



Las notas de

bamboo energy

Nota #3 | Marzo 2022

Un sistema eléctrico en equilibrio

Autores:

Joan Recasens, Asesor energético para Bamboo Energy
Cristina Corchero, CSO & CTPO en Bamboo Energy
Mattia Barbero, fundador y analista de datos en Bamboo Energy

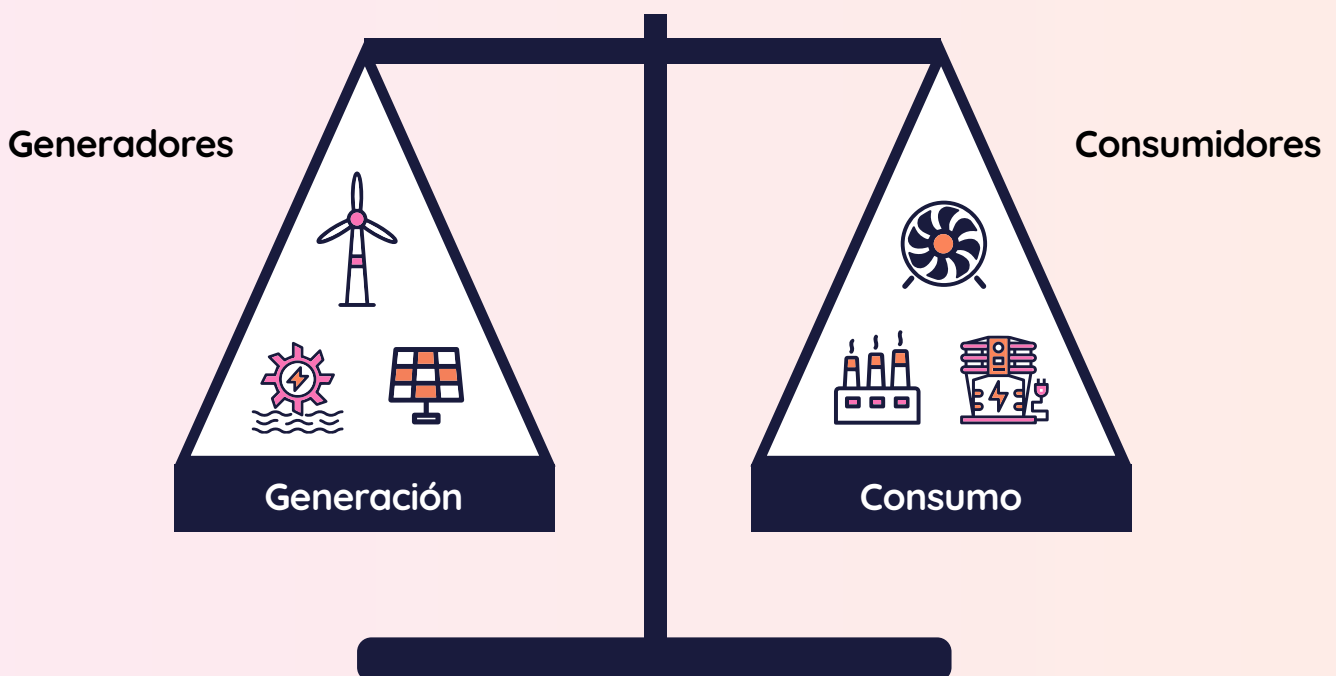
Un sistema eléctrico en equilibrio

¿Qué ocurre si se produce una gran interrupción entre la generación y la demanda? ¿Cómo lo previene el sistema eléctrico?

La electricidad es un producto singular porque es el único que no puede almacenarse en grandes cantidades a un precio asequible. De hecho, la cantidad total de electricidad inyectada en la red eléctrica debe ser siempre igual a la cantidad total de electricidad consumida, pues de lo contrario se produciría un apagón en el sistema eléctrico. Esta nota explicará cómo se gestiona este equilibrio en el sector eléctrico y qué tecnologías emergentes pueden garantizar el buen funcionamiento del sistema en el futuro, haciendo hincapié en la flexibilidad de la demanda.



