



## *Resumen ejecutivo*

# Benchmarking Internacional

Expansión de la generación  
de energía eléctrica a partir  
de **fuentes renovables**



Por medio de la:





## *Resumen ejecutivo*

# Benchmarking Internacional

Expansión de la generación  
de energía eléctrica a partir  
de **fuentes renovables**

Asistencia técnica y capacitación para  
el Tribunal de Cuentas de la Unión  
(TCU) en relación con la fiscalización  
de las políticas públicas en el área de  
energías renovables.

#### PREPARADO POR

Facto Consultoria em Energia  
e Meio Ambiente Ltda.  
Avenida Rio Branco 185 Sala 2101  
Centro - Rio de Janeiro-RJ  
CEP 20040-007  
Tel (21) 98280-3437  
factoenergy.com

#### PREPARADO PARA

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.  
SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501  
Ed. Brasília Trade Center  
CEP 70711-902 Brasília-DF Brasil  
Tel (+55 61) 2021-2170  
giz-brasilien@giz.de

# Reconocimientos

El informe fue desarrollado bajo la coordinación de Reinhard Engl (GLZ) y fue escrito por Roberto Velásquez y José Zloccowick (Facto Energy).

El informe se benefició de la valiosa coordinación de Manoel Moreira de Souza Neto, Rodrigo Motta, Fernando Antonio de Sousa Moreira, Arlene Costa Nascimento, Jonas Carvalho Silva, Fernando Simões dos Reyes y Klauss Henry de Oliveira Nogueira (TCU).

En el caso de los países de la Unión Europea, los países de la Unión Europea (UE) y los Estados miembros de la Unión Europea (UE), Robert Ashdown (Swiss Re Group), Soffia Alarcón Díaz (Carbon Trust Mexico).

## AVISO LEGAL

Todas las precauciones razonables fueron tomadas por el Facto Energy para verificar la confiabilidad del material en esta publicación. Sin embargo, ni Facto Energy ni ninguno de sus empleados u otros proveedores de contenido de terceros proporcionan una garantía de cualquier tipo, expresa o implícita, y no aceptan responsabilidad por cualquier consecuencia del uso de la publicación o material contenido en este informe.

El Tribunal de Cuentas de la Unión (TCU) no participó en la elaboración de este informe, de modo que las descripciones, las opiniones y las conclusiones en él contenidas no necesariamente reflejan su posicionamiento, siendo la visión del Facto Energy y de las fuentes de consultas utilizadas.

La información aquí contenida no representa necesariamente las opiniones de los miembros del TCU. Las designaciones empleadas y la presentación del material aquí contenido no implican la manifestación de cualquier opinión por parte del TCU sobre el status legal de cualquier región, país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o sobre la delimitación de fronteras o límites.

La mención de empresas específicas o de determinados proyectos o productos no implica que sean endosados o recomendados por Facto Energy en detrimento de otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## Contenido

<b>1. Presentación .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Caracterización socioeconómica de los países.....</b>	<b>6</b>
2.1 PERFIL ENERGÉTICO DE LOS PAÍSES ANALIZADOS.....	6
2.1.1 Penetración de las Energías Renovables en los Países Analizados .....	7
2.2 INVERSIONES REALIZADAS EN RENOVABLES EN EL MUNDO.....	9
2.3 POLÍTICAS DE APOYO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	10
<b>3. Lecciones aprendidas y recomendaciones .....</b>	<b>15</b>
3.1 PLANIFICACIÓN.....	17
3.2 ASIGNACIÓN DE INCENTIVOS .....	18
3.3 REDES DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN .....	19
3.4 MITIGACIÓN DE LA INTERMITENCIA E INTEGRACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES.....	20
3.4.1 Integración Eléctrica Regional .....	21
3.4.2 Servicios Ancilares y Almacenamiento .....	21
3.5 SUBASTAS DE ENERGÍA.....	22
3.6 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.....	24
<b>4. Bibliografía .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Lista de abreviaturas .....</b>	<b>27</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1. Mecanismos de apoyo a las energías renovables en los países analizados ...14

## Lista de Figuras

Figura 1. Caracterización socioeconómica de los países analizados .....	8
Figura 2. Participación % de renovables excluyendo hidro > 10MW .....	9
Figura 3. Perfil Energético de los Países.....	12

# Presentación

El “Informe *Benchmarking* internacional” identifica buenas prácticas y lecciones de 10 (diez) países seleccionados (Sudáfrica, Alemania, Chile, China, Dinamarca, España, Estados Unidos, India, Italia y México) relacionadas con la expansión de la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. En todas las variables analizadas Brasil fue incluido de forma a viabilizar una comparación internacional permanente.

Este informe hace una caracterización de los países en análisis, incluyendo: aspectos socioeconómicos, perfil energético, consumo per cápita, emisiones, entre otras variables. Se presta especial atención a la presencia de fuentes renovables en esos países, a las inversiones realizadas ya las más relevantes políticas públicas aplicadas en ellos.

El informe tiene el objetivo de mapear y sistematizar documentos con metodologías comparables, así como consolidar informaciones acerca de:

- Organización institucional del sector eléctrico vigente en los países indicados;
- Estrategia adoptada para inserción de las fuentes de energía eléctrica renovable (en especial eólica, solar, biomasa, marea) en la matriz de generación de los países indicados;
- Acciones adoptadas a lo largo de los años, principales dificultades y soluciones que posibilitar la expansión de fuentes renovables en los países indicados, observándose los siguientes parámetros: evolución del mercado nacional; las políticas de subsidios y demás políticas públicas aplicables, las soluciones regulatorias adoptadas, los desafíos operativos para la inserción de las fuentes de energía renovables en la matriz, la evolución y la comparación de los precios de la energía, la diversificación del parque industrial, la evolución de las tecnologías utilizadas, los impactos sobre la seguridad energética, otros;
- Estado de las fuentes de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (en particular eólica, solar, biomasa, marea) en los países indicados, especificando cuál es el panorama actual de los siguientes parámetros: potencial de las diversas fuentes de generación; la matriz energética actual, la extensión del mercado nacional e internacional, políticas de subsidios y demás políticas públicas aplicables, soluciones regulatorias adoptadas, retos operativos restantes, precio de la energía de las diferentes fuentes, parque industrial, tecnologías utilizadas, entre otros;
- Evolución y práctica actual, si procede, de la implementación de smart grids en los países indicados.

# 2

## Caracterización socioeconómica de los países

Entre los países seleccionados para este análisis, la variedad socioeconómica es enorme. Las características demográficas, geográficas, de la riqueza producida (PIB) y del acceso a la electricidad influyen en el ritmo de expansión de las fuentes de energía renovables y deben tenerse en cuenta durante todo el estudio de Benchmarking. A Figura 1 presenta todas estas características para los países analizados y para Brasil.

