

Un sector en auge: desafíos y oportunidades en el mercado mundial de almacenamiento energético en baterías

Deloitte Center for Energy Solutions

Los análisis apuntan a que el mercado global de almacenamiento energético crecerá rápidamente, pero pocos se ponen de acuerdo sobre el alcance de dicha expansión. Según una previsión ampliamente difundida, el mercado del almacenamiento energético podría registrar unas ventas anuales por un valor superior a 26.000 millones de dólares de aquí a 2022, lo que equivale a una tasa anual acumulada de crecimiento (TAAC) del 46,5%¹. Otro análisis sitúa el crecimiento a un ritmo más modesto, pero a pesar de ello sólido, con una TAAC del 16%, hasta los 7.000 millones de dólares anuales de aquí a 2025². En otros casos, el crecimiento se establece a medio camino entre las previsiones anteriores, si bien unos pocos defienden una visión ligeramente más optimista o pesimista.

La divergencia de opiniones parte principalmente de la definición de almacenamiento energético empleada. Algunos calculan únicamente las tecnologías a gran escala («*front-of-the-meter*») empleadas por las

compañías eléctricas, mientras que otras incluyen las soluciones a menor escala (*behind-the-meter*) implementadas por consumidores comerciales e industriales. Otros incluyen las baterías de los vehículos eléctricos y combinaciones de energía solar con baterías a menor escala, explotados por particulares, que podrían disponer no solo de aplicaciones *behind-the-meter*, sino también usos *front-of-the-meter* si se controlan por agregadores o compañías eléctricas. Para complicar todavía más las cosas, existen numerosas aplicaciones para el almacenamiento energético, lo que puede ser útil para la integración de energías renovables, favorecer las redes inteligentes y crear mercados de electricidad más dinámicos, mediante la prestación de servicios auxiliares y la potenciación tanto de la resiliencia del sistema como de la autosuficiencia energética.

A pesar de la complejidad del panorama, numerosas previsiones de crecimiento coinciden en que el almacenamiento

energético gana impulso a escala mundial y podría cambiar en profundidad las dinámicas del mercado. Para entender estas dinámicas cambiantes, hemos analizado exhaustivamente las previsiones agregadas de crecimiento para valorar el modo en que algunos de los países más activos en el desarrollo de energías renovables y la modernización de la red eléctrica abordan el almacenamiento de energía.

Estos países incluyen a Australia, Alemania, Chile, Corea del Sur, EE.UU., India, Italia, Japón, y Reino Unido. Nuestro análisis, principalmente centrado en el almacenamiento energético en baterías —la tecnología líder en la actualidad— tiene por objeto desvelar los motivos responsables del auge del almacenamiento energético en estos países, así como las medidas adoptadas por las compañías eléctricas y los decisores políticos para definir el almacenamiento energético en baterías, desarrollar los mercados del almacenamiento y respaldar su implantación continuada.

¹ P&S Market Research, «Energy Storage Market to Reach \$26,137 Million by 2022», nota de prensa, 7 de julio de 2017, <https://globenewswire.com/news-release/2017/07/07/1041306/0/en/Energy-Storage-Market-to-Reach-26-137-Million-by-2022-P-S-Market-Research.html>, consultada el 6 de octubre de 2017.

² Maloney, Peter: «Global energy storage market to hit 8.8 GW by 2025, IHS Markit says», Utility Dive, 4 de agosto de 2017, <http://www.utilitydive.com/news/global-energy-storage-market-to-hit-88-gw-by-2025-ihs-markit-says/448606/>, consultado el 6 de octubre de 2017.

A la hora de trasladar nuestras conclusiones, partimos de la evaluación de los catalizadores clave del mercado de almacenamiento energético en baterías.

Catalizadores del mercado
Catalizador n.º 1: mejora del coste y la eficiencia

El almacenamiento energético ha existido en distintas formas desde hace décadas. Así, cabe preguntarse a qué responde el interés por el almacenamiento energético en baterías en la actualidad. Quizás la respuesta más obvia sea la caída de los costes y la mejora de la eficiencia, en particular en lo referente a las baterías de iones de litio, dado que el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos está fomentando economías de escala en su fabricación. Tal como se ilustra en la Figura 1, los costes de las baterías de iones de litio están cayendo

drásticamente. No obstante, al examinar los nueve países abarcados en nuestro análisis, queda patente que la caída de los costes es solo parte de la cuestión.

Observación: la encuesta indica un precio medio de la batería (células y continente) para vehículos eléctricos y almacenamiento estático. Las empresas desarrolladoras de almacenamiento estático pagaron alrededor de 300 USD/kWh por conjunto de baterías en 2017, un 51% más que el precio medio para los fabricantes de automóviles, en torno a 199 USD. Esto se debe a unos volúmenes por pedido muy inferiores.

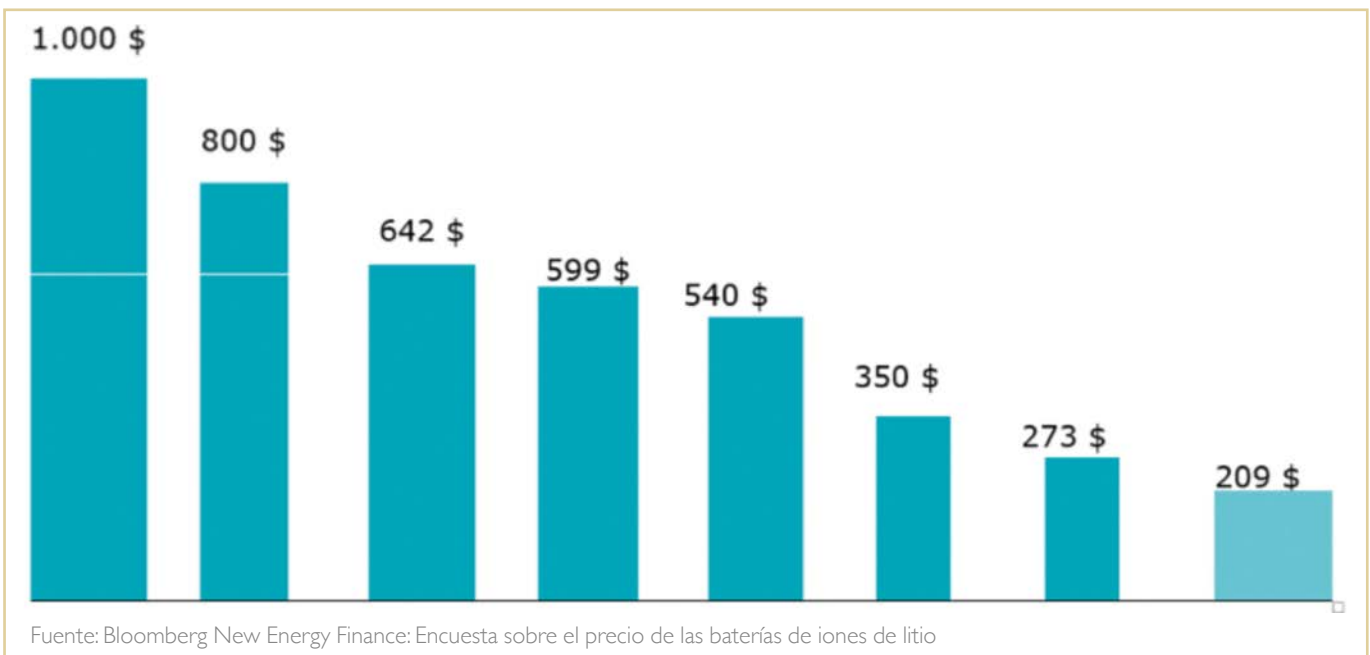
Catalizador n.º 2: modernización de la red

Numerosos países desarrollados están emprendiendo programas de modernización de su red eléctrica para aumentar su

resiliencia frente a las inclemencias meteorológicas, reducir los cortes de suministro relacionados con una infraestructura anticuada y mejorar la eficiencia global del sistema. A menudo, estos programas implican la implantación de tecnologías inteligentes en las redes eléctricas existentes para permitir la comunicación bidireccional y sistemas de control digitales avanzados, así como la integración de recursos energéticos distribuidos, tales como las energías renovables, las pilas de combustible, los generadores de diésel o gas natural, los dispositivos de almacenamiento y las microrredes.

En general, constatamos que el crecimiento del almacenamiento energético en baterías va de la mano de iniciativas de modernización de las redes, lo que abarca la transición a redes inteligentes. La digitalización de la red favorece la participación del prosumidor.

Figura 1. Los precios de las baterías de iones de litio cayeron un 80% de 2010 a 2017 (USD/kWh)de contadores.



midor³, la configuración de sistemas inteligentes, el mantenimiento predictivo, y la autorreparación, al tiempo que allana el camino para la implantación de estructuras de tarifas por niveles, todos ellos factores que crean oportunidades para que las baterías generen valor mediante el incremento de capacidad, el desplazamiento del consumo y/o la mejora de la calidad de la electricidad. Si bien hace tiempo que disponemos de tecnologías inteligentes, las baterías contribuyen a desarrollar su pleno potencial y viceversa.

