

Documento de Visión Estratégica 2030



Plataforma española
de redes eléctricas

Índice

0. Resumen ejecutivo	3
1. Introducción	5
2. Objetivo del documento	7
3. Objetivos tecnológicos del sistema eléctrico para 2030	9
4. Análisis del sistema eléctrico actual	11
5. La Visión del Sistema eléctrico a partir del año 2030 según FUTURED	17
Usos y servicios	17
Arquitectura	23
Tecnologías	28
6. Análisis de barreras y elementos impulsores del cambio de la red eléctrica en 2030	35
Política energética	35
Tecnología	38
Factores sociológicos y formativos	39
Factores del mercado	43
Medio ambiente	44
7. La red eléctrica como motor de competitividad nacional	47

O. Resumen ejecutivo



En la sociedad del siglo XXI la electricidad es la forma de energía más utilizada y un factor determinante en la competitividad de los países.

La red eléctrica, como infraestructura necesaria para que esta energía sea accesible a todos los potenciales usuarios, es un activo que cada país tiene que ocuparse de adecuar a las necesidades actuales y futuras. Vivimos una nueva situación en la que se nos exige que las redes eléctricas sean algo más que un instrumento pasivo para mover energía eléctrica desde los puntos de generación a los de consumo. Lo que se pide ahora a las redes es que sean elementos facilitadores para la consecución de objetivos de sostenibilidad. Para ello las redes deben ser un instrumento activo de gestión de incertidumbres, tanto de la oferta como de la demanda, para poder alinear los objetivos del sistema de fiabilidad, sostenibilidad y competitividad.

La Plataforma Tecnológica Española de Redes Eléctricas del futuro, FUTURED, agrupa a un conjunto de representantes de la administración, empresas eléctricas, empresas tecnológicas y fabricantes de equipos, empresas de servicios, centros tecnológicos y universidades. Su objetivo es facilitar la evolución de la red y aprovechar las oportunidades que surjan en materia industrial y en la ampliación de los productos y servicios que se podrán ofertar a la sociedad, y así actuar como palanca para potenciar la actividad económica nacional. La administración pública en su doble papel de promotor de la propuesta y parte activa dentro de la plataforma es clave por ser el organismo que establece tanto las políticas de investigación como las políticas industriales que rigen el sector eléctrico.

Europa se ha impuesto unos objetivos energéticos para 2020 (SET Plan) que exigen a las redes eléctricas una importante evolución, no sólo en la incorporación de nuevas tecnologías, sino también en las nuevas formas de relación con los clientes conectados a ellas. Se requiere por tanto un cambio de paradigma donde se posibilite un salto tecnológico rápido y eficaz.

Si tomamos en consideración el entorno económico, se llega fácilmente a la conclusión que sólo es posible afrontar este reto con una potenciación de la colaboración entre todos los agentes involucrados, lo que permitirá reducir los riesgos y los costes de las nuevas soluciones, y por lo tanto facilitar su implantación.

Las necesidades de nuestra economía son cambiantes, y el ritmo de esos cambios es cada vez más acelerado. Elementos como el despliegue de contadores inteligentes, el vehículo eléctrico, la proliferación de las energías renovables, la micro generación distribuida, las tecnologías de información y comunicación y el protagonismo cada vez mayor de la Eficiencia Energética, tienen procesos de implantación cada vez más cortos.

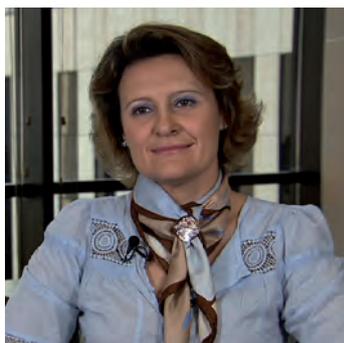
El salto tecnológico que ya estamos vislumbrando, con nuevos elementos en la red como contadores inteligentes, elementos de electrónica de potencia, una automatización de red más sofisticada o unidades de almacenamiento de energía, son un reto y una oportunidad que los sectores industrial, educativo e investigador españoles no sólo no pueden desaprovechar, sino que deben liderar. Es importante poner en valor los pilotos de Smart Grids realizados en España, de referente mundial, que están sirviendo como escaparate del potencial de la tecnología española en el sector.

La presencia en FutuRed de proveedores de tecnología, prescriptores de necesidades, usuarios, fabricantes y responsables de la formación de las futuras generaciones de profesionales, crea el entorno apropiado para que las ideas sobre los nuevos procedimientos, productos y servicios sean materializadas en el entorno empresarial y educativo español.

Este documento expresa la visión que este grupo de expertos tiene, en 2012, sobre cómo la red eléctrica española, desde el transporte en muy alta tensión hasta la distribución en baja, irá haciendo frente a las exigencias en un horizonte de 2030 de una sociedad cada vez más independiente energéticamente y, por lo tanto, también más exigente, no sólo respecto a los costes y la calidad, sino además en criterios de ecología y sostenibilidad.

Dada la rápida evolución previsible tanto del entorno económico y social como de la tecnología, este es un documento vivo que iremos actualizando periódicamente, siendo cualquier comentario y aportación bienvenidos a través de nuestra dirección secretaria@futures.es.

Gracias de antemano.



Blanca Losada
Presidente Plataforma FutuRed
Noviembre, 2011

I. Introducción



Hoy en día es inimaginable pensar en una sociedad desarrollada sin la existencia de la electricidad. La electricidad se ha convertido en una forma de energía imprescindible y con infinidad de usos, debido a su gran versatilidad y control, a la inmediatez en su utilización y a la limpieza en el punto de consumo. Alumbrado, motores eléctricos, climatización, refrigeración de alimentos, cocinado, radio y televisión, ordenadores, infinidad de otros electrodomésticos y equipos, ascensores, usos industriales en general, etc., utilizan la electricidad como fuente de energía. La electricidad se ha convertido en la actualidad en un bien de consumo esencial.

Las perspectivas a futuro no hacen más que ratificar la relevancia del papel que jugará la electricidad, ya que en la medida en la que se consiga producir electricidad a partir de fuentes de energía primaria limpias y renovables (eólica, solar, marina, carbón con captura y almacenamiento de CO₂, nuclear si se encuentra una solución a los residuos y a la seguridad, ...), se convertirá en un vector energético indispensable para conseguir un desarrollo sostenible (tanto en términos medioambientales como de dependencia energética y agotamiento de recursos), con la paulatina sustitución del uso de combustibles fósiles en casi todas sus aplicaciones de transformación energética.

Para proporcionar el acceso prácticamente universal y con alta fiabilidad a esta fuente transformada de energía, ha sido necesario un proceso de inversión en infraestructuras eléctricas extraordinariamente elevado a lo largo de todo un siglo de desarrollo del sistema eléctrico. Líneas, subestaciones, transformadores, equipos y centros de control, equipos de medida y equipos de protección configuran un gigantesco sistema industrial puesto al servicio de los consumidores y productores de electricidad.

La red eléctrica supone el nexo de unión entre la generación y la demanda, constituyendo por sí misma una parte muy importante de la actividad económica que incorpora un valor estratégico innegable al resto de los sectores de la economía. La red eléctrica supone directamente empleo y riqueza a la sociedad dado que existe una gran industria que depende del avance tecnológico de la red y viceversa. Pero el mayor impacto es el que tiene, de forma indirecta, la dependencia

total de la industria y la sociedad a la que las redes surten de ese bien de primera necesidad que es la electricidad.

Por ello, la labor de la red eléctrica en el suministro energético en condiciones óptimas de seguridad, calidad y precio es un objetivo irrenunciable para la misma.

La construcción de la red eléctrica futura está ya en curso y se deben dar los pasos necesarios día a día para conseguirlo. El riesgo existente es no obtener el desarrollo necesario a tiempo y encaminar inevitablemente a la red eléctrica a su colapso, y por ende a la calidad de vida de nuestra sociedad, la industria, la economía y el país en su conjunto.

Este desarrollo se ve amenazado por multitud de agentes que retrasan o hacen inviable la construcción y desarrollo del sistema eléctrico, como pueden ser cambios regulatorios no acordados con las empresas eléctricas, freno de la inversión en el sector eléctrico español, debacle del sector industrial eléctrico que surte de avances tecnológicos a la red, restricciones locales y medioambientales que ahogan el crecimiento de las redes, etc.

Para lograr alcanzar el objetivo de una Red Eléctrica 2030 adaptada a las necesidades futuras, se ha de continuar con el trabajo para afrontar los cambios expuestos en esta visión que se prevé que surjan, como la introducción masiva del coche eléctrico (más de 20 millones de nuevos consumidores y la necesaria adaptación de la red para su carga), el consumidor doméstico como agente activo en el mercado, el desarrollo de las TICs imbricadas en la red, la introducción de nuevas tecnologías como los dispositivos basados en electrónica de potencia o el almacenamiento de energía. Para ello se requerirá un esfuerzo tecnológico, social, regulatorio y económico en el que deberán participar todos los agentes que intervienen en la consecución de la red eléctrica 2030.

Ante estas incertidumbres, las redes eléctricas se preguntan; ¿Contribuirán los estamentos reguladores a dar estabilidad a esta reconversión? ¿Seguirá siendo el sector eléctrico rentable para la industria y las empresas eléctricas? ¿Se producirá un aumento de la demanda que provoque una saturación de las redes y por tanto una crisis en el suministro energético? ¿Alcanzarán la madurez necesaria para su implantación las tecnologías propulsoras del cambio?

Las claves que responden a estas y otras preguntas son expuestas a continuación en la Visión Estratégica FutuRed 2030.

2. Objetivo del documento



El presente documento de visión pretende ofrecer una imagen de la red que deberá existir en el año 2030. El movimiento general, que ya se está produciendo, es la transformación de una red pasiva que transporta y distribuye energía a una red activa que interconecta clientes de producción y consumo de energía eléctrica.

Los tres objetivos que tiene la visión son los siguientes:

- Unificar las diferentes ideas de lo que deberá ser la red del futuro en el horizonte 2030 en una visión integradora concreta. Si bien se pretende que no se trate de una foto fija, sino que, la visión debe actualizarse para incluir cambios en el entorno que incidan en la concepción de la red futura.



- Guiar los esfuerzos para el progreso de las redes eléctricas de las distintas entidades relacionadas con el sector eléctrico en España. De esta forma se pretende que sirva para alinear:
 - la investigación y los desarrollos tecnológicos por parte de las universidades, centros tecnológicos, empresas eléctricas e industria y proveedores de tecnología,
 - la incorporación de estas nuevas tecnologías y de los nuevos modelos de gestión por los propietarios y gestores de la red,
 - la regulación que permita acometer los cambios necesarios para implantar la visión,
 - la formación de los futuros profesionales que tendrán que implantar la red del 2030.

