



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

**Interconexiones
eléctricas:**

un paso para
el mercado único
de la energía
en Europa





Índice

El papel de las interconexiones internacionales	6
La capacidad comercial de intercambio de energía entre países	7
España, una «isla eléctrica»	8
Interconexión España-Francia	
Interconexión España-Portugal	
Interconexión España-Marruecos	
Europa: el mayor sistema eléctrico del mundo	10
¿Cómo se gestionan las interconexiones?	11
Mercados organizados	
Subastas de capacidad	
Marco legal. Hacia el mercado interior de la energía	13
Mercados regionales, un primer esfuerzo de integración	14
Energías renovables, una de las grandes beneficiadas de las interconexiones internacionales	15
Interconexiones singulares:	17
Interconexiones españolas	
Interconexiones europeas	
Conexiones con islas	





Las redes eléctricas son un elemento clave de los sistemas eléctricos actuales ya que permiten conectar generadores y consumidores finales, lo cual es fundamental en una sociedad, la del siglo XXI, cada vez más electrodependiente, que demanda electricidad de forma constante.

Como parte de las redes eléctricas, que están formadas por un sinnúmero de líneas de alta tensión y subestaciones que las conectan entre sí, las interconexiones internacionales son el conjunto de líneas y subestaciones de sistemas eléctricos vecinos que permiten el intercambio transfronterizo de energía entre ellos. Las interconexiones conectan diversos países entre sí y permiten tanto ofrecer a los sistemas vecinos electricidad generada en el propio país como recibir de ellos energía que puede satisfacer la demanda interna.

Desde los inicios de los sistemas eléctricos y a lo largo de todo el siglo XX hasta la actualidad, el desarrollo y gestión de las redes eléctricas, principalmente las de transporte en alta tensión, han ido evolucionando desde un ámbito más local para pasar a tener un carácter nacional y posteriormente internacional, debido a que los sistemas eléctricos son más estables cuanto más mallados e interconectados están. Fue a partir de los años 50 del pasado siglo cuando en Europa se comenzó a interconectar las redes eléctricas de los diferentes países, a través de las denominadas interconexiones internacionales, con el objetivo inicial de aumentar los márgenes de seguridad, si bien a día de hoy las interconexiones están permitiendo una verdadera integración de los distintos sistemas eléctricos nacionales.

**«Los sistemas eléctricos son más estables
cuanto más mallados e interconectados están»**



El papel de las interconexiones internacionales

Las interconexiones internacionales generan una serie de ventajas en los países conectados. La principal es la contribución a la seguridad y a la continuidad del suministro eléctrico en los sistemas interconectados, gracias a los intercambios de energía en caso de necesidad. Las interconexiones son el respaldo instantáneo más significativo a la seguridad de suministro. Como ejemplo, enero del 2009, cuando un fuerte vendaval que afectó a las instalaciones españolas y francesas en la zona de los Pirineos hizo necesario el apoyo del sistema eléctrico español durante varios días para asegurar el suministro de energía en la región francesa de Perpiñán en condiciones de seguridad.

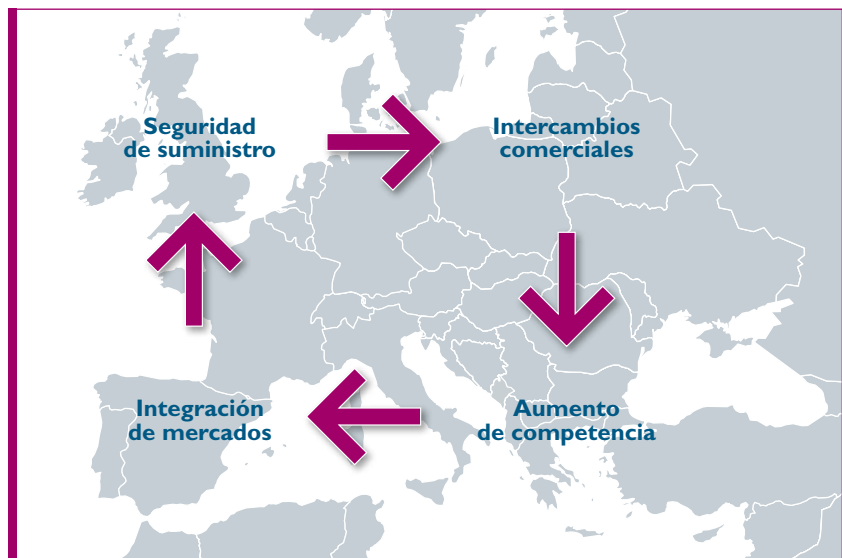
La segunda ventaja de las interconexiones, que se ve supeditada a la primera, es el aumento de la eficiencia de los sistemas interconectados. Con la capacidad que queda vacante en las líneas, se establecen diariamente intercambios comerciales de electricidad aprovechando las diferencias de precios de la energía entre los sistemas eléctricos. Estos intercambios permiten que la generación de electricidad se realice con las tecnologías más eficientes fluyendo la energía desde donde es más barata hacia donde es más cara.

Hay además una tercera ventaja: el aumento de la competencia entre sistemas vecinos. Las importaciones de energía de otros países obligan a los agentes del propio país a tener propuestas más competitivas si quieren que sus ofertas resulten aceptadas, generando una reducción del precio de la electricidad a nivel mayorista.