El ritmo de crecimiento demográfico entre los países analizados también varía bastante. El crecimiento poblacional e indicadores económicos como el PIB son factores que presionan la demanda energética del país. Mientras que algunos países presentan crecimiento poblacional acelerado, como India, México y Sudáfrica, otros países registraron un estancamiento o hasta decrecimiento de la población como Italia y España con reducción entre 2015 y 2016 del 0,21% y el 0,01%, respectivamente.

Mientras que muchos países desarrollados, que usualmente poseen el 100% de la población con acceso a la electricidad, buscan una matriz energética más limpia impulsados por los compromisos internacionales asumidos en relación a la reducción de emisiones de gases de efecto (GEI), algunos países en desarrollo buscan en las tecnologías renovables una forma de aumentar el acceso a la energía eléctrica como en el caso de Sudáfrica y la India, donde, respectivamente, el 14% y el 21% de la población todavía no tiene acceso a la electricidad.

### 2.1 PERFIL ENERGÉTICO DE LOS PAÍSES ANALIZADOS

Con el fin de definir un perfil para cada uno de los países evaluados, se calcularon cuatro indicadores: Consumo per cápita de los países; Intensidad Eléctrica; Intensidad de las emisiones de CO<sub>2</sub>; y las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita.

Para complementar el perfil energético de cada país, se evaluaron también la participación actual de las fuentes renovables y el atractivo de éstas para inversiones en renovables. A Figura 3 presenta de forma consolidada el perfil de cada país analizado.

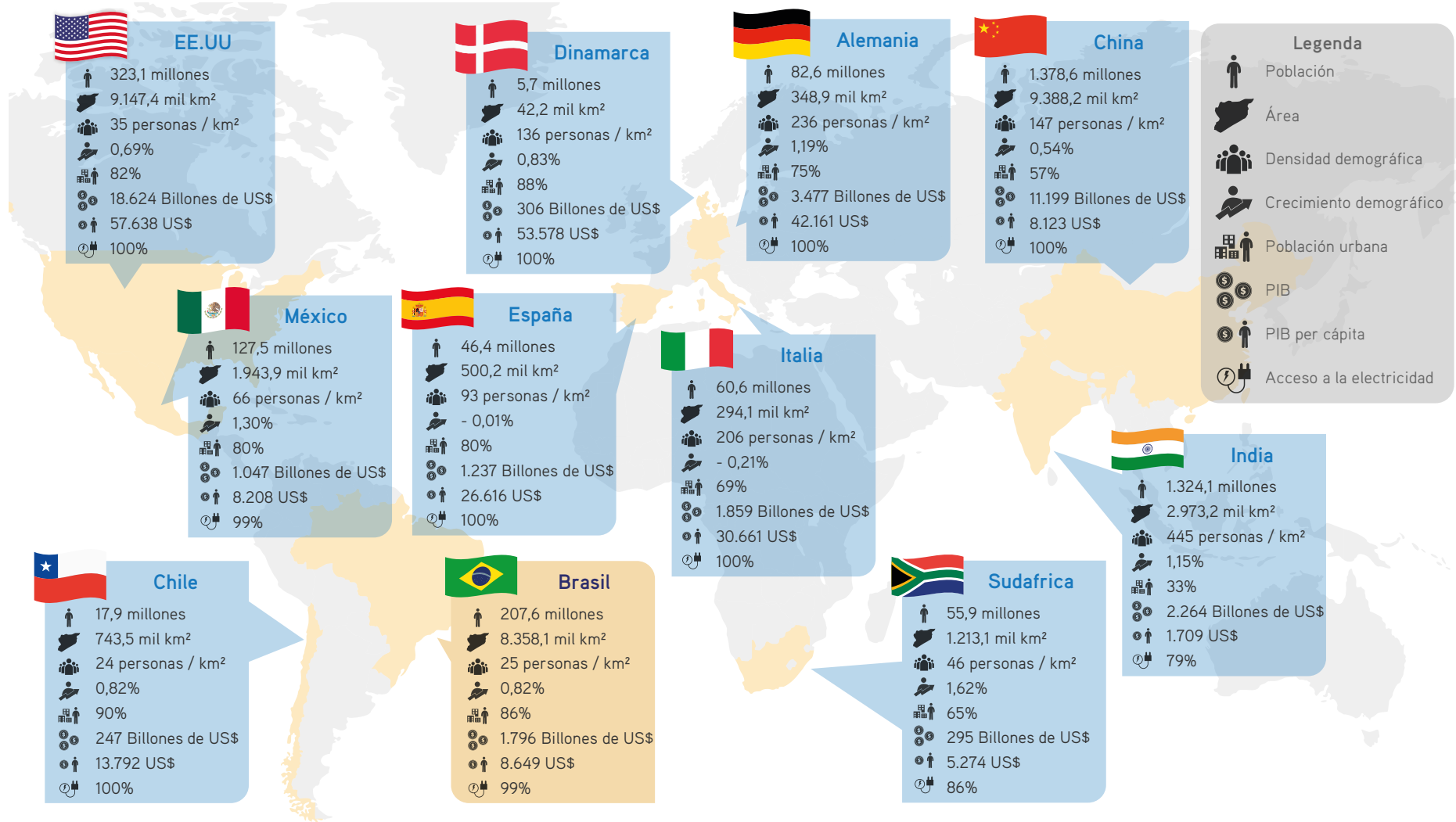


## 2.1.1 Penetración de las Energías Renovables en los Países Analizados

Cuando se incluyen todas las hidroeléctricas, independientemente de su tamaño, Brasil tiene la mayor participación de renovables (74%), como era de esperar. El país es seguido de cerca por Dinamarca (65,4%), que tiene una capacidad de generación eólica muy relevante (BP, 2018) (IRENA, 2018).



Figura 1. Caracterización socioeconómica de los países analizados

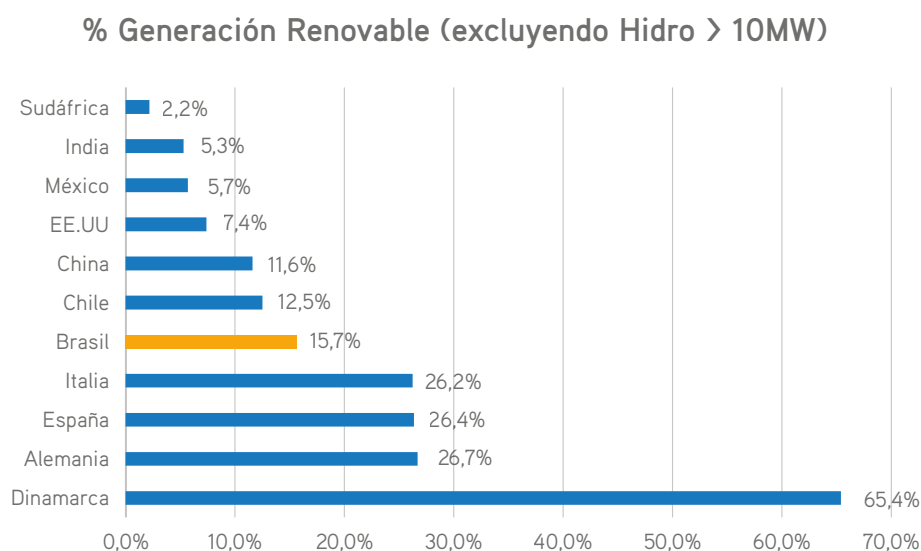


Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2016)



Na Figura 2 se realiza el mismo análisis de penetración, pero esta vez se excluyen las hidroeléctricas por encima de 10 MW. Brasil por tener una matriz con base en grandes hidroeléctricas, pasa del 74% al 15,7%. Similar situación se observa con Chile. Dinamarca mantiene su posición, ya que no tiene grandes hidroeléctricas. En este aspecto, Alemania presenta una situación parecida a la danesa.

