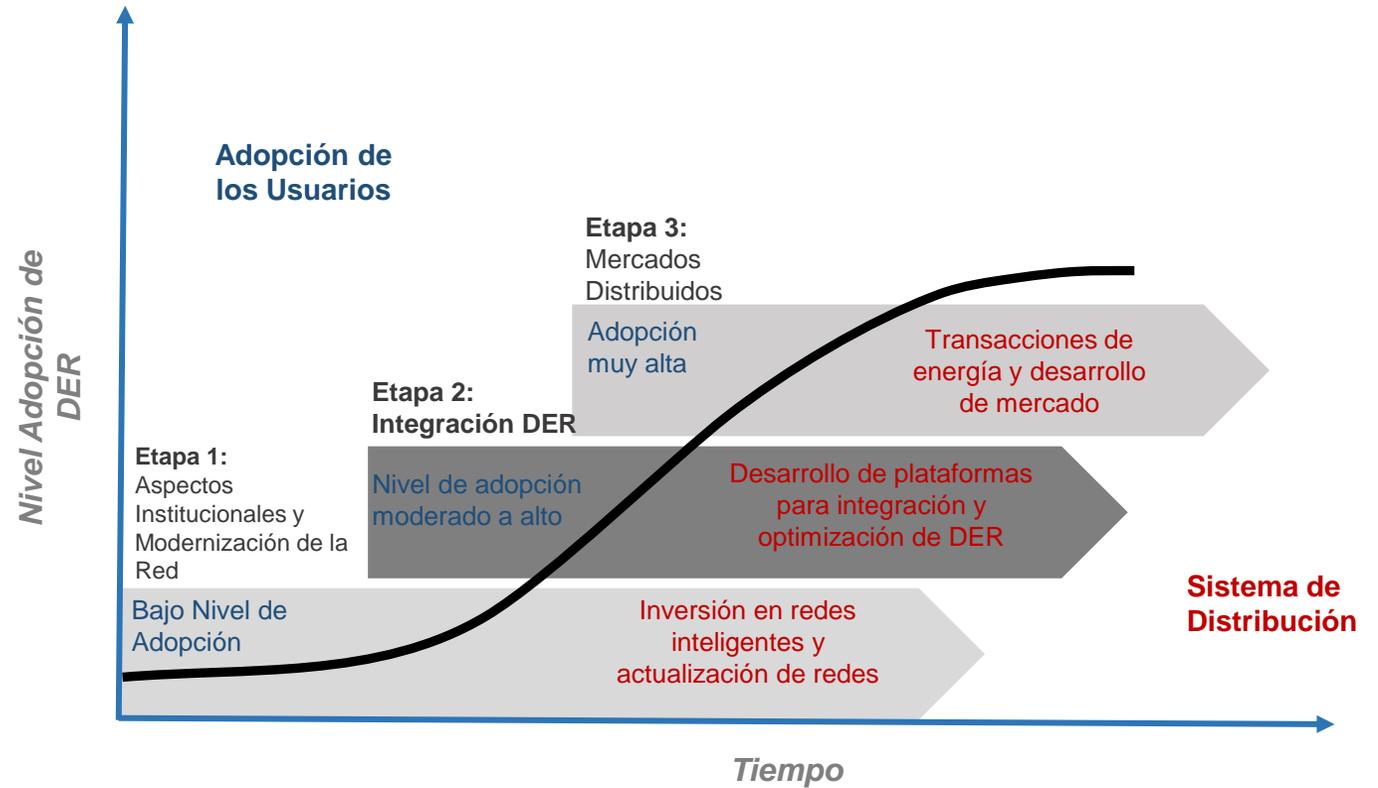
- Es una etapa principalmente de planificación del sistema de distribución, lo cual incluye evaluaciones periódicas de la capacidad de alojamiento de la red o "*hosting capacity*", para garantizar una red confiable, eficiente y robusta en un entorno cambiante e incierto
- También comprende el desarrollo (aun simplificación) de normas y procedimientos para la interconexión de los DER al sistema
- El nivel de adopción por los usuarios es bajo
- Los crecientes impactos de la aleatoriedad y la variabilidad implican cambios drásticos en los patrones de comportamiento del sistema, cómo se planifican los sistemas, cómo se despachan los sistemas y cómo se gestiona la energía. Los modelos estocásticos empiezan a jugar un papel fundamental frente a los enfoques deterministas, tradicionalmente utilizados

Nivel de Adopción de DER acorde con la metodología de NARUC (National Association of Regulatory Utility Commissioners)

ADOPCIÓN DE DER

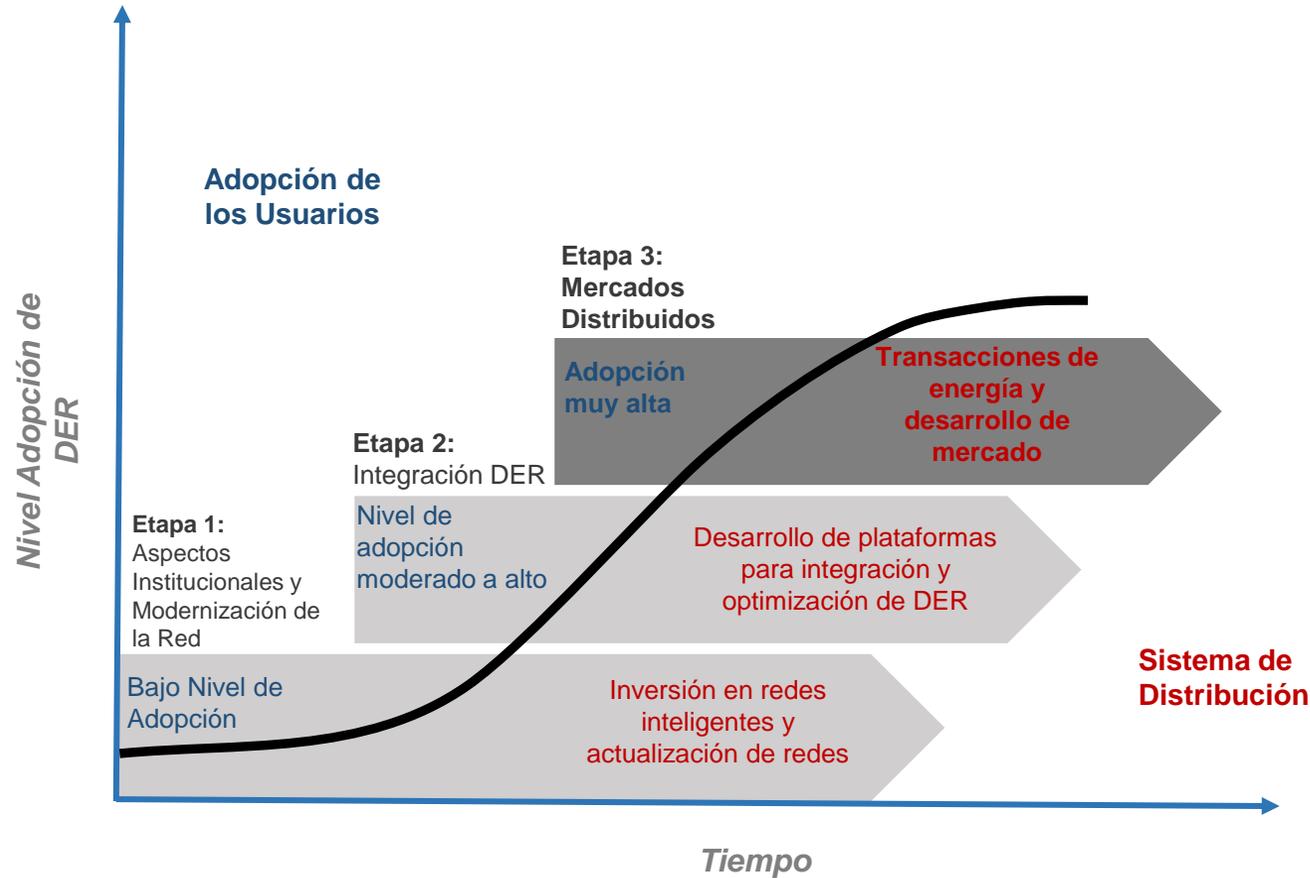
Etapa 2. Integración de DER:

- Flujos de energía bidireccionales en los circuitos con alto nivel de DER. Requiere de tecnologías de protección y control más avanzadas y capacidades operativas para garantizar la seguridad y la confiabilidad.
- La prestación de servicios es en el mercado mayorista y usualmente solo se tiene un comprador, por ejemplo, el operador de la red de distribución
- Se tienen servicios de DER que permiten la flexibilidad en el sistema
- Adopción de los DER por parte de los usuarios



Nivel de Adopción de DER acorde con la metodología de NARUC (National Association of Regulatory Utility Commissioners)

ADOPCIÓN DE DER



Etapa 3. Mercados Distribuidos:

- Existencia de transacciones de energía entre los proveedores de DER y prosumidores peer-to-peer (al por menor) a través del Operador del Sistema de Distribución – DSO
- Esto implica cambios regulatorios, que permitan realizar las transacciones de energía a nivel minorista a través de todo el sistema de distribución
- Adecuada coordinación entre el DSO y Operador del Sistema de Transmisión - TSO.
- El DSO puede evolucionar para incluir servicios adicionales que permitan viabilizar el mercado, como servicios financieros, compensación y liquidación.
- Esta fase implica tener un sistema distribuido o por lo menos la complementariedad entre un sistema distribuido con el centralizado

Nivel de Adopción de DER acorde con la metodología de NARUC (National Association of Regulatory Utility Commissioners)

BARRERAS GENERACIÓN DISTRIBUIDA

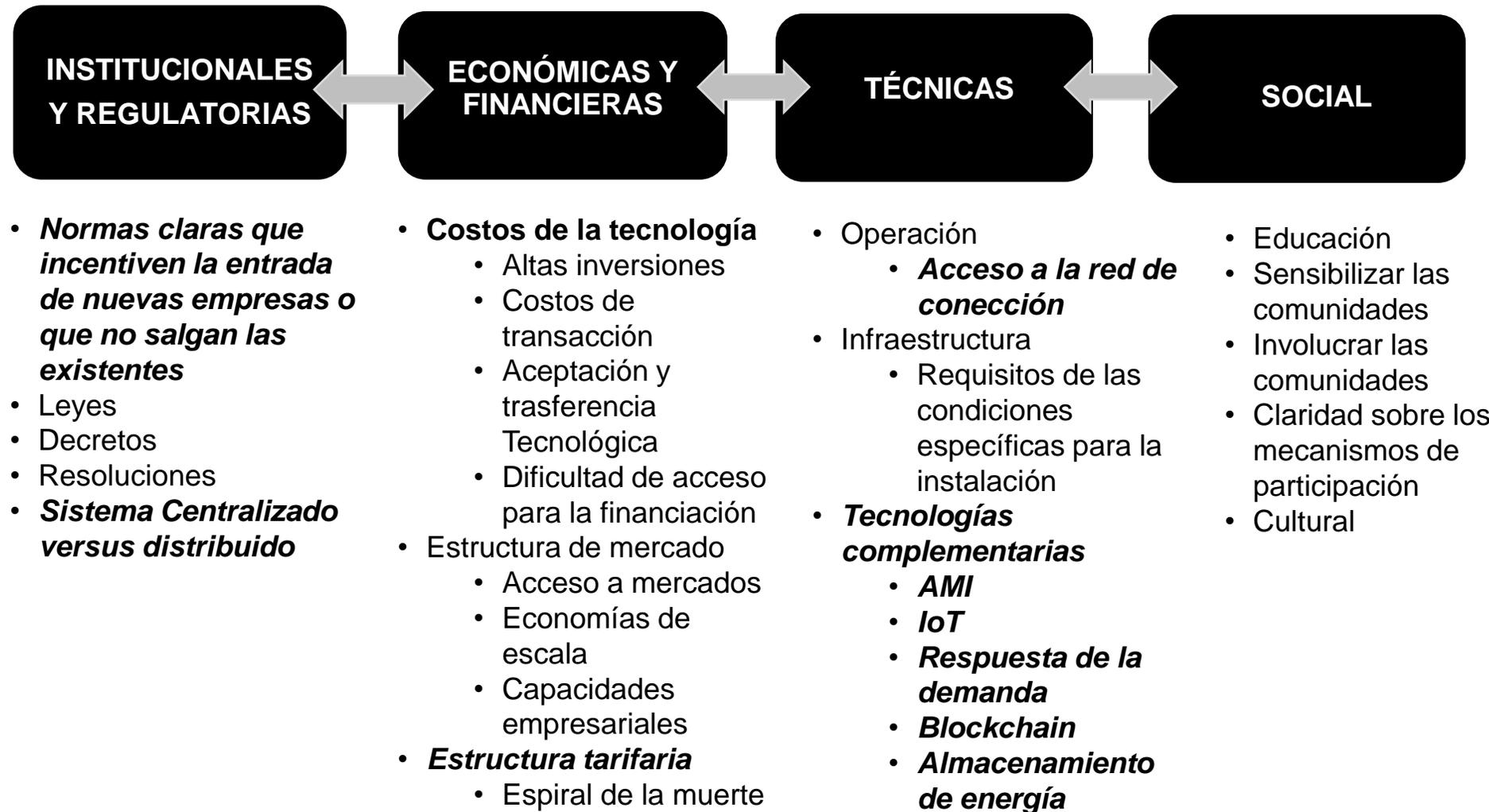
Si bien se ha demostrado que se puede lograr una mayor eficiencia y resiliencia con los DER en los mercados energéticos a nivel mundial:

- Disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI
- Ampliación del sistema de capacidad con la complementariedad de otras tecnologías (SF y Eólica)
- Mayor flexibilidad en las inversiones
- Gestión de la demanda
- Surgimiento de nuevos modelos de negocios (prosumidores, operadores de red distribuidos, comunidades energéticas...), los cuales generan una mayor competencia en el sector
- Mercados más eficientes y resilientes

Opportunities and challenges of mainstreaming distributed energy resources towards the transition to more efficient and resilient energy markets