Por todo lo anterior, las interconexiones tienen un papel fundamental en la integración de los mercados de energía eléctrica. Este es el objetivo que persigue el llamado Mercado Interior de la Electricidad en Europa (MIE), que busca integrar el conjunto de los mercados existentes a día de hoy en la Unión Europea en uno.



Funciones de las interconexiones internacionales





Estación terminal de Tarifa para la interconexión España-Marruecos. / REE

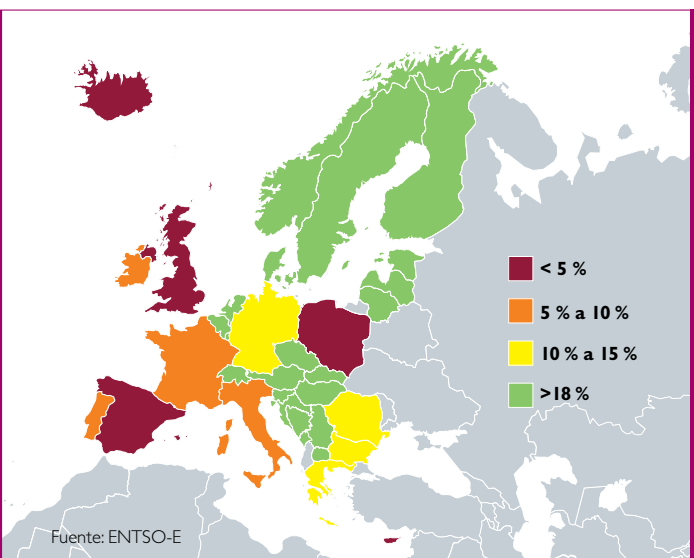
La capacidad comercial de intercambio de energía entre países

La capacidad de intercambio se define como el valor máximo de potencia eléctrica instantánea que se puede importar o exportar entre dos sistemas eléctricos manteniendo los criterios de seguridad de cada uno de ellos.

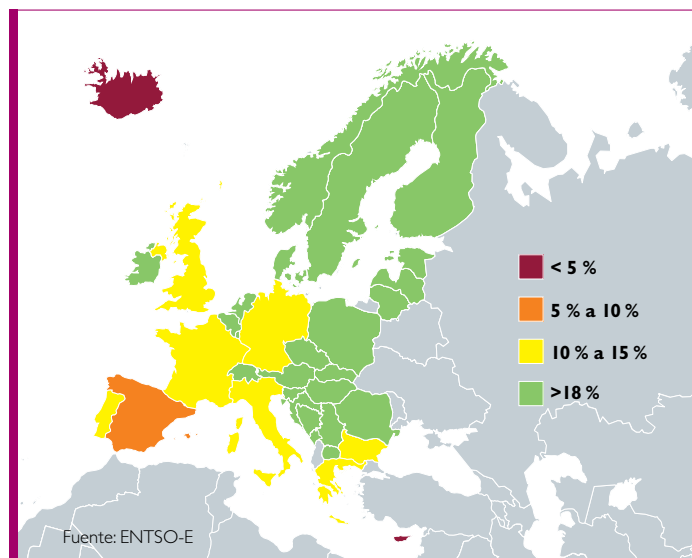
Para calcular esta capacidad el operador de cada sistema realiza estudios coordinados con los operadores vecinos donde se tienen en cuenta las previsiones de generación y demanda, y los períodos de mantenimiento de las instalaciones, además de realizar simulaciones teniendo en cuenta el fallo de los distintos elementos de red. Todos estos estudios se realizan en diferentes horizontes temporales, desde previsiones anuales hasta diarias, para así poder realizar los máximos intercambios comerciales posibles respetando siempre los criterios de seguridad.

Para que cada país alcance las ventajas enumeradas anteriormente, es fundamental mantener un elevado nivel de capacidad de intercambio. En este sentido, la Unión Europea recomienda que represente al menos el 10 % de la capacidad de producción instalada en cada uno de ellos.

Ratio de interconexión (2011)



Ratio de interconexión (2020)





España, una «isla eléctrica»

En la actualidad el sistema eléctrico español no alcanza este nivel mínimo recomendado en Europa, ya que su capacidad comercial de intercambio con el sistema europeo representa solo un 3 % de la capacidad de producción instalada en España. El fortalecimiento de las interconexiones con el resto de sistemas vecinos constituye, por tanto, la inversión más importante que debe realizarse en los próximos años para completar el gran esfuerzo inversor realizado a nivel interno.

Además, debido a la posición geográfica de España, las posibilidades de interconexión con el resto de Europa son muy limitadas. El hecho de que únicamente la interconexión con Francia nos permita intercambiar energía con el resto de países de la Unión Europea junto con la escasa capacidad de intercambio, hace de la península Ibérica una «isla eléctrica».

Interconexión España-Francia

España y Francia están conectadas mediante 4 líneas de alta tensión: dos en el País Vasco (una de 400 kV conectando Hernani con Argia y otra de 220 kV que conecta Arkale también con Argia), una en Aragón (de 220 kV entre Biescas y Pragnères) y otra en Cataluña (de 400 kV que conecta Vic con Baixas). Este conjunto de líneas permite alcanzar un valor máximo de capacidad de intercambio de alrededor de 1.400 MW. Desde 1982 no se ha construido ninguna nueva línea de interconexión, a pesar del crecimiento de la demanda eléctrica en ambos países.