Tesla, junto con Neoen, llevó a cabo recientemente la instalación de la batería de iones de litio más grande del mundo (100 MW) en Australia Meridional⁴. Tras un corte del suministro en 2016 que dejó sin electricidad a 1,7 millones de residentes, el estado de Australia Meridional encargó la batería en el marco de una iniciativa más amplia de modernización de la red eléctrica destinada a afrontar la escasez de suministro, los elevados precios y las preocupaciones sobre la fiabilidad y la resiliencia del sistema eléctrico⁵. La enorme batería instalada acumula el exceso de energía del cercano parque eólico de Hornsdale en horas de baja demanda, y la devuelve a la red para corregir los desequilibrios entre la oferta y la demanda y proporcionar electricidad de emergencia de inmediato en el caso de cortes de suministro⁶.

Catalizador n.º 3: la transición mundial hacia las energías renovables

El amplio fomento de las energías renovables y la reducción de emisiones también está impulsando la adopción de soluciones de almacenamiento energético en baterías. Es sabido el papel vital que las baterías pueden desempeñar a la hora de compensar la intermitencia de las fuentes de energía renovables y reducir las restricciones asociadas a estas, pero la solidez y la generalización de la demanda de energías limpias en todo tipo de consumidores de electricidad va en aumento, algo especialmente obvio en el sector público y el empresarial. Tal como puso de manifiesto un informe reciente de Deloitte, *"Serious Business: Corporate procurement rivals policy in driving the growth of renewable Energy"*, las grandes multinacionales han adoptado un papel de liderazgo en el consumo de energías renovables en todo el mundo. No en vano, muchas se han comprometido a alcanzar el 100% de energías renovables en las dos próximas décadas o antes, a través de programas como RE100 y la Renewable Energy Buyers' Alliance⁷, un signo alentador para el desarrollo de las energías renovables, y, presumiblemente, para la implantación de baterías destinadas a respaldar la integración de volúmenes superiores de recursos energéticos distribuidos.

Una nueva tecnología para la integración de sistemas de baterías en parques solares presenta el potencial de impulsar la generación energética. Florida Power & Light Company está llevando a cabo un proyecto piloto con un innovador sistema de batería de conexión DC en su parque solar Citrus Solar Energy Center⁸. Mediante la captación de la energía que supera la capacidad del inversor cuando los rayos solares son más intensos, el sistema de baterías presenta el potencial de aprovechar millones de kilovatios hora de energía solar excedentaria al año, que normalmente se perderían, lo que contribuye a reforzar tanto la cantidad como la previsibilidad de la energía producida por el parque⁹. A su vez, una mayor previsibilidad permite a la compañía eléctrica regular de forma más eficiente otras centrales eléctricas, permitiendo así que los consumidores reduzcan su gasto energético¹⁰.

Catalizador n.º 4: participación en mercados mayoristas de electricidad

A pesar de que los conceptos de energías renovables y baterías suelen ir de la mano, el almacenamiento energético en baterías puede contribuir a equilibrar la red y mejorar la calidad de la electricidad, con independencia de la fuente con que se genere. Esto apunta a una creciente oportunidad mundial para que las baterías participen en

³ Un «prosumidor» es un consumidor que produce electricidad que devuelve a la red.

⁴ Fung, Brian. «Tesla's enormous battery in Australia, just weeks old, is already responding to outages in 'record time'», The Washington Post, 26 de diciembre de 2017, https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2017/12/26/teslas-enormous-battery-in-australia-just-weeks-old-is-already-responding-to-outages-in-record-time/?utm_term=.3cc730fed5da, consultado el 28 de enero de 2018.

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.*

⁷ Motyka, Marlene; Slaughter, Andrew. «Serious Business: Corporate procurement rivals policy in driving growth of renewable energy», Deloitte, 2017, <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/corporate-procurement-driving-renewable-energy-growth.html>.

⁸ Florida Power & Light Company, «FPL unveils first solar-plus-battery system in the US that can increase solar plant output», PR Newswire, 9 de febrero de 2018, <https://www.prnewswire.com/news-releases/fpl-unveils-first-solar-plus-storage-system-in-the-us-that-can-increase-solar-power-plant-output-300596527.html>, consultado el 15 de febrero de 2018.

⁹ *Ibíd.*

¹⁰ *Ibíd.*

mercados mayoristas de electricidad. En el marco de nuestro análisis, prácticamente todos los países están renovando la estructura de su mercado mayorista para permitir que las baterías proporcionen capacidad y servicios auxiliares, tales como la regulación de la frecuencia y el control de tensión. Estas aplicaciones todavía tienen un carácter incipiente y están cosechando un éxito desigual a medida que los decisores políticos se esfuerzan por eliminar las barreras para la participación del almacenamiento y los mercados se reconfiguran.

Valoremos, por ejemplo, el mercado alemán de reserva de control primaria (PCR). Los actores de este mercado generan ingresos al ganar una subasta semanal y obtener una retribución por proporcionar capacidad para equilibrar la red¹¹. Si bien el mercado PCR se ha abierto a los proveedores de almacenamiento en los últimos años, la implantación de baterías no fue significativa hasta 2016, cuando la caída de los costes de los sistemas permitió una rentabilidad de la inversión viable¹². A diferencia de los generadores convencionales, las baterías pueden brindar respuesta a los desequilibrios del sistema prácticamente al instante, alcanzando una activación plena en menos de los 30 segundos que resultan necesarios¹³. No obstante, dado que, al contrario

que en EE.UU., en Alemania no se recomienda la rapidez de respuesta, los proveedores de baterías compiten directamente con los operadores dominantes consolidados, tales como las centrales de punta de gas. Por un lado, esta competencia indiferenciada ha demostrado su eficacia en la reducción del coste de la capacidad, pero, por otro, ha conducido a una rápida saturación del mercado, unos márgenes anémicos y una situación económica incierta para los proveedores de almacenamiento energético en baterías. En vista del estrecho margen de crecimiento que ofrece el mercado PCR, los proveedores de soluciones de baterías en Alemania cada vez se fijan más en el mercado de reserva secundario y en la distribución diferida como posibles nuevos flujos de valor¹⁴.

Al igual que en Alemania, algunos operadores de red en EE.UU. también han permitido que las baterías compitan en sus sistemas¹⁵. La apertura de los mercados mayoristas de electricidad en EE.UU. a proveedores de recursos de rápida respuesta tales como las baterías y los sistemas de inercia mecánica puede atribuirse ampliamente a las Órdenes 755 y 784 de la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC), emitidas en 2011 y 2013, respectivamente¹⁶. Dichas disposiciones especifi-

can que la velocidad y la precisión deben remunerarse en los mercados de servicios auxiliares¹⁷. Desde que se abrieron las puertas a los proveedores de baterías a la participación en los mercados de regulación de frecuencia, los operadores de red han debido hacer frente a algunos desequilibrios iniciales en la composición de recursos de respuesta rápida o más lenta, y cuestiones relacionadas con los parámetros de despacho, señales y otros requisitos técnicos. No obstante, nuestras conclusiones ponen de manifiesto que, de aquí en adelante, las ventajas que ofrece la integración de baterías en los mercados mayoristas de electricidad pueden superar estos obstáculos ligados al crecimiento, puesto que los decisores políticos en todo el mundo cada vez adoptan más medidas para recompensar la contribución de las baterías de respuesta rápida para equilibrar las operaciones en la red eléctrica. Por ejemplo, la Comisión Nacional de Energía chilena ha redactado un nuevo marco normativo para los servicios auxiliares que reconoce la contribución que pueden ofrecer los sistemas de almacenamiento en baterías¹⁸. Italia también ha abierto su mercado de servicios auxiliares a proyectos piloto en materia de energías renovables y almacenamiento energético en el marco de su ambiciosa iniciativa de reforma normativa¹⁹. Asimismo, el 15 de febrero

¹¹ Mayr, Florian. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 1: Germany», Apricum Group, 14 de noviembre de 2016, <https://www.apricum-group.com/guide-stationary-energy-storage-europe-part-1/>, consultado el 13 de diciembre de 2017.

¹² Munsell, Mike. «German energy storage market to reach \$1 billion by 2021», GTM, 28 de julio de 2016, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/german-energy-storage-market-to-reach-1b-by-2021#gs.gi4rLIs>, consultado el 13 de diciembre de 2017.

¹³ Mayr. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 1: Germany».

¹⁴ Munsell. «German energy storage market to reach \$1 billion by 2021».

¹⁵ St. John, Jeff. «NYISO's energy storage roadmap: A plan to match the state's new mandate», GTM Squared, 8 de diciembre de 2017, <https://www.greentechmedia.com/squared/read/nyiso-energy-storage-roadmap-a-plan-to-match-the-states-new-mandate#gs.ra9l0ng>, consultado el 13 de diciembre de 2017.