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121012818>

BARRERAS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA



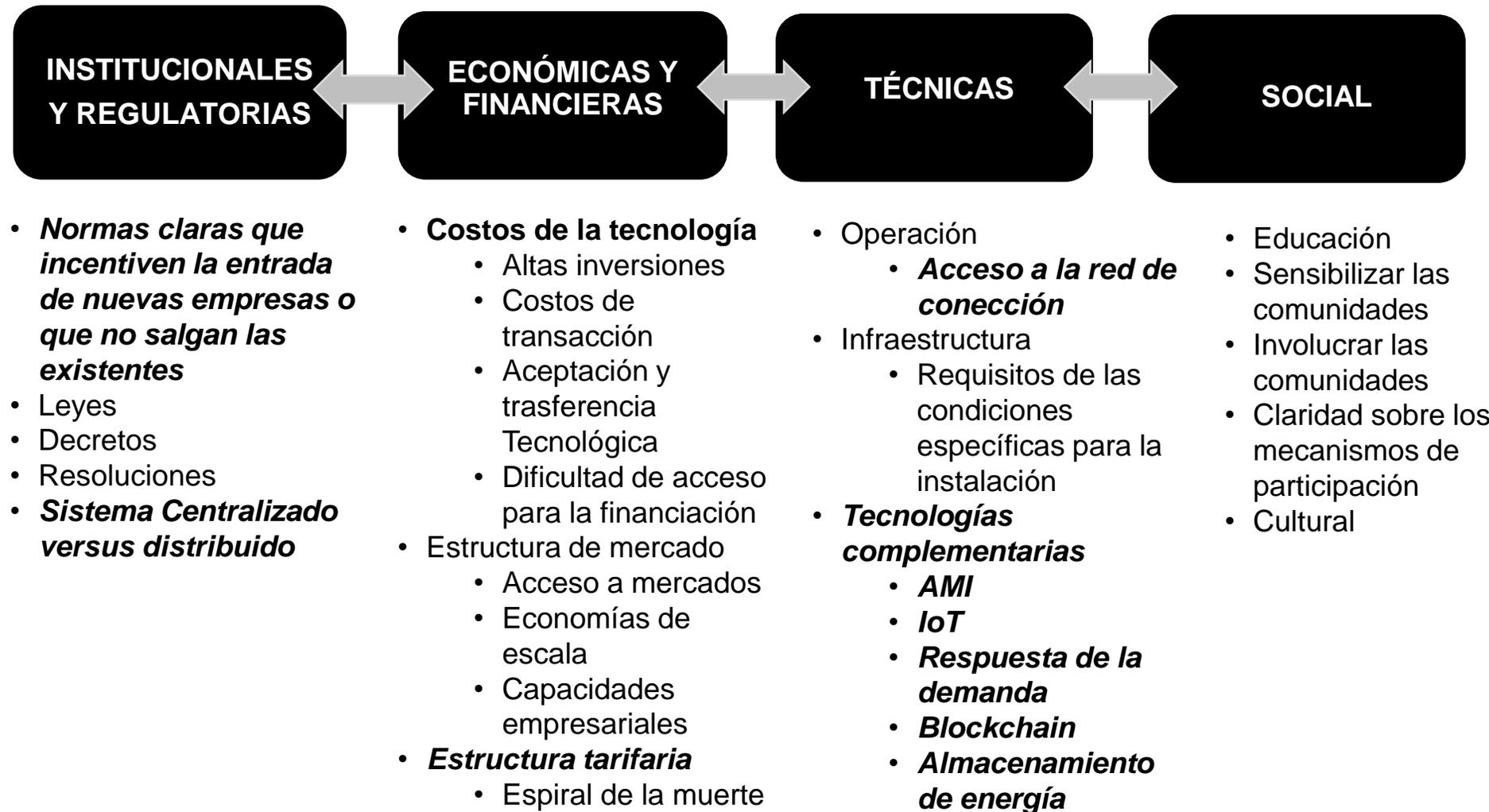


Barreras Institucionales y Regulatorias

PAPEL DEL REGULADOR: INSTITUCIONES SÓLIDAS E INDEPENDIENTES

- Garantizar **seguridad jurídica**, con reglas eficientes y estables que “**disminuya la incertidumbre**”
- Debe focalizarse a determinar principios claros, por medio de “**diseño de mecanismos**” que ayuden a una “**prestación eficiente y confiable del servicio**” con una intervención mínima de regulación para “**incentivar los inversionistas**” (Prosumidores, Agregadores, Operadores de Red Distribuidos, comunidades Energéticas...) y “**aumentar la competencia**”
- **Rediseñar la estructura tarifaria** con el objetivo de lograr la integración de DER y así evitar la “espiral de la muerte” de los operadores de la red.
- Facilitar **la coexistencia entre un sistema centralizado con uno distribuido**
- **HABILITADORES POLÍTICOS Y NORMATIVOS:** diseño de marcos políticos y normativos que faciliten el despliegue, la integración y el comercio de energías renovables, mejoren los resultados socioeconómicos y medioambientales y promuevan la equidad y la inclusión (IRENA, 2023)