Con el objetivo de aumentar la capacidad de intercambio y poder reforzar la unión con el sistema europeo, que es 10 veces superior al español y el mayor sistema eléctrico del mundo, se está llevando a cabo la construcción de la nueva interconexión con Francia por los Pirineos orientales, lo que supone el proyecto más importante que Red Eléctrica (REE) va a acometer en la red de transporte en los próximos años.

Esta nueva línea en corriente continua, cuya puesta en marcha está prevista para el 2014, supondrá la primera interconexión con la red europea que se pone en servicio desde hace casi 30 años.

El proyecto, además de ser un reto tecnológico por sus características y complejidad técnica, permitirá duplicar la capacidad de intercambio eléctrico con Francia. Esta nueva interconexión reportará





Línea Vic-Baixas entre España y Francia. / Michel Monteaux / RTE

mayor seguridad de suministro eléctrico, tanto nacional como regional y europeo, mejorará la calidad del servicio y potenciará el desarrollo de los intercambios energéticos en el mercado europeo, al tiempo que favorecerá una mayor integración de las energías renovables en el sistema eléctrico.

Asimismo, el nuevo enlace garantizará la fiabilidad del suministro en las regiones fronterizas más deficitarias, como Gerona, que no disponía de una red mallada suficientemente desarrollada. Esta situación dificultaba claramente su desarrollo ya que no existía suficiente red para suministrar energía a los clientes de medio y gran consumo.

Además, con este nuevo enlace se podrán aliviar las congestiones existentes en la interconexión, y se contribuirá a fomentar el desarrollo económico de ambas regiones.

No obstante, los 2.800 MW de capacidad previstos entre España y Francia con este nuevo proyecto no son suficientes, por lo que España tiene como objetivo el desarrollo de nuevas interconexiones en el horizonte del 2020, hasta alcanzar una capacidad de interconexión de al menos 4.000 MW.

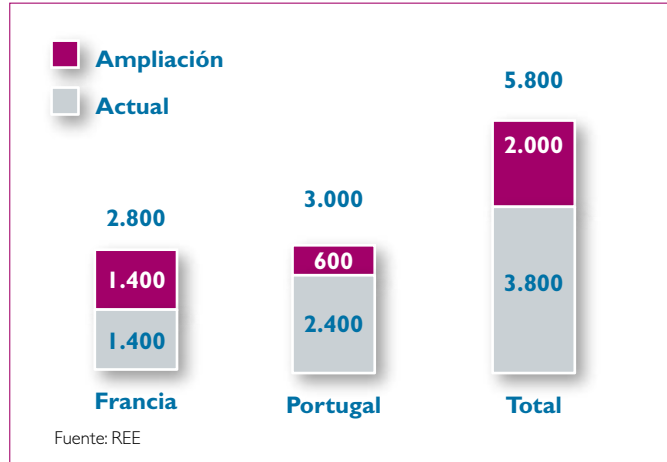
Interconexión España-Portugal

La interconexión con Portugal presenta una situación diferente. Actualmente entre España y Portugal existen 7 líneas: 4 de 400 kV y 3 de 220 kV que permiten alcanzar un valor máximo de capacidad de intercambio de entre 2.000 y 2.400 MW. Al igual que en la interconexión con Francia se están desarrollando dos nuevas líneas entre ambos países (una por Galicia y otra por Andalucía) que, tras su puesta en marcha en el 2015, permitirán alcanzar unos 3.000 MW de capacidad de intercambio.

Interconexión España-Marruecos

Se encuentran conectados a través de 2 cables eléctricos submarinos que proporcionan una capacidad máxima de alrededor de 800 MW. En la actualidad esta interconexión se puede considerar como el principal nexo de unión eléctrica entre Europa y los países de la orilla sur del Mediterráneo pudiendo convertirse en un futuro, cuando se culminen proyectos como Desertec y Medgrid, en la puerta de entrada a Europa de la energía generada por fuentes renovables del norte de África.

Capacidad actual de intercambio de España y prevista para el 2016



Desarrollo de nuevas interconexiones y capacidades de intercambio comercial previstas



Europa: el mayor sistema eléctrico del mundo

Tradicionalmente la planificación del desarrollo de las interconexiones entre dos sistemas nacionales la realizaban de forma bilateral los dos países en cuestión. Sin embargo, esta situación está cambiando en los últimos años debido al objetivo marcado por la Unión Europea de la creación del MIE. La planificación de la red se está trasladando del ámbito nacional al europeo ya que todo desarrollo de la red de transporte, y en particular de las interconexiones, tiene influencia en el funcionamiento de otros sistemas y mercados eléctricos.

Con esta visión, ENTSO-E (la asociación de los operadores y propietarios de la red de transporte europea) publica cada dos años el *Ten Year Network Development Plan* (TYNDP) que identifica cuáles deben ser los desarrollos de la red de transporte europea en el horizonte de 10 años. El TYNDP 2012 se ha publicado en julio y está disponible en la página web de ENTSO-E (www.entsoe.eu). De este modo, la planificación de determinadas interconexiones ya es de ámbito europeo y ciertos proyectos, una vez avalados por la Comisión Europea tras el análisis de sus ventajas para todo el sistema eléctrico europeo, se identifican como proyectos prioritarios, pudiendo obtener así facilidades para los procesos de tramitaciones y para su financiación.