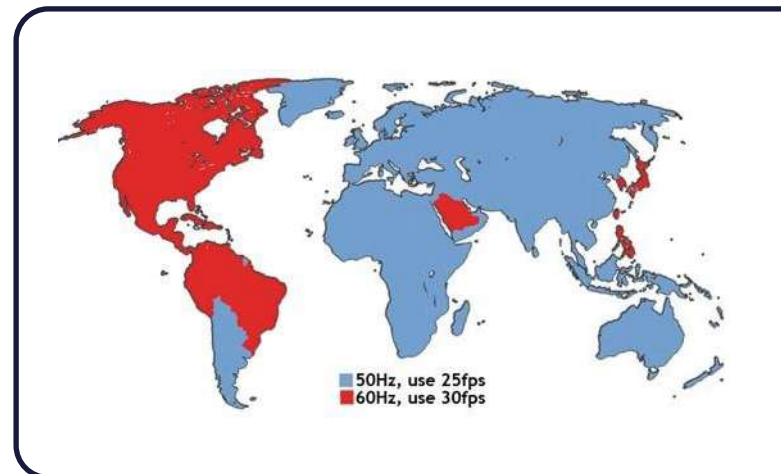
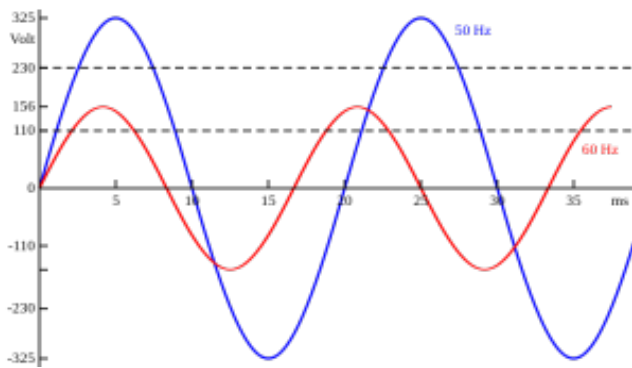
Un apagón es un suministro eléctrico discontinuo que persiste durante varios minutos



Mantener la frecuencia de la red bajo control

LA FRECUENCIA COMO INDICADOR DE EQUILIBRIO

El equilibrio entre la generación y la demanda se mide con la frecuencia de la red. En el sistema eléctrico europeo, la frecuencia nominal debe mantenerse siempre alrededor de **50 Hertz**. En otras partes del mundo, como Estados Unidos, la frecuencia de referencia es de **60 Hertz**. Estos valores indican en tiempo real que la generación y la demanda totales están en equilibrio.





ESCASEZ DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

En caso de que la demanda no pueda satisfacerse debido a una **escasez de generación de electricidad**, la frecuencia baja. Si la frecuencia cayera por debajo de 49 Hertz, las centrales eléctricas conectadas a la red se desconectarían automáticamente. Por ejemplo, una central térmica o un parque solar podrían detener la generación de energía cuando notan que la frecuencia de la red está bajando. Estas acciones provocarían un efecto cascada, ya que la frecuencia seguiría bajando y más centrales se desconectarían de la red hasta que se produjera un colapso total de la misma: un apagón.

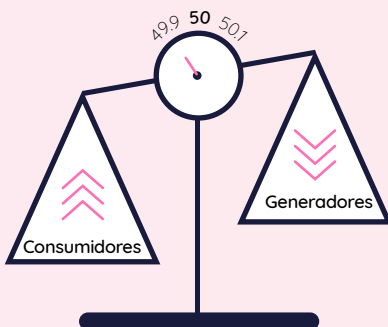


SOBRECARGA ELÉCTRICA

Por otro lado, si se introduce **demasiada electricidad** en la red y no hay suficiente demanda para absorber esa energía, se produce un aumento de la frecuencia. Esto plantea un problema similar, ya que las centrales eléctricas también se desconectarían para proteger los equipos alimentados, ya que están diseñadas para funcionar a una determinada frecuencia. Esto podría provocar un **efecto rebote**, lo que haría que la frecuencia cayera rápidamente provocando un posible apagón.