BARRERAS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

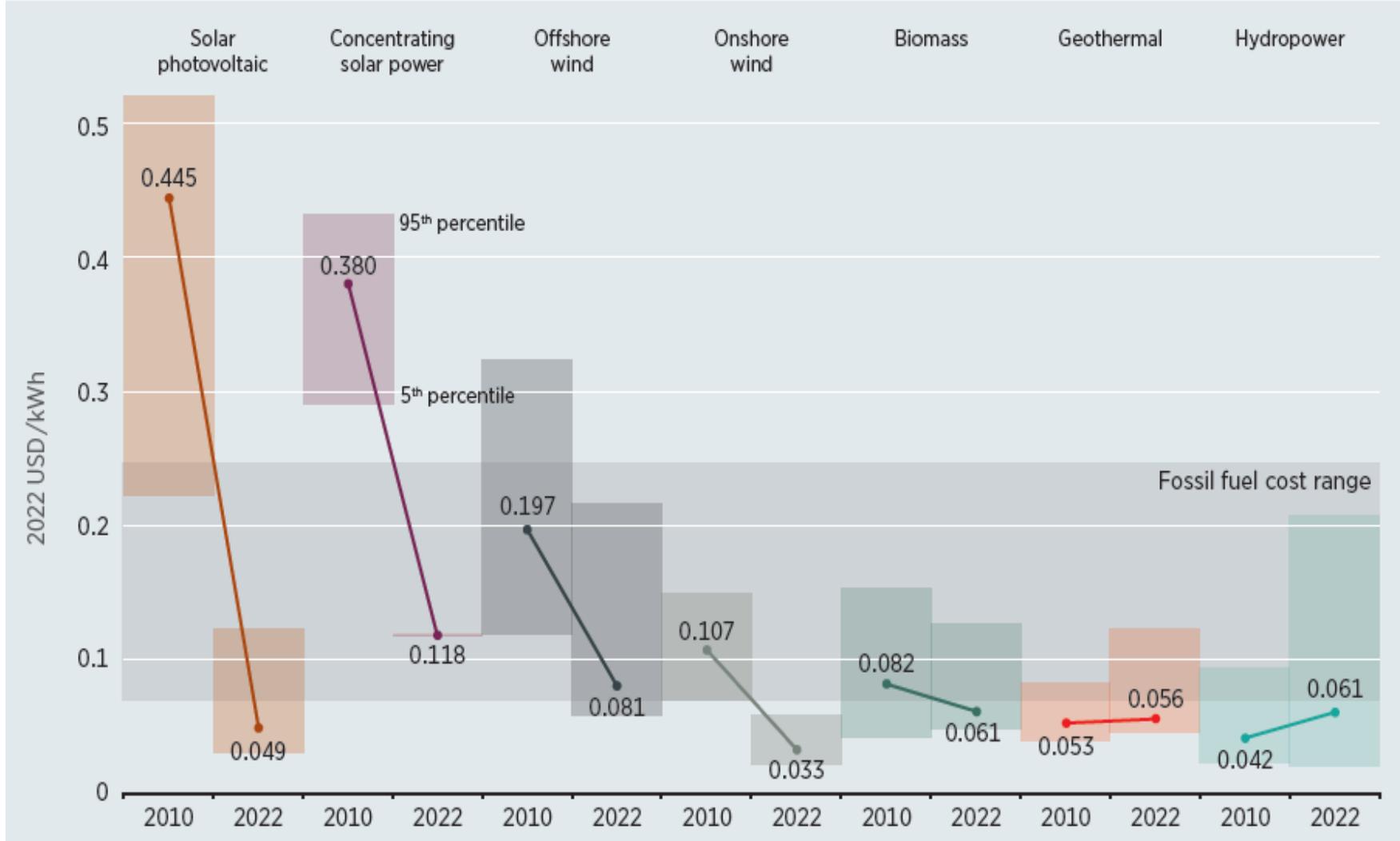


COSTOS NIVELADOS - LCOE

Costo nivelado SF:
2010: 0.445 USD/kWh
2022: 0.049 USD/kWh

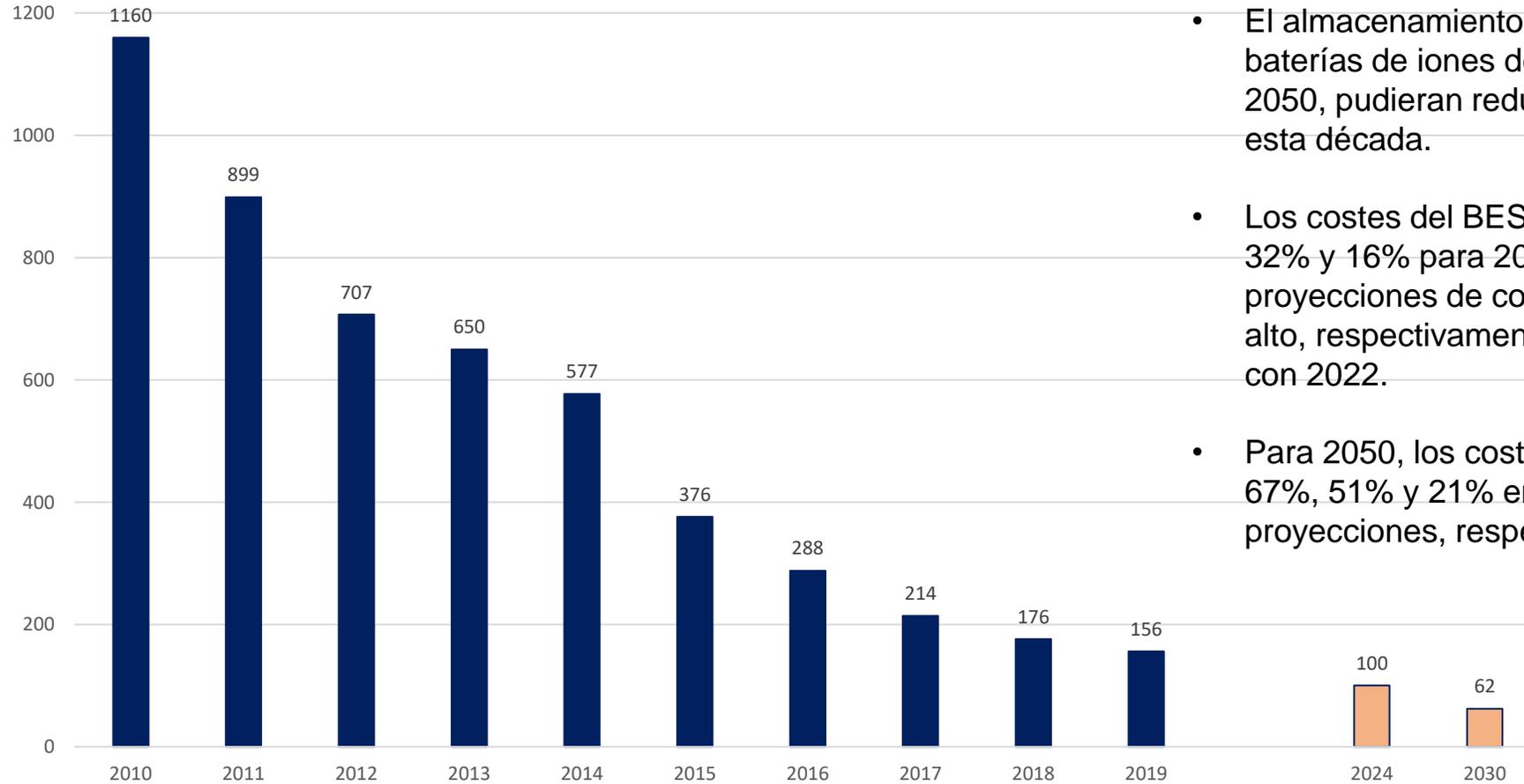
La caída de los LCOE de la SF hizo que en 2022 esta energía fuera un 29% inferior a la opción más barata basada en combustibles fósiles.

Subastas SF:
2010: 0.195 USD/kWh
2021: 0.039 USD/kWh



CAÍDA COSTOS PROMEDIO DE LAS BATERÍAS

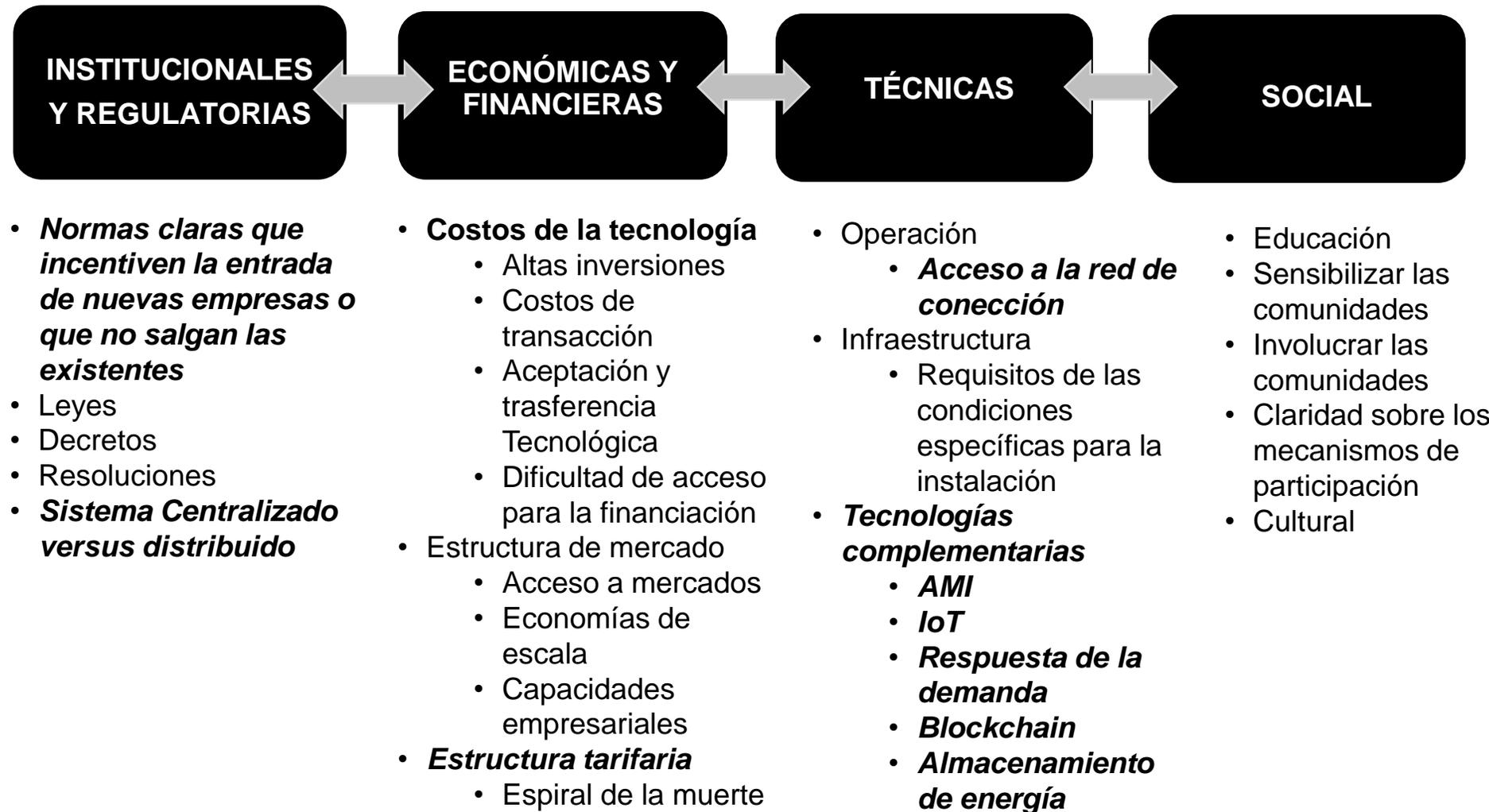
(USD/kWh)



- El almacenamiento de energía con baterías de iones de litio (BESS) hasta 2050, pudieran reducir a la mitad de esta década.
- Los costes del BESS caerán un 47%, 32% y 16% para 2030 en sus proyecciones de costo bajo, medio y alto, respectivamente, en comparación con 2022.
- Para 2050, los costes podrían caer un 67%, 51% y 21% en las tres proyecciones, respectivamente.