Debido a la disposición geográfica de los distintos países europeos los enlaces submarinos en corriente continua van a ser muy importantes para alcanzar los objetivos marcados por la Unión





Línea Brovales-Alqueva en la zona de Badajoz. / REE

Europea y son ya una tendencia entre las infraestructuras identificadas en los TYNDP. Inglaterra, por ejemplo, que ya está interconectada con Francia, Holanda e Irlanda con enlaces de este tipo, tiene previsto, además de reforzar estos, conectarse con Bélgica y Noruega. Otros enlaces que ya están funcionando son los que unen en el mar del Norte Noruega con Dinamarca y Holanda, y Suecia con Dinamarca y Alemania; en el mar Báltico Suecia con Polonia, y Finlandia con Suecia y Estonia, y en el Mediterráneo Italia y Grecia.

En el ámbito ibérico, no se descarta la construcción de enlaces submarinos en el futuro especialmente para reforzar la capacidad de intercambio con Francia.

¿Cómo se gestionan las interconexiones?

Una vez que los operadores del sistema han acordado, bajo los criterios de seguridad que requieren ambos sistemas, qué parte de la capacidad de interconexión se puede destinar para uso comercial, esta se pone a disposición de los agentes, compradores y vendedores, según el método de asignación con el que se trabaje en cada una de las fronteras.

En Europa la asignación de capacidad de intercambio comercial se ha generalizado mediante dos metodologías: a través de los mercados organizados o por medio de subastas de capacidad.

Mercados organizados

La interconexión entre España y Portugal se gestiona a través del Mercado Ibérico de Electricidad (MIBEL) cuyo operador del mercado es OMIE. En el MIBEL, generadores y consumidores de España y Portugal presentan en cada sesión del mercado sus ofertas de compra y venta de energía y, tras el proceso de casación, por el cual se determinan los precios en ambos países, se establece el programa de energía a través de la interconexión España-Portugal para cada hora.

La capacidad de intercambio comercial, calculada por los operadores de los sistemas de España y Portugal, REE y REN, juega un papel fundamental en la fijación de precios en ambos países. Si la energía que fluye por la interconexión no supera el máximo establecido por los operadores, el precio de compra y venta de energía será igual en España y en Portugal, deno-



minándose a esta situación acoplamiento de mercados. En cambio, si el flujo supera el máximo de capacidad designado, se desacoplan los mercados y el precio de la electricidad es distinto en España y Portugal.

La diferencia de precios entre ambas áreas interconectadas, española y portuguesa, genera unos ingresos llamados «rentas de congestión». Estos ingresos se reparten a partes iguales entre los dos países y se destinan al desarrollo de futuras interconexiones o para disminuir las tarifas de acceso.

Para asegurar la ejecución de los programas de energía establecidos en la interconexión, los operadores de los sistemas de España y Portugal supervisan en todo momento el estado de la interconexión. La seguridad de suministro de los sistemas interconectados es primordial.

Subastas de capacidad

Frente a los mercados, con las subastas de capacidad se gestiona solamente la capacidad comercial de intercambio o derecho de paso para utilizar la interconexión, estando separada esta gestión de la negociación de la energía. Las subastas que se realizan en los diferentes horizontes temporales consisten principalmente en la asignación de capacidad a aquellos agentes que estén dispuestos a pagar más por ella, teniendo luego los agentes que programar la energía mediante acuerdos bilaterales o mediante su participación en los mercados de electricidad a ambos lados de la frontera.

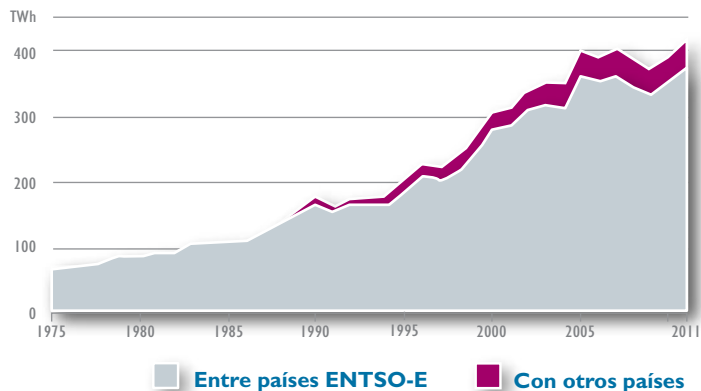
Como resultado de una subasta de capacidad, todos los agentes que hayan obtenido capacidad de intercambio deberán pagar un único precio por la capacidad adquirida, recibiendo a cambio el derecho de utilizar la interconexión para realizar intercambios comerciales de energía. Este pago supone unos ingresos para los sistemas interconectados, las «rentas de congestión», que como en el caso anterior se reparte a partes iguales entre los sistemas.