- Ser un documento divulgativo de referencia para difundir las necesidades y la solución propuesta para la red del 2030 en sectores afines al eléctrico y en el ámbito eléctrico en otros países, particularmente en Europa. Esto permitirá captar sinergias que ayuden mutuamente al sector eléctrico español y a los sectores cercanos.

3. Objetivos tecnológicos del sistema eléctrico para 2030

FutuRed desarrolla esta visión de red del futuro, desde un análisis riguroso de la situación actual del sector eléctrico y con la vista puesta en unos objetivos estratégicos para dicho sector en su conjunto. A continuación se enumeran los objetivos estratégicos que FutuRed propone para la red eléctrica de 2030:

- Desarrollar infraestructuras de transporte y de distribución más eficientes y sólidas, que dispongan de funcionalidades operativas más avanzadas, que permitan el movimiento de mayores volúmenes de energía, que propicien el ahorro de energía, la reducción de pérdidas y unos menores costes.
- Garantizar operaciones seguras, fiables y flexibles con todos los recursos disponibles del sistema eléctrico, potenciando el papel activo de todos los agentes en dicho sistema. La operación integrará criterios de suministro de energía y reducción de pérdidas, criterios de gestión del riesgo.
- Asegurar un suministro eléctrico con unos niveles de fiabilidad, calidad y costo adecuados para las demandas de la sociedad futura, tanto en el ámbito industrial como en el sector servicios y usuarios residenciales.
- Facilitar una integración efectiva de las energías renovables y de la generación distribuida, de tal manera que coexistan eficazmente con plantas de generación centralizada, sin menoscabo en la estabilidad del sistema y en la seguridad del suministro. Así, España podrá tener la estructura energética óptima, de acuerdo con las necesidades del país.
- Posibilitar la integración interactiva de consumidores y de nuevos agentes suministradores de energía y servicios de forma que una mayor flexibilidad en el consumo de energía eléctrica pueda derivar en beneficios económicos a la vez que en nuevas oportunidades para la gestión de la red por el resto de agentes. Despliegue de programas

de gestión de la demanda basados en dispositivos inteligentes domésticos que ayuden, entre otros y de forma particular, a la implantación masiva del vehículo eléctrico.

- Lograr un transporte y una distribución de energía más respetuosa con el medio ambiente integrando los criterios de reducción de impacto ambiental y de desarrollo sostenible en los planes de infraestructuras así como en el diseño y en la implantación de éstas.
- Despliegue tecnológico de las tecnologías consideradas estratégicas, TIC-s electrónica de potencia, almacenamiento, y nuevos sensores y materiales.
- Desarrollar una red de transporte y de distribución capaz de constituir una plataforma para la prestación de servicios avanzados e innovadores a los usuarios, en términos de bienestar y calidad de vida.
- Promover un nuevo marco regulatorio que permita un desarrollo armónico de los objetivos citados dentro del sector eléctrico.



4. Análisis del sistema eléctrico actual



En los últimos años, se han ido produciendo cambios que han condicionado en gran medida la evolución de las redes eléctricas situando al sector ante retos que se han ido superando y muchos en los que aún se está trabajando.

A continuación se analizan los puntos clave que han condicionado y condicionan actualmente el desarrollo de las redes eléctricas:

Liberalización del sector energético

Desde el año 2003 se encuentran liberalizadas en España las actividades de generación y de comercialización de la energía, tanto eléctrica como de gas. Sin duda, se puede hablar de que asistimos a una nueva forma de entender el negocio eléctrico en su conjunto, lo cual obliga a las compañías eléctricas a dar nuevos servicios a los usuarios. Ello plantea nuevos retos a las características y prestaciones de las redes eléctricas, retos en los que los avances en las tecnologías de la información y las comunicaciones tendrán un papel relevante.

La liberalización completa del mercado tuvo lugar en el año 2003, si bien no fue hasta el 1 de julio de 2009 cuando culminó el proceso de desaparición de las tarifas reguladas de baja tensión con la salvedad de la TUR (tarifa de último recurso) que permanecerá vigente por un plazo limitado (para clientes con suministros de menos de 10 KW).

Recientemente ha aparecido una nueva figura dentro del sector, el gestor de carga, destinado a la carga de los vehículos eléctricos. Dicha figura irá desarrollándose regulatoriamente en los próximos años.

Aumento de la competencia y globalización

La liberalización del sector ha tenido como consecuencia una mayor competencia entre las empresas del sector. Los factores económicos cobran mayor relevancia y se busca de una forma

más decidida la eficiencia en la actividad, maximizando el rendimiento y el aprovechamiento de sus activos. Estas tendencias se han trasladado a los fabricantes, los cuales se encuentran con un mercado cada vez más competitivo e internacional. La crisis económica ha empeorado la situación para el sector industrial en general, retrasando su crecimiento y poniendo en una difícil situación en otros casos.

Integración de la energía renovable

Los objetivos 20-20-20 donde se insta a obtener una producción del 20% de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y la creciente necesidad de disminución drástica de la dependencia energética exterior, están promoviendo una mayor relevancia de la generación proveniente de fuentes renovables. Este hecho se agudiza en España, donde el desarrollo de este tipo de generación está por encima de la media europea, debido a que la dependencia energética del exterior es muy alta.

Para la captación adecuada de estos recursos energéticos, las redes eléctricas están asumiendo la nueva función de integrar estos recursos geográficamente dispersos. Las futuras líneas y redes deberán integrar fuentes renovables dispersas, estratégicamente ubicadas y asociadas con otros sistemas de generación y consumo.



En los últimos años se están registrando las primeras restricciones a la producción de renovables debido a que el consumo no es suficiente en ciertos momentos para absorber la energía procedente de estas fuentes más la generación de base no interrumpible. Esta situación se irá agravando a medida que aumente la proporción de energía renovable instalada, lo que plantea nuevos retos en el sector.

Por otro lado, el carácter aleatorio característico de las fuentes renovables supone un importante reto, para el cual es fundamental la función integradora de las líneas de interconexión con otros sistemas y la coordinación de los distintos agentes. Para la realización de esta coordinación serán necesarios sistemas de captación y tratamiento de datos, así como de la aplicación de algoritmos de gestión y sistemas de operación y control, más avanzados incluso que los utilizados en los actuales sistemas de generación y transporte.

La demanda energética

En las próximas décadas, todas las previsiones realizadas muestran que la participación de la electricidad en el consumo energético total en los países de la OCDE va a aumentar en gran medida. Pero además la actividad industrial y económica (transporte, telecomunicaciones, finanzas, etc.) va a estar controlada progresivamente por complejos y sensibles sistemas electrónicos e informáticos que dependen de una energía eléctrica con alta fiabilidad y calidad de suministro. En resumen, la red eléctrica tendrá que atender una demanda creciente de electricidad y con niveles de calidad superiores a los actuales para dar respuesta a las futuras necesidades de la economía.

En el caso de la demanda española, las tasas de crecimiento previas a la crisis fueron muy altas, por encima del 4% en energía y 6% en potencia máxima anual. Si bien durante la crisis se ha producido una disminución de consumo, previsiblemente este se volverá a recuperar teniendo en cuenta los patrones de evolución de la demanda eléctrica en los países desarrollados.

Mencionar también el apoyo de la Administración a los contadores inteligentes, base para la realización de la gestión de la demanda, con la publicación del Real Decreto en el que programa la sustitución de los contadores actuales por contadores inteligentes en todos los suministros. Dicho cambio se producirá de modo progresivo hasta 2018 y tendrá que formar parte de un sistema de gestión comunicado antes de 2014, y también las actividades de investigación que se han realizado durante el inicio de la década y que se están plasmando en proyectos de demostración a escala en distintas poblaciones españolas (redes inteligentes como núcleo y elemento dinamizador de las ciudades inteligentes).

Saturación de redes

Tanto desde la Administración como desde la ciudadanía cada vez surgen más condicionantes para la ampliación de las redes de transporte y distribución (fundamentalmente nuevas líneas y subestaciones eléctricas) por el impacto medioambiental y visual que provocan. El crecimiento de la demanda que ha existido en la última década ha hecho que las redes eléctricas se hayan saturado progresivamente lo que magnifica las repercusiones de los posibles incidentes. Sin embargo, tal y como se ha comentado, la demanda actualmente se ha moderado y con ella la saturación de las redes, lo que no impide que las previsiones a medio y largo plazo indiquen una necesidad imperiosa de disponer de una mayor capacidad en nuestras redes.



Evolución de las redes

La contribución de los recursos energéticos distribuidos y de las energías renovables, así como la evolución de tecnologías en diferentes campos (TIC-s, electrónica de potencia, sistemas de almacenamiento, etc), supone una oportunidad para impulsar una evolución hacia un tipo de redes más reforzadas, inteligentes y con mayores capacidades de adaptación. Un factor importante a tener en cuenta, y que puede beneficiar la implantación de redes bajo el nuevo paradigma resultante de FutuRed, deriva de la oportunidad de reemplazar los elementos de las redes cuando alcanzan el final de su vida útil.

Impacto medioambiental

La sensibilización social sobre la ecología y el rechazo a las agresiones medioambientales, se constituyen en otro factor que condiciona de forma decisiva el desarrollo del escenario energético en general y el de las infraestructuras de líneas y redes en particular. En este sentido, el respeto al medio ambiente en todos los procesos que se desarrollen ha de garantizar el cumplimiento en materia medioambiental de la normativa autonómica y estatal (ZEPAs, LIC-s, etc.) y europea así como otros acuerdos internacionales, desde los objetivos 20-20-20 hasta los acuerdos de la cumbre de Río de Janeiro en el año 1992 y el protocolo de Kyoto cuya entrada en vigor se produjo en 2004.



La flexibilización que conlleva la red inteligente permite una mayor integración de las energías renovables con la demanda, optimizando el conjunto de producción-distribución-consumo, es decir, la implantación de un sistema eléctrico más eficiente y más respetuoso con el medio ambiente. La aplicación de avances tecnológicos, tales como los relativos a las técnicas de la superconductividad y a tecnologías en corriente continua, permitirán obtener sistemas de transporte y distribución de la energía eléctrica más compatible con el medio ambiente.

5. La Visión del Sistema Eléctrico a partir del año 2030 según FUTUREED



La red eléctrica de 2030, proporcionará la infraestructura de transporte y distribución de energía eléctrica que satisfará de forma eficaz, firme, fiable y sostenible las necesidades eléctricas de todos sus usuarios, incorporando los avances tecnológicos necesarios para permitirlo.