**Figura 2. Participación % de renovables excluyendo hidro > 10MW**



Fuente: (BP, 2018) (IRENA, 2018)

## 2.2 INVERSIONES REALIZADAS EN RENOVABLES EN EL MUNDO

Al observar el escenario internacional, es importante dimensionar las inversiones que se están realizando y entender en qué tecnologías se asignan. Esta variable puede indicar cómo la matriz energética puede evolucionar a largo plazo.

La generación solar y eólica concentra la mayor parte de las inversiones, seguidas de lejos por los proyectos en bioenergía e hidroelectricidad (<50 MW). Cabe resaltar que las inversiones globales se ven afectadas por cambios macroeconómicos, políticos, regulatorios y tecnológicos, que pueden variar de un país a otro y de un año a otro.

Desde 2014, EY elabora el ranking de atractivo del mercado para inversiones en energía renovable. El Renewable Energy Country (EY, 2017) de octubre de 2017 evaluó los factores que impulsan el atractivo del mercado en un mundo donde la energía renovable supera la dependencia de los subsidios. Los pilares del índice, por lo tanto, ponen mayor énfasis en fundamentos como estabilidad política, entrega de proyectos (incluyendo la disponibilidad de capital) y diversidad de recursos naturales - factores que se volver cada vez más diferenciadores a medida que los mercados se mueven hacia la dirección la paridad arancelaria

de la red y que las motivaciones “artificiales”, como metas gubernamentales, se vuelven menos críticas. La clasificación de los países analizados se presenta en la última línea Figura 3, así como la variación de la posición en relación al último ranking, de mayo de 2017.

La cantidad de empleos directos e indirectos ofrecidos por la industria de renovables en el mundo también es otra variable de interés. En Brasil, según la Asociación Brasileña de Energía Eólica (ABEEólica), se generan 15 empleos para cada MW de capacidad instalada. Dinamarca ha informado de que el 10% de todos los empleos en el sector industrial se clasifican como Green Jobs (Copenhagen Capacity, 2018).

Se registra una fuerte reducción de los costos de la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía (LCOE). Su principal motivador es, sin duda, la reducción de los costos de tecnología. El costo de la generación de las renovables está compuesto, en su mayor parte, por el costo de comisionamiento de la planta, ya que no hay compra de combustibles durante su operación. Con la excepción de las tecnologías hidráulica y geotérmica, la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se está volviendo cada vez más competitiva.

Como tendencia general, los precios para la energía solar y eólica han disminuido en años recientes. En 2010, la energía solar fue contratada a un precio medio global de casi 250 US \$ / MWh, en comparación con el precio promedio de 50 US \$ / MWh en 2016. Los precios de la tecnología eólica también cayeron, aunque a un ritmo más lento - la tecnología ya estaba más madura en 2010. El precio promedio en 2016 fue de 40 US \$ / MWh, por debajo de 80 US \$ / MWh en 2010 (IRENA, 2017b).

## 2.3 POLÍTICAS DE APOYO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Todos los países analizados apoyan directamente el desarrollo y la implantación de tecnologías de energía renovable a través de determinadas políticas, tal como se muestra en la Tabla 1. La amplia gama de políticas identificadas proporciona apoyo directo o indirecto a las energías renovables para el desarrollo económico, y la seguridad energética.

Más de 100 países se adhirieron oficialmente al Acuerdo de París, formalizando sus compromisos con el desarrollo sostenible, muchas veces a través de la descarbonización del sector de energía. Entre ellos, están Chile, China, Sudáfrica, India y Brasil. Estas naciones presentaron contribuciones para la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero, siguiendo lo que cada gobierno considera viable a partir del escenario social y económico local.

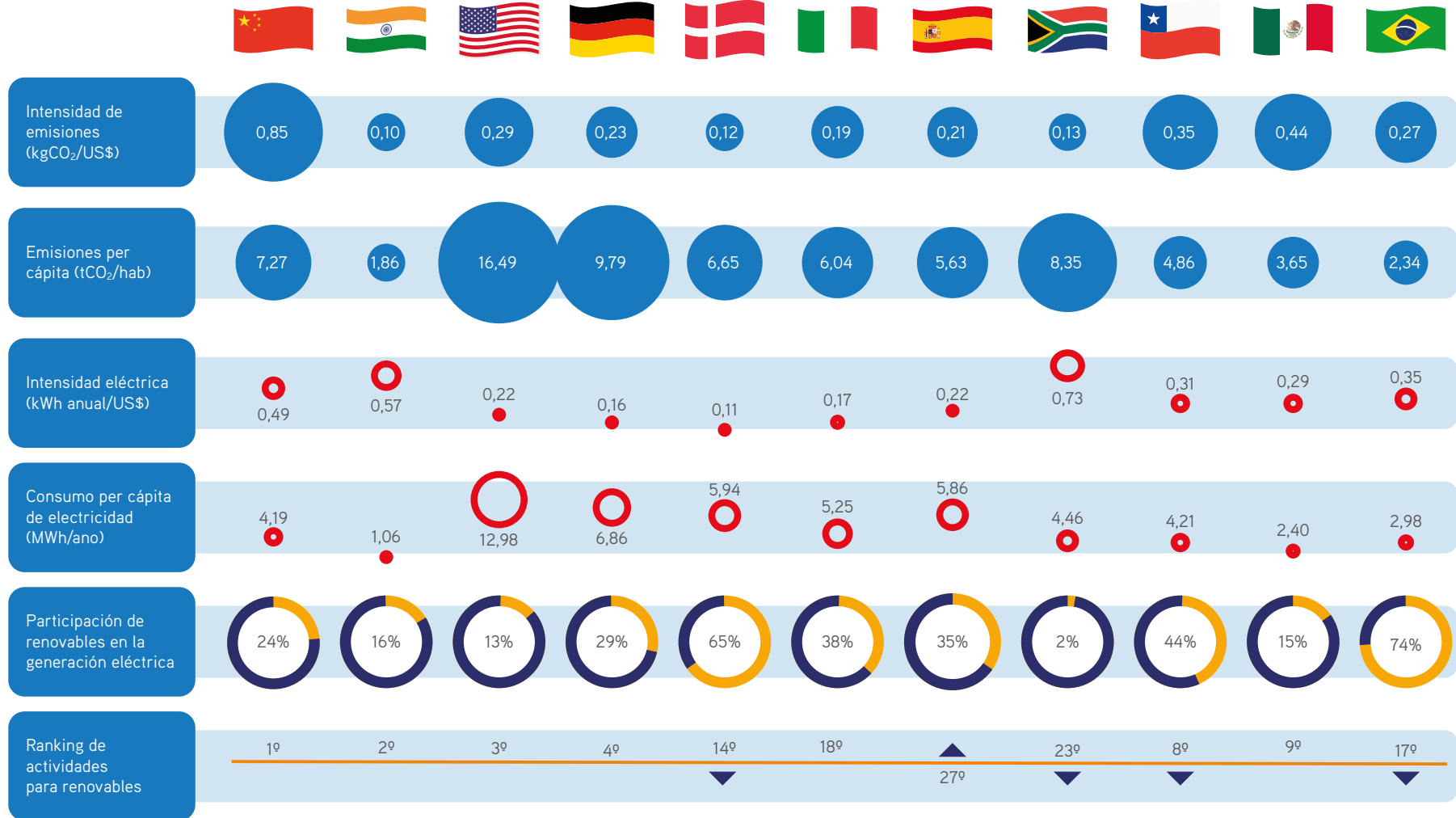
En la Unión Europea (UE), la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, en inglés) abarca la participación de todos los Estados miembros. Para alcanzar la meta establecida en la NDC, la UE cuenta con una serie de leyes y reglamentos internos. La legislación relativa al reparto de esfuerzos, por ejemplo, establece metas anuales vinculantes para las emisiones de GEI para los Estados miembros en los períodos 2013-2020 y 2021-2030<sup>1</sup>. Se espera que este objetivo impulse la inversión continua en energías renovables, lo que significa, por ejemplo, que la cuota de energías renovables en el sector de la electricidad aumentaría del actual 21% para al menos el 45% en 2030.