En la actualidad, la asignación de capacidad de intercambio comercial entre España y Francia se realiza a través de subastas de capacidad realizadas por los operadores REE y RTE para varios horizontes temporales: anual, mensual, diario e intradiario. Para el futuro próximo, se está traba-



Evolución de los intercambios internacionales

Fuente: ENTSO-E



jando en la integración de las subastas de largo plazo (anual, mensual) en alguna plataforma regional europea.

REE y RTE, como operadores del sistema eléctrico español y francés, respectivamente, realizan las previsiones de capacidad disponible y en función de estos estudios se determina la capacidad que se ofrece en cada una de las diferentes subastas.

Al igual que en la interconexión con Portugal, la seguridad de los sistemas prima por encima del intercambio comercial.

Marco legal. Hacia el mercado interior de la energía

En la actualidad la normativa relativa al funcionamiento del sistema eléctrico español viene descrita en los procedimientos de operación. Estos son un conjunto de normas que describen las actuaciones necesarias para asegurar el suministro de energía eléctrica en las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad necesarias.

En el caso de las interconexiones internacionales existe una orden ministerial en España (ITC/4112/2005) que regula su gestión, y a partir de esta normativa se han elaborado varios procedimientos de operación (4.0, 4.1 y 4.2).

Con motivo del proceso de creación del MIE, a nivel europeo se está desarrollando un nuevo marco legal, que se encuentra en una fase decisiva tras la entrada en vigor en marzo del 2011 del llamado Tercer Paquete de Energía. El desarrollo y la futura implantación de esta nueva regulación constituirá el marco de referencia común europeo para gestionar la integración de los mercados.

Para alcanzar este nivel de gestión de los mercados y las interconexiones, la recientemente creada Agencia para la Cooperación de los Reguladores de Energía (ACER), que agrupa a las

Tendido de la interconexión entre Francia y Alemania por la región de Lorena. / David Sauveur / RTE



comisiones reguladoras de los distintos países europeos, está redactando una serie de directrices marco relativas a distintos aspectos del comercio transfronterizo de energía y de los mercados, a la operación del sistema y a la conexión a la red de generadores y consumidores.

Posteriormente, y a petición de la Comisión Europea, es ENTSO-E la organización que está redactando los distintos códigos de red que permitirán desarrollar las directrices marco. Todo este proceso de elaboración está contando con la participación de todos los grupos de interés implicados (operadores, agentes del mercado y diversas asociaciones).

Una vez finalizado cada código de red, ACER comprobará que sea acorde con la directriz marco correspondiente y, tras el visto bueno de la Comisión Europea, será de aplicación directa en todos los estados miembros por encima de la legislación nacional, que deberá ser adaptada.

En la actualidad todos los operadores europeos están trabajando de manera simultánea en la elaboración de varios códigos de red y en diversos proyectos de implantación de cambios, acordes con estos códigos. El proceso de creación del MIE, que está siendo seguido muy de cerca en el ámbito del Foro de Florencia, tiene como fecha objetivo el año 2014.

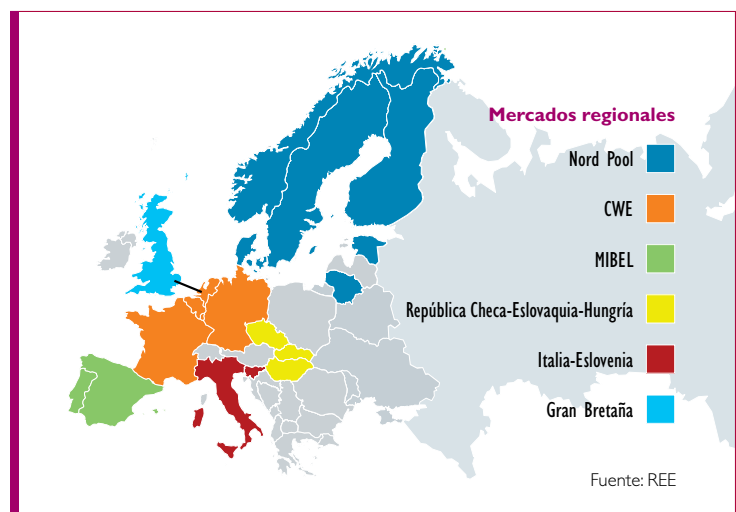


Mercados regionales, un primer esfuerzo de integración

Como primer paso para integrar los diferentes mercados energéticos nacionales en un mercado único europeo, se han empezado a desarrollar distintos mercados regionales en Europa.

El primer mercado regional europeo empezó a funcionar en 1996. Es el Nord Pool, formado en la actualidad por Suecia, Finlandia, Noruega, Dinamarca, Estonia y Lituania.

El MIBEL es el segundo mercado regional de Europa, está formado por España y Portugal y comenzó a funcionar el 1 de julio del 2007. Previamente, en el año 1998, España ya había creado su propio mercado eléctrico.





Estración conversora de Pas de Calais (Francia) de la interconexión Francia-Inglaterra. / Laurent Weyl / RTE

Si bien la gestión en estos dos mercados se realiza a través de un único operador, Nord Pool Spot y OMIE, respectivamente, en otras zonas de Europa se hace mediante varios operadores. Es el caso de la región centroeuropea CWE (Francia, Alemania, Holanda, Bélgica y Luxemburgo), en la que hay tres operadores (EPEXSPOT, APX-ENDEX y BELPEX), y del acoplamiento de mercados entre Italia y Eslovenia, y entre la República Checa, Eslovaquia y Hungría.