A continuación se describe la visión de la red eléctrica del 2030 en torno a tres conceptos que definen la estructura y funcionalidad de la red:

- Usos y servicios.
- Arquitectura de la Red.
- Tecnologías a impulsar.

Estos conceptos son desarrollados teniendo en cuenta el objetivo temporal en el que sitúa esta visión, año 2030, escenario en el que los objetivos estratégicos se verían cumplidos en función de lo especificado en el siguiente punto de “análisis de barreras y elementos impulsores”.

Usos y servicios

Gestión de la Demanda

El consumo eléctrico mundial durante las últimas dos décadas se ha incrementado en más de un 30%, en especial en los países de la OCDE que consumen el 57% del total, y la tendencia proyectada a 2020 y 2030 continúa siendo ascendente a un ritmo aproximado de 1,3% anual (según la Agencia Internacional de la Energía). En las sociedades modernas, el alto crecimiento económico y el aumento de la población ha provocado una mayor dependencia eléctrica especialmente en los sectores terciario y residencial. En concreto, en España, el consumo de electricidad aumentó un 55 por ciento entre 1998 y 2008, multiplicándose por dos la potencia instalada en ese mismo periodo de tiempo. Si bien a partir de 2008 la crisis ha producido una reducción de consumo, la senda de crecimiento se volverá a retomar una vez superado este periodo de crisis.¹

1. El crecimiento interanual de consumo del 2010 ha sido un 2,9% (fuente: REE).

Un cambio normativo destacable es el que está produciendo la implantación de contadores inteligentes hasta 2018 para todos los suministros de potencia menor de 15 kW, y la activación de funcionalidades como la lectura remota y el control remoto de potencia. En el año 2030 estará totalmente desplegado el *smart-metering*, que supondrá una herramienta indispensable en la gestión de la demanda.

Este escenario plantea el desarrollo de un nuevo modelo energético sostenible, donde la gestión de la demanda eléctrica y la eficiencia energética como servicios de una red de transporte y distribución inteligente contribuyan a aumentar la seguridad del suministro, moderar el crecimiento de la demanda, disminuir los costes de generación y la necesidad de construcción de nuevas infraestructuras eléctricas.

En un futuro próximo, aprovechando los avances realizados en el área de las TIC's, la red eléctrica será capaz de establecer una comunicación bidireccional con el cliente final. Esta nueva configuración abre un nuevo abanico de posibilidades en los servicios de operación, permitiendo a través de la gestión de la demanda el conocimiento del consumo y generación futuro de los clientes finales y la actuación, en momentos de saturación, sobre cargas gestionables, conectadas a la red de distribución. De esta forma, la red del futuro desplegará los servicios descritos tanto en el ámbito industrial como residencial, optimizando el control de las puntas de demanda general y local de potencia, convirtiendo la demanda en un agente económico de carácter elástico para que las variaciones de precio afecten a los consumidores y no exista mercado únicamente del lado de la generación. El usuario podrá ser consciente del precio a pagar en un determinado momento por el uso de la electricidad, con lo que parte de sus hábitos de consumo se podrían trasladar a horas en las que la demanda y el precio fuesen menores. En usuarios domésticos todo esto será posible gracias a la automatización de los principales electrodomésticos.

Los principales servicios de gestión de la demanda que debería integrar la red eléctrica del futuro estarán basados en: a) programas basados en incentivos de precio horario cuyo objetivo es modificar la curva diaria de carga a través de la oferta de distintas tarifas en función del día o de la hora en la que la electricidad es más cara o la red se prevé que esté más saturada y b) programas de gestión de la demanda basada en respuestas activas en los que el cliente se compromete a asumir reducciones de potencia controlados por el operador de distribución si el sistema llega a determinados niveles de saturación.

El vehículo eléctrico se habrá incorporado como una carga importante pero gestionable y complementaria a la variabilidad de la producción con origen renovable.



Gestión de la Generación

La respuesta a los retos de sostenibilidad exigirá del uso de todas las tecnologías disponibles, sabiendo que el futuro exige un cambio hacia un sistema energético de bajo contenido en carbono.

En el horizonte de 2030, la aportación de la producción no gestionable a la cobertura de la demanda anual se situará en torno al 40% y habrá momentos en el que este tipo de producción podrá ser mayor a la demanda.

Existen varios escenarios del “mix” de generación, aunque fundamentalmente lo completarán, junto con la alta aportación de renovables, la generación nuclear y las centrales térmicas convencionales de gas y carbón. Se contemplan distintos escenarios para el 2030: 1) bajo un mantenimiento de la generación nuclear, la energía convencional de carbón y sobre todo de gas disminuirá sustancialmente, 2) ante una reducción de la producción nuclear, se puede prever una alta producción de renovables (50%) y mantenimiento de la generación térmica convencional y, 3) por último, si se considera un aumento de la producción nuclear, la generación renovable quedaría por debajo del 40% y se reduciría ligeramente la generación convencional. Las políticas que se adopten tienen que ser prudentes, flexibles y de no renuncia a ninguna opción, ni al protagonismo de alguna de ellas.

Las futuras redes de distribución se deberán dimensionar para soportar la penetración de la generación distribuida, en gran medida renovable, y que deberá ser también gestionable como la cogeneración de pequeña escala.

Para atenuar el carácter intermitente (principal inconveniente de las fuentes renovables), resultará fundamental la función integradora de las líneas de interconexión entre los sistemas de generación con fuentes renovables, los otros sistemas de generación, almacenamiento energético y centros de consumos geográficamente cercanos. Estas redes interconectadas deberán dotarse de sistemas de comunicación, actuación, captación y tratamiento de datos sobre cada uno de los dispositivos activos de manera que se actualice en tiempo real la situación de los principales parámetros de funcionamiento de la red.

Uno de los objetivos que se persigue a medio plazo a nivel europeo, es la creación de una línea de interconexión desde Centro-Norte de Europa a España, con un ramal a Italia, de forma que se pueda distribuir el excedente eléctrico de los generadores eólicos *off-shore* de Europa del Norte, o en verano exportar electricidad de la energía solar producida en España y norte de África. Esta denominada supergrid se encontrará aún en desarrollo, pero ya existirán partes de la misma que permitan vislumbrar su implementación real.

La oferta de generación eléctrica dentro de la red eléctrica del futuro se vislumbra mucho más flexible y compleja. Nuevos agentes aparecen en el mercado que consumen y aportan energía en función de restricciones funcionales o criterios económicos, los transportistas y distribuidores deberán tener un papel más activo en la gestión en tiempo real de todos estos recursos energéticos distribuidos y por último, el mercado deberá regularse de manera que refleje cada vez mejor el coste de generación de la energía.

Operación del sistema

La operación de la red futura tendrá un mayor grado de automatización y se regirá en función de infinidad de medidas tomadas en campo interactuando con un sistema de suministro de extrema elasticidad, capaz de responder en tiempo real a las millones de decisiones tomadas por los distintos actores implicados: consumidores, suministradores, etc. Dentro de esta operación estará la optimización de protocolos y mecanismos de comunicación entre todos los dispositivos y los sistemas en un entorno muy diverso con distintos requerimientos, fabricantes distintos y una gran variedad de estándares. Por este motivo, se desarrollará una nueva familia de protocolos de comunicación a partir de la estandarización de los existentes.

Por lo tanto los sistemas con los que se operará la red del futuro serán de una mayor sofisticación en la toma de decisiones y en la cantidad de información manejada. Estos sistemas tendrán una mayor capacidad de decisión y por lo tanto deberán de estar protegidos ante ataques de elementos externos.

Las redes eléctricas, como servicio esencial a la comunidad requerirán una atención específica en materia de autoprotección, por lo que se implantarán los más avanzados conceptos de seguridad en las redes de comunicación, asegurando la inviolabilidad de los datos y la seguridad de la propia red.

Gestión de activos / Automatización

Con la aparición de las redes eléctricas inteligentes, el número de dispositivos inteligentes e interoperables dispersos por toda la red será muy elevado, por lo que su gestión de forma manual en un futuro tendrá una gran dificultad. Será necesario, por tanto, tener un sistema encargado de gestionar y controlar todos los dispositivos existentes en la red de forma automática para poder probarlos, configurarlos, y gestionar su vida.

Actualmente existen productos en el mercado capaces de realizar estas funciones, pero necesitan que los datos sean introducidos desde el exterior, por lo que el siguiente paso que se debe dar en este tipo de sistemas es el de incorporar la capacidad de obtener la información por ellos mismos y la capacidad de autodescubrimiento de dispositivos (*plug & play*). Además, los equipos instalados en la red del futuro presentarán funciones de autoevaluación, en las que se calcule de forma precisa el desgaste y la posibilidad de fallo del dispositivo.

El mantenimiento tradicional basado en predicción se sofisticará y se integrará más con la operación, permitiendo una operación basada en riesgo. En esta operación, cada acción a realizar en la red conllevará el cálculo de su impacto en la vida de los activos afectados.

Gestión del almacenamiento

La transformación del *mix* de generación eléctrica en España con la incorporación de las energías renovables ha disminuido la dependencia exterior pero ha creado una situación que ofrece signos de incompatibilidad con los objetivos de eficiencia energética, dados los excesos de generación renovable que se pierden al desconectar las fuentes de energía renovable no gestionable.

La incorporación de unidades de almacenamiento amortiguadoras entre la generación y el consumo podría ser un factor decisivo.

Otra de las grandes transformaciones del sector eléctrico vendrá dada por la incorporación del vehículo eléctrico como nuevo elemento de consumo. Sin embargo el modo en el que se produzca la carga de las baterías del vehículo va a condicionar los esfuerzos a los que se someterán las redes y al propio sistema.

Esta situación está abriendo oportunidades de actuación para hacer viable el almacenamiento de energía eléctrica, una actividad tecnológicamente posible pero que no ha encontrado tradicionalmente un marco económico adecuado. Superando el análisis economicista tradicional y considerando otros factores, el almacenamiento de energía eléctrica puede ofrecer soluciones para ambos problemas y contribuir de forma exitosa al aumento de la eficiencia energética y el ahorro de energía primaria.

Por otro lado, los resultados que se están obteniendo debido al gran esfuerzo en investigación de sistemas de almacenamiento de mayor densidad y economía, y el uso masivo de estos sistemas, provocarán una caída en los costes que permitirá su aplicación para usos de red.

Vehículo eléctrico

La política energética de la UE tiene como compromiso prioritario el conocido 20-20-20 al que el vehículo eléctrico se prevé que contribuya en gran medida a su consecución.