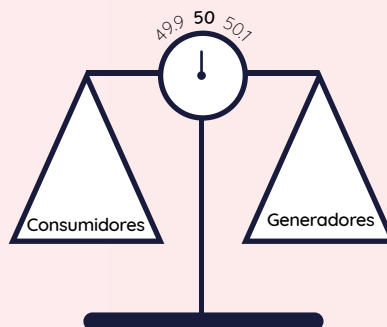
Equilibrio entre la generación y el consumo de electricidad

Más consumo que generación eléctrica



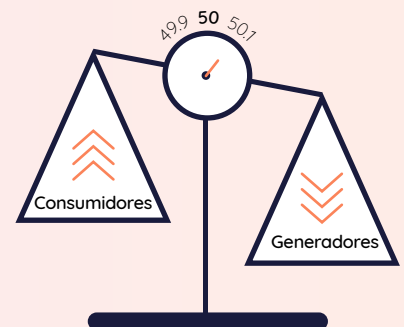
Desequilibrio positivo

Consumo y generación eléctrica equiparables



Situación de equilibrio

Más generación eléctrica que consumo



Desequilibrio negativo

⏻ DESPRENDIMIENTO DE CARGA

Para evitar esta situación, existen **relés de protección** en la red eléctrica que detectan la disminución de la frecuencia e inician automáticamente un proceso llamado **desprendimiento de carga**. Consiste en desconectar algunas de las líneas de interconexión para preservar el funcionamiento de al menos una parte de la red. En realidad, el objetivo es disminuir drásticamente el consumo de una parte de la red para equilibrar la generación y la demanda totales, ya que la generación es insuficiente para cubrir la demanda en ese momento. El problema es que el desprendimiento de carga es una medida no voluntaria. En resumen, el operador del sistema puede dejar a muchos usuarios finales sin energía sin ofrecerles ninguna compensación económica. Por lo tanto, sólo se utiliza como medida de emergencia, ya que puede suponer altos costes y grandes molestias para los usuarios finales.