En los próximos años los distintos mercados regionales europeos se van a ir acoplando en paralelo con los desarrollos regulatorios. A finales del 2012 lo harán los mercados diarios de Centroeuropa, países nórdicos y el Reino Unido, y posteriormente, en el 2013, se unirá el MIBEL a este gran bloque.

Para garantizar el adecuado acoplamiento de los distintos mercados regionales europeos es necesario contar con una compatibilidad de horarios y productos, y con un cierto grado de armonización de las reglas de funcionamiento de los mercados y de los criterios de seguridad de los distintos sistemas implicados para evitar que los incidentes que puedan ocurrir en un determinado país puedan extenderse al resto del sistema europeo.

Energías renovables, una de las grandes beneficiadas de las interconexiones internacionales

Europa está apostando en los últimos años por el desarrollo de las energías renovables para que sean una parte importante del *mix* energético de cada país.

Como muestra de esta apuesta la Unión Europea se ha marcado un objetivo (conocido como 20/20/20) en términos de materia energética para el año 2020 que consiste en reducir un 20 % las emisiones de CO₂; mejorar un 20 % la eficiencia energética, y aumentar la generación de origen renovable en un 20 %.

Para alcanzar estos objetivos es necesario gestionar e integrar adecuadamente estas energías en el sistema. La gestión de las renovables, especialmente el viento y el sol, es compleja dado que la generación de estas tecnologías no se produce necesariamente cuando la demanda del sistema lo requiere, como ocurre en el caso de las energías convencionales que sí que son gestionables.



Para compensar la variabilidad de estas energías, no poner en peligro la seguridad de suministro y mantener el equilibrio en un sistema eléctrico, se cuenta con la generación gestionable y con las interconexiones internacionales. A medida que aumenta la capacidad de interconexión, se maximiza el volumen total de producción eólica que el sistema es capaz de integrar en condiciones de seguridad, dado que la energía procedente de esta fuente y que no tiene cabida en el propio sistema se puede enviar a otros sistemas vecinos, en lugar de ser desaprovechada. Al mismo tiempo, ante falta de producción renovable o problemas en la red, un alto grado de capacidad de intercambio permite recibir energía de otros países.

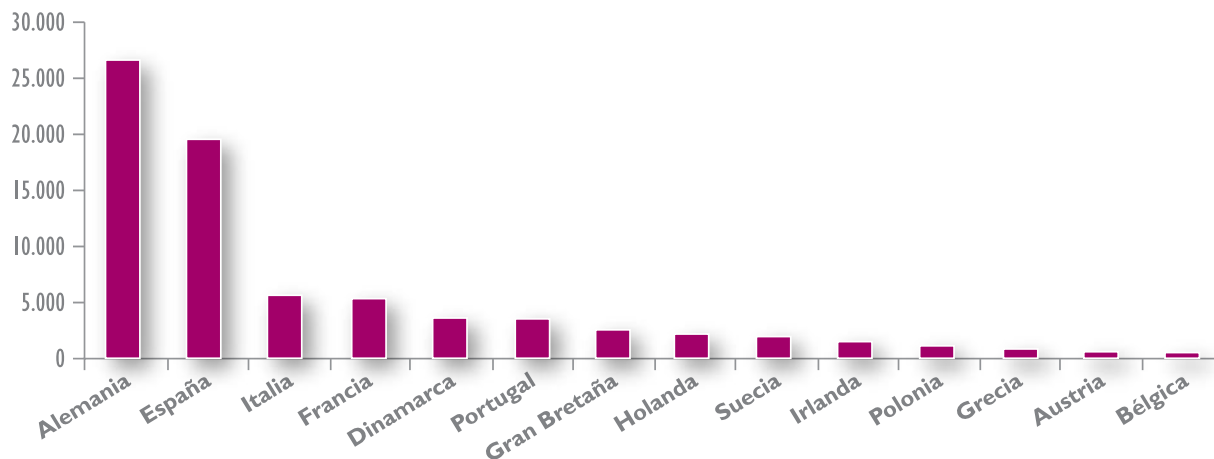
Para poder integrar mayores cantidades de producción renovable, Red Eléctrica junto con sus homólogos de Francia y Portugal está desarrollando mecanismos que permitan utilizar la capacidad de intercambio que ha quedado libre tras su uso comercial, disponiendo de una mejor previsión de generación de estas energías más cercana al tiempo real y, por lo tanto, más precisa. Estos desarrollos se están realizando en paralelo con los de los códigos de red europeos.

En definitiva, solo con el respaldo de una red sólida, suficientemente mallada, correctamente interconectada y con los mecanismos de gestión adecuados con otros sistemas será posible seguir incorporando al sistema español y por extensión al europeo la generación renovable de una manera eficiente y segura.



(MW) **Potencia eólica instalada (2010)**

Fuente: ENTSO-E





Interconexiones singulares

Interconexiones españolas

- España-Marruecos: única conexión completamente operativa de Europa con el norte de África, sin considerar las conexiones de Turquía con Bulgaria y Grecia.
- España-Francia: la futura conexión entre Santa Llogaia y Baixas que se pondrá en servicio en el 2014 será la interconexión en corriente continua de mayor capacidad en Europa (2x1.000 MW) y la más larga soterrada (64,5 km).