Fuente: BloombergNEF y El Laboratorio Nacional de Energías Renovables de EE.UU (NREL)

BARRERAS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

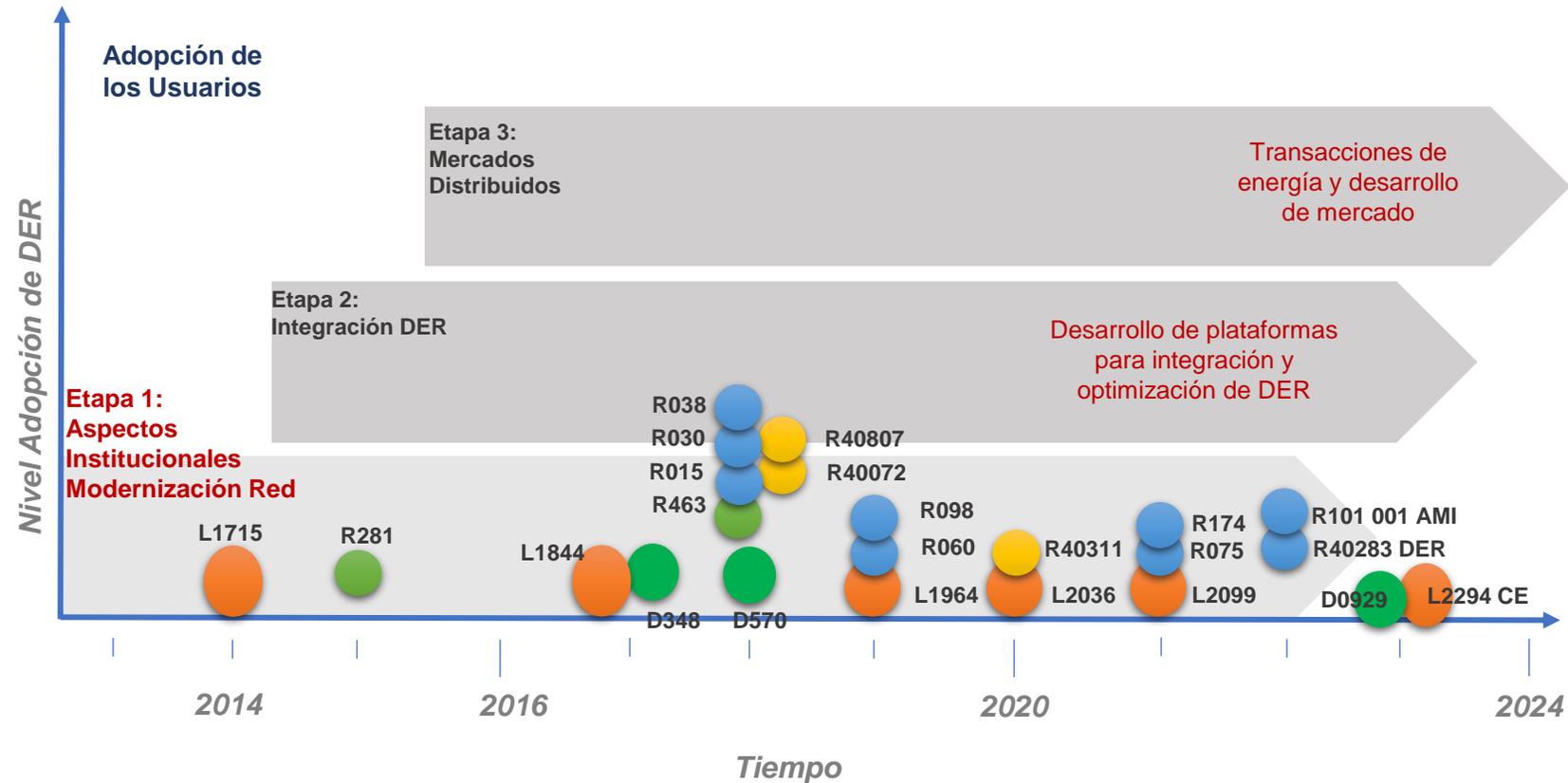




ADOPCIÓN DE DER EN COLOMBIA

Evolución etapa 1: Normas

-  Leyes del Congreso
-  Decretos
-  Res., Circ. MME
-  Res., Circ. CREG
-  Res., Circ. UPME



Nivel de Adopción de DER de acuerdo con la metodología de NARUC (National Association of Regulatory Utility Commissioners)
Fuente: Perez y Garcia, 2023

RAZONES MÁS IMPORTANTES PARA QUE LOS PROSUMIDORES PARTICIPEN EN CUMINUDADES ENERGÉTICAS

- **Económicas:**

- Representadas por la posibilidad de disminuir el gasto en energía derivado del autoconsumo
- Obtener ingresos extras por la venta de excedente de energía producida al sistema
- Comercio de energía peer to peer

- **Sociales:**

- Acceso a la energía o mejora en este
- Mitigación de la pobreza energética, pues la implementación de DER en áreas que no tienen acceso a energía permite su integración a la red
- Mejorar las condiciones de salud de hogares que cocinan con leña
- No obstante, deben hacerse estudios de análisis costo beneficio de la instalación de redes...

- **Ambientales:**

- Ayuda a la descarbonización por medio de energías renovables no convencionales

RECOMENDACIONES PARA LA REMUNERACIÓN DE LOS DER EN COLOMBIA

- **Medición neta (Net Metering)**

- En Colombia, este mecanismo es utilizado por la **Comunidad de la Estrecha**.
- No obstante, debe revisarse la remuneración actual para las inversiones realizadas por las empresas (operadores de red) en el SDL y los transmisores regionales en el STR.

- **Subastas**

- Este mecanismo ha sido uno de los más utilizados a nivel mundial para la incorporación de los DER, por su **eficiencia: mayor bienestar social** (mejores precios para los consumidores vs recuperación de inversiones para las empresas).
- Sin embargo, pueden diseñarse mejoras en la fase de implementación para asegurar la efectividad de los resultados esperados (requerimientos en la construcción de proyectos)

- **Gestión de la demanda**

- Para la reducción de la demanda (en picos) debe revisarse el mecanismo para la DDV establecido en la resolución CREG 101 019 de 2022.
- Incrementar el consumo cuando el sistema lo requiera para brindar estabilidad al sistema, proporcionando energía flexible, eficiente y con menores emisiones.
 - Este servicio pueda ser suministrado por la demanda agregada, con la posibilidad de realizar ofertas diferenciales de precio de modo que se puedan generar mejores señales

REFLEXIONES

- **Institucional**
 - **Garantizar la eficiencia en la prestación del servicio** con una intervención mínima de regulación para incentivar la competencia y que simultáneamente incentive el surgimiento de nuevos agentes y modelos de negocios en el mercado, que son a largo plazo el interés de los consumidores y nuevos agentes, dados los cambios disruptivos presentados en esta industria
 - Para lograr una **eficiencia de los recursos distribuidos** es necesario contar con un “**sistema distribuido**” el cual permita tener un control y monitoreo avanzado de este, contando principalmente con la presencia de **programas de respuesta de la demanda, sistemas de almacenamiento de energía, sensores de línea avanzados, medidores inteligentes**, entre otros, con el fin de que puedan operar conjuntamente y se logre obtener la mayor eficiencia tanto de la GD, como de la red de distribución
- Deben realizarse estudios técnico-económicos que evalúen el costo para zonas aisladas, donde la instalación de redes de transmisión y distribución para que las comunidades energéticas inyecten energía al sistema puede ser muy costoso
 - por tanto, los sistemas de almacenamiento de energía con baterías pueden resultar en una alternativa más eficiente.
- En Colombia existen retos importantes para la expansión de las redes de transmisión. Pero al mismo tiempo se ha venido migrando a la generación distribuida
 - ¿Cómo hacer para que ambos aspectos sean viables en el proceso de Transición Energética?