▶ RESTAURACIÓN DEL SUMINISTRO

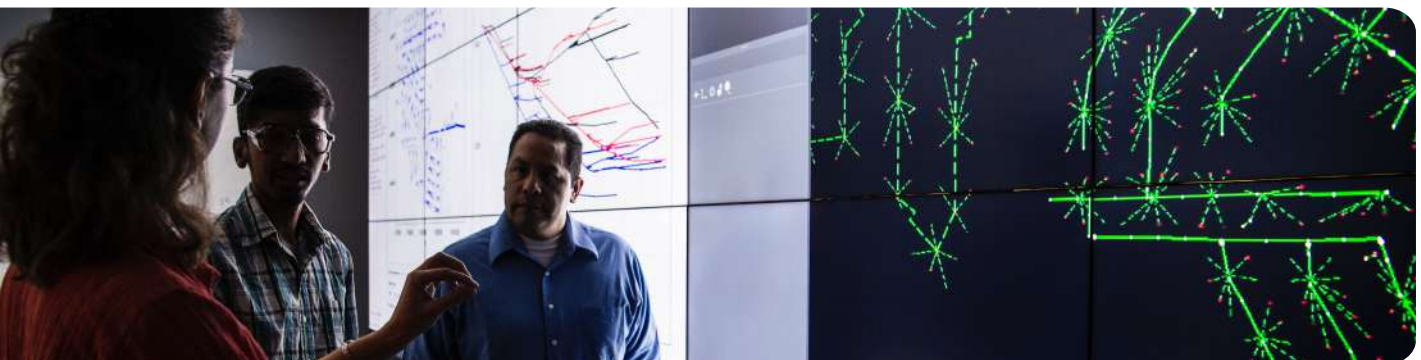
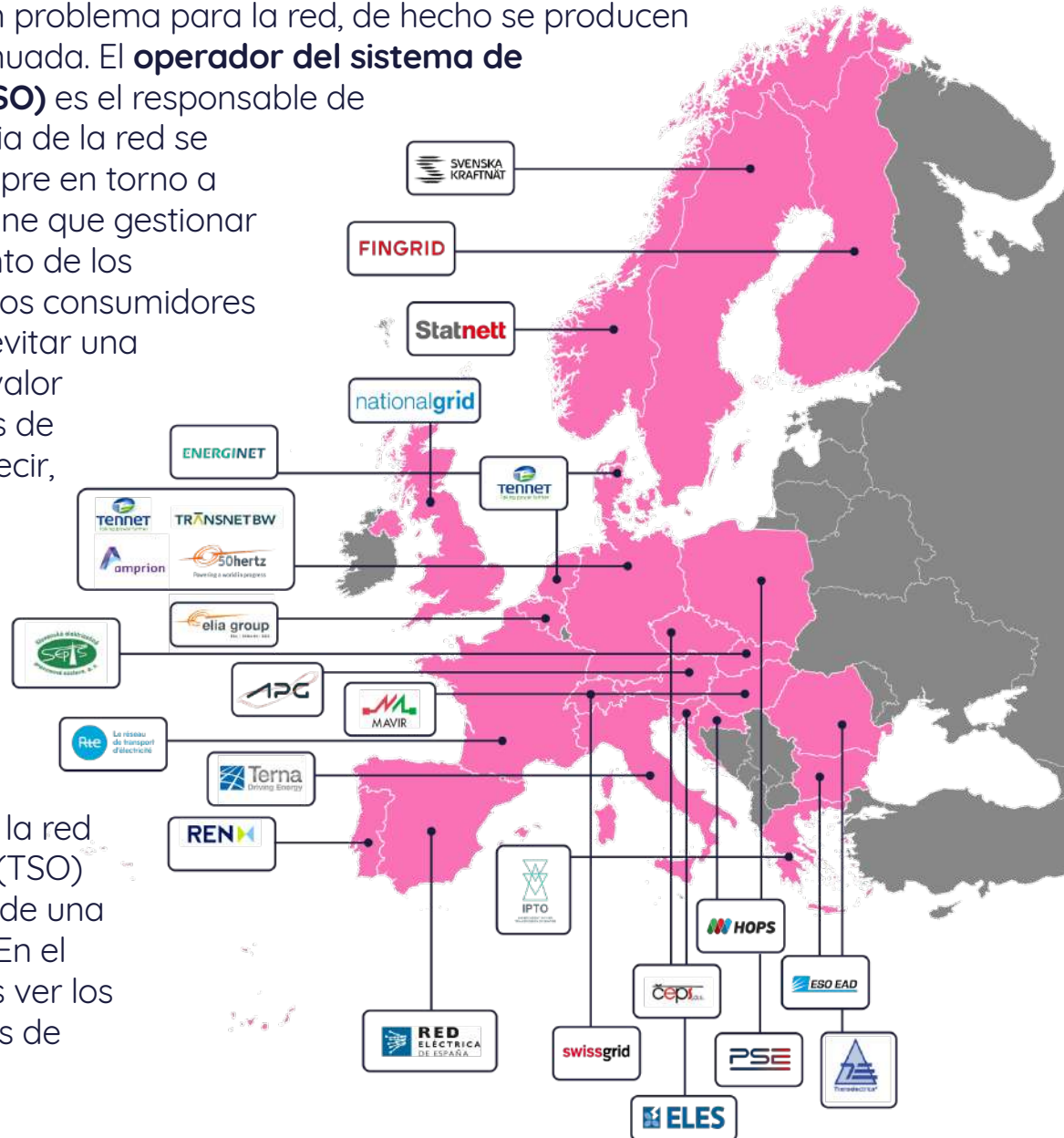
En caso de apagón, se inicia un proceso denominado “**black start**” para restablecer la energía en la red. Este proceso consiste en utilizar generadores diésel de reserva más pequeños para proporcionar la energía suficiente a los sistemas eléctricos de algunas centrales eléctricas de tamaño medio (varios MW de capacidad) para que éstas puedan reiniciar su funcionamiento. A continuación, la energía generada por esas centrales se introduce en la red y se utiliza para poner en marcha centrales más grandes para restablecer gradualmente el funcionamiento normal de todo el sistema eléctrico. Sin embargo, este es un proceso lento y costoso. Por ello, es preferible evitar este tipo de situaciones y tener preparadas medidas de contingencia para equilibrar la generación y la demanda en todo momento.



¿Cuál es el papel del gestor de la red de transmisión?

- Independientemente de las situaciones extremas mencionadas, la frecuencia siempre oscila levemente. Las pequeñas fluctuaciones no suponen ningún problema para la red, de hecho se producen de forma continuada. El **operador del sistema de transmisión (TSO)** es el responsable de que la frecuencia de la red se mantenga siempre en torno a los 50 Hertz. Tiene que gestionar el funcionamiento de los generadores y los consumidores de la red para evitar una desviación del valor nominal de más de 0,05 Hertz. Es decir, una tolerancia del 0,1% respecto a la frecuencia nominal.

- Cada gestor de la red de transmisión (TSO) es responsable de una zona concreta. En el mapa podemos ver los principales TSOs de Europa.