---

<sup>1</sup> Las metas se describen en el documento COM (2016) 482 final, de 20 de julio de 2016, relativo a las reducciones anuales obligatorias de las emisiones de gases de efecto invernadero por los Estados miembros entre 2021 y 2030 para una Unión de Energía Resiliente y para cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París.



Figura 3. Perfil Energético de los Países



Fuente: : Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial, IEA (2015 y 2016) y del worldometers (2015 y 2016), (BP, 2018), (IRENA, 2018) y (EY, 2017)



Cabe destacar que las metas de reducción de emisiones de GEI son obligatorias para los Estados miembros. Sin embargo, las metas de participación de las renovables, establecidas en sus planes individuales, son sólo indicaciones de las contribuciones propuestas. Los planes nacionales de Alemania, España, Dinamarca e Italia están alineados tanto al llamado acuerdo (20-20-20)<sup>2</sup> — que tiene entre sus metas alcanzar para 2020 una participación del 20% de fuentes renovables en el consumo bruto final de energía de la Unión Europea, en cuanto a la meta del 27% de participación de renovables en 2030, establecida por el Marco Político para el Clima y la Energía en el período de 2020 a 2030<sup>3</sup>.

En todo el mundo, la FIT sigue siendo la forma más prominente de apoyo a la política reguladora para la promoción de la energía renovable. Sin embargo, países en todo el mundo (especialmente en Europa y Asia) empezaron a alejarse de esas políticas. Principalmente cuando se trata de apoyo a la implantación de proyectos a gran escala, donde este mecanismo es a menudo sustituido por adquisiciones basadas en subastas. China, por ejemplo, redujo el valor de las tasas en hasta un 19% para el FIT solar, pero mantuvo la FIT para generación distribuida sin cambios (REN21, 2017).

Además de las políticas regulatorias, varios países proporcionaron fondos públicos, a través de préstamos subsidiados o incentivos fiscales, para impulsar la inversión en la implantación de energía renovable. A principios de 2016, India lanzó una subvención sobre el capital invertido del 30% para instalaciones fotovoltaicas solares en tejados, apoyado en 750 millones de dólares (50.000 millones de rupias indias) para financiar un nuevo programa (REN21, 2017).

2 Directiva 2009/28 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables.

3 COM (2014) 15 final, de 22 de enero de 2014 - Un marco político para el clima y la energía en el período de 2020 a 2030.





**Tabla 1. Mecanismos de apoyo a las energías renovables en los países analizados**

País	Metas de Energía Renovable	Energía Renovable en INDC o NDC	Políticas Regulatorias					
			Feed-in tariff (FIT)/ premium (FIP)	Cuota obligatoria para las energías renovables	Net metering	Obligaciones para la calefacción	Certificados de Energías Renovables (CER)	Subastas
Chile	X	X		X	X		X	H
Dinamarca	X		R		X		X	H
Alemania	X		R			X	X	H
Italia	X		X		X	X	O	X
España <sup>1</sup>	X					X	X	H
EE.UU. <sup>2</sup>	R*		X*	R*	R*	X*	X*	
Brasil	X	X			R	X*		R
China	R	X	R	X		X		H
México	R				X			H
Sudáfrica	R	X		X		X		H <sup>3</sup>
India	R	X	R*	X	X*	X*	X	H

X - Existe a nivel nacional (puede incluir también a nivel regional); X\* - Existe a nivel regional (pero no nacional); N - Nueva (una o más políticas de este tipo); R - Revisada (una o más políticas de este tipo); O - Removida; R\* - Revisada a nivel regional; H - Propuestas realizadas en 2016, o en años anteriores; 1 - España eliminó el apoyo del FIT para nuevos proyectos en 2012. Los incentivos para proyectos que se calificaron anteriormente para el soporte del FIT sigue siendo revisado. 2 - Las metas estatales en los EE.UU. incluyen políticas de RPS. 3 - Incluye energía térmica (calefacción y enfriamiento).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Renewables 2017 Global Status Report (REN21, 2017)

# 3

## Lecciones aprendidas y recomendaciones

La energía solar finalmente comienza a prosperar en Brasil, después de años siendo vista, junto con la eólica, como algo secundario y extravagante, incluso por gobiernos que tenían en las hidroeléctricas de gran porte su principal paradigma de generación de energía. Sin embargo, según datos de la EPE (2017), en 2016, sólo el 0,01% de la energía eléctrica generada en el país provenía de fuentes solares y el 5,4% de la fuente eólica.

Hay, sin duda, una tendencia de crecimiento en la generación solar FV, a ejemplo de lo que ocurre con la eólica desde 2009. Otras tecnologías renovables como la maremotriz y la geotérmica, sin embargo, poseen un futuro menos prometedor en Brasil. En ejercicio realizado en el informe “[R] evolución Energética” (Greenpeace, 2016), se estimó que sólo en 2030 la tecnología maremotriz pasaría a figurar entre las grandes fuentes de electricidad en Brasil. La tecnología Geotérmica posee una limitación geográfica debido al hecho de que la energía sólo es generada donde existe actividad volcánica intensa, excluyendo la posibilidad de utilización de esta fuente en países como Brasil (Goldemberg, 2017).