¹⁶ Wesoff, Eric. «FERC's Energy Storage Ruling Could Jump-start Big Batteries», GTM, 12 de agosto de 2013, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/fercs-energy-storage-ruling-could-jump-start-big-batteries#gs.JJnso>, consultado el 14 de enero de 2018.

¹⁷ *Ibíd.*

¹⁸ Nixon, Patrick. «Tech companies eyeing energy storage in Chile», BN Americas, 29 de agosto de 2017, <https://www.bnamericas.com/en/news/ict/tech-companies-eyeing-energy-storage-ops-with-new-chile-regulation/>, consultado el 16 de diciembre de 2017.

¹⁹ Bellini, Emeliano. «Italy opens ancillary services market to pilot renewable energy projects and storage projects», PV Magazine, 9 de mayo de 2017, consultado en <https://www.pv-magazine.com/2017/05/09/italy-opens-ancillary-services-market-to-pilot-renewable-energy-and-storage-projects/>, el 16 de diciembre de 2017.

de 2018, la FERC emitió una norma definitiva que avanzaba en la eliminación de barreras para la participación de recursos de almacenamiento eléctrico en los mercados de capacidad, energía y servicios auxiliares en su ámbito de competencia²⁰.

La presidenta de Chile, Michelle Bachelet, ha introducido una nueva estrategia energética nacional a largo plazo que establece el objetivo de generar al menos el 70% de la electricidad del país a partir de fuentes renovables de aquí a 2050²¹. Para respaldar la integración de más electricidad obtenida a partir de fuentes renovables en la red eléctrica del país, la Comisión Nacional de Energía chilena ha redactado una nueva normativa en materia de servicios auxiliares que incluye el almacenamiento energético en su sistema regulado y allana el camino para que las tecnologías en el ámbito de baterías ofrezcan servicios de control de frecuencia de respuesta rápida²². Las reformas normativas han llamado la atención de los fabricantes de baterías, algunos de los cuales apuntan al mercado no solo para aprovechar las oportunidades existentes en el ámbito de los servicios auxiliares, sino también para proporcionar infraestructuras destinadas a mitigar los estrangulamientos en el transporte de la electricidad y almacenar la energía generada a partir de los abun-

dantes parques eólicos y solares del país. Por ejemplo, NEC ya ha puesto en marcha varios proyectos en Chile, y Siemens tiene pensado entrar en este mercado con una innovadora solución híbrida de baterías de iones de litio y gas natural, desarrollada por Fluence, su nuevo negocio conjunto con AES²³.

Catalizador n.º 5: la incentivación financiera

La amplia disponibilidad de incentivos financieros fomentados por los Gobiernos en los países abarcados en nuestro estudio refleja también la creciente concienciación de los decisores políticos sobre las distintas ventajas que pueden ofrecer las soluciones de almacenamiento a lo largo de la cadena de valor de la electricidad. En nuestro análisis, estos incentivos iban desde el reembolso directo o a través de la bonificación fiscal de un porcentaje del coste de los sistemas de baterías hasta el respaldo económico a través de ayudas y préstamos subvencionados. Estos incentivos parecen ser particularmente generosos en países preocupados por la seguridad energética, como Italia, que ofrecía una deducción fiscal del 50% en 2017 para las instalaciones de almacenamiento doméstico²⁴, o en países con un interés económico en la fabricación de ba-

terías, como Corea del Sur, donde el respaldo del Gobierno de la inversión en sistemas de almacenamiento energético ha llevado la generación hasta los 89 megavatios hora (MWh) en el primer semestre de 2017, un 61,8% más que en el mismo periodo del ejercicio anterior²⁵.

En vista de los objetivos marcados en materia de integración de más energías renovables y la mejora de la fiabilidad de la red, el Ministerio de Comercio, Industria y Energía surcoreano tiene previsto invertir 391,6 millones de dólares estadounidenses en nuevos sistemas de almacenamiento energético a partir de 2017-2020²⁶. La inversión se llevará a cabo a través de incentivos que atribuirán a los operadores que instalen sistemas de almacenamiento energético junto con sus parques solares de uso comercial puntos adicionales en la valoración de sus certificados de energías renovables²⁷. Cabe destacar que Corea del Sur alberga numerosos productores de baterías nacionales, entre los que figuran Samsung SDI, LG Chem y Kokam²⁸. El incentivo de almacenamiento energético forma parte de un plan más amplio del Gobierno surcoreano de inyectar 27.000 millones de dólares estadounidenses para el fomento de las energías renovables a partir de 2017-2022²⁹.

²⁰ Federal Energy Regulatory Commission, «FERC issues final rule on electric storage participation in regional markets», Docket N.º RM16-23, artículo consultado el 15 de febrero de 2018, <https://www.ferc.gov/media/news-releases/2018/2018-1/02-15-18-E-1.asp#.WocN2hPwZuV>.

²¹ «Chile: 70% of electricity to come from renewables by 2050», Tidal Energy Today, 6 de enero de 2016, <https://tidalenergytoday.com/2016/01/06/chile-70-of-electricity-to-come-from-renewables-by-2050/>, consultado el 27 de enero de 2018.

²² Nixon, Patrick. «Tech companies eyeing energy storage in Chile».

²³ *Ibíd.*

²⁴ «Energy storage as key driver for the growing Italian PV market», PV Europe, 16 de mayo de 2017, <http://www.pveurope.eu/News/Energy-Storage/Energy-storage-as-key-driver-for-the-growing-Italian-PV-market> consultado el 13 de diciembre de 2017.

²⁵ Song, Ashley. «South Korean government eyes energy storage systems», Korea Bizwire, 6 de julio de 2017, <http://koreabizwire.com/south-korean-government-eyes-energy-storage-systems/87773>, consultado el 18 de diciembre de 2017.

²⁶ Deign, Jason. «Who will benefit from South Korea's solar-plus-storage incentive?» GTM, 5 de octubre de 2016, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/who-will-benefit-from-south-koreas-storage-incentive#gs.S==B4X0>, consultado el 29 de enero de 2017.

²⁷ *Ibíd.*

²⁸ *Ibíd.*

²⁹ Pothecary, Sam. «South Korea to give incentives for energy storage as part of renewables spending spree», PV Magazine, 20 de septiembre de 2016, <https://www.pv-magazine.com/2016/09/20/south-korea-to-give-incentives-for-energy-storage-as-part-of-renewables-spending-spreel00026184/>, consultado el 29 de enero de 2018.

Catalizador n.º 6: la retirada gradual de los sistemas de primas o precios fijos regulados o de balance neto

Un sistema de primas o precios fijos regulados o de pagos por balance neto bajos o menguantes también emergieron como un catalizador de la instalación de baterías *behind-the-meter*, puesto que consumidores y empresas buscan maneras de obtener mayores rentabilidades de sus inversiones en paneles solares fotovoltaicos (FV), lo que está sucediendo en Australia³⁰, Alemania³¹ y el Reino Unido³², así como en Hawái³³ (EE.UU.). Estas zonas cuentan con algunos de los mercados de energía solar más maduros, en parte dado que los precios de la electricidad son suficientemente elevados para que la energía solar sea económicamente viable. Si bien todavía no se trata de una tendencia mundial, es razonable pensar que llegará a serlo, puesto que las primas o precios fijos regulados se reducen en más naciones y los propietarios de instalaciones de paneles solares fotovoltaicos se fijan en las baterías como un medio de autoconsumir una mayor parte de la electricidad que producen, desplazando su consumo para evitar las primas en horas punta y/o prestar servicios de estabilización de la red, permitiendo que una compañía

eléctrica o un agregador cargue o descargue sus baterías cuando sea necesario. Por ejemplo, en 2017 los permisos de almacenamiento doméstico en Honolulu (Hawái) se multiplicaron por 18, lo que equivale a un aumento del 1.700%. Este repentino aumento se debe parcialmente a la eliminación de la política de balance neto del estado en 2015 y a los límites de participación en programas de incentivos posteriores para devolver la electricidad a la red³⁴.

Catalizador n.º 7: el deseo de autosuficiencia

Si bien los catalizadores anteriores se han documentado ampliamente, apreciamos un deseo creciente de disfrutar de una autosuficiencia energética entre los consumidores particulares y comerciales e industriales como un factor un tanto sorprendente de la instalación de soluciones de almacenamiento. Este deseo apunta en cierta medida los mercados *behind-the-meter* en prácticamente todos los países estudiados, lo que sugiere que las motivaciones para la compra de sistemas de almacenamiento no son meramente financieras.