La descarbonización del sector eléctrico

LA TRANSICIÓN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES A LAS TECNOLOGÍAS VERDES

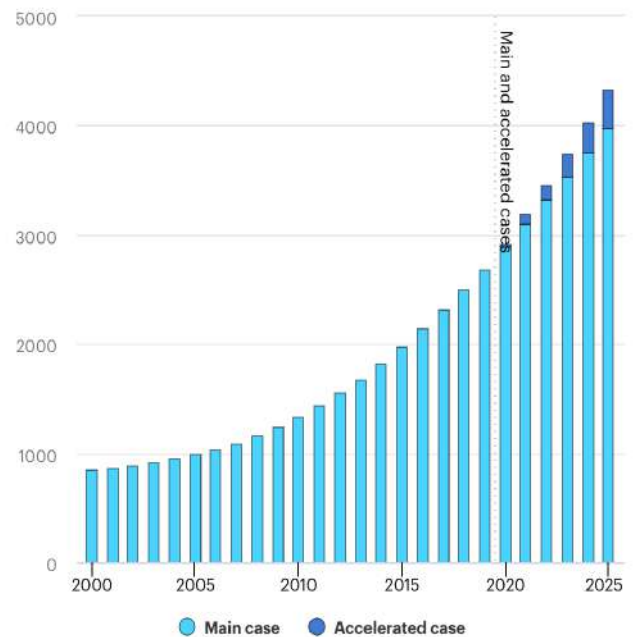
Hasta ahora, era relativamente fácil equilibrar la energía en la red, ya que las centrales térmicas convencionales tienen la capacidad de adaptar su generación para seguir la demanda. En resumen, las centrales térmicas pueden ajustar su producción de energía simplemente quemando más o menos combustible. Ahora, necesitamos **descarbonizar** nuestra economía, y las centrales térmicas están siendo desmanteladas y sustituidas por tecnologías de energía renovable. De hecho, el cambio a las fuentes de energía renovables es una de las principales transformaciones que deben adoptar los sistemas energéticos actuales para completar la transición energética.



↑ EL AUGE DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El sector eléctrico está liderando esta transformación, **aumentando** la cuota de **generación de energía renovable**. Según la International Energy Agency (IEA), el 19,97% de la generación total del sector eléctrico en el año 2000 procedía de fuentes de energía renovables en todo el mundo, porcentaje que aumentó hasta el 26,5% en 2019. Si observamos las cifras absolutas, podemos ver cómo el aumento de la generación de energía renovable se ha más que duplicado: 2.945TWh en 2000 frente a 7.933TWh en 2019. Además, según el World Energy Outlook de la IEA, se espera que la generación de energía renovable en todo el mundo aumente hasta 18.000TWh en 2040 con las políticas energéticas actuales.

Total capacity, main and accelerated case, World, 1990-2025
GW



No obstante, la intensa penetración de las energías renovables presenta varios retos para el sector energético y la regulación de la frecuencia en particular.

Los nuevos retos de la transición energética

1 FUENTES DE ENERGÍA MÁS VOLÁTILES



Aunque las energías renovables son necesarias para descarbonizar el sistema eléctrico y llevar a cabo la transición energética, plantean un problema para gestionar el equilibrio entre la generación y la demanda de forma continua. Dado que la energía solar y la eólica son fuentes de energía volátiles, el lado de la generación del sistema eléctrico pierde la capacidad de seguir las fluctuaciones de la demanda. Además, la energía solar y eólica contribuyen a **aumentar la variabilidad** de la generación. Por lo tanto, hay que gestionar la entrada volátil de energía renovable en el sistema eléctrico.



2 DISMINUCIÓN DE LA INERCIA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO



Las cargas y los generadores conectados al sistema eléctrico están diseñados para trabajar a la frecuencia nominal, que define la velocidad de rotación de estas máquinas. De hecho, el compendio de grandes generadores rotativos y grandes motores industriales tienen energía rotacional almacenada que contribuye a mantener la **inercia** en el sistema de potencia. La inercia les da la tendencia a permanecer girando a la frecuencia nominal. Por lo tanto, si falla una central eléctrica, la inercia general de la red puede compensar temporalmente la pérdida de energía del generador que ha fallado.