El análisis de países con fuerte aprovechamiento de la fuente solar, como Alemania, Japón, China y Estados Unidos, revela que las inversiones se basan principalmente en políticas públicas de incentivos, como beneficios fiscales y eficientes mecanismos regulatorios. El espacio para expansión del sector solar en Brasil es gigantesco. La irradiación solar del país (o insolación), sólo es menor que en Australia. Mientras que en Alemania el índice de irradiación entre 900 y 1.250 KWh / m<sup>2</sup> al año, Brasil registra entre 1.500 a 2.400 KWh / m<sup>2</sup>.

Chile, país casi 10 veces menor que Brasil, posee una mayor capacidad instalada de energía FV. El país utiliza el mecanismo de cuotas obligatorias de renovables para las concesionarias - ejemplo que puede ser seguido por Brasil sin mucha dificultad. El régimen de penalidades adoptado por Chile es una forma de garantizar la atención de las cuotas. Cabe resaltar que, hasta el momento, las cuotas han sido atendidas con holgura. Otro aspecto interesante de las cuotas es que ellas pueden ser definidas tomando como referencia las metas del país, sea en un ámbito nacional o internacional.

India y EEUU promueven la instalación de generación distribuida, principalmente fotovoltaica, en las edificaciones de gobierno, como forma de apoyar el desarrollo del mercado y liderar por el ejemplo. En el estado de Delhi, en la India, la política de instalación obligatoria de paneles solares en tejados de edificios públicos se introdujo como forma de alcanzar la meta establecida para 2016 de 35 MW de capacidad instalada FV en techos (DoP of Delhi, 2016). Delhi superó esta meta alcanzando 35,9 MW en diciembre de 2016 (MNRE, 2017), demostrando la eficacia de políticas como ésta. De forma similar, la Orden Ejecutiva 13693(2015) estableció metas graduales para la participación de renovables en el consumo eléctrico del gobierno federal de Estados Unidos. Con la publicación del documento, la participación de las renovables saltó del 8,3% en 2015 al 12,4% en 2016 (DOE, 2017), superando la meta del 10% inicialmente establecida.

A pesar del gran temor entre los actores del sector en relación a los subsidios cruzados presentes en el mecanismo brasileño de net metering, su impacto arancelario para los consumidores debe ser mínimo. La ANEEL (2017) estima que el aumento de la tarifa de energía eléctrica causado por la inserción de generación fotovoltaica distribuida sería de apenas 1,1% en promedio. Este sería el valor acumulado en el período de 2017 a 2024, y no anual. La ANEEL (2015), revela que, incluso en el escenario de mayor penetración de sistemas fotovoltaicos en la generación distribuida, la reducción acumulada de los ingresos de las distribuidoras no sobrepasaría el 0,30%.

Es latente la necesidad de reevaluar periódicamente los impactos arancelarios sobre los consumidores sin panel frente a la evolución del mercado. El sistema de compensación de California, por ejemplo, pasó por un largo período de maduración y fue remodelado para el actual Net Energy Metering (NEM). Después de cuatro años de evaluación y diversas consultas públicas realizadas por la Comisión de Concesionarias de California (CPUC), el actual programa trae un mayor equilibrio entre intereses de los consumidores participantes y no participantes del programa, pues las tasas insertadas reflejan los reales costos de los sistemas generadores para la red de distribución. Estas tasas, cobradas a los participantes, evitan que dichos costes se reparte entre todos los consumidores de la red, incluidos los no beneficiados por el NEM, como se ha hecho en el pasado.

En Italia, coexisten el mecanismo FIT (tariffa onnicomprensiva) y el sistema de compensación (Scambio sur Posto), demostrando que las dos formas de incentivo pueden utilizarse simultáneamente. Esto permite que el Estado coordine la expansión de las fuentes renovables en el sistema al tiempo que proporciona libertad para que el mercado innova en mecanismos de almacenamiento o compensación de energía basados en el atractivo del mercado y del sistema de compensación. Cuando el mercado no es capaz de alcanzar la penetración deseada por el gobierno, este empuja de tasas atractivas de FIT asociadas a un límite máximo de capacidad (MW). Así, contrata el volumen necesario al alcance de la meta planificada.

Incluso con cambios en la mejora de la red de medición en varios de los países analizados, todos ellos mantuvieron los beneficios para aquellos consumidores que se adhirieron a los programas de incentivos antes de la modificación de la política, como en el caso de Italia y California. Esto evita la judicialización del sector eléctrico y transmite a los inversores la seguridad jurídica necesaria para futuras inversiones, además de contribuir al aumento de la credibilidad del gobierno en relación a futuros programas.

Con el objetivo de segmentar las conclusiones, recomendaciones y posibles aprendizajes que los países analizados puedan traer a Brasil, las conclusiones fueron divididas en tópicos:

### 3.1 PLANIFICACIÓN

- Recuperar la tradición de planificación del sector eléctrico e incorporar la estrategia de energías renovables de manera clara y transparente en las herramientas de planificación a largo plazo cuantificando las contribuciones en la matriz energética por tipo de fuente.
- Definir cuántos MW de capacidad deberán ser instalados de energía solar FV, energía eólica, biomasa, heliotérmica, maremotriz, etc, para alcanzar la meta definida para el sector eléctrico. Al mismo tiempo debe definirse claramente, cuál es el horizonte temporal en que está nueva capacidad deberá ser incorporada;
- Introducir la obligatoriedad de las metas, y en caso de no atendida, aplicar sanciones financieras;
- Distribuir las metas nacionales entre los agentes de generación y los grandes consumidores, definiendo la obligatoriedad de atender porcentajes específicos, en un horizonte temporal predefinido;
- Definir los mecanismos que permitan alcanzar las metas de capacidad de renovables. Por ejemplo, cuánto de esa meta será atendida por subastas de generación renovable centralizada y por certificados de energías renovables, y cuál deberá ser la contribución de la microgeneración distribuida a través del net metering, etc.
- Evaluar la posibilidad de realizar subastas alternativas a los establecidos por la EPE para permitir que agentes que no están atendiendo a las metas puedan ajustar sus niveles de generación renovable;
- Acompañar las metas de renovables previamente establecidas a través de mecanismos de monitoreo y control efectivos y periódicos. Se observó que en varios de los países estudiados las metas de renovables son monitoreadas y, cuando no atendidas, se utilizan mecanismos alternativos como, por ejemplo, subastas adicionales, específicas por tipo de fuente;

- Evaluar la creación de una agencia en eficiencia energética y de fuentes renovables que sea responsable de impulsar estos dos temas en el país.

### 3.2 ASIGNACIÓN DE INCENTIVOS

Dinamarca, que actualmente tiene el 29% de su energía producida a base de carbón, trabaja para transformar Copenhague en la primera capital neutro en carbono para 2025 y para verse totalmente independiente de los combustibles fósiles para 2050. Para alcanzar los objetivos, las renovables ganaron incentivos durante muchos años, hasta estar en condiciones de competir con fuentes más contaminantes, como el carbón.