Interconexiones europeas

- Albertirsa (Hungría)-Zakhidnoukranska (Ucrania): interconexión europea de más tensión (750 kV) y más longitud (477 km).
- Redipuglia (Italia)-Divaca (Eslovenia): interconexión de 400 kV de mayor capacidad (1.840 MVA).
- Varna (Bulgaria)-Isaccea (Rumanía): interconexión de 400 kV de mayor longitud (235 km).
- Rütli (Suiza)-Meiningen (Austria): interconexión de 220 kV de mayor capacidad (945 MVA).
- Ivalo (Finlandia)-Varangerbotn (Noruega): interconexión de 220 kV de mayor longitud (228 km).
- Norned. Fedá (Noruega)-Eemshaven (Holanda): interconexión submarina más larga del mundo (580 km).

Conexiones con islas

- SAPEI. Cerdeña-Italia peninsular: interconexión en corriente continua submarina de mayor profundidad con 1.600 m. La segunda es el proyecto Rómulo que conecta la península Ibérica con Baleares.
- BorWin: primer proyecto de conexión de una planta eólica *offshore*, en el mar del Norte.
- Ygne (Gotland, Suecia)-Västervik (Suecia peninsular): primera interconexión en corriente continua en Europa (año 1954).



01.07.2018

0 50 100 200 300 400 km

Scale 1 : 1 000 000

Legend

Line	Line variation
1	1000 kV
2	750 kV
3	500 kV
4	330 kV
5	220 kV
6	150 kV
7	110 kV
8	70 kV
9	50 kV
10	35 kV
11	20 kV
12	10 kV
13	5 kV
14	1 kV
15	0.4 kV
16	0.2 kV
17	0.1 kV
18	0.05 kV
19	0.02 kV
20	0.01 kV

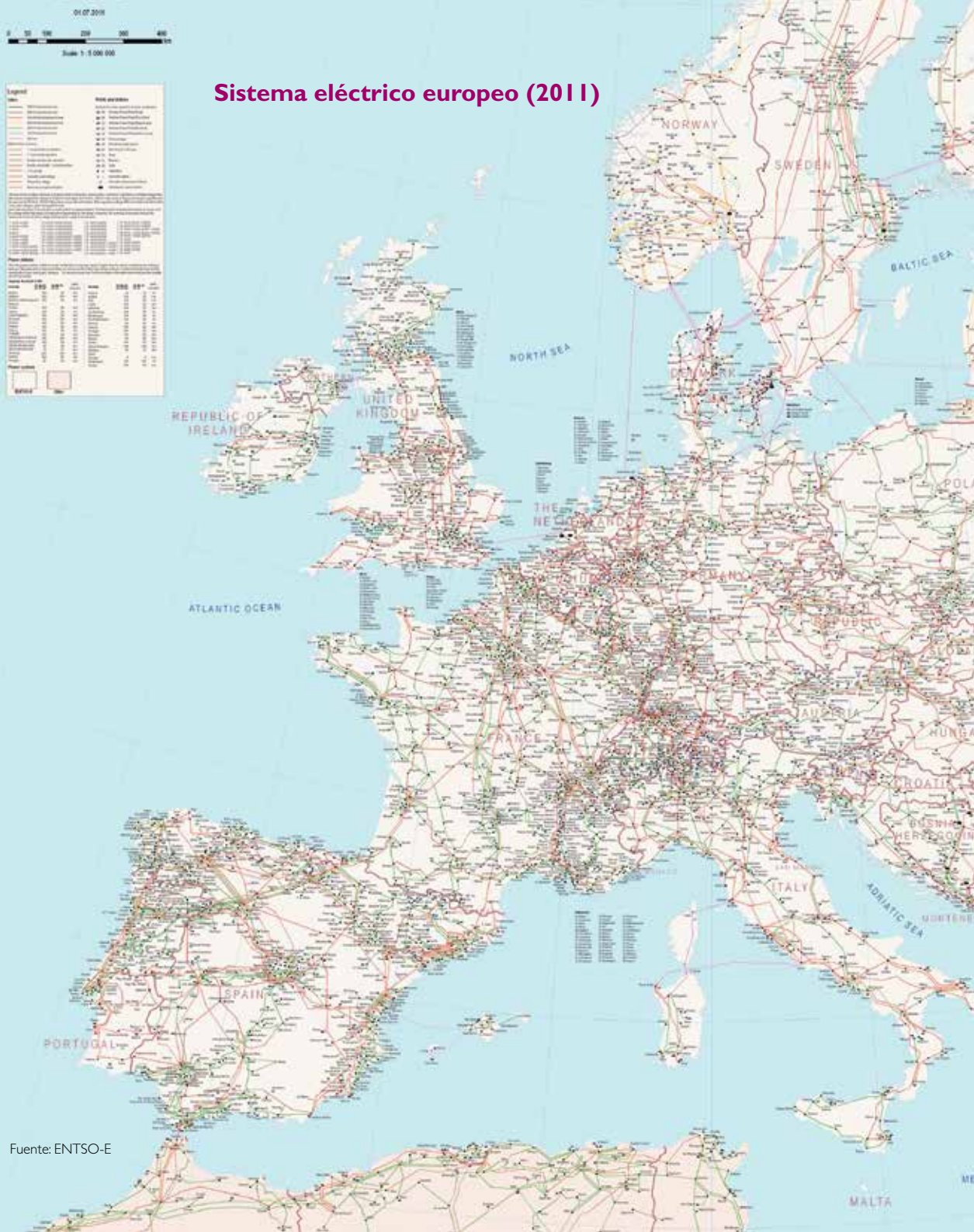
Other symbols

1	Substation
2	Substation
3	Substation
4	Substation
5	Substation
6	Substation
7	Substation
8	Substation
9	Substation
10	Substation
11	Substation
12	Substation
13	Substation
14	Substation
15	Substation
16	Substation
17	Substation
18	Substation
19	Substation
20	Substation