MUCHAS GRACIAS

JOHN GARCIA RENDON

jgarcia@eafit.edu.co

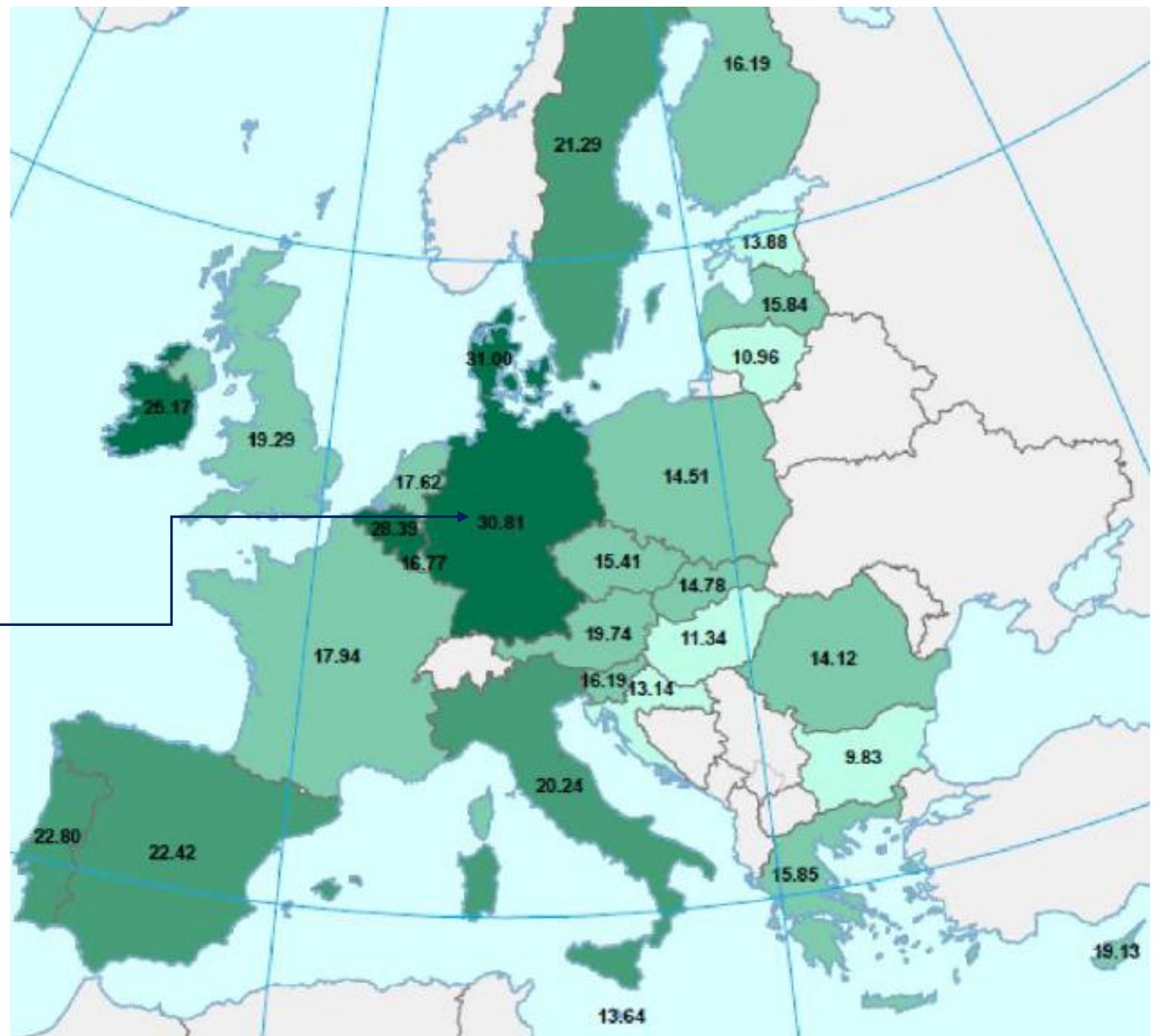
<https://sites.google.com/view/johnja/publications>



**PRECIOS
ELECTRICIDAD
HOGARES – EUROPA,
2018**
(ct € / kWh)

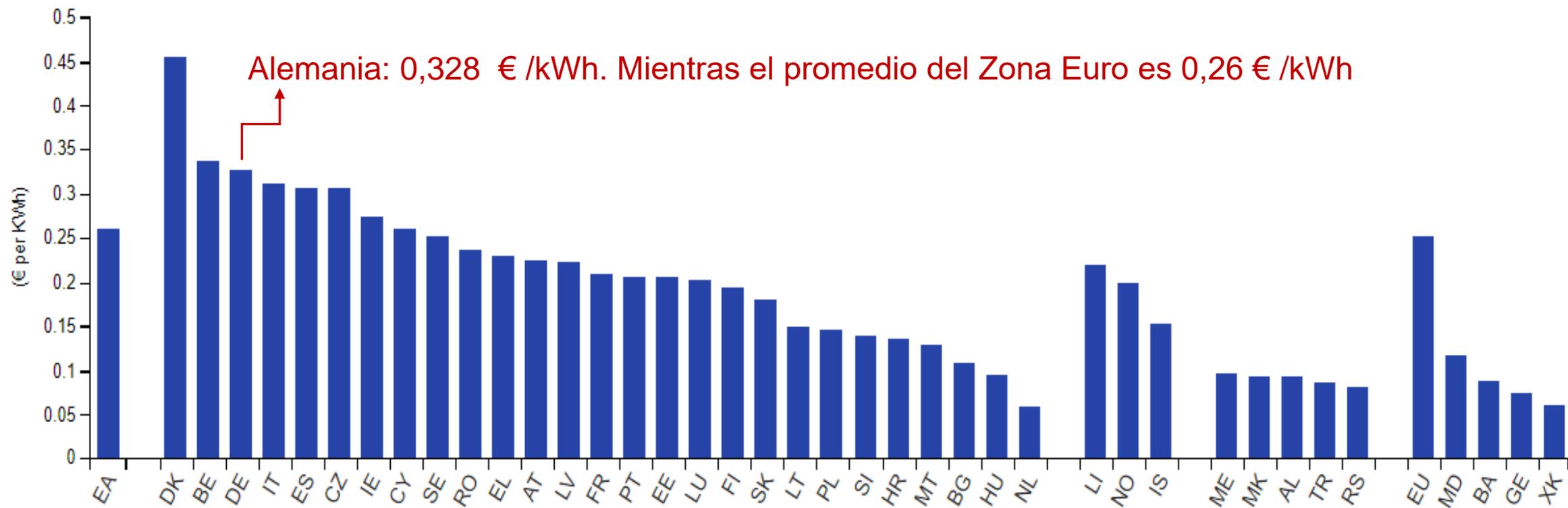
Alemania tiene uno de los
precios, promedio más
alto: 30,81