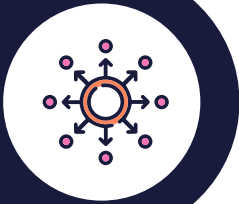
Históricamente, la inercia de las centrales térmicas convencionales, las turbinas hidroeléctricas y las centrales nucleares ha sido abundante. Ahora, con la alta penetración de las fuentes renovables, la cantidad de **inercia en el sistema está disminuyendo**. Esto ocurre porque las tecnologías que trabajan con inversores, como los aerogeneradores y los parques de energía solar, no aportan inherentemente inercia a la red. A medida que la inercia de la red disminuye, aumenta la probabilidad de experimentar desequilibrios entre la generación y la demanda.



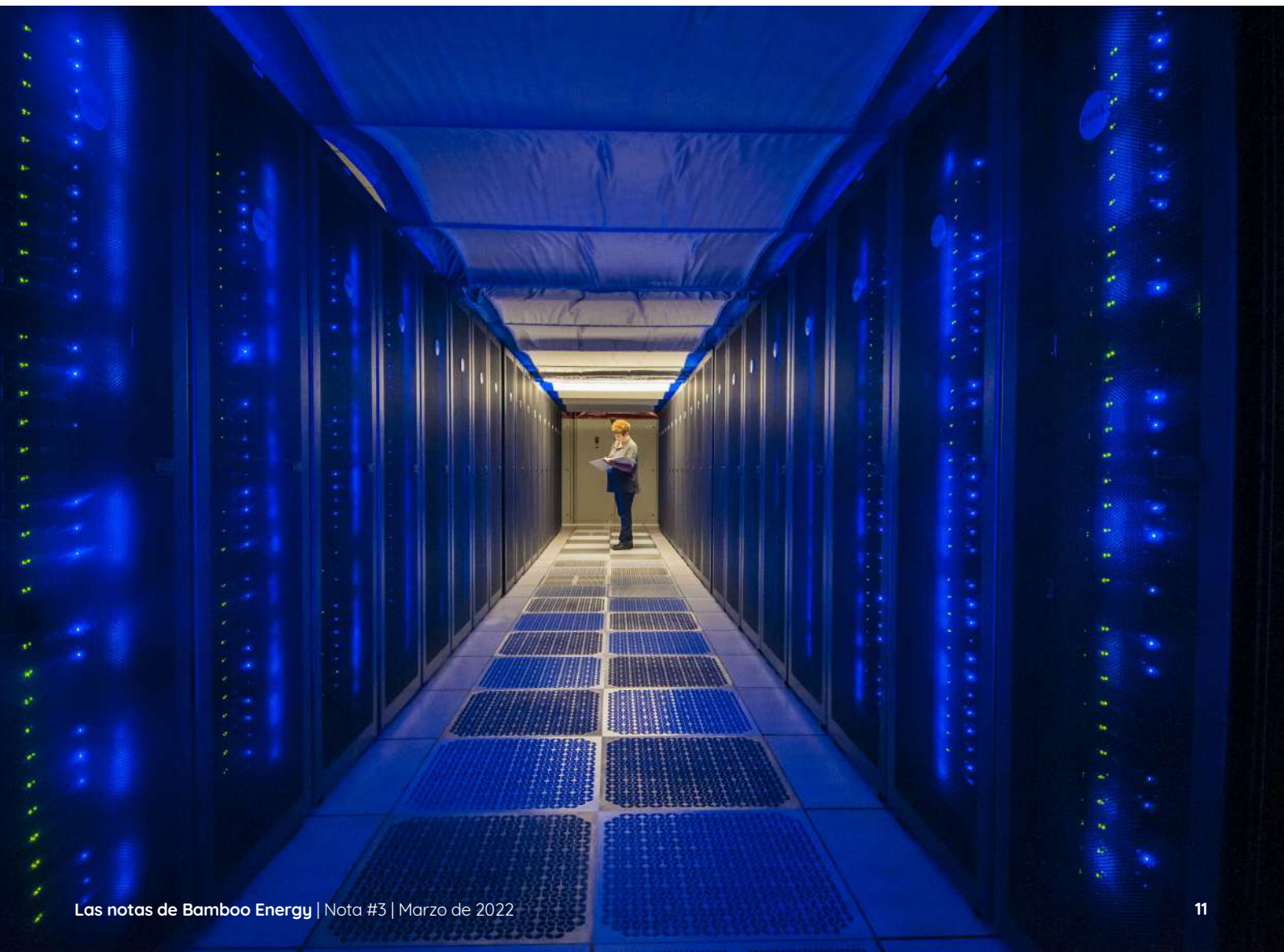
Afortunadamente, la electrónica de potencia de los inversores para instalaciones solares, eólicas y de almacenamiento puede detectar los desequilibrios en la red y proporcionar una respuesta de frecuencia muy rápida, lo que **disminuye la necesidad de inercia**. Por lo tanto, esto representa un cambio en la forma en que la respuesta de frecuencia puede ser proporcionada al sistema de energía: sobre una base mucho más rápida y por muchos sujetos responsables del balance (BRP) diferentes, y más pequeños.