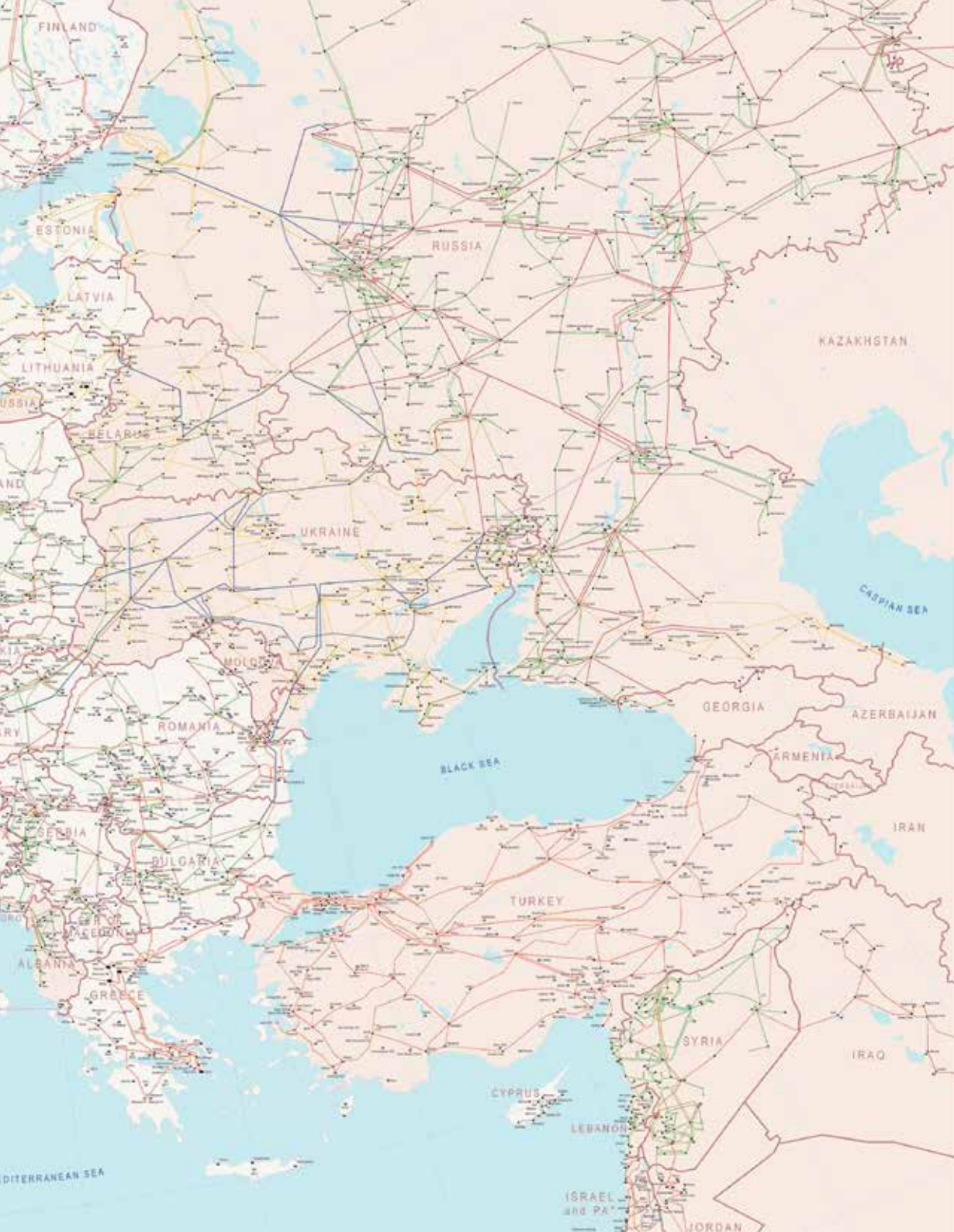
Other symbols

1	Substation
2	Substation
3	Substation
4	Substation
5	Substation
6	Substation
7	Substation
8	Substation
9	Substation
10	Substation
11	Substation
12	Substation
13	Substation
14	Substation
15	Substation
16	Substation
17	Substation
18	Substation
19	Substation
20	Substation

Sistema eléctrico europeo (2011)



Fuente: ENTSO-E





RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Paseo del Conde de los Gaitanes, 177
28109 Alcobendas, Madrid

www.ree.es

Dirección de Comunicación y Responsabilidad Corporativa · Gabinete de Prensa

Septiembre 2012