Promedio Zona Euro: 22,70



PRECIOS ELECTRICIDAD HOGARES - EUROPA

Primer semestre 2022

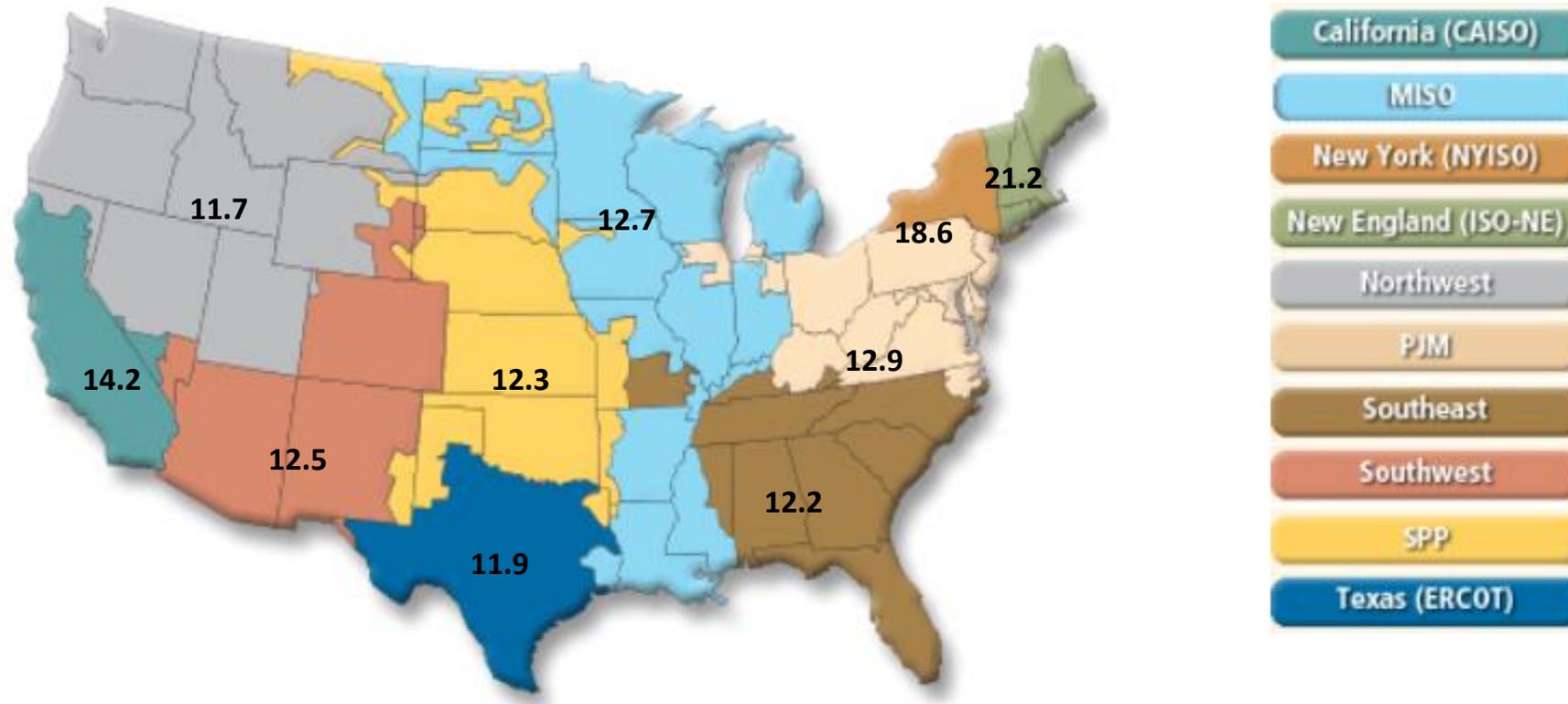


Kosovo (XK): This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

Source: Eurostat (online data codes: nrg_pc_204)

PRECIOS PROMEDIO ELECTRICIDAD HOGARES - EEUU

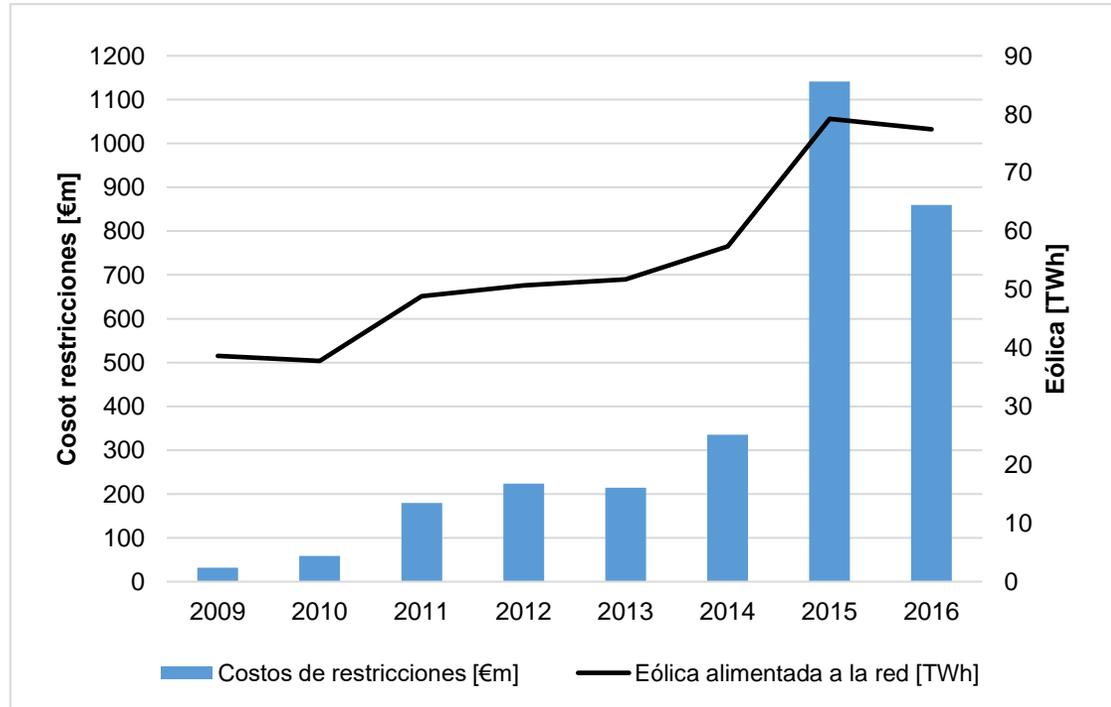
2019 (CentavosU\$ / Kilowatt)