En Alemania, por ejemplo, los motivos ecológicos, la independencia de las compañías

eléctricas, la resiliencia y la curiosidad técnica parecen figurar entre las motivaciones³⁵. Del mismo modo, la autosuficiencia es un sólido catalizador en Italia, el Reino Unido y Australia^{36,37}. Esta última, en particular, está asistiendo a un auge sin precedentes en el almacenamiento energético doméstico, que se ve favorecido por una combinación de la caída de los precios de las baterías, los cambios normativos y el deseo de autosuficiencia³⁸. Algunos australianos piensan que sus redes eléctricas regionales son poco fiables y perciben los sistemas de baterías y paneles solares como una manera de garantizarse un suministro eléctrico adecuado. En 2016, se instalaron siete mil baterías en los hogares australianos, y se prevé que esta cifra aumente hasta más de cuadruplicarse en 2017, para alcanzar los 30.000 hogares (las cifras auditadas definitivas de 2017 todavía no estaban disponibles en la fecha de redacción de este análisis)³⁹. Tal como se mencionó anteriormente, el venimiento de los sistemas de primas o precios fijos regulados de instalaciones solares domésticas podría ser el motivo de algunas de estas implantaciones⁴⁰, y en torno a la mitad de estas se refiere a adaptaciones o añadidos a instalaciones de paneles solares FV existentes. No obstante, la otra mitad se refiere a sistemas de energía solar con al-

³⁰ Gifford, Jonathon. «New installs and retrofits behind Australia's residential storage boom», PV Magazine, <https://www.pv-magazine.com/2017/04/06/new-installs-and-retrofits-behind-australias-residential-storage-boom/>, consultado el 15 de enero de 2018.

³¹ Mayr. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 1: Germany».

³² Mayr, Florian. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 2: UK and Italy», Apricum, 12 de diciembre de 2016, <https://www.apricum-group.com/your-guide-to-stationary-energy-storage-in-europe-part-2-uk-and-italy/>, consultado el 13 de diciembre de 2017.

³³ Walton, Robert. «Honolulu storage permits surge 1700% in one year, new report says», Utility Dive, 5 de febrero de 2018, <https://www.utilitydive.com/news/honolulu-storage-permits-surge-1700-in-one-year-new-report-says/516331/>, consultado el 10 de febrero de 2018.

³⁴ *Ibíd.*

³⁵ Mayr. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 1: Germany».

³⁶ Mayr. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 2: UK and Italy».

³⁷ Armitage, Rebecca; Bainbridge, Amy. «Solar batteries exploding in popularity with uptake tipped to triple in 2017, audit finds», ABC, 13 de febrero de 2017, <http://www.abc.net.au/news/2017-02-14/solar-batteries-like-tesla-exploding-in-popularity/8259830>, consultado el 13 de diciembre de 2017.

³⁸ *Ibíd.*

³⁹ Gifford, Jonathon. «New installs and retrofits behind Australia's residential storage boom», PV Magazine, <https://www.pv-magazine.com/2017/04/06/new-installs-and-retrofits-behind-australias-residential-storage-boom/>, consultado el 15 de enero de 2018.

⁴⁰ *Ibíd.*

macenamiento nuevos, que no tienen por qué estar relacionados con la retirada de los sistemas de primas o precios fijos regulados⁴¹. Dado que los sistemas de baterías domésticos grandes cuestan entre 8.000 y 10.000 dólares australianos (entre 6.300 y 8.000 dólares estadounidenses), es probable que las causas de su implantación sean la autosuficiencia y el orgullo de ser de los primeros en adoptarlas, en lugar de una amortización o una rentabilidad de la inversión inmediata⁴². Si bien los sistemas de almacenamiento energético en baterías deben ofrecerse a un precio competitivo, su popularidad en Australia, en consonancia con nuestras observaciones en otros países, sugiere que estos no tienen por qué ser considerablemente menos costosos que la electricidad y los servicios prestados por una compañía eléctrica para que el mercado crezca.

Catalizador n.º 8: política nacional

Las políticas nacionales orientadas a la consecución de una serie de objetivos estratégicos brindan oportunidades adicionales a los proveedores de almacenamiento en baterías. Numerosos países perciben el uso de energías renovables aunado a su almacenamiento como una nueva manera de reducir su dependencia de las importaciones de energía, colmar lagunas en su *mix* de generación, reforzar la fiabilidad y la resilien-

cia de sus sistemas y avanzar en sus metas medioambientales y sus objetivos de reducción de emisiones. Algunos países, como Italia y Japón, están subvencionando y promoviendo activamente el almacenamiento energético en el marco de amplias iniciativas de reestructuración, destinadas a garantizar la fiabilidad y reducir la dependencia en empresas energéticas internacionales, así como en las importaciones del extranjero.

También es probable que el almacenamiento energético se beneficie de una amplia gama de políticas relacionadas con los objetivos en materia de urbanización y calidad de vida en los países en desarrollo. Por ejemplo, la iniciativa en materia de ciudades inteligentes en la India recurre a un modelo competitivo para respaldar la implantación de tecnologías inteligentes en cien ciudades a lo largo y ancho del país⁴³. Entre los objetivos de estas implantaciones figuran asegurar un suministro adecuado de electricidad, la sostenibilidad medioambiental, la eficiencia de la movilidad y el transporte público⁴⁴. Los vehículos eléctricos, las energías renovables y el almacenamiento en baterías son vitales para alcanzar estos objetivos, tal como puso de manifiesto el Gobierno indio al anunciar que el país aspira a empezar a vender únicamente coches eléctricos en 2030⁴⁵. Asimismo, el Gobierno aspira a alcanzar una capacidad de 100 gigavatios (GW) de energía solar en

2022, respecto de los 10 GW producidos en 2016⁴⁶. El lanzamiento reciente del primer sistema de almacenamiento energético en baterías a gran escala, diseñado para la gestión de los picos de demanda, sugiere el potencial para un auge del almacenamiento energético a medida que el país pretende alcanzar sus ambiciosos objetivos políticos, que dependen fundamentalmente del desarrollo de un sistema eléctrico fiable y basado en energías limpias⁴⁷.

Tras el accidente de la central nuclear Fukushima Dai-ichi en 2011, Japón ha acusado una elevada dependencia de las importaciones de combustibles fósiles como consecuencia del cierre de sus centrales nucleares por razones de seguridad. En respuesta a esta situación, el Gobierno japonés ha reformado su política energética nacional, haciendo hincapié en la autosuficiencia y la diversificación energética a escala regional mediante la aceleración de la implantación de energías renovables, así como de la revitalización y la competitividad económica a través del desarrollo de la innovación y las tecnologías⁴⁸. Esta iniciativa abarcó el establecimiento del objetivo explícito de representar el 50% del mercado previsto de almacenamiento energético en baterías a escala mundial en 2020, tal como puso de manifiesto su Plan Energético Estratégico de 2014 y la revisión ese mismo año de la Estrategia de Revitalización japonesa⁴⁹.

⁴¹ *Ibíd.*

⁴² Armitage; Bainbridge. «Solar batteries exploding in popularity with uptake tipped to triple, audit finds».

⁴³ Portal nacional del Gobierno de la India, «Smart cities mission», <https://www.india.gov.in/spotlight/smart-cities-mission-step-towards-smart-india>, consultado el 26 de enero de 2018.

⁴⁴ *Ibíd.*

⁴⁵ Wattles, Jackie. «India to sell only electric cars by 2030», CNN Tech, 30 de junio de 2017, <http://money.cnn.com/2017/06/03/technology/future/india-electric-cars/index.html>, consultado el 26 de enero de 2017.

⁴⁶ Stone, Mike. «India's first grid-scale battery project signals coming boom for energy storage», GTM, 27 de enero de 2017, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/indias-first-grid-scale-battery-project-signals-a-coming-boom-for-storage#gs.FKR1lsw>, consultado el 26 de enero de 2017.

⁴⁷ *Ibíd.*

⁴⁸ Berre, Max. «The energy storage landscape in Japan», EU-Japan Economic Centre for Cooperation, Septiembre de 2016, https://www.eubusiness-japan.eu/sites/default/files/energy_storage_landscape_in_japan.pdf, p. 7

⁴⁹ *Ibíd.*

El compromiso de Japón de mantener el liderazgo tecnológico es una de las razones por las que el país ha avanzado firmemente en la implantación nacional del almacenamiento energético en baterías, a pesar de su abundante capacidad de energía hidroeléctrica producida mediante acumulación por bombeo, surgida como consecuencia de los cierres de centrales nucleares⁵⁰. En la actualidad, Japón alberga una de las instalaciones de prueba de almacenamiento energético en baterías más grandes del mundo⁵¹; ofrece generosas ayudas gubernamentales para la implantación de baterías a gran escala⁵² y acoge numerosos proyectos piloto de última generación, tales como los proyectos recientemente anunciados con los proveedores de almacenamiento domiciliados en California (EE.UU.) Stem Inc. y Sunverge Energy⁵³. La iniciativa de Stem abarca la implantación de una «central eléctrica virtual» que consta de sistemas de almacenamiento agregados, que suministrará una capacidad de 750 kilovatios hora (kWh) a la red⁵⁴. El proyecto de Sunverge Energy implica la instalación de docenas de unidades de almacenamiento energético para incrementar la fiabilidad de la red⁵⁵. Ambos proyectos se llevarán a cabo en colaboración con el conglomerado nacional Mitsui & Co., y respaldan el impulso del país nipón para aumentar la proporción de energías renovables en su *mix* de generación⁵⁶.