El camino que China ha atravesado es similar. Actualmente, el 60% de la energía del país es generada por fuentes de carbón, pero la señal que el gobierno ha dado es claro: esa participación debe reducirse rápidamente. En el país existen tres tipos de industrias: las llamadas alentadas, restringidas y prohibidas. El hecho de que las industrias de energías renovables estén en el primer grupo significa que, por el interés del gobierno, es posible contar con un proceso de aprobación más simple, beneficios fiscales, subsidios e incluso condiciones especiales de financiamiento.

En España, el 72,3% de la energía consumida se importa, un 20% más que la media de la Unión Europea. La balanza comercial española se ve afectada por la variación del precio de estos commodities. Por ese y otros motivos, el sector de renovables recibió fuertes incentivos económicos para consolidar una industria respetada internacionalmente.

El sector de la energía es uno de los más estratégicos y competitivos para cualquier economía del mundo. Lejos de operar como un libre mercado, tiene como característica pesados subsidios y es objeto de diversos acuerdos internacionales. En este escenario, es prácticamente imposible que nuevas fuentes de energía surgen y crezcan sin recibir apoyo político y económico adecuado. El Fondo Monetario Internacional estima que, en todo el mundo, empresas productoras de combustibles fósiles (los principales son petróleo, gas natural y carbón mineral) cuentan con el apoyo anual de US \$ 5,3 billones en subsidios. Esto equivale a 10 millones de dólares por minuto y supera los gastos de gobiernos con salud, por ejemplo.

La nueva edición del Plan Decenal de Energía, publicada para consulta pública en julio de 2017 (EPE- Empresa de Pesquisa Energética), apunta hacia el direccionamiento de cerca del 70% de las inversiones para petróleo y gas. Los



incentivos a los combustibles fósiles es una opción que va en contra de países que están logrando modificar sus matrices de electricidad. Es fácil constatar que naciones que registran efectivo crecimiento en energías renovables buscan equilibrar las políticas, construyendo condiciones para una necesaria y urgente transición energética. Por lo tanto, recomendamos:

- Evitar iniciativas independientes que impacten los objetivos trazados por los órganos de planificación. Se sugiere que las metas de renovables y los mecanismos para alcanzarlas tengan fuerza de ley.
- Evaluar, de manera cuidadosa, cualquier incentivo a los combustibles fósiles, cuantificando los impactos en el sector eléctrico como un todo.

### 3.3 REDES DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Los problemas de restricciones en la transmisión no son exclusividad de Brasil. Se identificaron también en algunas regiones de China y Chile. En Dinamarca, el operador del sistema, Energinet, anticipa la interconexión de parques eólicos, basado en el plan de desarrollo de proyectos en ejecución además de los proyectos aprobados. De esta forma, el fortalecimiento del sistema de transmisión es reforzado en paralelo al desarrollo de los proyectos, y no posteriormente. Las recomendaciones de este estudio en relación al sector de transmisión y distribución son:

- Iniciar la planificación de los sistemas de transmisión antes de la implementación de los proyectos de fuentes renovables, considerando tanto los proyectos en ejecución como los proyectos aprobados;
- Presentar señales económicas que estimulen la participación de empresas de generación en el segmento de transmisión. El “matrimonio” entre generación y transmisión tiene sentido, pero hay necesidad de seguridad para el inversor;
- Reforzar las interconexiones con los sistemas de transmisión vecinos;
- Permitir que la remuneración de una distribuidora no dependa de la energía vendida al consumidor, sino de la remuneración de la infraestructura disponible. Por lo tanto, los consumidores que poseer una generación propia de esa naturaleza deberían ser cobrados mediante tarifas binomias ( $R \$ / kW + R \$ / kWh$ ) que reflejen su contribución en términos de energía generada y eventualmente cedida a la red y aseguren la remuneración de las instalaciones cuyo apoyo les es indispensable para la continuidad de su consumo. Es necesario que los esfuerzos regulatorios para lograr este objetivo, que pasa, entre otros aspectos, por una mayor liberalización del mercado energético en el país, es decir, la posibilidad de que el cliente de baja tensión sea un consumidor libre;
- La aplicación del mecanismo net metering no puede afectar el equilibrio económico financiero de las distribuidoras y, en consecuencia, aumentar la tarifa de clientes que no poseen microgeneración;

- Los resultados de los proyectos piloto de redes inteligentes realizados en Brasil deben ser reunidos, evaluados y compartidos. Se debe reactivar el proyecto de redes inteligentes conducido por ABRADDEE (2013), con el objetivo de crear proyectos de demostración de resultados o laboratorios “a cielo abierto”, ya que el origen de estos proyectos es 100% de I & D;
- Se debe crear un plan a largo plazo de redes inteligentes brasileñas que incorpore el aprendizaje de los proyectos de I & D y trace una ruta de implementación de tecnologías para un horizonte temporal predefinido;
- La implantación de las redes inteligentes debería dar prioridad a: (1) la instalación de contadores inteligentes en una escala más grande que los proyectos piloto, (2) la instalación de una plataforma de comunicación que soporta estos dispositivos y para garantizar la seguridad informática de los datos. El regulador debe garantizar la remuneración de estas inversiones.

### 3.4 MITIGACIÓN DE LA INTERMITENCIA E INTEGRACIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES

En momentos de gran oferta de energía renovable, la producción de electricidad de las centrales de gas y carbón puede reducirse rápidamente a prácticamente cero, cediendo espacio para la producción limpia. Estas centrales se consideran bastante flexibles y, a menudo, se utilizan como respaldo para los momentos de baja generación renovable en los países analizados. Las centrales nucleares y de lignito<sup>4</sup>, sin embargo, no tienen la misma flexibilidad y, normalmente, sólo reducen parcialmente su producción, causando exceso de oferta hasta que la demanda de energía aumente o reduzca la generación de las fuentes variables (eólica y solar).

En Alemania, el aumento de la participación de fuentes renovables con generación de energía variable ha presionado la red de transmisión. Con cerca de 22,2% de generación de electricidad proveniente de fuentes eólicas y solar, el país ha mostrado al mundo que un gran nivel de generación variable puede ser integrado al sistema de transmisión sin causar problemas, gracias a una infraestructura de red robusta y a las conexiones internacionales.

Para mejorar el control de oferta y demanda de energía, los países analizados trabajan para introducir más flexibilidad a su sistema de generación eléctrica. En los tópicos siguientes, se presentan las principales recomendaciones para mitigar la intermitencia y promover la integración de las fuentes renovables en Brasil.

---

<sup>4</sup> Lignito o lignito (en portugués europeo, lignito) es una roca sedimentaria blanda, de color marrón y combustible formada por la compresión de la turba. Es considerado un carbón bajo debido a su bajo poder calórico.