Dado que el transporte supone un tercio del consumo mundial de la energía, se considera una de las líneas de actuación más importantes a tener en cuenta para mejorar la eficiencia en el consumo de energía, además de suponer una iniciativa eficaz para reducir significativamente la emisión de gases CO₂ a la atmósfera.

La electrificación del transporte unido a este incremento de la proporción de generación renovable derivada de los planes de introducción de este tipo de generación van a producir que los vehículos se muevan con energías autóctonas renovables y que, a su vez, sean los propios vehículos los que ayuden a la integración de este tipo de generación no gestionable.

Para hacer esto posible será necesaria la gestión de la carga eléctrica, para que se realice en los momentos de mayor generación renovable. La energía almacenada podría utilizarse para el automóvil mismo, para el consumo propio en la casa o ser vertida nuevamente a la red, ajustando mejor las curvas de oferta y demanda.

La red del 2030 contemplará la conexión masiva de vehículos eléctricos consumiendo y aportando energía a la red. Esta demanda agregada de energía conlleva efectos para la red de distribución. Por ello, se deberán realizar estudios antes de la instalación de una red de puntos de recarga, y será necesario un sistema que permita gestionar y controlar de forma automática la carga de los vehículos para evitar que se produzcan sobrecargas en la red, y para que, ante cualquier inestabilidad detectada, anule la carga de los vehículos de manera controlada para no crear un efecto rebote al dejar de consumir todos instantáneamente.

La red eléctrica del futuro debe ser capaz de adaptarse y avanzar hacia modelos energéticos más sostenibles, de forma que desarrolle las mejoras tecnológicas e infraestructuras para integrar nuevas tecnologías como las necesarias para una movilidad sostenible.



Arquitectura

La arquitectura de la red eléctrica 2030 se caracterizará por ser una red en la que convivirán la arquitectura tradicional, red de transporte mallada y redes de distribución radiales, con las nuevas configuraciones de red avanzadas del siglo XXI. Los cambios de la arquitectura, que vendrán motivados por unos requerimientos cada vez más exigentes, incluyendo la necesidad de un aumento generalizado en la capacidad, un mayor control en tiempo real o la necesidad de anticipación y predicción del cambio en los condicionantes y el estado de la red, se materializarán

gracias a los avances tecnológicos que ya desde hoy se están vislumbrando. Estos cambios se irán incorporando progresivamente sobre la infraestructura eléctrica existente, de tal forma que el equipamiento actual evolucionará incorporando paulatinamente las nuevas tecnologías.

Requerimientos básicos de la arquitectura de las redes eléctricas del futuro

La arquitectura de la red del 2030 cumplirá con las siguientes características:

- Será más flexible, de tal forma que puedan incorporarse con facilidad al sistema eléctrico nuevas tecnologías de generación, sobre todo aquellas energías variables procedentes de recursos renovables, adaptándose a los cambios en el mercado y a las necesidades del cliente.
- Será más robusta, de forma que la fiabilidad y la seguridad de la red del futuro aumente respecto a la actual, incluso en condiciones de operación previsiblemente más complejas. Las redes eléctricas, como servicio esencial a la comunidad, forman parte de la red de infraestructuras críticas por lo que se avanzará en implantar conceptos avanzados de seguridad en las redes eléctricas, asegurando la inviolabilidad de los datos y la seguridad de la propia red.
- La red de transporte será capaz de transportar grandes cantidades de energía a grandes distancias, para lo que probablemente se requieran redes de transporte específicas combinadas con las existentes.
- En la red de distribución el flujo de electricidad será bidireccional: circulará desde los recursos y los consumos distribuidos hacia los niveles jerárquicos superiores (o viceversa, dependiendo de las condiciones de demanda y de suministro).
- Tendrá un grado de observabilidad superior, de tal forma que se dispondrá de información detallada del sistema eléctrico y del mercado en tiempo real de forma que se puedan realizar acciones en ambos sistemas de forma instantánea y coordinada.
- Se podrá predecir con alto grado de fiabilidad el estado de la red en su conjunto, de forma que se facilite la explotación y mantenimiento de las instalaciones, desarrollándose la capacidad de anticipación ante incidentes y de valoración de los riesgos de potenciales situaciones que puedan originar fallos y que se garanticen la estabilidad y el flujo constante de energía de alta calidad.

- El cliente final tomará un papel activo en el sistema eléctrico, teniendo la posibilidad de participar en el mercado gestionando su propia energía. Con un sistema de suministro integrado y controlado de extrema elasticidad, resistencia y sensibilidad, capaz de responder en tiempo real a las millones de decisiones tomadas por los distintos actores implicados: consumidores, suministradores, operadores, etc.
- Existirá una red de comunicaciones rápida, segura y fiable entre todos los sistemas y elementos que componen la red para orquestar un funcionamiento conjunto y automático.
- Existirán repartidos por toda la red eléctrica y de comunicaciones, sistemas independientes e intercomunicados, encargados de controlar la calidad de la red, reaccionar ante eventos imprevistos, etc.

Dimensionamiento de la arquitectura

Como consecuencia de estos exigentes requerimientos de futuro, la evolución de la arquitectura de las redes de transporte y distribución se desarrollará conceptualmente en tres dimensiones fundamentales:

- **La evolución del sistema hacia el “macro-sistema”.** Los grandes sistemas eléctricos proseguirán interconectándose entre sí, impulsados por la dispersión creciente de los recursos primarios de producción renovable, que se buscarán en nuestro entorno, en el Magreb, potencial productor de generación de energía solar, o en el Mar del Norte, con grandes recursos eólicos. Las necesidades de recursos primarios impulsarán por tanto las interconexiones del sistema europeo con el norte de África para conformar el anillo mediterráneo, el desarrollo de la red *off-shore* del Mar del Norte, o una posible unión en el futuro con Rusia. En España la red de transporte deberá disponer de alta capacidad de interconexión con Francia, Portugal, Marruecos y eventualmente Argelia. Esta red representará una columna vertebral capaz de equilibrar el suministro eléctrico y la demanda a nivel nacional y será la vía principal por la que se discurrirá el concepto de “*Supergrid*” que seguirá desarrollándose más allá de esta fecha. En definitiva, los sistemas actuales evolucionarán hacia un macro-sistema con mayor complejidad que requerirá una mayor coordinación entre los distintos agentes.
- **La reconfiguración del sistema en un conjunto integrado de “micro-sistemas”.** Las redes de distribución, con la introducción de elementos de generación distribuida,

el desarrollo de sistemas de gestión activa de la demanda o la aparición de microrredes, evolucionarán hacia micro-sistemas activos cada vez más complejos. Los sistemas de generación y consumo distribuidos quedarían integrados en las nuevas redes, que sobre todo en las ciudades estarán muy reforzadas debido a su alto grado de automatización y flexibilidad.

- **La transformación del sistema actual en “mesosistema”.** La red actual se verá transformada por la irrupción de nuevas tecnologías TIC-s, electrónica de potencia, almacenamiento, nuevos materiales, sensores etc. Las redes eléctricas de transporte y distribución adquirirán un alto grado automatización en la operación, protección y control, llevando aparejado el despliegue de las tecnologías consideradas clave y que se detallan en el siguiente punto de “Tecnologías”.

Estas tres tendencias en la evolución del sistema eléctrico permiten vislumbrar la arquitectura de las redes de transporte y distribución del futuro, e identificar los retos tecnológicos más relevantes para dotarlas de las características que permitan culminar con éxito este proceso de transformación. Por ello las redes eléctricas requieren para su desarrollo tecnológico de la evolución de tecnologías en diversas líneas de índole muy diversa.

Líneas de avance para la arquitectura

La arquitectura de la red del futuro impulsará el desarrollo de líneas tecnológicas de naturaleza diversa. Entre los posibles avances más significativos cabe destacar:



- Los tipos de equipamiento que el sistema utiliza para el suministro eléctrico actual (líneas, subestaciones y transformadores) evolucionarán y se adaptarán con la incorporación de nuevas tecnologías; así incrementarán la eficiencia, la calidad y la seguridad de los sistemas existentes y permitirán la evolución hacia nueva arquitectura para la red eléctrica en las zonas con mayor requerimiento de generación y de demanda. El resultado será una mejora en la eficacia de la energía suministrada y en las operaciones de mercado, y una red de alta calidad.
- Las nuevas tecnologías de medición en el consumidor final deben contemplar la dualidad futura del mismo (como consumidor y como generador); se asegura así que el consumidor se incorpora al modelo energético como sujeto activo. Asimismo, el equipo de medida, o similar, deberá garantizar la implantación de modelos de eficiencia energética capaces de fomentar el uso racional de las energías.
- Se definirá un nuevo concepto de desarrollo de la red obteniendo alternativas a la construcción de nuevas infraestructuras y al desarrollo de un mayor mallado. Estas alternativas se basarán en el uso creciente de tecnologías de electrónica de potencia, incluyendo controladores, convertidores y reguladores de alta potencia, que adicionalmente irán permitiendo el uso de líneas de corriente continua para distribución de energía. Estos nuevos elementos permitirán un mayor control que se necesitará para la explotación que la red del futuro.
- La red estará más automatizada: se generalizará a la red de distribución el grado actual de monitorización y control actual de la red de transporte, lo que facilitará la gestión de flujos de electricidad e información bidireccionales entre los distintos nudos de la red de distribución. Su inteligencia distribuida, unida a las comunicaciones avanzadas y a una gran automatización, facilitará realizar operaciones de mercado en tiempo casi real, optimizando la oferta y la demanda de energía eléctrica, así como trasladar la información de estado a los distintos actores de la red (tales como consumidores activos, distribuidores y generadores).
- Incrementará su capacidad de reposición para recuperar la estabilidad del sistema después de un incidente de forma rápida y autónoma.
- Esta arquitectura, basada en la incorporación de las tecnologías de la información y de las comunicaciones permitirá una operación del sistema que asegurará la máxima estabilidad del mismo obteniendo niveles de alta fiabilidad, seguridad y capacidad de auto-recuperación.

Tecnologías

El sistema eléctrico que conocemos fue diseñado a principios del siglo XX y gran parte de sus componentes principales: generadores, transformadores, líneas, motores etc. han sufrido pocos cambios en su diseño desde entonces, aunque es cierto que se han producido avances tecnológicos tales como la mejora de eficiencias, la reducción de pérdidas y el control mejorado.

Las cuatro principales tecnologías que permitirán alcanzar los objetivos estratégicos planteados son las siguientes:

- Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC)
- La electrónica de potencia.
- El almacenamiento.
- Los nuevos componentes: Materiales y sensores.

Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC)

La incorporación de sistemas de información cada vez más complejos para la operación, protección y control de las redes eléctricas de transporte y distribución, lleva aparejado el despliegue de redes de telecomunicaciones imbricadas con las redes eléctricas.

Las nuevas comunicaciones permitirán conectar los diversos componentes del sector eléctrico en arquitecturas abiertas y estándares, que proveerán información en tiempo real de modo que todos los actores puedan “escuchar” pero también “hablar” al mismo tiempo.

En la red eléctrica coexistirán equipos procedentes de distintas etapas tecnológicas, pero la implantación de un sistema de suministro más inteligente, con sistemas de comunicaciones integrados y seguros, caracterizará a una red eléctrica más moderna.

Las nuevas configuraciones de redes eléctricas más descentralizadas y flexibles capaces de integrar nuevos elementos de generación y almacenamiento de energía requerirán del desarrollo de nuevos modelos de análisis y soporte a las decisiones de forma distribuida y en cooperación.

Los operadores de las redes y los responsables del sistema eléctrico verán transformadas sus responsabilidades: deberán ser capaces de manejar muchas más variables que en la actualidad, y verán cambiadas las relaciones entre proveedores y usuarios.

Se deberán cubrir las funciones de un diseño regulado, planificación, operación y control del sistema, y simular diferentes alcances temporales (largo, medio y corto plazo). Del mismo modo

deberán considerar las relaciones tanto institucionales y organizativas como económicas y físicas entre los agentes implicados. A continuación, se exponen algunos de los retos para el desarrollo de estos modelos:

- La dimensión de los sistemas, con numerosos elementos activos: generación distribuida, microrredes, elementos de control, FACTS y demanda interactiva.



- La capacidad de gestión, almacenamiento y el tratamiento de un volumen muy elevado de información, proveniente del mayor grado de capacidad de observación y de control de la red y de los agentes conectados a la misma. En la actualidad las magnitudes eléctricas se envían desde las subestaciones, a los sistemas de control, cada 3 ó 4 segundos, con la implantación de sincrofasores podrían pasar a enviarse en la escala de milisegundos.
- El uso de algoritmos para la obtención de modelos a partir de los datos y el descubrimiento de patrones de comportamiento útiles para el pronóstico, detección de anomalías o planificación. Por ejemplo, los nuevos algoritmos para el análisis de series temporales y

secuencias de eventos pueden ayudar en estas tareas de pronóstico y anticipación a averías y la predicción de consumos. Herramientas para la correlación espacio temporal que permitirán analizar la propagación de eventos por la red y facilitar el estudio de coordinación de protecciones o la realización de estudios de calidad de onda. Otro elemento que proporcionará mucha ayuda, será la creación de perfiles de usuario, de forma que se puedan enfocar e identificar más claramente sus patrones de consumo

y áreas en donde se puede mejorar sus hábitos para conseguir una mejor eficiencia energética.

- El desarrollo de nuevas arquitecturas *software* capaces de soportar mecanismos de procesamiento de esta cantidad de información en condiciones de tiempo real y casi tiempo real.
- La lógica distribuida y descentralizada, basada en agentes inteligentes (con funcionalidad local) pero integrados a través de las nuevas redes de comunicaciones y con capacidad de toma de decisiones, con el mantenimiento de la eficiencia y de la seguridad del sistema en su conjunto. Los mecanismos de coordinación y/o asignación de recursos basados en subastas aplicables, por ejemplo, para la gestión activa de la demanda.
- La integración de los diferentes recursos energéticos así como la interacción, la dependencia y la vulnerabilidad de las distintas redes de suministro (electricidad y gas) y de comunicaciones.
- Las diferentes formas de modelado y de simulación de los agentes y del sistema, ligadas a los distintos problemas a resolver: diseño de tarifas y precios, planificación de inversiones, simulación de mercados e interacción con las redes, operación y control, seguridad y estabilidad, monitorización y gestión de la vida de las instalaciones.
- La caracterización probabilística de los elementos de la red y sus interacciones con otros elementos y con las causas comunes de afectación como soporte a las políticas de mantenimiento predictivo basada en la fiabilidad de los componentes.

La electrónica de potencia

Las redes actuales de transporte de corriente alterna no se concibieron en su momento para poder controlar fácilmente la tensión y el flujo de energía en un mercado liberalizado; el resultado es que en ellas aparecen problemas de control en régimen permanente, así como problemas de estabilidad dinámica. El desarrollo de los sistemas FACTS (Flexible AC Transmissions Systems) y DC (Direct Current), basados en la electrónica de alta potencia, ofrece un nuevo y potente medio para afrontar con éxito los nuevos desafíos.

En general los dispositivos FACTS se encuentran en una fase madura y su implantación en las redes de transporte se está realizando progresivamente. En el escenario que nos ocupa se habrán

superado todas las barreras técnicas y económicas posibilitando una implantación masiva que permita, un mayor control de los flujos de potencia de forma estática y durante una perturbación, incrementar la seguridad de la red al subir los tiempos críticos, reducir oscilaciones en la red o reducir de flujos de potencia reactiva, disminuyendo las caídas de tensión y permitiendo una mayor capacidad de energía activa por el sistema, entre otras muchas aplicaciones.

En las redes de distribución se generalizarán los nuevos equipos basados en electrónica de potencia, en aplicaciones tales como regulación de tensión, compensación de reactiva, limitadores de potencia de cortocircuito, interruptores... etc. (Estas aplicaciones estarán condicionadas al desarrollo de las tecnologías de semiconductores de altas prestaciones al nivel de tensión soportable).

Los sistemas de alta tensión en corriente continua (HVDC) se han venido usando desde hace más de 50 años. Su ámbito de utilización ha sido la transmisión de energía a muy grandes distancias en líneas aéreas, las interconexiones a través de cables submarinos y el acoplamiento de sistemas eléctricos donde las conexiones tradicionales en corriente alterna no se pueden usar. Teniendo en cuenta el concepto de *supergrid* anteriormente comentado en el apartado de arquitectura de la red, y el desarrollo y madurez de la tecnología *off-shore*, esta tecnología se hace imprescindible para configurar la red del futuro.

Estos dispositivos situados en las redes de distribución y transporte deberán estar coordinados entre ellos y, también, con el resto de dispositivos de control, como son los desfases o los equipos de electrónica de potencia dispuesta en la generación renovable.



El almacenamiento

El almacenamiento de energía jugará un papel clave en el futuro diseño de la red eléctrica, ya que los sistemas de energía estacionarios minimizan los efectos de fluctuación en la penetración de energías de tipo no gestionables como son las energías renovables y estabilizan la curva de oferta.

De entre las tecnologías de almacenamiento disponibles, el empleo de centrales hidráulicas de bombeo es la que tiene mayor madurez tecnológica. Sin embargo, cuenta entre sus inconvenientes los elevados costes de capital, los largos plazos de puesta en servicio y el impacto ambiental. Pero sobre todo se trata de una tecnología que depende de las condiciones del emplazamiento. Esa limitación del emplazamiento es incluso más acusada en el almacenamiento de aire comprimido al requerir de determinadas formaciones geológicas.

No existe una tecnología que ofrezca soluciones universales, si no que cada una tiene aplicaciones específicas. Se pueden distinguir tres familias de aplicaciones en función de la duración del proceso de descarga del equipo. Hay aplicaciones centradas proporcionar potencia y otras en el suministro de energía. Por lo tanto, la elección de una solución tecnológica u otra dependerá de la aplicación concreta que se pretenda resolver.

En el año 2030 varios conceptos comenzarán a ser una realidad, como los siguientes ejemplos de uso del almacenamiento:

- Almacenamiento a gran escala para la gestionabilidad de las energías renovables. La evolución de otras técnicas de almacenamiento, tales como el aire comprimido, los volantes de inercia, el almacenamiento entálpico, baterías de todo tipo, etc., comenzarán a proporcionar sistemas complementarios capaces de proporcionar la regulación y la estabilización de un suministro energético de alta calidad.
- Almacenamientos asociados a la red de distribución. En centros de transformación de compañía o de cliente, asociados a la minigeneración distribuida.
- Almacenamiento intermedio como interfaz entre la red de distribución y los vehículos eléctricos. Se tratarían de equipos de almacenamiento de mayor capacidad entre la red y el vehículo con los que realizar el arbitraje de energía.
- En el ámbito rural, también existirán técnicas de almacenamiento en energía potencial mediante un aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos, eólicos y solares.

- Los avances en sistemas más eficientes, tales como los sistemas micro-CHP, elementos combinados de generación de energía eléctrica, calor y frío, aumentarán el número de instalaciones en los sectores doméstico, terciario e industrial.

Los nuevos componentes: Materiales y sensores

Resulta primordial el desarrollo de materiales y sensores capaces a su vez de evolucionar, poner a punto e implantar nuevos conductores que posibiliten el desarrollo de la red del futuro. En este sentido, la nanociencia sirve de dinamizador para el desarrollo de nuevos elementos cerámicos, metálicos, biológicos etc. También cabe plantear la creación de nuevos materiales conductores cuyas características permitan distribuir gran densidad de energía con muy bajas pérdidas, un volumen y un peso reducido y muy manejable y de bajo costo.

El alcance de las prestaciones de las redes del futuro dependerá de la posibilidad de transmitir grandes cantidades de energía. Los sistemas superconductores permitirían este transporte a través de canalizaciones subterráneas compactas a grandes distancias o de distribuir esta energía en las grandes urbes con unas pérdidas y caídas de tensión mínimas, reduciendo las emisiones contaminantes y la superficie de terreno utilizada. Las tecnologías basadas en superconductores de alta temperatura se utilizarían en generadores, cables, transformadores, motores y dispositivos de almacenamiento, así como en todos aquellos equipos que proporcionen una mayor flexibilidad al sistema (por ejemplo, los limitadores de corriente de falta). Sin embargo, supone un reto complementario el desarrollo de sistemas auxiliares de almacenamiento, así como elementos que faciliten el mantenimiento de estas infraestructuras, y que aporten viabilidad técnico-económica a la aplicación de estos superconductores.

Otra línea de trabajo muy interesante son los nano-recubrimientos. Estos recubrimientos aplicados en forma de pintura a distintos equipos del sistema eléctrico mejoran sus características.

Por ejemplo se puede pensar en aisladores eléctricos en zonas muy frías, o cerca de la costa. Tanto la corrosión por la sal marina, como el hielo depositado durante el invierno provocan una pérdida de aislamiento que incide negativamente en los límites de operación del sistema.