3 DESCENTRALIZACIÓN



Por último, en los últimos años se han puesto en marcha muchas instalaciones de energías renovables, mientras que en algunos países se están eliminando las centrales de carbón y nucleares. Las nuevas instalaciones de energías renovables tienen una capacidad de potencia inferior a la de las grandes centrales térmicas convencionales. Por lo tanto, se está construyendo **un mayor número de instalaciones**, y estas nuevas instalaciones están más repartidas por el territorio. Tradicionalmente, la generación convencional se ha centralizado en un número reducido de grandes centrales térmicas. La complejidad de coordinar el funcionamiento de unas pocas centrales no es comparable al funcionamiento de miles de activos distribuidos. Por ello, el sistema eléctrico debe emprender un proceso de **digitalización** para promover un funcionamiento inteligente de los recursos energéticos distribuidos.



La flexibilidad de la demanda, el camino para seguir avanzando

➔ Como veremos en futuras notas de Bamboo Energy, **la gestión optimizada de la demanda** se presenta como una **gran solución** para aumentar la capacidad de flexibilidad en el sistema eléctrico en sustitución de las centrales térmicas convencionales que se están eliminando. La flexibilidad de la demanda es una solución más barata, que puede implantarse rápidamente en el sistema eléctrico y garantizar una regulación fiable de la frecuencia, evitando al mismo tiempo nuevas inversiones en infraestructuras convencionales. De hecho, la gestión de la demanda propone estrategias como el **desplazamiento del consumo** y el **recorte de picos**, que pretenden reducir la demanda durante intervalos de tiempo específicos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