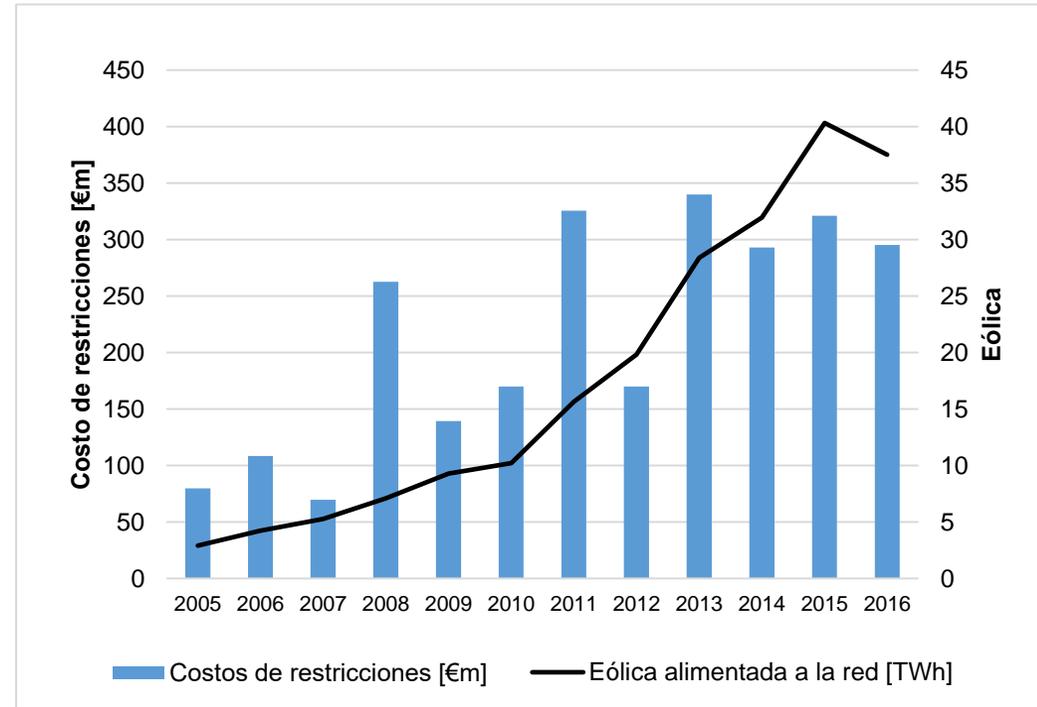
Fuente: https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a

ALTOS COSTOS DE LAS RESTRICCIONES POR LA INTEGRACIÓN DE ERNC

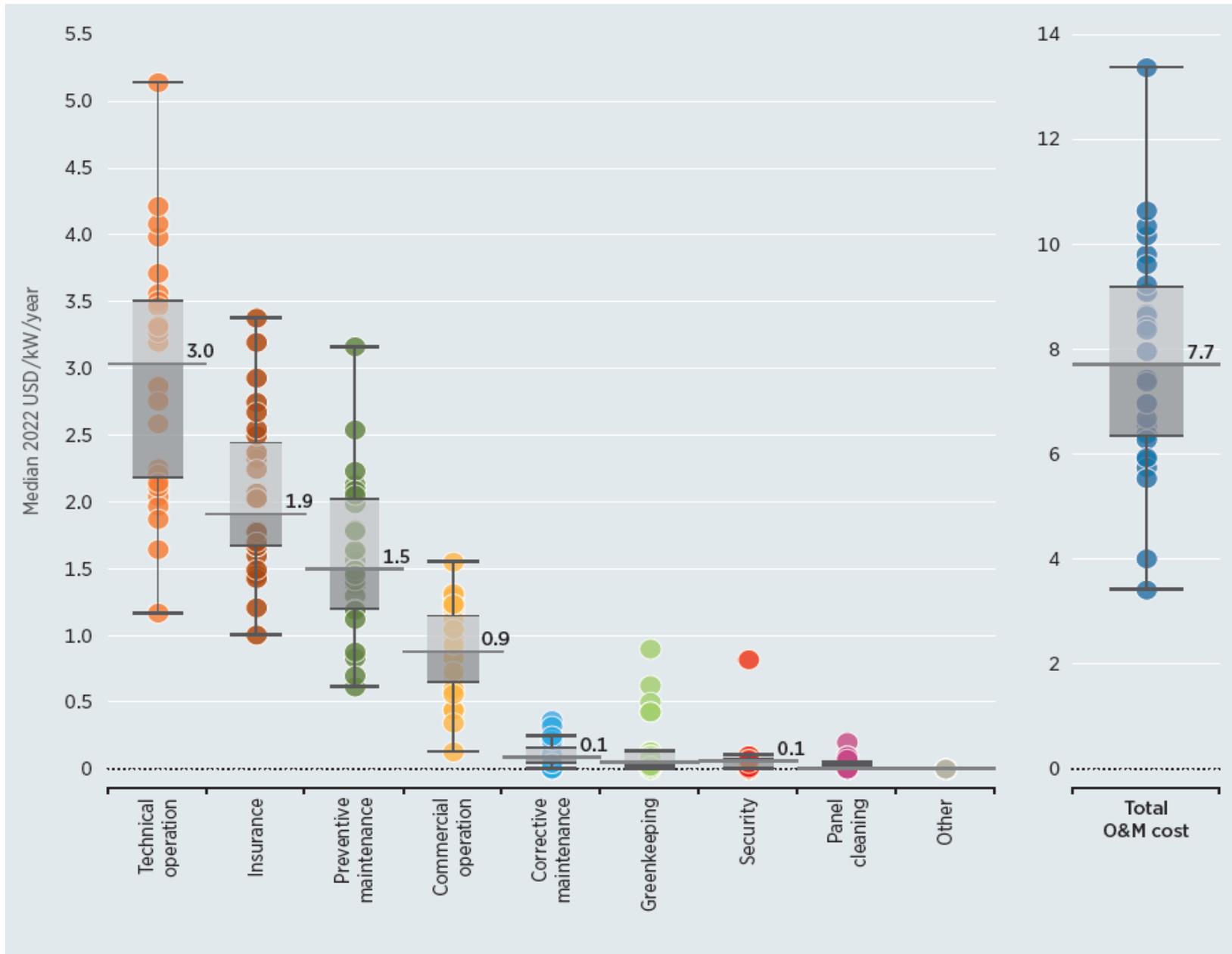
ALEMANIA



GRAN BRETAÑA



COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - O&M



COMUNIDADES ENERGÉTICAS - Colombia

- Por medio de la Ley 2294 de 2023, Plan Nacional de Desarrollo, se incluyen las comunidades energéticas para que su regulación sea como figura jurídica de Generación Distribuida.
- Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía, en la Hoja de Ruta de la Transición Energética Justa, contempla las Comunidades Energéticas como una solución para mejorar el suministro de electricidad en zonas vulnerables y así lograr el acceso universal a la energía.
- El Decreto reglamentario del art 235 del PND, define las COMUNIDADES ENERGÉTICAS como:
“Formas de asociatividad entre usuarios de energía por personas naturales o jurídicas que cooperan entre sí a través de un negocio jurídico para la generación, comercialización y uso eficiente de la energía a través del uso de Fuentes No Convencionales de Energía Renovables -FNCER- y recursos energéticos distribuidos”

Objetivos de estas comunidades:

- Mejorar el acceso al servicio
- Aumentar la eficiencia
- Democratizar el sector con la participación de los usuarios
- Descarbonizar la economía
- Promover el desarrollo sostenible local
- Aumentar la confiabilidad en el sistema
- Ofrecer mejores precios del servicio de energía eléctrica para las comunidades

COMUNIDADES ENERGÉTICAS - Colombia

- El Decreto tiene un trato diferencial y especial para las comunidades energéticas en el sector eléctrico colombiano haciendo énfasis en las comunidades vulnerables, específicamente en los grupos minoritarios y en condiciones vulnerables

Aunque se ha demostrado que se puede lograr una mayor eficiencia con los DER en los mercados energéticos a nivel mundial, la revisión de la literatura evidenció que existen limitaciones que dificultan la entrada de esta tecnología. Estas barreras se agrupan en tres: regulatorias e institucionales, la falta de un marco regulatorio estable, como incentivos para la implementación de DER; económicas y financieras, en las que encontramos la necesidad de reestructuración del mercado y un diseño de estructura tarifaria que incluya nuevas tecnologías para facilitar la entrada de nuevos actores en el mercado; y, por último, las barreras técnicas, es importante contar con un sistema que permita la adopción de nuevas tecnologías, incluido los DER, destacando la relevancia de las redes y la infraestructura necesaria para su implementación (López y García, 2022; Guerrero *et al.*, 2020).