Desafíos

A pesar de que los catalizadores del mercado convergen para impulsar la implantación de sistemas de almacenamiento energético, se mantienen los desafíos. Las barreras más destacadas se hacen patentes en la velocidad con que evolucionan las tecnologías de almacenamiento energético en baterías y sus aplicaciones, así como en la multiplicidad y la flexibilidad del almacenamiento energético en baterías.

Barrera n.º 1: la percepción de unos precios elevados

Como cualquier otra tecnología, el almacenamiento energético en baterías no siempre resulta económico, y los costes a menudo son demasiado elevados para una aplicación concreta, algo que cabe esperar. El problema es que la percepción errónea de unos costes elevados puede impedir que las baterías se tengan en cuenta en la gama de soluciones. Los costes han caído tan rápidamente (véase el Gráfico 1) que los decisores políticos podrían tener ideas obsoletas acerca del precio de los sistemas, y pensar que las baterías siguen costando lo mismo que hace un par de años, o incluso hace seis meses. La reducción de los precios de las baterías, así como su impacto

en los costes globales de los sistemas, se hicieron patentes recientemente en una invitación de compra de Xcel Energy, que atrajo una mediana del precio de 36 USD/MWh en el caso de sistemas solares FV con baterías, y de 21 USD/MWh en el de sistemas eólicos con baterías⁵⁷. El precio de los sistemas solares FV con baterías estableció un nuevo récord en EE.UU., y puede que no se mantenga vigente mucho tiempo⁵⁸.

Se espera que los precios sigan cayendo, tanto en lo referente al coste de la tecnología de la batería en sí misma como del resto de componentes de balance del sistema. A pesar de que estas tecnologías auxiliares generalmente no atraen la misma atención mediática, son tan importantes como las propias baterías, y podrían representar la próxima gran oleada de caídas de precios. Por ejemplo, los inversores son «los cerebros» de un proyecto de almacenamiento, e influyen de forma significativa en la eficiencia y la rentabilidad de un proyecto. No obstante, según un informe reciente de GTM Research, el mercado de inversores es todavía «incipiente y fragmentado, y está plagado de nuevos productos con distintas aplicaciones y grado de funcionalidad⁵⁹». Por tanto, se espera que los precios de los inversores de almacenamiento energético disminuyan en los

⁵⁰ Stone, Mike. «Japanese utilities invest in big batteries to help bring more renewables on-line», GTM, 19 de mayo de 2015, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/japanese-utilities-invest-in-big-batteries#gs.lzMMgDk>, consultado el 26 de enero de 2018.

⁵¹ Colthort, Andy. «Japan hopes 'world's biggest' battery test facility will play a crucial role in standards», Energy Storage News, 3 de marzo de 2016, <https://www.energy-storage.news/news/japan-hopes-worlds-biggest-test-facility-for-batteries-will-play-crucial-ro>, consultado el 26 de enero de 2018.

⁵² Stone. «Japanese utilities invest in big batteries to help bring more renewables on-line».

⁵³ Chediak, Mark. «California energy storage companies wade into Japan market», Bloomberg Technology, 11 de diciembre de 2017, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-12-11/california-battery-startup-goes-global-with-storage-in-japan>, consultado el 26 de enero de 2018.

⁵⁴ *Ibíd.*

⁵⁵ *Ibíd.*

⁵⁶ *Ibíd.*

⁵⁷ Deign, Jason. «Xcel attracts 'unprecedented' low prices for solar and wind paired with storage», GTM, 8 de enero de 2018, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/record-low-solar-plus-storage-price-in-xcel-solicitation#gs.dcuQelw>, consultado el 15 de febrero de 2018.

⁵⁸ *Ibíd.*

⁵⁹ Moskowitz, Scott. «Trends shaping the energy storage inverter market: Falling prices, fragmentation, new features», GTM, 12 de septiembre de 2017, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/trends-shaping-the-energy-storage-inverter-market#gs.s6xsLak>, consultado el 15 de diciembre de 2017.

próximos años, a medida que el mercado madure y el panorama se consolide.

Barrera n.º 2: falta de normalización

Los operadores de mercados en una fase de desarrollo temprana a menudo deben afrontar diversos requisitos técnicos, así como diferentes procesos y políticas, y los proveedores de baterías no son una excepción. Esta disparidad aumenta la complejidad, y, por ende, los costes a lo largo de la cadena de valor, de modo que la falta de normalización constituye un importante obstáculo para una mayor implantación. La normalización podría revestir particular importancia para la proliferación del almacenamiento energético en baterías por problemas de «equilibrio de carga» relacionados con las baterías. Es decir, que estas unidades no pueden descargarse demasiado, ya que quedarían dañadas: los operadores de red deben saber cuánta energía queda en una batería en un momento dado y el tiempo del ciclo de recarga varía en función del tipo de batería empleada (p. ej.: de flujo o de estado sólido, como las baterías de iones de litio).

Barrera n.º 3: política normativa y diseño de mercado obsoletos

Tal como es de esperar con las tecnologías emergentes, la política normativa lastra la tecnología de almacenamiento energético actual. Unas declaraciones del Edison Electric Institute, una asociación que representa las compañías eléctricas de propiedad privada en EE.UU. resume la situación: «Numerosas políticas y nor-

mativas públicas deben actualizarse para fomentar la implantación del almacenamiento energético. Las políticas actuales se crearon antes de que se desarrollaran nuevas formas de almacenamiento energético, y no reconocen la flexibilidad de los sistemas de almacenamiento ni les ofrecen un terreno de juego en igualdad de condiciones. Una de las bases normativas que debería cambiar consiste en permitir que el almacenamiento se clasifique como infraestructura de generación, carga o transmisión y distribución, con vistas a optimizar el uso de este recurso con una flexibilidad única⁶¹».

El retraso de las políticas no es una novedad para los organismos reguladores y los operadores del sistema. Tal como mencionamos anteriormente, muchos de ellos se esfuerzan por actualizar las normas del mercado de servicios auxiliares para respaldar la implantación de soluciones de almacenamiento. La capacidad de los sistemas de almacenamiento energético en baterías de incrementar la flexibilidad y la fiabilidad de la red se ha documentado ampliamente, lo que quizás explique por qué los organismos reguladores tienden a priorizar los mercados mayoristas. No obstante, la regulación de los mercados minoristas también debe actualizarse, especialmente a medida que aumenta el interés por los sistemas de almacenamiento energético entre los consumidores particulares y los consumidores comerciales e industriales. Hasta la fecha, el debate en este ámbito se ha centrado principalmente en la implantación de sistemas de tarifas estructurados o por niveles favorecidos

por los contadores inteligentes, así como la tarificación según discriminación horaria.

Sin un sistema de tarifas por niveles, el almacenamiento energético en baterías pierde uno de sus reclamos más atractivos: la capacidad de facilitar el arbitraje de tarifas acumulando la electricidad cuando es barata y vendiéndola cuando es cara. La tarificación según discriminación horaria todavía debe imponerse a escala mundial, algo que podría cambiar rápidamente, a medida que se complete la implantación de contadores inteligentes en numerosos países. Por ejemplo, las autoridades en el Reino Unido ya han establecido una discriminación horaria básica, concebida con base en siete o diez horas de menor demanda, principalmente durante la noche⁶². Es posible que este sistema adquiera mayor sofisticación y su adopción se generalice en el futuro, cuando se complete la implantación de contadores inteligentes a escala nacional en 2020⁶³.

Barrera n.º 4: una definición incompleta del almacenamiento energético

Una barrera que persiste frente a la adopción del almacenamiento energético es el desconocimiento de todo el abanico de aplicaciones que ofrecen las soluciones de almacenamiento energético en baterías, así como la comprensión incompleta del modo de asignarles valor y de compensar a los proveedores. Dicho de otro modo, el almacenamiento energético está viviendo una crisis de identidad, y las partes interesadas y los decisores políticos en todo el mundo luchan por definir el al-

⁶⁰ Edison Electric Institute (EII), «Harnessing the Potential of Energy Storage», abril de 2017, http://www.eei.org/issuesandpolicy/generation/Documents/EI_HarnessingStorage_Final.pdf, consultado el 16 de diciembre de 2017.

⁶¹ «Comments of Jason Burwen, policy and advocacy director of the Energy Storage Association before the Federal Energy Regulatory Commission», 19 de noviembre de 2015, consultado el 16 de febrero de 2018, energystorage.org/system/attachments/ferc_statement_v3.1.docx

⁶² Mayr: «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 2: UK and Italy».