### 3.4.1 Integración Eléctrica Regional

La interconexión eléctrica con otras regiones puede mitigar los problemas de la intermitencia importando eventuales excedentes para compensar reducciones de generación local y evitar otros recursos de back-up, más costosos. Hay tres alternativas de integración regional que deben ser analizadas:

- **El Mercado del Cono Sur:** entre los tres mercados identificados, el Mercado del Cono Sur, que involucra a Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, es el que tiene mayor posibilidad de desarrollo a corto plazo.
- **Mercado Andino:** en una perspectiva a medio plazo, surge como posibilidad el desarrollo de un “Mercado Integrado Andino”. La Comunidad Andina de Naciones (CAN), formada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, atribuye enorme importancia al sector energético y considera que la integración efectiva de los mercados energéticos subregionales, teniendo posibilidades de integración en el área de petróleo, gas natural y electricidad, podría ampliar la escala y mejorar la eficiencia del negocio energético andino, sudamericano e incluso hemisférico.
- **Mercado Septentrional:** El más incipiente de los mercados regionales en desarrollo en el continente se constituye de aquel que abarca Brasil, Guyana, Guyana Francesa, Surinam y Venezuela.

### 3.4.2 Servicios Ancilares y Almacenamiento

Cualquier sistema eléctrico debe garantizar la seguridad y la estabilidad en su funcionamiento. Una alternativa común es a través de servicios técnicos conocidos como servicios ancilares. En un sistema con alta presencia de fuentes renovables, la necesidad de compensación para mantener el equilibrio permanente entre generación y carga se hace aún más latente.

Con depósitos hidroeléctricos con capacidad para almacenar cerca de 287 GWmed (Tancredi & Abbud, 2013) e capacidad instalada de biomasa equivalente a 14 GW (IRENA, 2018), Brasil se encuentra en posición privilegiada para lidiar con la variación de energía que será introducida en los próximos años por las fuentes eólica y solar. El país tiene una capacidad instalada hidroeléctrica mayor que India, Italia, Dinamarca, Alemania, Sudáfrica y México combinados. La capacidad instalada de biomasa es aproximadamente 10 veces mayor que en Dinamarca. Brasil puede utilizar la generación flexible de estas plantas como back-up en momentos de baja generación eólica y solar.

Siendo así, para mejorar aún más la situación de los servicios ancilares y almacenamiento en Brasil, este estudio hace las siguientes recomendaciones:



- Crear mecanismos que incentiven y recompensen la rapidez de respuesta de las centrales de generación (o las centrales de arranque rápido).
- Realizar proyectos piloto a través del programa de I & D de Aneel, que evalúen el potencial de mercados de suministro de servicios auxiliares, principalmente a nivel de distribución, en el que tiende a la concentración de microgeneración intermitente en los próximos años.
- Las distribuidoras, con el fin de mejorar la calidad de la energía, podrían emplear activos de almacenamiento de energía en sustitución, por ejemplo, a la expansión de transformadores en subestaciones;
- Crear las condiciones regulatorias para estimular el crecimiento del almacenamiento de energía y crear un modelo de negocio sostenible;
- Trabajar a gran escala tecnologías de almacenamiento con alta madurez y bajo riesgo. Entre ellas, están las centrales hidroeléctricas reversibles, que por medio de un sistema de bombeo permiten el reaprovechamiento del agua para almacenar energía y potencia;
- Implementar programas piloto de GLD que permitan analizar, en ambiente controlado, la respuesta de unidades de carga y generación a incentivos financieros, preferentemente a intervalos horarios. Es decir, bonificar cargas y pequeños generadores, cuando éstos permiten que la distribuidora varíe sus niveles de demanda y generación.

### 3.5 SUBASTAS DE ENERGÍA

En varios países, las FIT han sido sustituidas por subastas como principal mecanismo de incentivo a las renovables. En Alemania, esta sustitución se produjo en 2015, principalmente para mejorar el control de la capacidad instalada en el país. En Sudáfrica, las principales explicaciones para el cambio de política incluyen el temor de aumentar los gastos del Tesoro debido a la garantía de la FIT para comprar toda la energía renovable (Renewable Energy Ventures (K) Ltd. and Meister Consultants Group Inc., 2012).

Utilizar criterios clasificatorios que involucra el desarrollo social proporcionado por la usina participante de la subasta es una buena forma para garantizar el equilibrio entre políticas de desarrollo económico y social. En África del Sur, para ser habilitados en la competencia, los proyectos deben alcanzar límites definidos de desarrollo económico en relación a la creación de empleo, contenido local, control de gestión, compras preferenciales, desarrollo empresarial, desarrollo socioeconómico y participación de pequeñas y medianas empresas. Además, es necesaria la participación mínima del 40% de empresa sudafricana en el emprendimiento que participará en la subasta y una contribución al plan del gobierno para mejorar la situación financiera de la población no blanca del país (BEE).

Así como en Brasil, la exigencia de contenido local en los emprendimientos participantes de subastas de Sudáfrica ha logrado buenos resultados para el desarrollo de la industria. La obligatoriedad ha llevado a varios fabricantes de tecnología y componentes a establecer instalaciones de fabricación en el país. El informe IPPPP - an Overview (2016) se constató que cerca del 51% del valor total de los proyectos ya iniciados o concluidos es referente al contenido local. Incluso con el aumento del 9,89% (Ettmayr & Lloyd, 2017) en el costo traído por esa exigencia, los precios de la energía (US \$ / MWh) alcanzados por las subastas en Sudáfrica para las tecnologías FV y eólica acompañaron el promedio internacional y la tendencia mundial de caída, lo que demuestra que es posible estimular la industria local sin causar grandes impactos en el precio final de la electricidad para el consumidor.

La utilización de subastas para localidades específicas puede reducir el coste de la energía procedente de fuentes renovables. En la India, la última subasta del Parque Solar de Bhadla, que resultó en el precio más bajo de la historia hasta mayo de 2017 (38 US \$ / MWh), ilustra bien esa posibilidad. La reducción de costos ocurre principalmente debido a la abundancia de recurso solar de la región estratégicamente elegida para la subasta y su proximidad a la red de transmisión. Direccionar a los emprendimientos para regiones determinadas también puede contribuir al equilibrio de la red de transmisión, reduciendo costos de adecuación en todo el sistema eléctrico del país.

En Chile, además de las subastas de las grandes empresas, los grandes clientes no regulados pueden negociar contratos de suministro de electricidad directamente con los generadores o organizar una subasta pública (individual o agregada). La última subasta, por una demanda agregada de 56,2 GWh por año, fue realizada en diciembre de 2016, con participación de 13 empresas (GTDT, 2017). Además, varias instituciones públicas chilenas realizaron subastas para promover implantación de energía renovable en las industrias forestal, alimentaria y agrícola, así como en edificios públicos.