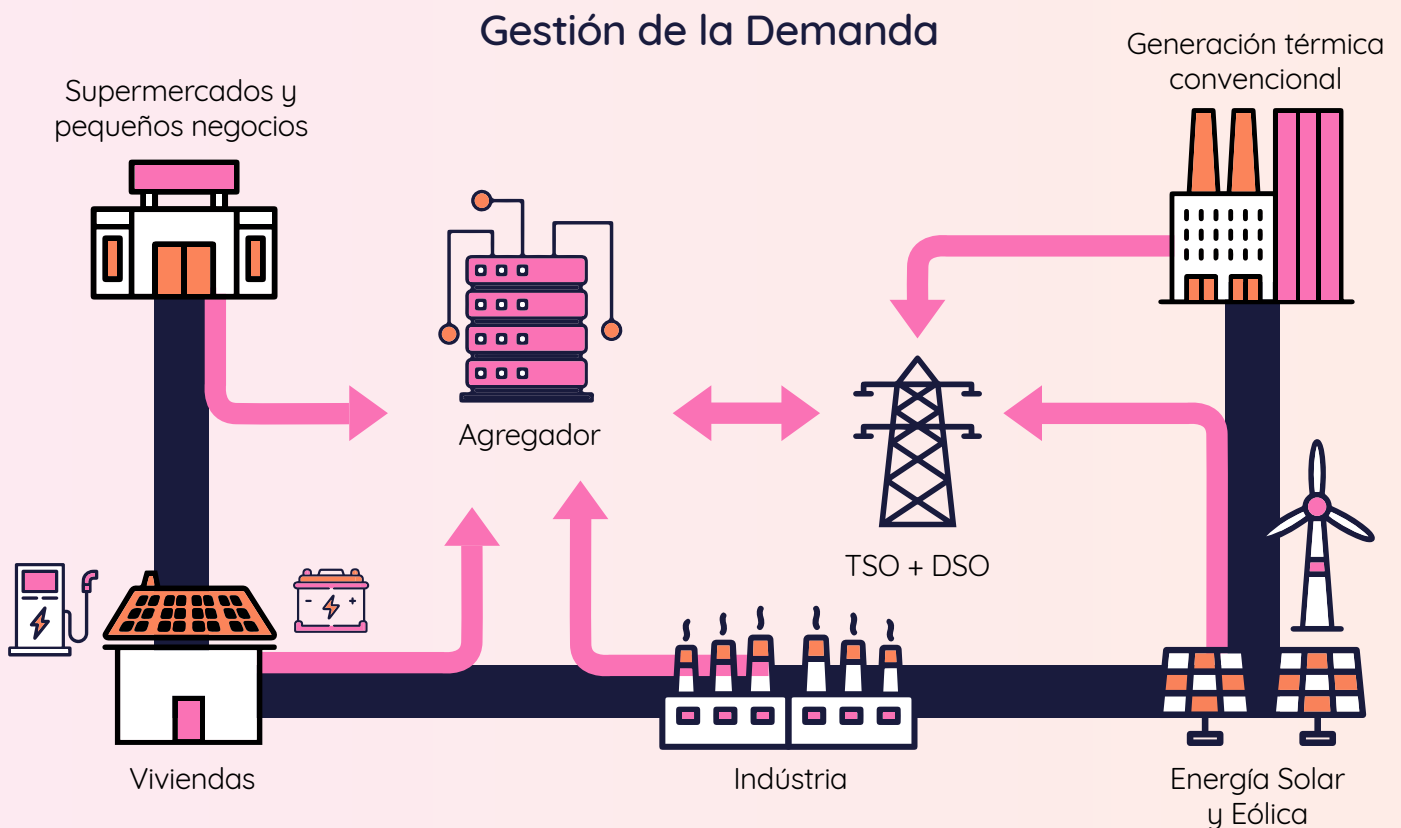


+ PRINCIPALES VENTAJAS DE LA GESTIÓN DE LA DEMANDA

A diferencia del deslizamiento de carga, estas dos estrategias son servicios controlados que pueden ser rentables para el usuario final. Además, la gestión de la demanda es una forma eficaz de participar en los mercados de servicios auxiliares y de flexibilidad, lo que abre **nuevas líneas de ingresos** para los grandes consumidores de energía. Además, digitalizar el sistema eléctrico reportará varios beneficios secundarios, como la mejora de la supervisión de los activos energéticos conectados a la red. Esto proporcionará información en tiempo real sobre el rendimiento de enormes conjuntos de activos, su consumo, su posible mal funcionamiento, etc.



La gestión de la demanda puede ayudarnos a avanzar hacia un sector eléctrico más sostenible, eficiente y democrático.



azul = suministro de energía | rosa = intercambio de datos

Conclusiones

- * En conclusión, cuando la penetración de energías renovables es baja, la cantidad de energía procedente de éstas no es suficiente para distorsionar el funcionamiento normal del sistema eléctrico. Sin embargo, los sistemas eléctricos ya incorporan mayores porcentajes de energía renovable para la generación de electricidad, y -como se ha comentado anteriormente- la generación de energía renovable va a crecer rápidamente en los próximos años. Por lo tanto, los sistemas eléctricos deben **aumentar su capacidad de flexibilidad** para equilibrar eficazmente la generación y la demanda. En definitiva, el sistema eléctrico debe ser capaz de suministrar energía limpia a los consumidores finales a precios asequibles y garantizando la seguridad del suministro.



En otras **notas de Bamboo Energy** hablaremos de cómo se pueden superar estos retos y de cómo la gestión de la demanda se presenta como una gran solución para aumentar la flexibilidad del sistema eléctrico y hacer frente a su creciente volatilidad.



Autores:

Joan Recasens, asesor energético en Bamboo Energy

Cristina Corchero, CSO y CTPO en Bamboo Energy

Mattia Barbero, fundador y analista de datos en Bamboo Energy

Póngase en contacto con nosotros para saber más sobre las nuevas oportunidades en el sistema eléctrico



Cristina Corchero
CSO & CTPO



ccorchero@bambooenergy.tech



Manel Sanmartí
Desarrollo de Negocio



msanmarti@bambooenergy.tech



Mattia Barbero
Analista de Datos



mbarbero@bambooenergy.tech

Las notas de

bamboo
energy