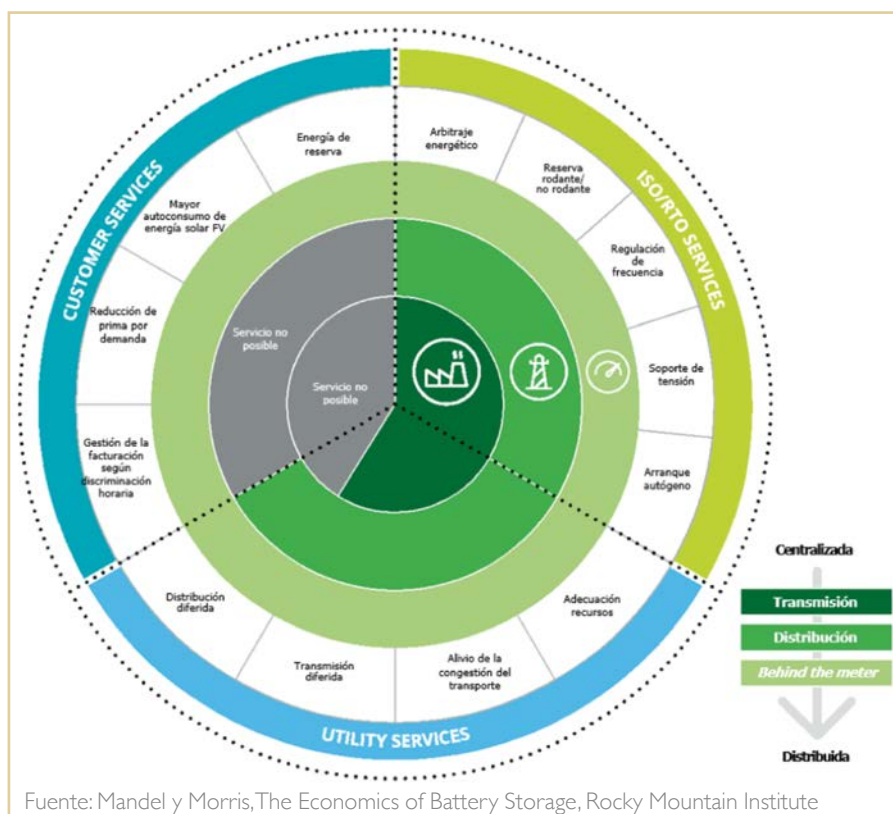
⁶³ Ibíd.

macenamiento energético en baterías de respuesta rápida. Claramente, no es una tarea fácil. Por ejemplo, el Rocky Mountain Institute (RMI) ha identificado 13 flujos de valor para el almacenamiento energético en tres segmentos de consumidores, y es solo uno entre muchos modelos (véase la Figura 2).

A escala mundial, el uso más común del almacenamiento energético en baterías es la regulación de frecuencia, seguido por la capacidad de reserva, la gestión de la facturación y la distribución de la electricidad en el tiempo en función de la demanda (véase la Figura 3).

Si bien es posible que las partes interesadas no se pongan de acuerdo sobre el modo de definir el almacenamiento energético, parecen coincidir en que el crecimiento de los mercados de almacenamiento se reduce a asegurarse de que los proveedores obtengan una recompensa por la gama completa de servicios que pueden prestar, lo que también se denomina «acumulación de valor» (*value stacking*). Un informe reciente de Brattle Group citaba varias barreras para la acumulación de valor o permitir que los proveedores sean remunerados por prestar múltiples servicios al mismo tiempo⁶⁴. A pesar de que el informe se centraba en el mercado californiano, los autores afirman que dichas barreras son ampliamente pertinentes en otras zonas de EE.UU. y en todo el mundo⁶⁵. Estas barreras incluyen políticas obsoletas relativas a los requisitos de agregación para la participación en el mercado mayorista, los límites

Figura 2. Flujos de valor asociados al almacenamiento energético



en las exportaciones netas de energía a la red y la necesidad de un control de reparto priorizado para aportar claridad en torno a qué entidad tiene prioridad de despacho a una batería cuando distintas partes la usan para más de una finalidad⁶⁶. California ha sido el primer estado en aprobar normas que permiten que los sistemas de almacenamiento energético en baterías generen múltiples fuentes de ingresos, que abarcan su uso para la transmisión, la distribución y la generación⁶⁷.

Ahora que los organismos reguladores lidian con la multiplicidad y la flexibilidad del almacenamiento en baterías, algunos han optado por establecer objetivos de almacenamiento energético tanto obligatorios como voluntarios para las compañías eléctricas en sus territorios con el fin de adquirir ciertos volúmenes de almacenamiento energético con el fin de garantizar la fiabilidad de la red. California es uno de los primeros estados de EE.UU. que ha seguido esta vía, y en 2013 estableció que sus tres mayores

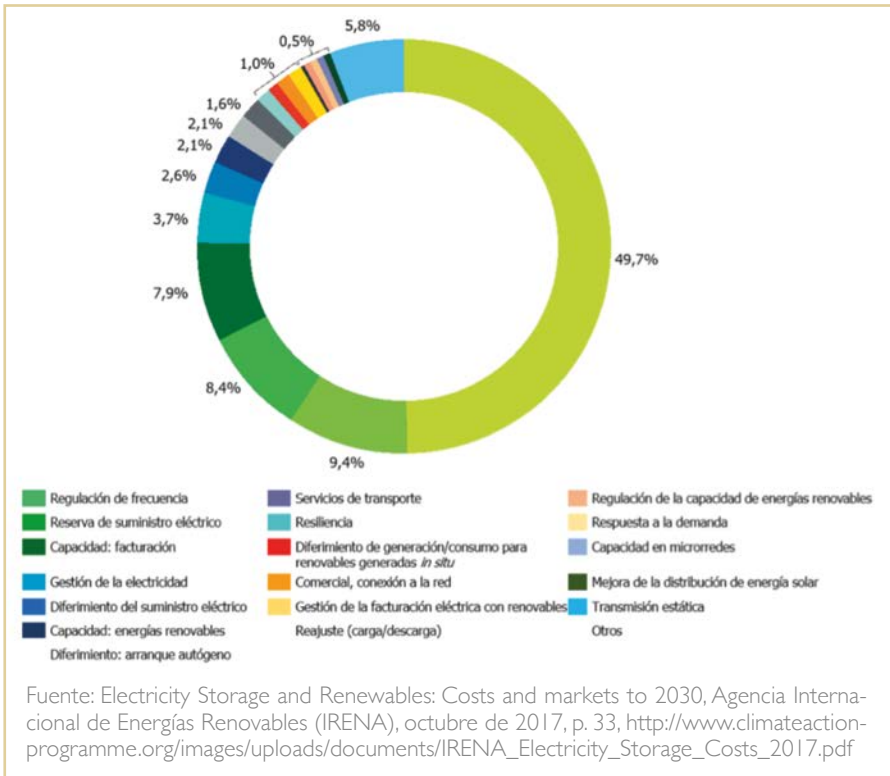
⁶⁴ Bishop, Heidi; Hledik, Ryan; Lueken, Roger; McIntyre, Colin. «Stacked Benefits: Comprehensively Valuing Battery Storage in California», The Brattle Group, septiembre de 2017, http://files.brattle.com/files/7208_stacked_benefits_-_final_report.pdf.

⁶⁵ *Ibíd.*

⁶⁶ Maloney, Peter. «Brattle: Regulatory barriers prevent stacking of battery benefits», Utility Dive, 13 de septiembre de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/brattle-regulatory-barriers-prevent-stacking-of-battery-benefits/504773/>, consultado el 17 de diciembre de 2017.

⁶⁷ «California regulators first to allow multiple revenue streams for energy storage», Utility Dive, 13 de febrero de 2018, <https://www.utilitydive.com/news/california-regulators-first-to-allow-multiple-revenue-streams-for-energy-st/516927/>, consultado el 15 de febrero de 2018.

Figura 3. Capacidad global de almacenamiento en baterías por caso de uso primario



compañías eléctricas de propiedad privada debían ofrecer 1.325 megavatios (MW) de almacenamiento eléctrico en 2020⁶⁸. Dado que las eléctricas se aproximan a este objetivo, el estado lo amplió en septiembre de 2016, exigiendo la provisión de 500 MW

adicionales de almacenamiento *behind-the-meter* y/o conectado a la red de distribución⁶⁹. Aparte del estado de California, se han establecido objetivos de almacenamiento energético en Massachusetts, Oregon y más recientemente, en Nueva York⁷⁰.

Nevada podría seguir sus pasos⁷¹, mientras que Maryland se ha decantado por una opción ligeramente diferente al lanzar un programa de créditos fiscales en febrero de 2018⁷². Muchos otros estados están estudiando o estableciendo incentivos para el almacenamiento energético, y algunos de los organismos reguladores estatales actualmente exigen que las eléctricas incluyan el almacenamiento energético en sus programas de recursos integrados⁷³.

California se sitúa a la vanguardia en lo referente a la implantación de sistemas de almacenamiento energético y otros recursos energéticos distribuidos ya que estableció el primer requisito de almacenamiento energético en EE.UU. en 2013⁷⁴. Una de las primeras implantaciones más destacadas en este estado tuvo lugar a finales de 2015, cuando las instalaciones de almacenamiento de gas natural de Aliso Canyon sufrieron una fuga catastrófica que puso en peligro el suministro de gas a centrales eléctricas de vital importancia en el sur de California. En respuesta a una licitación urgente para la instalación de almacenamiento energético convocada por las autoridades del estado, tres proveedores de almacenamiento energético llevaron a cabo tres proyectos a gran escala con baterías de iones de litio por un total de 70 MW en tan solo seis meses⁷⁵. Esta inicia-

⁶⁸ Berger, Andrew. «California ramps up energy storage plans with enactment of four new bills», Renewable Energy World, 26 de septiembre de 2016, <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/09/california-ramps-up-energy-storage-plans-with-enactment-of-four-new-bills.html>, consultado el 10 de febrero de 2018.

⁶⁹ *Ibíd.*

⁷⁰ Maloney, Peter. «New York energy storage target official after Gov. Cuomo signs bill», Utility Dive, 1 de diciembre de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/new-york-energy-storage-target-official-after-gov-cuomo-signs-bill/512056/>, consultado el 15 de diciembre de 2017.

⁷¹ Colthorpe, Andy. «NV Energy to consider energy storage in 330MW renewables push», PV Tech, 10 de enero de 2018, <https://www.pv-tech.org/news/nv-energy-to-consider-energy-storage-in-330mw-renewables-push>, consultado en febrero de 2018.

⁷² Walton, Robert. «Maryland is first state to launch energy storage tax credit», Utility Dive, 13 de febrero de 2018, <https://www.utilitydive.com/news/maryland-is-first-state-to-launch-energy-storage-tax-credit/517011/>, consultado en febrero de 2018.

⁷³ Trabish, Herman K. «As feds focus on baseload, grid modernization is sweeping the nation», Utility Dive, 14 de noviembre de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/as-feds-focus-on-baseload-grid-modernization-is-sweeping-the-nation/510680/>, consultado el 16 de diciembre de 2017.

⁷⁴ Pyper, Julia. «California passes huge energy storage mandate», GTM, 17 de octubre de 2013, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/california-passes-huge-grid-energy-storage-mandate#gs.5wu2Okk>, consultado el 28 de enero de 2018.

⁷⁵ Pyper, Julia. «Tesla, Greensmith, AES deploy Aliso Canyon storage in record time», GTM, 2 de enero de 2017, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/aliso-canyon-emergency-batteries-officially-up-and-running-from-tesla-green#gs.g4TFID4>, consultado el 28 de enero de 2018.

tiva contribuyó a reforzar la confianza entre los organismos reguladores, los operadores del sistema y las eléctricas acerca de la capacidad de baterías y proveedores de soluciones de apuntalar la infraestructura de red de forma rápida y rentable. Aprovechando el éxito de estas implantaciones y de las otras tantas que se han producido desde entonces, el Operador de Sistema Independiente de California (CAISO) recientemente propuso un programa para remunerar los recursos de almacenamiento energético para el desplazamiento del consumo, reteniendo la energía sobrante de la red y poniéndola de nuevo a disposición más tarde⁷⁶. El organismo regulador del estado de California también está estudiando un programa de una de las grandes eléctricas de propiedad privada del estado para reemplazar tres centrales eléctricas de gas natural de vital importancia con sistemas de almacenamiento energético⁷⁷. A pesar de que California es uno de los pocos mercados en que el almacenamiento energético compite con centrales de punta de gas en la actualidad, la situación está cambiando rápidamente, dado que los proveedores de soluciones de baterías disponen de más oportunidades de demostrar su rentabilidad, flexibilidad y capacidad de respuesta. No en vano, un análisis reciente de GTM/Wood Mackenzie sugiere que, en vista del almacenamiento energético de que se dispondrá de aquí a 2025 la necesidad de construir centrales de punta de gas será escasa o nula⁷⁸.

En zonas sin objetivos o requisitos específicos, la falta de claridad en torno a la definición de almacenamiento energético y su remuneración favorece la propensión de las eléctricas a mantener la implantación de sistemas de almacenamiento energético en fase de pruebas⁷⁹. Las eléctricas sujetas a reglamentación pueden probar una solución orientada a abordar una necesidad acuciante o demostrar a los organismos reguladores que están valorando soluciones en el ámbito de las baterías, pero no están dispuestas a realizar grandes apuestas en programas de almacenamiento energético a gran escala si no están seguras de la rentabilidad de su inversión o si no han sido capaces de obtener una autorización explícita del organismo regulador correspondiente que garantice la recuperación de los costes de inversión. Si bien los requisitos son controvertidos, algunas partes interesadas los perciben como algo esencial para impulsar el mercado del almacenamiento energético y establecer una vía para que eléctricas y proveedores aprendan sobre la marcha, en lugar de esperar a una reforma integral de las políticas energéticas, dejando pasar las oportunidades entretanto.

Puntos clave para los proveedores de almacenamiento

En virtud del creciente coro de voces a favor de la acumulación de ingresos, en general, los reguladores se muestran dispuestos a

mejorar la definición de almacenamiento energético —abriendo así los mercados a nuevos operadores— y, en última instancia, a remunerar a los proveedores por múltiples flujos de valor. No obstante, puede llevar años reconcebir los mercados eléctricos mayoristas y minoristas, lo que ha dejado a los proveedores de almacenamiento a la búsqueda de maneras de crear valor y crecer entretanto.

Algunos proveedores de almacenamiento han hallado la respuesta en el diferimiento de la transmisión y la distribución, como en el caso del banco de baterías de 8 MWh recientemente propuesto por Arizona Public Service y AES Energy Storage (actualmente Fluence)⁸⁰. El sistema, que según las previsiones se planificará e implementará en tan solo entre 12 y 15 meses, se implantará en una localidad al noreste de Phoenix como una alternativa rápida y rentable a la construcción de una línea de transporte de 20 millas de longitud (aproximadamente, 32 km)⁸¹. Otros proveedores de almacenamiento se centran en segmentos nicho de elevado crecimiento, tales como los centros de datos, mientras que otros siguen identificando oportunidades en la implantación de sistemas de almacenamiento en el contexto de microrredes. El impacto del cambio climático y de tormentas más severas ha generado un sentimiento de urgencia en torno a esto último, y las empresas especializadas en el almacenamiento energético

⁷⁶ Maloney, Peter. «CAISO proposes load-shifting product for energy storage», 25 de septiembre de 2017, Utility Dive, <https://www.utilitydive.com/news/caiso-proposes-load-shifting-product-for-energy-storage/505665/>, consultado el 18 de diciembre de 2017.

⁷⁷ Walton, Robert. «3 California Natural Gas Plants, could be replaced with energy storage», Utility Dive, 14 de diciembre de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/3-california-gas-plants-could-be-replaced-with-energy-storage/513033/>, consultado el 16 de diciembre de 2017.

⁷⁸ Foehrer, Emma. «Have we reached peak peaker? 'I can't see why we should build a gas peaker after 2025», GTM, 12 de diciembre de 2017, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/battery-storage-is-threatening-natural-gas-peaker-plants#gs.tQG3r0l>, consultado el 11 de febrero de 2018.

⁷⁹ Spector, Julian. «Years In, NY REV lacks major storage action. Has to change soon», GTM, 28 de septiembre de 2017, <https://www.greentechmedia.com/articles/read/new-york-rev-still-lacks-major-storage-action-that-may-have-to-change#gs.EQpgPW0>, consultado el 16 de diciembre de 2017.

⁸⁰ Bade, Gavin. «APS to deploy 8 MWh of battery storage to defer transmission investment», Utility Dive, 9 de agosto de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/aps-to-deploy-8-mwh-of-battery-storage-to-defer-transmission-investment/448965/>, consultado el 10 de febrero de 2018.

⁸¹ *Ibíd*

desempeñan un papel importante en la reconstrucción y la mejora de la infraestructura eléctrica en las islas caribeñas azotadas por los huracanes, tanto para proporcionar un suministro eléctrico de socorro a corto plazo como para garantizar una mayor resiliencia del sistema a largo plazo.

Terna, la empresa responsable de la gestión de la red de transporte en Italia, fue de las primeras en identificar el potencial del almacenamiento energético en baterías para las mejoras en el ámbito del diferimiento de la transmisión. Tras valorar inversiones en infraestructura tradicional, Terna optó por un sistema de almacenamiento en baterías de NGK Insulators, un proveedor japonés de tecnología de baterías de sodio y azufre para aliviar la congestión de las líneas de transporte que recorren el país de norte a sur, así como para reducir las restricciones de la generación de energía eólica en el sur⁸². El sistema, encargado en 2015, almacena 245 MWh de energía generada a partir de fuentes renovables al día, y la conserva hasta que se dispone de capacidad de transporte y puede transmitirse a ciudades más al norte⁸³.

Los avances en tecnologías digitales estimulan nuevos modelos de negocio

No obstante, quizás el avance más atractivo entre los proveedores de soluciones es el surgimiento de nuevos modelos de negocio que incorporan el almacenamiento en las instalaciones del consumidor para proporcionar una gama de servicios a las eléctricas, los operadores de red y los consumidores de electricidad (tanto particu-

lares como comerciales e industriales). La agregación, impulsada por la inteligencia artificial, la tecnología *blockchain* y la analítica predictiva podría proporcionar mayor flexibilidad a las eléctricas y las empresas desarrolladoras, así como mayores opciones a los consumidores particulares y comerciales e industriales. El auge de los agregadores en el contexto de las baterías ya se ha hecho patente y este planteamiento para la implantación y la integración del almacenamiento energético en baterías está demostrando ser viable desde el punto de vista económico, incluso sin amplio acceso a los mercados mayoristas de electricidad, puesto que los servicios pueden venderse directamente a los consumidores finales o a las eléctricas existentes.

Empresas tales como Stem, con sede en EE.UU. se centran en ofrecer el almacenamiento como servicio al segmento de consumidores comerciales e industriales *behind-the-meter*, así como a las eléctricas y los operadores de red. A través de una plataforma que emplea la inteligencia artificial para despachar y reconfigurar una red de baterías al instante, Stem ofrece a sus clientes comerciales e industriales la comodidad y la flexibilidad de una solución global. De este modo, estos pueden gestionar sus decisiones energéticas y evitar las primas en función de la demanda (todo ello sin necesidad de intervenciones manuales tales como apagar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado o la luz). Asimismo, Stem ofrece a las eléctricas y los operadores de red la capacidad de absorber o descargar energía del sistema para equilibrar la red y compensar las deficiencias de capacidad.

En otros contextos, las *start-ups* se centran en el almacenamiento doméstico *behind-the-meter*, aunque siguen aplicándose los mismos principios: la agregación de conjuntos de baterías o sistemas de energía solar con almacenamiento para prestar servicios a la red o participar en los intercambios de energía. En la actualidad, distintos actores están estudiando diversos modelos de agregación en Europa, que presentan el potencial de aumentar la viabilidad del almacenamiento doméstico. En el Reino Unido, el actor local Moixa ofrece un plan denominado *GridShare* en que consumidores de baterías seleccionados pueden inscribirse y obtener efectivo a cambio de permitir que la empresa gestione de forma inteligente sus baterías para ayudar a equilibrar la red. Tal como se explica en el sitio web de la empresa, *GridShare* emplea el «cerebro inteligente integrado en cada una de las baterías Moixa para combinar la energía almacenada (o la capacidad sobrante) de cada consumidor». Generalmente se remunera a los usuarios a través de un pago anual fijo o una participación en los ingresos globales generados⁸⁴.

El potencial de agregación aumenta enormemente, en vista de su confluencia con el creciente mercado de los vehículos eléctricos, ya que cada uno de estos vehículos integra una batería que podría combinarse con otras para prestar servicios de red. El operador europeo de red de transporte, TenneT, que presta servicios principalmente en Alemania y los Países Bajos, está estudiando maneras de integrar la capacidad flexible que ofrecen los vehículos eléctricos a la red eléctrica. En un proyecto piloto en los Países Bajos, la empresa de energías renovables Vandebrom colabora

⁸² Eller, Alex. «Energy storage will disrupt transmission and distribution investments», Utility Dive, 17 de octubre de 2017, <https://www.utilitydive.com/news/energy-storage-will-disrupt-transmission-and-distribution-investments/506945/>, consultado el 26 de enero de 2017.

⁸³ *Ibíd.*

⁸⁴ Mayr. «Your guide to stationary energy storage in Europe Part 2: UK and Italy».

rá con los propietarios de vehículos eléctricos para poner la capacidad de las baterías de sus coches a disposición de TenneT con el fin de equilibrar la red⁸⁵. Esta iniciativa se considera revolucionaria por su uso innovador de la tecnología *blockchain* para crear una red con gran capacidad de respuesta, restringida mediante permisos. La tecnología *blockchain*, a menudo asociada a las plataformas de negociación directa, generalmente funciona como un registro virtual, que registra una lista de transacciones que crece constantemente, las cuales se conectan y se aseguran de forma simultánea usando la criptografía⁸⁶. No obstante, en este caso, la tecnología *blockchain* hace un seguimiento de la disponibilidad de la batería de cada uno de los coches y registra su acción y contribución en respuesta a la señal del operador de red. De este modo, es posible explotar las baterías durante tan solo algunos segundos cada vez, proporcionando así una respuesta de precisión a las variaciones en la red sin comprometer la capacidad

de los usuarios de cargar sus vehículos⁸⁷. TenneT también colabora con el proveedor alemán de baterías domésticas Sonnen en el marco de un proyecto piloto con una red similar de baterías solares domésticas basada en la tecnología *blockchain*⁸⁸.

Hawaiian Electric Co. (HECO), en colaboración con Stem, ha hecho grandes avances en el mercado comercial e industrial de sistemas de energía solar con almacenamiento gracias a la realización de un proyecto piloto de una central eléctrica virtual agregada de 1 MW en Oahu (Hawái)⁸⁹. El proyecto proporciona almacenamiento inteligente como servicio a 29 consumidores comerciales y se orienta a permitirles reducir las primas por demanda de electricidad, así como a integrar y aprovechar mejor la energía generada in situ⁹⁰. Al mismo tiempo, la central eléctrica virtual permite a HECO aprovechar la captación de las baterías para contribuir a estabilizar la red y satisfacer la demanda en horas punta⁹¹

Los avances digitales también permiten a los consumidores de electricidad participar directamente en el sector energético. Varias empresas están haciendo pruebas con plataformas de intercambio P2P basadas en la tecnología *blockchain*, que facilitan el intercambio directo de electricidad almacenada y/o autogenerada entre particulares o empresas. Los hogares que participan en proyectos piloto en lugares tan distantes como Nueva York, Australia, Alemania y Bangladesh ahora pueden intercambiar pequeñas cantidades de energías limpias entre ellos a través de plataformas basadas en la tecnología *blockchain* y sistemas de gestión de microrredes, muchos de los cuales disponen de componentes de almacenamiento⁹². Todos estos avances apuntan al posible surgimiento de un entorno energético «en la nube», en el que se podría tener acceso e intercambiar reservas conjuntas de energía en función de la demanda, con o sin intermediarios. ■

⁸⁵ TenneT, información sobre la empresa: <https://www.tennet.eu/news/detail/tennet-unlocks-distributed-flexibility-via-blockchain/>, consultada el 28 de enero de 2018.

⁸⁶ Wikipedia, «Blockchain», <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>, consultada el 28 de enero de 2018.

⁸⁷ TenneT, información sobre la empresa. «Europe's first blockchain project to stabilize the power grid launches: TenneT and sonnen expect results in 2018», 2 de noviembre de 2017, <https://www.tennet.eu/news/detail/europes-first-blockchain-project-to-stabilize-the-power-grid-launches-tennet-and-sonnen-expect-res/>, consultado el 17 de diciembre de 2017.

⁸⁸ *Ibíd.*

⁸⁹ Colthorpe, Andy. «Stem connects 1 MW aggregated virtual power plant in Hawaii», Energy Storage News, 23 de enero de 2017, <https://www.energy-storage.news/news/stem-connects-1mw-aggregated-virtual-power-plant-in-hawaii>, consultado el 27 de enero de 2018.

⁹⁰ *Ibíd.*

⁹¹ *Ibíd.*

⁹² Cardwell, Diane. «Solar experiment lets neighbors trade among themselves», New York Times, 13 de marzo de 2017, <https://www.nytimes.com/2017/03/13/business/energy-environment/brooklyn-solar-grid-energy-trading.html>, consultado el 17 de diciembre de 2017.

Conclusión

Hace tan solo unos años, la idea de agregar baterías para prestar servicios de red o facilitar el intercambio de electricidad entre pares parecía algo propio de la ciencia ficción. Los avances en las tecnologías digitales conexas, tales como la inteligencia artificial, la analítica predictiva y la tecnología *blockchain* están multiplicando los usos y beneficios de la implantación de baterías. Estos mecanismos, que se refuerzan de forma recíproca —y no únicamente las mejoras en la eficiencia y los costes de las baterías— explican el importante dinamismo que registra el sector.

Asimismo, a pesar de que los conceptos de «almacenamiento» y «energías renovables» suelen ir de la mano, el almacenamiento energético no se reduce a la integración de la generación intermitente de la energía eólica y solar: las soluciones de baterías, que pueden implantarse rápidamente con una precisión milimétrica, pueden usarse para mejorar la eficiencia y la resiliencia globales de la red, con independencia de las fuentes empleadas para la generación eléctrica. Gracias a ello, la temática del almacenamiento es, si cabe, más atractiva.

Por estos motivos, el almacenamiento energético en baterías está en auge a escala mundial. Asimismo, los precios de las baterías están cayendo y los mercados de almacenamiento se desarrollan mucho más rápidamente de lo previsto (véase la Figura 4). Las soluciones de almacenamiento ya se encuentran en el punto de mira de las políticas energéticas nacionales en países que están estableciendo sus sistemas eléctricos, mientras que se están usando para ampliar la flexibilidad y la estabilidad de la red eléctrica en países donde este sector es más maduro.

Figura 4. Implantación acumulada de sistemas de almacenamiento prevista a escala mundial por país de 2018 a 2030