Del mismo modo los equipos electrónicos ven mejorado su funcionamiento, al ver aumentada su capacidad de resistencia frente a la corrosión, a la suciedad u otros elementos nocivos (hongos, insectos, radiación solar).

Con respecto a los sensores, los próximos años presentarán un auge en la utilización de nuevas técnicas. Se puede afirmar que la operación del sistema eléctrico reside en la captación de

señales eléctricas a través de captadores analógicos pasivos (transformadores), y de detectores mecánicos de cambios de estado (entradas y salidas de equipamiento primario).

En la actualidad existe tecnología óptica/electrónica que permite una captación activa de una medida digital (no analógica), que nos permite añadir de manera automática todas las ventajas del mundo de las TICs. Mencionar en este apartado los dispositivos DTS (Distributed Temperature Sensor) que utiliza fibra óptica para la captación de parámetros como puede ser la temperatura de un elemento.

En este apartado se deben mencionar los contadores inteligentes que permitirán la obtención de medidas reales de parámetros eléctricos en tiempo casi real. Los contadores llamados “inteligentes” son uno de los equipos electrónicos esenciales que se necesitan para poder denominar “inteligente” a una red eléctrica (*Smart Grid*). Existen en la actualidad ayudas en algunos países para que las distribuidoras eléctricas inviertan en la instalación de contadores inteligentes (como los *Smart Grid Investment Grants* en EE. UU., que están financiando la instalación de 18 millones de contadores) y cambios en las legislaciones obligando a la instalación de los mismos (ej: en España antes de finales de 2018, y en Europa, el 80% de este tipo de contadores para 2020). En relación a los clientes residenciales, se prevé que se instalen en sus domicilios particulares equipos inteligentes —*Smart Home Devices*—. Dichos equipos facilitarán la comunicación bidireccional entre la empresa eléctrica y el cliente final. Entre otras funcionalidades, se prevé que estén la de envío de señales de precio al cliente y múltiple información en tiempo real y acumulada sobre los consumos del cliente.

6. Análisis de barreras y elementos impulsores del cambio de la red eléctrica en 2030

A continuación se identifican los elementos que interaccionan con la red eléctrica y que según su devenir pueden resultar barreras o elementos impulsores del cambio que permitan lograr los objetivos estratégicos fijados en el escenario temporal planteado:

Política energética

La política energética determinará de forma sustancial la configuración del sector eléctrico de las próximas décadas. En el caso español, esta política se encuentra totalmente alineada con la política energética de la Unión Europea: Los tres objetivos fundamentales de la política energética europea son la sostenibilidad, la seguridad de suministro y la competitividad,² y sustentan las metas que para 2020 se ha propuesto la Unión para asegurar el suministro energético reduciendo a un tiempo las emisiones de gases de efecto invernadero:

- Las emisiones de la UE deberán reducirse un 20%,
- un 20% del consumo total de energía procederá de fuentes renovables,
- se debe producir un ahorro del 20% del consumo energético final

Como elemento impulsor

Tal y como se ha dicho, los ambiciosos objetivos de la política energética deberían por sí mismos convertirse en los principales impulsores del cambio del sector eléctrico, y por ende de las redes eléctricas. Una política energética desarrollada por una regulación adecuada favorecería el impulso requerido para el desarrollo de los cambios en el modelo de negocio, que deben producirse en una cuádruple vertiente:

- apoyo al desarrollo tecnológico necesario para las redes del futuro,
- medidas para el desarrollo y despliegue de la infraestructura eléctrica,
- medidas que garanticen una operación segura de la red,
- adopción de medidas que desarrollen el mercado y la participación del usuario final.

2. *Green paper* de la Comisión Europea: "A european strategy for sustainable, competitive and secure energy".



En este contexto se vienen produciendo algunas iniciativas en relación con las redes inteligentes desde los organismos reguladores que podrían impulsar un nuevo escenario en el panorama del sector eléctrico español:

- La Ley del Sector Eléctrico prevé la realización de programas de gestión de la demanda.
- El plan de sustitución de contadores, lanzado en 2006 con los reales decretos RD 809/2006, que establece que los nuevos equipos de medida a instalar hasta 15 kW y aquellos que se sustituyan deben permitir discriminación horaria y telegestión, y RD 1634/2006 que establece el plan para la sustitución de todos los contadores en España en el periodo 2008-2018.
- El apoyo al vehículo eléctrico del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, con iniciativas como el Proyecto “Movele” (Barcelona, Sevilla y Madrid) con el objetivo de 250.000 coches eléctricos en 2014.

Este apoyo, todavía insuficiente, podría concretarse en el futuro, tal y como está previsto en el Proyecto de Ley de Economía Sostenible, que establece que “el Gobierno aprobará programas y tomará las medidas necesarias para favorecer el desarrollo de las redes inteligentes.”

Como barrera del cambio

El papel del regulador es garantizar que el efecto en la actividad o servicio regulado es positivo para el usuario final de este servicio, para lo que puede recurrir a la regulación directa, o a la regulación por incentivos. No obstante, una redacción de las normas regulatorias, formuladas de forma inadecuada podrían llegar a frenar el impulso natural del sector.

Por su parte, y habida cuenta del carácter regulado de la retribución de la actividad de las redes, el incentivo más eficaz al despliegue de las redes inteligentes es la existencia de un marco retributivo a los operadores de redes que garantice la adecuada recuperación de las inversiones, teniendo en cuenta la existencia de riesgo tecnológico y de first-mover.

En este contexto, una aproximación no suficientemente dinámica y ambiciosa podría convertirse en la mayor barrera para el desarrollo y despliegue de las redes del futuro.

Por último cabe señalar que existen otras barreras regulatorias que podrían retrasar significativamente el despliegue de las redes inteligentes, como las derivadas de los obstáculos administrativos o de la ausencia de estándares y normalización.

Impacto de la red eléctrica en la Política energética

En este contexto, las redes del futuro son el elemento vertebrador de un sector eléctrico sostenible, seguro y competitivo. Este papel ha sido reconocido en la Directiva 2009/72/EC, más conocida como Tercer Paquete para el Mercado Europeo Interior de la Energía, que establece que los estados miembros “recomendarán firmemente que las empresas de electricidad optimicen el uso de la electricidad (...) introduciendo sistemas de contador inteligente o redes inteligentes.”

No obstante este reconocimiento del papel clave de las redes eléctricas en la política energética, la concreción de la misma en los diversos desarrollos regulatorios puede convertirse en el catalizador definitivo del desarrollo de la visión de la red del futuro, o por el contrario erigirse en una barrera que dificulte el despliegue de la visión.

Tecnología

En los últimos años, la investigación e innovación tecnológica ha abierto las puertas hacia el desarrollo de la red eléctrica del futuro y seguirá siendo un elemento determinante de su evolución en el futuro.

Indudablemente, la tecnología como elemento integrante de la propia red eléctrica tendrá un papel relevante en su definición y configuración.

Como elemento impulsor

En los apartados anteriores se han descrito una serie de avances tecnológicos que son necesarios para establecer el escenario 2030 identificado pero que dependen de la superación de incertidumbres que deben ser resueltas.

La industria, apoyada en una red de centros de investigación y universidades, en búsqueda continua de nuevos productos y mejora de los procesos existentes constituye uno de los elementos más importantes que redibuja constantemente el panorama tecnológico. Pero este esfuerzo en I+D+i, debe ser apoyado y fomentado también desde los organismos públicos.

Sin ánimo de realizar un análisis pormenorizado de cada tecnología considerada, se comentan los elementos que hacen que cada una de las 4 tecnologías estratégicas anteriormente reseñadas suponga un elemento impulsor de la red eléctrica 2030:

- **Las tecnologías de información y comunicaciones (TIC).** Las TIC's aplicadas al sector eléctrico así como el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas facilitan el control y automatización de procesos, mejoran la eficiencia y ayudan a disminuir costes. En consecuencia también se facilita el diseño de productos y su explotación a gran escala.
- **La electrónica de potencia.** En redes de transporte (FACTS) y en distribución: Presenta unas funcionalidades que permitirían tener un control directo de todos los parámetros que definen la red, permitiendo una operación *ad-hoc* a lo requerido en cada situación y un máximo aprovechamiento.
- **El almacenamiento.** Permitirá una máxima gestionabilidad de la generación habida en todo momento y el aprovechamiento de los excesos de generación renovable producidos en los desequilibrios oferta/demanda.

- **Los nuevos componentes. Materiales y sensores.** Al tratarse de un capítulo horizontal, será impulsor a través de las anteriores tecnologías mencionadas y proporcionará un aumento en los límites establecidos (aumento de capacidades) y el conocimiento de la capacidad latente no identificada (nuevos sensores).

Cada incertidumbre superada supondrá un elemento impulsor para lograr alcanzar los objetivos estratégicos planteados.

Como barrera del cambio

La tecnología también podría llegar a suponer una barrera del cambio siempre que no se resuelvan las incertidumbres técnicas habidas actualmente en cada una de las líneas tecnológicas antes mencionadas (imposibilidad técnica de desarrollo). Por otro lado, también es necesario que el desarrollo sea simplificado de tal forma que resulte comercialmente viable, si no se logra disminuir el coste o rentabilizarlo en prestaciones adicionales, su implementación sería infructuosa (inmadurez comercial).

Impacto de la red eléctrica en la tecnología

La red eléctrica del 2030 se ha descrito como una red inteligente en la que se gestiona y optimiza el flujo de energía en tiempo real en función de decisiones tomadas por los principales actores implicados: consumidores, suministradores, operadores, etc. En general, cualquier elemento conectado a la red deberá evolucionar y adaptarse a las nuevas funcionalidades para las que está pensada la operación de la misma.

De esta forma, el crecimiento de la red eléctrica del futuro puede servir de plataforma tecnológica que impulse el desarrollo de otras muchas tecnologías que participen de la misma y aporten muchos otros servicios energéticos como vehículos eléctricos, contadores inteligentes sistemas de gestión energética, etc.

Factores sociológicos y formativos

Actualmente, existen elementos importantes que vienen dados por factores sociológicos. Uno de los más importantes son los debidos a la masificación de las ciudades y abandono del campo. En 2007, por primera vez los habitantes de las ciudades superaron a las personas que habitan en zonas rurales. Hasta el año 2030 lo hará más del 60 por ciento de la población mundial. Pero

con el crecimiento de las ciudades y los sistemas económicos se multiplican también los desafíos. Un tema central en este contexto es la carga a la que están sometidas las infraestructuras urbanas.

Como elemento impulsor

La concentración de demanda debido a la masificación de las ciudades, representa un elemento impulsor del desarrollo de las redes dado que se ha de dar respuesta a la calidad de vida que demanda la sociedad: en lo que respecta al sector eléctrico, un suministro de energía fiable.

Un aspecto cada vez más crítico es la movilidad y respecto a este punto se vislumbra una solución ya mencionada a tener muy en cuenta, el despliegue de vehículos públicos y privados que se alimenten directamente de la Red, de forma que el combustible primario pueda optimizarse gracias a concentrar la generación eléctrica en equipos dimensionados para diferentes servicios, manteniendo un criterio de aumento de rendimiento y eficacia.



Por otra parte, la mayor demanda energética derivada de la globalización puede suponer mayores costes de la energía que puede hacer que cambien los hábitos de la sociedad y, junto con la penetración de tecnologías de control en el ámbito doméstico y la generación distribuida doméstica, modifique las características de su demanda.

Otra consecuencia de este mayor interés e implicación es un mayor conocimiento, difusión y repercusión de las cuestiones que afectan al sistema eléctrico y, por consiguiente, un mayor aprecio hacia el mismo. En particular, esto puede realzar su carácter como campo profesional y atraer al mismo nuevos profesionales, lo que a su vez incide en los factores educativos que pueden afectar a la Red.

Un desarrollo importante es aquí el proceso de Bolonia y la potenciación del Espacio Europeo de Educación Superior. En el fondo el mismo supone una convergencia europea a la hora de acreditar las diferentes titulaciones universitarias y, por tanto, debiera ser un factor facilitador de la movilidad de profesionales, en particular, los relacionados con el sistema eléctrico, cuya tecnología subyacente es relativamente homogénea y donde se da una creciente tendencia a la interconexión europea.

En cuanto a la aceptación social de algunas tecnologías es de destacar el resultado de la encuesta realizada por la Unión Europea durante la presidencia española en 2010 bajo el lema Reto 2030, que puso de manifiesto el interés social del almacenamiento de energía.

Como barrera del cambio

Una barrera del cambio por parte de factores socioeconómicos vendría dada si la sociedad no realizase la reflexión necesaria para tener un mayor protagonismo y una participación activa en la red energética. Se hace necesario que la sociedad obtenga conciencia y demande mecanismos para realizar un consumo más eficiente, en caso contrario la “*smart-grid*” nunca podrá ser una realidad.

Los límites de privacidad sobre los datos capturados por los nuevos contadores inteligentes, y puestos a disposición de los agentes del sistema eléctrico pueden constituir una importante barrera a la consecución de este cambio, hecho que ya ha podido apreciarse en Holanda y más recientemente en Alemania, por lo que será necesario de las autoridades una regulación adecuada.

Desde el punto de vista formativo, un cambio como el que es necesario, debe venir soportado por personal formado en las diferentes disciplinas involucradas. Se requerirá de personal con elevado grado de especialización pero con una visión multidisciplinar del sector. Abierto al cambio, capaz de asimilar nuevos conceptos en un entorno con un elevado grado de integración e interacción de tecnologías.

Debe tenerse en cuenta un posible peligro de rigidez en la reestructuración del espacio de enseñanza superior que, por ejemplo, haga difícil la incorporación a su docencia de las nuevas tecnologías eléctricas que sin duda van a aparecer alrededor de la Red, por ejemplo la asimilación entre el título actual de Ingeniero Industrial y el nuevo Máster Ingeniero Industrial. Por razones obvias de equiparación, el nuevo Máster tendrá muy probablemente un contenido más

bien genérico con poco espacio para materias específicas de la Red y un consiguiente déficit formativo en sus tecnologías. De igual modo ocurre en la Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Informática.

Otra posible barrera formativa es el muy bajo interés actual de los nuevos estudiantes universitarios en las carreras científicas y tecnológicas, lo que se traduce en relativamente bajas primeras matrículas y relativamente altas tasas de abandono. A medio plazo esto supone una oferta reducida de profesionales. Por ello se requerirá un esfuerzo en dar a conocer las oportunidades del sector para el desarrollo profesional en toda la cadena de valor desde la generación hasta el consumidor y mostrando las nuevas oportunidades de negocio.

Impacto de la red eléctrica en los factores sociológicos y formativos

El impacto que la red eléctrica tendrá en factores sociológicos vendrá dado por la gran cantidad de servicios que proporcionará a la sociedad para mejorar y hacer más eficiente su consumo, con lo que ésta adquirirá una conciencia de consumidor cualificado y una participación activa en el sector eléctrico.

La formación responderá a la demanda de la sociedad de profesionales especializados en el sector eléctrico en todas sus vertientes técnicas, según el concepto de eficiencia en la gestión de la energía.

Un factor importante que puede actuar como barrera o como impulsor real del cambio es el acoplamiento que debe establecerse entre expectativas y realidades. El ritmo y éxito final de la evolución hacia una red más inteligente en el futuro depende de cerrar la posible brecha que se pueda establecer entre ambas percepciones.

Factores del mercado

El mercado es el que debe guiar en último término el desarrollo de la red en función de las necesidades que este demande.

Las ciudades son los motores de crecimiento del futuro debido a su creciente importancia económica, pero también son grandes consumidores de recursos naturales y de energía y responsables de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por tanto, resulta imprescindible

una infraestructura sostenible y eficiente desde el punto de vista energético para edificios, tráfico y suministro de energía y agua. Sólo así se podrá preservar la calidad de vida en las ciudades y garantizar la competitividad respetando al mismo tiempo los recursos naturales y el medio ambiente.

Como elemento impulsor

Las previsiones indican un gran crecimiento del consumo eléctrico y de la potencia de energías renovables instaladas. Estos dos factores, hacen que obligatoriamente se tengan que incorporar nuevas tecnologías y procedimientos que permitan una optimización del conjunto del sistema eléctrico.

Además, la participación activa del consumidor en el mercado reclamará nuevos servicios al sistema eléctrico.

Por otro lado los equipos conectados a la red están cambiando lo que conlleva que se planteen nuevos retos tanto de continuidad de servicio como de calidad del mismo. Socialmente cada vez es menos aceptada una pérdida de suministro lo que se ha reflejado en una automatización de la red para producir una reducción del TIEPI³ que ha pasado de más de 5 horas a principios de los 90 a menos de 2 horas que actualmente disfrutamos. El decrecimiento es asintótico y son necesarios cambios de arquitecturas e incorporación de tecnología para seguir reduciendo estos tiempos.

Por otro lado se están incorporando equipos electrónicos a la red, tanto en el consumo como en la generación, además de gran cantidad de generación renovable con su consiguiente variabilidad, planteando retos para mejorar la calidad de la señal eléctrica.

El compromiso de mantenimiento de la calidad de suministro debe ser irrenunciable por lo que deben realizarse los despliegues tecnológicos competitivos que garanticen dicha calidad y flexibilidad sin restar confort al usuario.

Como barrera del cambio

Los cambios necesarios pueden verse limitados o retrasados si el cliente final no cobra mayor relevancia en la cadena de suministro eléctrico. Sin una mayor y más dinámica participación de los consumidores eléctricos en el funcionamiento del sistema eléctrico no será posible maximizar los beneficios de la implantación de una red inteligente.

3. TIEPI: tiempo medio de interrupción equivalente a la potencia instalada.

Impacto de la red eléctrica en el mercado

La red eléctrica facilitará la puesta en marcha de unos mercados más competitivos y los clientes reconocerán cumplidamente los beneficios. Una vigilancia pública efectiva y unos mercados bien diseñados minimizarán los problemas. El transporte y la distribución eléctrica operarán bajo unas regulaciones europeas comunes, consistentes y estables, teniendo en cuenta al gobierno de la nación, a las autonomías, a las asociaciones industriales y a los grupos de interés público que reforzarán las prácticas propias de los negocios y asegurarán la protección del consumidor.

Permitirá realizar operaciones de mercado en tiempo casi real, optimizando la oferta y la demanda de energía eléctrica, así como trasladar la información de estado a los distintos actores de la red, talos como consumidores activos, distribuidores y generadores.

Medio ambiente

Es indudable que los aspectos relacionados con el Medio ambiente han cobrado una importancia de forma exponencial en las últimas décadas. Bajo un punto de vista general, es claro el crecimiento de lo que puede denominarse como “conciencia verde”, en la que la sociedad aprecia de manera creciente las cuestiones relacionadas con el posible cambio climático, se sensibiliza hacia las fuentes de energía y tecnologías que lo puedan mitigar, aprecia su implantación y puede acabar demandando su mayor uso.

Se puede identificar que existen algunos aspectos genéricos, relacionados con el medio ambiente, e indudablemente relacionados entre sí, que centran las preocupaciones de la población y que tendrán una especial repercusión en la evolución del sector eléctrico en los próximos años. El cambio climático y el agotamiento de recursos naturales; estos aspectos se combaten básicamente reduciendo la emisión de CO₂ y aumentando la eficiencia energética y en ese sentido se deben impulsar las actuaciones. Por otro lado, el debate sobre la energía nuclear que parecía olvidado en estos últimos años, ha sido retomado recientemente con la discusión sobre la seguridad y/o el aumento de la vida útil de las centrales.

Como elemento impulsor

El crecimiento de la potencia de energías renovables instaladas hará necesaria la incorporación de nuevas tecnologías que flexibilice la red eléctrica.

El denominado cambio climático y las normativas que como consecuencia del mismo se están desarrollando por las diferentes autoridades se ven hoy como los principales motores del cambio.

La reducción de las emisiones de CO₂ en las ciudades es determinante para luchar con éxito contra el cambio climático. La protección climática debe comenzar en las ciudades; el hecho de que las causas del cambio climático se concentren de forma tan significativa en los núcleos urbanos tiene también un efecto muy positivo: las medidas de protección climática pueden desarrollar aquí todo su potencial, mucho mejor que en las zonas rurales.



El vehículo eléctrico también se verá reforzado y por tanto las mejoras necesarias en la red de distribución, debido a la reducción de la emisión de CO₂ que su utilización conlleva, si lo comparamos con el de combustión.

El agotamiento y encarecimiento de los combustibles fósiles, cuya carencia de reservas afecta no solo a España sino a casi toda la Unión Europea provoca una gran dependencia energética de zonas geopolíticamente inestables, está permitiendo un desarrollo masivo de plantas de energías renovables; si bien hoy en día dichas plantas subsisten gracias a las ayudas públicas, con los previsibles avances tecnológicos y el encarecimiento de las materias primas alcanzaran su rentabilidad en un plazo de tiempo razonable.

Como barrera del cambio

Los principales aspectos relacionados con el medio ambiente que pueden convertirse en barreras para los cambios planteados para las redes eléctricas están relacionados con los hábitos de consumo y la percepción que de la energía eléctrica tiene la población. Si no se modifican, no se producirá el impulso necesario para realizar los cambios que reclama el medio ambiente.

En estos últimos años, gran parte de nuestra sociedad se ha acostumbrado a niveles de confort a los que no está fácilmente dispuesta a renunciar. Esto dificultará la modificación de los hábitos de consumo de energía, a esta reticencia al cambio no es ajena la falta de percepción, por parte del usuario, del coste real de la energía.

Impacto de la red eléctrica en el medio ambiente

Se realizará un transporte y una distribución de energía más respetuosos con el medio ambiente integrando los criterios de reducción de impacto ambiental y de desarrollo sostenible en los planes de infraestructuras así como en el diseño y en la implantación de éstas. La flexibilización que conlleva la red inteligente permite integrar una mayor cantidad de energías renovables junto con consumos mayores de electricidad de una forma óptima. De este modo se aportará a la sociedad un suministro eléctrico más respetuoso con el medio ambiente y de bajas emisiones.

7. La red eléctrica como motor de competitividad nacional



Teniendo en cuenta lo expuesto en el presente documento, no cabe duda de que la sociedad del siglo XXI estará totalmente “electrificada”, y que la competitividad de prácticamente todas las actividades que se llevan a cabo en un país dependerá en gran medida de la disponibilidad y uso eficiente de la electricidad como recurso básico.

Un análisis superficial de los países de nuestro entorno, muestra con claridad la relación directa entre el desarrollo económico y la eficiencia de la infraestructura eléctrica.

Se quiere resaltar el hecho de que la estrategia que un país aplica al diseño, desarrollo, evolución e implantación de sus infraestructuras y en especial a la de su red eléctrica, incide de forma directa en su desarrollo económico.

Generalmente, en dicha estrategia las decisiones de rango político tienen un efecto decisivo. En el caso de la electricidad, este factor es determinante al tratarse, en buena medida, de un sector regulado.

Se necesita por tanto una coordinación eficaz entre todos los agentes para que, aplicando un tratamiento “integral” al proceso, desde la planificación, hasta el mantenimiento de las grandes inversiones, que ineludiblemente habrá que realizar, el beneficio para la economía nacional sea óptimo.

En este documento se pretende, no sólo poner de manifiesto las ventajas que técnicamente aportará a la sociedad española disponer de una red eléctrica acorde a sus necesidades, sino también llamar la atención del lector sobre la importancia que para la economía española tendrá un tratamiento adecuado de su evolución.

Cada país ha ido desarrollando su red eléctrica en función de sus necesidades, pero mientras que algunos se han limitado a construirla importando la mayoría de sus elementos, otros han utilizado esta oportunidad para desarrollar las tecnologías e industrias necesarias, que son la base de grupos económicos importantes a nivel mundial.

La red española es fruto de una historia de fusiones y adquisiciones, lo que implica la coexistencia de múltiples tipos de instalaciones. La vida media de una instalación es de más de treinta años (siempre que los activos incorporados a la misma sean de larga duración, o dicho de otra forma, “de buena calidad”), por lo que esta diversidad se mantendrá durante un largo periodo de tiempo.

La adecuación de estas inversiones a las exigencias de la red descrita en este documento, tendrá unos costes muy diferentes dependiendo de que se pueda disponer de equipos y soluciones adaptadas a estas características o se tengan que afrontar con elementos “estandarizados” para otro tipo de compañías.

Dada la variedad de sectores a los que la infraestructura eléctrica afecta dentro de la cadena de valor económica, se van a analizar algunos de ellos por separado.

En el sector eléctrico

España por su geografía y su historia tiene unas características que requieren soluciones complejas. Si se tienen que aplicar equipos y soluciones no adecuados a estas características, el tiempo y coste de su instalación, pueden hacer no rentables algunas instalaciones. La consecución de los objetivos 20/20/20 europeos y el desarrollo de la infraestructura de red descrita en el presente documento de visión estratégica 2030, requiere realizar una gran inversión, que puede variar significativamente, dependiendo del grado de autonomía tecnológica que tengamos.

Algunos ejemplos de inversiones muy sensibles a este factor pueden ser:

- El despliegue de nueva estructura de transporte y distribución que permita la integración de la nueva generación de fuentes renovables que al alcanzar la meta del 20% comprometida, mantenga las características de estabilidad y calidad de servicio necesarias, así como una mayor interconexión entre países que fortalezca la red y facilite el acceso al mercado internacional de la energía generada.
- La infraestructura necesaria para la mejora de la eficiencia en el 20%, reduciendo pérdidas y adecuando la red de forma dinámica a los nuevos usos como por ejemplo el coche eléctrico.
- El uso de fuentes de generación renovable, permitirá no solo alcanzar las metas de reducción de la emisión de CO₂ en un 20%, sino además reducir la dependencia energética nacional, liberándonos de riesgos de cambios de moneda o inestabilidades políticas de nuestro entorno.

Un aspecto importante necesario para la implantación de la red inteligente es el despliegue de las redes de comunicaciones y de datos que, integrándose con la red eléctrica actual, posibiliten las formas de explotación necesarias para hacer frente a las demandas de un mercado formado por usuarios activos.

Todo el desarrollo expuesto, implica el fomento de los recursos nacionales actuales a lo largo de toda la cadena de valor, desde la formación en las universidades hasta los recursos en las empresas de productos y servicios, que proporcionen en el momento preciso las soluciones adecuadas a las necesidades de gestión de la red y a los nuevos modelos de negocio, sosteniendo de un modo seguro y fiable el sistema eléctrico y su desarrollo.

En el usuario

Tanto a nivel residencial como a nivel industrial, la nueva red implica posibilitar la participación activa del usuario.



La disponibilidad de distintas fuentes de generación conectadas y controladas en tiempo real, permitirá un mercado de la electricidad dinámico con ofertas que relacionen de forma directa el coste de generación con el precio de venta.

Los sistemas de medida inteligentes, permitirán las tarifaciones flexibles, con los que cada usuario podrá ajustar el consumo a sus necesidades reales, y al sistema la posibilidad de una gestión de cargas que minimice las pérdidas y module mejor las necesidades de inversión.

Además un número creciente de consumidores tradicionales se volverán productores, siendo importadores y exportadores de energía eléctrica.

Los sistemas de almacenamiento que se prevé se desplieguen en el futuro, no

sólo en la propia infraestructura de red, sino también en los puntos de consumo particulares, permitirán optimizar el uso de la generación de fuentes renovables y de los consumos, otorgando una mayor flexibilidad al sistema.

En la economía nacional

Una coordinación y planificación eficaz de todos los agentes necesarios en la evolución de la red actual hacia la expresada en este documento, tendrá un efecto inmediato en la economía nacional.

A modo de ejemplo, se pueden enumerar alguna de las oportunidades de generación de valor:

- 1. Generación de conocimiento en las tecnologías de redes eléctricas.** En general en todos los países, se encuentra un balance negativo de expertos, al no poderse compensar las bajas por envejecimiento con nuevos graduados de las universidades. Con los planes adecuados, se presenta la oportunidad de no sólo satisfacer nuestras propias necesidades, sino además, convertir este conocimiento en “**producto y/o servicio**” muy apreciado a nivel mundial.
- 2. Optimización de las inversiones.** Si el liderazgo en este conocimiento se aplica adecuadamente, no sólo podremos adelantarnos en la creación de productos y soluciones innovadores, sino que podremos ser más eficaces en la planificación de las inversiones necesarias en la evolución de nuestra red.
- 3. Mayor productividad de nuestro sistema eléctrico.** Una red mucho más fortalecida a través de la introducción de nuevas infraestructuras (mallado), nuevas arquitecturas y elementos adicionales de generación, requiere la implantación de nuevos sistemas de comunicación que son necesarios para una monitorización y control en tiempo real que además de garantizar la calidad de servicio, proporcionarán los medios para una reducción de pérdidas y una reducción de los costes de explotación.
- 4. Impulso de la industria tecnológica.** Los nuevos productos y tecnología necesarios para el desarrollo y despliegue de la infraestructura de red, constituyen una clara oportunidad industrial. Una buena planificación y coordinación a nivel de país, la colaboración entre usuarios y proveedores de tecnología, apoyados debidamente por la Administración, propiciarían no sólo la innovación en los productos y servicios necesarios, sino que

permitirían una disponibilidad de esas soluciones antes en el tiempo, proporcionando ventajas competitivas a usuarios y fabricantes que potenciarían sus posibilidades de acceso a mercados exteriores.

Por tanto, resulta muy importante para la “competitividad” de todo el proceso que España disponga del conocimiento, recursos, soluciones y equipos que satisfagan de forma eficaz las necesidades específicas que su red eléctrica va a necesitar en su evolución hacia la red del futuro. Esta competitividad redundará en la disponibilidad de soluciones para el territorio nacional y permitirá, a través del liderazgo tecnológico, la expansión de dichas soluciones en el ámbito internacional.

Anexo: I. Lista de participantes de la visión estratégica

	Atos Worldgrid	Roberto Navarro Zorayda Guerrero		Instituto de Ingeniería del Conocimiento (IIC) - UAM	José R. Dorronsoro
	Cima Nuevas Tecnologías Informáticas	Alberto Alfaro		Ingeteam Transmission & Distribution	Iratxe Lauzirika José Rodríguez
	Fundación Circe	Andrés Llombart Enrique Morgades		Nucleo de Comunicaciones & Control	Jorge Selgas
	Endesa	José Arrojo Juan A. Garrigosa Alfredo Oroval Angel Arcos		Ormazábal	Mikel Zaldunbide Santiago Bañales
	E.On España	Alberto Guerra		Red Eléctrica de España	José Luis Mata Vicente González Unai Búrdalo
	Everis	Jorge Pinto		Siemens	María Rosa Mora
	Gas Natural Fenosa	Blanca Losada Fernando García		Telvent Energía	Francisco Romero
	General Electric Power Management	Luis M. Pérez		Universidad de Girona	Joaquim Meléndez
	HC Energía	Luis Santos		Universidad Pontificia Comillas	Pablo Frías
	Iberdrola	Miguel A. Sánchez Pedro Martínez Juan Martí		Universidad de Zaragoza	José F. Sanz Mariano Sanz
	Indra	Santiago Blanco		Ziv Grupo	Norberto Santiago

**Secretaría Técnica
de la Plataforma Futured**

C/ Mariano Esquillor Gómez, 15
50018 Zaragoza (España)

Teléfono: (+34) 976 762 957
Fax: (+34) 976 732 078
secretaria@futured.es