Las principales recomendaciones de este estudio son:

- Incluir una agenda de subastas a largo plazo que se inserta en las herramientas de planificación del sector. Esto permitiría minimizar las incertidumbres de los inversores al proporcionar una estimación de la capacidad anual que se subastará en un horizonte de al menos 10 años.
- Innovar en las reglas de las subastas, incorporando variables de decisión social, como la generación de empleos, además del contenido tecnológico local.
- Evaluar la posibilidad de cambiar los criterios de adjudicación de las subastas en casos específicos, por ejemplo, cuando el riesgo del emprendimiento es alto la oferta ganadora podría ser un valor medio y no necesariamente el precio más bajo.
- Evaluar la posibilidad de incluir un componente variable en el precio de la energía, en los moldes utilizados en Dinamarca, donde el precio de la energía está vinculado a estimaciones sobre los futuros precios mayoristas (para los que se añade un premio fijo).



## 3.6 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

La industria de tecnologías limpias en Copenhague es apoyada por varios incentivos y oportunidades de financiamiento, sustentando la investigación y el desarrollo de tecnologías. La capital danesa es actualmente un centro para invertir en innovaciones verdes. El cluster Cleantech es un polo de tecnología que se destaca en las áreas de smart cities, smart grids, energía renovable, gestión de agua y residuos, tecnologías de reciclaje y ascensor. La industria en el país está tan desarrollada que el 10% de los empleos son *green jobs*.

España también ha desarrollado gran experiencia en renovables. Sus empresas se han expandido internacionalmente y se consideran jugadores en el sector de eólica, fotovoltaica y CSP. El proyecto Redes 2025, por ejemplo, constituye una importante iniciativa conjunta e integradora del sector eléctrico español para Investigación, Desarrollo y Demostración (P + D + D), estimulada por la Plataforma Tecnológica Española de Redes Eléctricas - FUTURED.

En Brasil, el Programa de Investigación y Desarrollo de Aneel (P & D / Aneel) ha sido la principal herramienta utilizada en el sector eléctrico. Los valores anuales de inversiones oscilan en torno a los R \$ 450 millones. Esta cantidad no es exclusiva para las energías renovables y puede utilizarse para cualquier segmento del sistema eléctrico (generación, transmisión y distribución). Los aspectos relacionados con las energías renovables se abordaron utilizando las llamadas a proyectos estratégicos. Entre ellos, están energía eólica, solar FV, heliotérmica, sistemas de almacenamiento y redes inteligentes.

Sin embargo, se ha comprobado que esas iniciativas no son suficientes para aprovechar una industria de renovables - de hecho, pocos productos y equipamientos, incluso en etapas de prototipo, fueron producidos. Gran parte de los P & Ds ejecutados en Brasil no generan productos con potencial de mercado. Es decir, está lejos de ser la solución para que el país desarrolle tecnologías propias.

Para fortalecer las iniciativas de P&D no Brasil recomendamos:

- Direccionar la mayor parte de los recursos del Programa de I & D / ANEEL para pequeñas empresas que están desarrollando investigaciones en áreas como Internet de las cosas, medición inteligente, software de gestión para sistemas de distribución con alta presencia de generación intermitente, etc. . Las empresas con este perfil han mostrado mayor capacidad para generar patentes y productos para el mercado que las universidades;
- Explorar la I & D nuevos mercados como, por ejemplo, el suministro de regulación de frecuencia en la distribución y un programa de gestión de la demanda (directo).



# 4

## Bibliografia

Agora Energiewende. (2014). *Negative Electricity Prices: Causes and Effects*. Berlin: Agora Energiewende.

ANEEL. (2015). *Nota Técnica nº 17/2015-SRD/ANEEL*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANEEL. (24 de maio de 2017). *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Fonte: Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL: <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>

ANEEL. (11 de março de 2018). *ANEEL*. Fonte: ANEEL: <http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d>

BP. (2018). *BP Statistical Review of World Energy*. London: BP.

Copenhagen Capacity. (27 de fevereiro de 2018). *Copenhagen Capacity*. Fonte: Copenhagen Capacity: <http://www.copcap.com/set-up-a-business/key-sectors/cleantech>

DOE. (2017). *Department of Energy*. Fonte: Federal Energy Management Program: <https://energy.gov/eere/femp/achieving-30-renewable-electricity-use-2025>

DoP of Delhi. (2016). *Delhi Solar Policy, 2016*. New Delhi: Department of Power, Government of NCT of Delhi.

EPE. (2017). *BEN – Balanço Energético Nacional*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. (2017). *Plano Decenal de Expansão de Energia*. Rio de Janeiro: EPE.

Ettmayr, C., & Lloyd, H. (2017). Local content requirements and the impact on the South African renewable energy sector: A survey-based analysis. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 2222-3436.

EY. (2017). *Renewable energy country attractiveness index*. Ernest Young.

Goldemberg, J. (20 de Outubro de 2017). Professor. (R. USP, Entrevistador)

Graichen, P., Sakhel, A., & Podewils, C. (2018). *The Energy Transition in the Power Sector: State of Affairs in 2017*. Berlin: Agora Energiewende.

Greenpeace. (2016). *[R]evolução Energética*. São Paulo: Greenpeace Brasil.

IRENA. (2017b). *Renewable Energy Auctions: Analysing 2016*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2018). *Statistics Time Series*. Fonte: International Renewable Energy Agency: <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=16>

MNRE. (09 de janeiro de 2017). *Agenda Note for National Review Meeting of State Principal Secretaries and State Nodal Agencies of Renewable Energy on 23rd and 24th January 2017 - New Delhi*. Fonte: Solar Rooftop- Grid Connected: <https://mnre.gov.in/solar-rooftop-grid-connected>

REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.

Renewable Energy Ventures (K) Ltd. and Meister Consultants Group Inc. (2012). *Powering Africa through feed-in tariffs Policies Advancing Renewable Energy to meet the Continent's Electricity Needs*. (p. 16). WFC (World Future Council), HBF (Heinrich Böll Foundation) and FoE (Friends of the Earth England, Wales & Northern Ireland).

Tancredi, M., & Abbud, O. A. (2013). *Por que o Brasil está trocando as hidrelétricas e seus reservatórios por energia mais cara e poluente?* Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado.

The Department of Energy (DoE), National Treasury (NT) & the Development Bank of Southern Africa (DBSA). (2016). *Independent Power Producers Procurement Programme (IPPPP) - An overview*.

The White House. (2015). *Planning for Federal Sustainability in the Next Decade*.

Think-Thank Renewables Energies. (2015). *Negative Prices on the Electricity Wholesale Market and Impacts*. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).

# 5

## Lista de abreviaturas

### C

CER: Certificado de Energía Renovable .....	18
CSP: Concentrated Solar Power / Heliotérmica .....	28

### E

EPE: Empresa de Investigación Energética .....	17, 21, 22
------------------------------------------------	------------

### F

FIP: Feed-in Premium .....	18
FIT: <i>Feed-in Tariff</i> .....	17, 18, 20, 26
FV: Fotovoltaica.....	17, 19, 21, 26

### G

GEE: Gases de efecto invernadero .....	10, 15
----------------------------------------	--------

### L

LCOE: Levelized Cost of Electricity / Custo de geração de eletricidade .....	14
------------------------------------------------------------------------------	----

### N

NDC: Contribución Nacionalmente Determinada .....	14, 18
---------------------------------------------------	--------



Por medio de la:

