

# Las redes inteligentes en el futuro del sistema eléctrico



**Miguel Ángel Sánchez Fornié**

Ingeniero Industrial de ICAI  
Director de Sistemas de Control y Telecomunicaciones de Iberdrola



**Jesús García de la Llana**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Director de Construcción en Alta Tensión de Iberdrola

**Resumen**

La energía eléctrica es un elemento fundamental imprescindible para soportar los retos del futuro relacionados con el medio ambiente y las nuevas tecnologías. La generación distribuida de energías renovables y la mejora en la eficiencia del consumo obligan a la necesidad de desarrollar la inteligencia en las redes de distribución, en media y baja tensión. El estado actual de las tecnologías de información y de telecomunicaciones hacen posible que las redes inteligentes sean ya una realidad aunque el papel del regulador público será clave para determinar el grado de desarrollo de la inteligencia de estas redes.

**Palabras clave**

Energía eléctrica, medio ambiente, redes de distribución, energías renovables

**Abstract**

*Electrical energy has a fundamental and essential role in facing the environmental challenges of the future and providing the response of new technologies. The distributed generation of renewable energies and improved consumption efficiency make it necessary to develop smart grids in medium and low voltage areas of the network. While the current state of IT and telecommunications ensure that smart grids are already a distinct possibility, the role of the public regulator is key to determining just how "smart" these grids may be.*

**Keywords**

*Electricity, environment, distribution networks, renewable energies*

Escribir sobre el futuro de algo siempre conlleva un riesgo. Sobre todo, cuando se trata de algo tan complejo como es el sistema eléctrico y no tanto por sus dificultades técnicas y sus diferentes tecnologías, sino por el uso que la sociedad hace y hará de este sistema.

Cualquier sistema que usa continuamente nuestra sociedad se ve afectado de una forma u otra, por la transformación y cambio de esa sociedad y ahí, en el elemento humano que lo compare es donde radica la mayor incertidumbre a la hora de predecir.

El título de este artículo plantea directamente el problema de predecir el futuro del sistema eléctrico y a ello se dedicará la primera parte del mismo. La segunda parte se dedicará a apuntar cómo el concepto de red inteligente facilitará alcanzar ese futuro.

**1. La energía eléctrica. Su papel en el futuro.**

¿Va a ser la electricidad la base del consumo energético del futuro? La agencia internacional de la energía publica unas estadísticas que se han convertido en la referencia obligada para comprobar lo que ha pasado y su tendencia hacia el futuro [1].

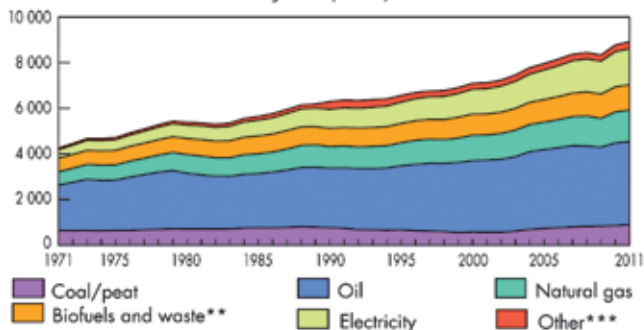
En los casi 30 años del periodo comprendido entre 1973 a 2011 el mundo casi ha duplicado su consumo final de energía. De las 4.674 Mtoe se han pasado a 8.918 Mtoe lo que supone un aumento del 90,8 %. La electricidad, que suponía un 9,4 % del total en 1973, ha pasado a ser el 17,7 % en 2011, con un crecimiento del 259 % (Fig 1).

Primera conclusión, pues: la electricidad gana posiciones y va camino de alcanzar el 20 % del consumo mundial. Pero, ¿tanto como para ser su mayor componente? Salvo en el caso del gas natural, el resto de las fuentes de consu-

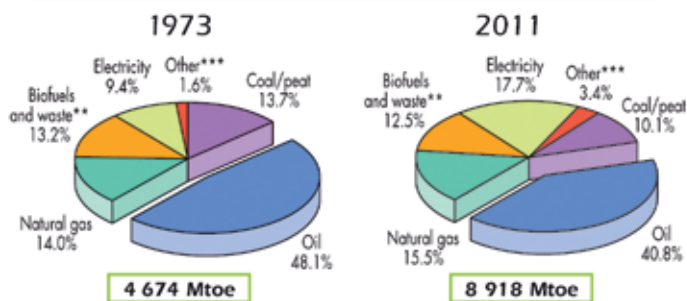
# TOTAL FINAL CONSUMPTION

## World

World\* total final consumption from 1971 to 2011 by fuel (Mtoe)



### 1973 and 2011 fuel shares of total final consumption



\*World includes international aviation and international marine bunkers.  
 \*\*Data prior to 1994 for biofuels and waste final consumption have been estimated.  
 \*\*\*Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

**Fig. 1. Consumo final de energía en el mundo (millones de toneladas equivalentes de fuel)**

mo final tienen una tendencia decreciente, si bien todavía el petróleo y el carbón juntos superan el 50 % del total.

Y si esta tendencia registrada se mantiene, es decir un incremento del 2 % en la participación de la electricidad, cada 30 años, llegaríamos a necesitar unos cuantos siglos para que se alcanzara el 50 %.

Habría que cambiar esa tendencia. Pero aquí ya empiezan a jugar los intereses de los diversos sectores en el campo de la energía, por ejemplo, el petrolero, de manera que

no cabe esperar un cambio endógeno. El cambio vendrá de fuera y se impondrá, en gran parte, por el cambio en el clima de nuestro planeta.

No vamos a entrar a discutir en profundidad este aspecto que todavía es negado por algunos, aun cuando cada vez encontremos más evidencias científicamente demostradas de que hay un cambio directamente relacionado con el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero. Si no se modifica el régimen actual de esas emisiones y extrapolamos lo ya conocido, podría alcanzarse en el año 2100 un aumento de la temperatura media entre 4 °C y 6 °C [2]. Las consecuencias son imprevisibles, pero no podemos ignorar las señales que ya se van observando en forma de calentamiento de océanos, desaparición de hielos y tormentas de gran magnitud [3].

Es fundamental actuar y hacerlo cuanto antes. Se trata de un problema global y no todos los gobiernos se encuentran igualmente comprometidos.

Hay dos direcciones de actuación que suman a la hora de cambiar la intensidad de carbono en una economía. Por un lado, está el cambio en la intensidad de energía y por otro, la disminución en el uso de combustibles basados en carbono. En definitiva, eficiencia energética y reducción del uso de combustibles fósiles.

Aquí es donde la energía eléctrica puede jugar su papel clave en el futuro. Como energía para consumo final, es la más prometedora para conseguirlo en un medio plazo. No tanto por lo que ella pueda contribuir para mejorar la eficiencia en el consumo, que también, sino por su capacidad para utilizar las energías renovables y de bajo contenido en carbono.

En el mismo periodo citado entre 1973 y 2011, el mix de producción de energía eléctrica mundial ha visto reducida sensiblemente la participación del petróleo (probablemente más por sus precios que por otras razones) mientras que el gas natural, la nuclear y, modestamente, las renovables han visto aumentar las suyas (Fig. 2).

Y hay que tener mucho cuidado. No se trata simplemente de reemplazar una fuente por otra. Hay que considerar muy cuidadosamente su efecto económico. No se puede empeorar, ya sea porque estamos anulando economías de escala o porque estemos usando tecnologías toda-

## Electricity Generation by Fuel

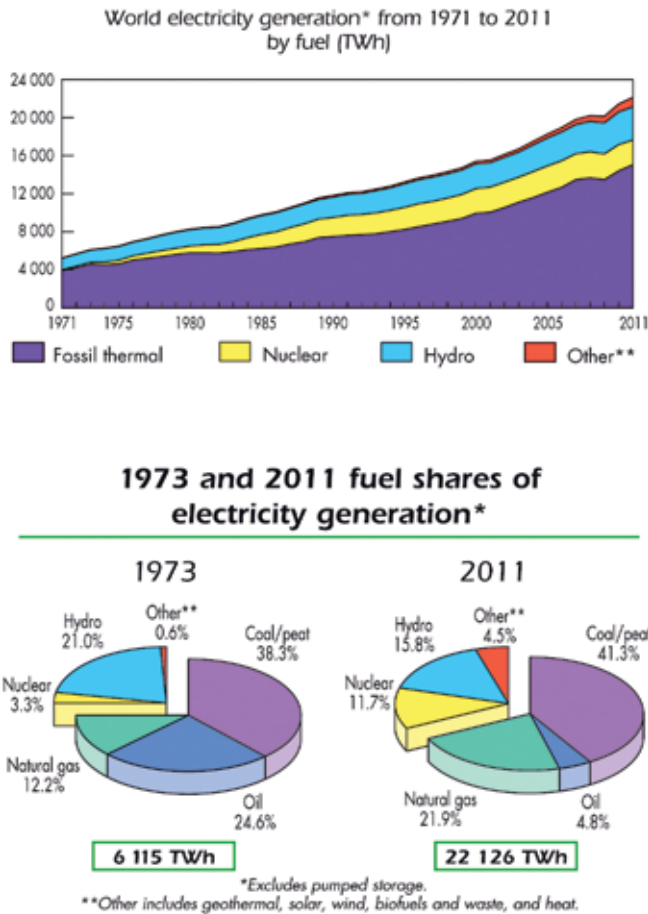


Fig. 2. Generación de electricidad en el mundo

vía ineficientes (en términos coste-producción), sin que se haga público y se acepte ese efecto. El caso alemán es muy claro [4]: la sustitución de 24.000 MW nucleares por energías de otras fuentes, principalmente renovables, conlleva un mayor coste que la sociedad alemana debe conocer y aceptar. No debe estar meridianamente claro cuando las principales empresas del sector eléctrico acababan de manifestar su alerta [5].

Además el accidente de Fukushima, en 2011, ha cortado la esperanza de que la energía nuclear contribuyera de forma sencilla a la reducción porcentual del uso de combustibles fósiles. Está claro que, además de su huella de

residuos radiactivos, una gran parte de nuestra sociedad se opone a su uso, al menos, al incremento de su uso, en la actualidad.

Por otra parte, no se puede abandonar el uso del carbón en la producción de energía eléctrica, pero sí exigir un mayor esfuerzo en el uso de tecnologías menos contaminantes como el filtrado de emisiones y la captura y almacenamiento de carbono. Además, el uso de gas natural, menos contaminante, debería contribuir a requerir menos energía renovable que, al final, es lo que nos queda muy nítidamente en el panorama: las energías renovables.

Una conclusión importante cabe señalar: la planificación del *mix* de energía es absolutamente clave y debe extenderse en el tiempo y revisarse continuamente para adaptarse a las circunstancias que pueden cambiar. No puede ni debe ignorarse nada. En EE. UU. el gas de pizarra (*shale gas*) está cambiando sencillamente su planificación, el desarrollo tecnológico va a permitir que la eficiencia coste-producción se vea alterada en términos comparativos, etc.

Y además de esa planificación, ¿qué nos queda por hacer para cambiar de forma eficaz la tendencia en la emisión de gases de efecto invernadero? La mayoría de los expertos coinciden en que, desde la perspectiva de la generación y el consumo eléctrico, hay que actuar en 3 direcciones:

- La generación distribuida.
- La mejora en la eficiencia del consumo.
- El fomento del transporte eléctrico.

Vamos a revisar cada una de ellas.

### 2. La generación distribuida

Uno de los primeros fundamentos que se enseña en cualquier disciplina económica es el de las economías de escala. En primera instancia, distribuir la generación eléctrica se opone a su concentración, paradigma defendido desde que se inició el desarrollo de la energía eléctrica, prácticamente durante un siglo.

Pues bien, la naturaleza de la energía de origen renovable principalmente distribuida, hace que su utilización obligue a ubicar en un segundo plano el fundamento de economía de escala. Si se puede, se fomenta, como en el caso de los grandes parques de generación eólica, pero, si no se puede, hay que obviarlo, tratando, eso sí, de defender un mínimo de eficiencia.

desarrollo sostenible



# Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.  
Aportamos respuestas adecuadas  
para una gestión más eficiente.  
Compartimos conocimiento  
y generamos innovación.  
Trabajamos por un futuro basado  
en el compromiso y la cooperación.

[www.aqualogy.net](http://www.aqualogy.net)





 **AQUALOGY**  
Where water lives

SOLUCIONES INTEGRADAS  
DEL AGUA PARA UN  
DESARROLLO SOSTENIBLE

Eficiencia que debe competir, con las reglas del mercado, con otras fuentes de energía ya instaladas. Las subvenciones juegan siempre un papel que distorsiona el mercado de una u otra forma y, si hay que utilizarlas, debe hacerse con sumo cuidado. El crecimiento desbordado del déficit de tarifa español es un claro ejemplo del resultado, además de otros componentes, de un mal uso de las subvenciones a las renovables.

Además es muy importante tener en cuenta la naturaleza intermitente de las renovables, así como su impacto en el funcionamiento del mercado de producción. Es algo también a tener muy presente en la planificación. Precisamente es en la producción donde se ha conseguido que funcione razonablemente el mercado y no se debería fomentar retroceso alguno en la competencia conseguida.

Las simulaciones efectuadas para diferentes grados de penetración de esos dos tipos de generación renovable [6], llevan a diversas conclusiones de las que debiéramos resaltar:

- la mayor penetración de energías renovables conlleva un cambio en el *mix* óptimo de generación disminuyendo la oportunidad de las tecnologías menos flexibles (Fig. 3),
- esa mayor penetración debe acompañarse con tecnologías flexibles y eficientes (centrales de ciclo combinado),

- el mercado mayorista puede funcionar correctamente pero deben evitarse distorsiones que modificarían el *mix* óptimo.

Ahora bien, la energía hay que transportarla y distribuirla desde su producción hasta el consumo. ¿Qué efecto tiene en las redes eléctricas la generación distribuida?

Para contestar a esa pregunta debemos tener en cuenta al conjunto del sistema eléctrico y no sólo limitarnos a resolver cada conexión. Si fuera así, la mera instalación de protecciones, que eviten el curso de perturbaciones originadas en la instalación productora, así como sus equipos de medida de energía, serían suficientes, una vez que se hubiera comprobado, o, en su caso, adaptado la capacidad de la conexión. El sistema, en su conjunto, exige más.

El caso concreto que puede ayudarnos a comprenderlo es el de Alemania. Es en ese país donde se ha instalado una gran capacidad de renovables, siendo la fotovoltaica la mayor del mundo, con 28.000 kW instalados en el 2012 [7] y distribuidos en 1,1 millones de puntos de producción de diferentes tamaños, conectados en un 70 % en la red de baja tensión (menos de 100 kW cada uno) y el resto, en la red de media tensión (más de 100kW cada uno). Con el ritmo de instalación conseguido, propiciado por la política en la que se garantizan subvenciones, se podría alcanzar una potencia instalada de 52.000kW en el 2020. Este

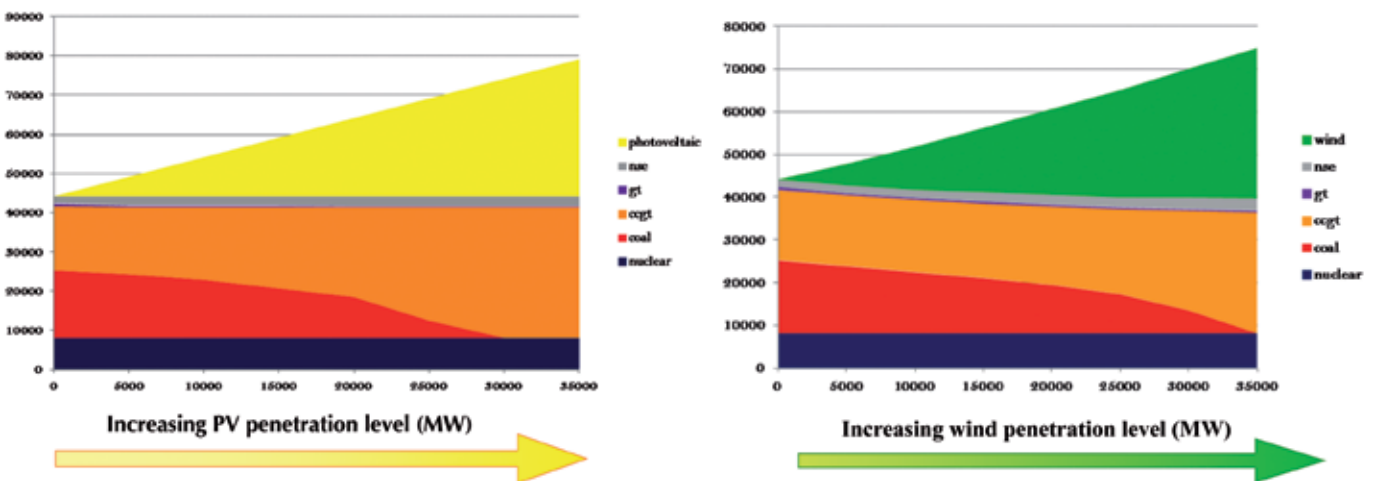


Fig. 3. *Mix* óptimo de generación, en función de los niveles de penetración eólico y solar

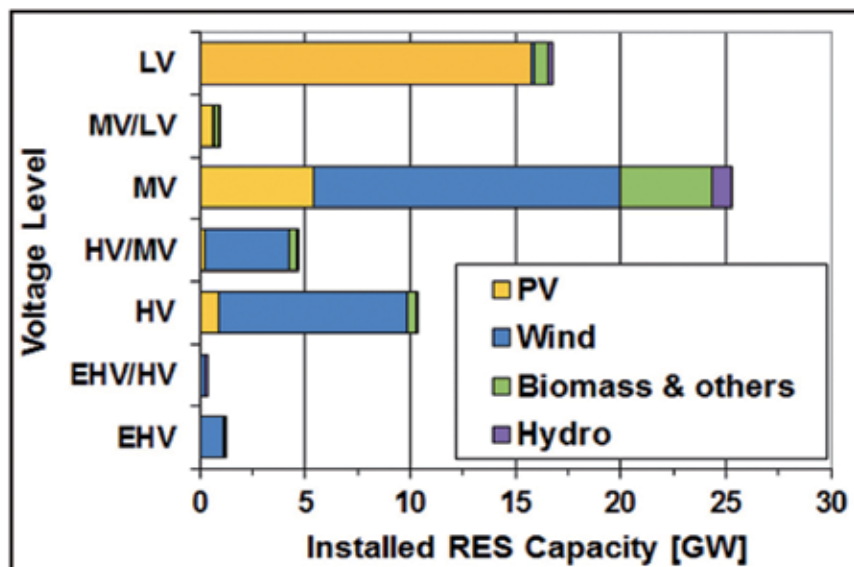


Fig. 4. Potencia de renovables instalada en Alemania por niveles de tensión de la red donde se conectan

parque solar generó en el 2012 el 4 % de la energía total producida en Alemania y alcanzó una contribución del 30 % de la demanda máxima (pico) registrada.

En la figura 4 se observa la potencia renovable instalada en Alemania distinguiendo la red a la que está conectada. En términos generales, la solar está conectada en las redes de baja o media tensión, mientras que la eólica lo hace en las redes de media y alta tensión. A los casi 29.000 kW eólicos instalados se espera añadir 8.000 kW *offshore* en los próximos años.

Esta nueva capacidad distribuida prevista requerirá aproximadamente la instalación de 140.000 km de líneas de M.T., 240.000 km de líneas de B.T. y capacidad transformadora de 20.000 MVA lo que supone una inversión entre 21.000 y 27.000 millones de euros.

Pero además, asegurando la estabilidad del sistema en tiempo real de forma que se pueda actuar en cualquier punto y en cualquier nivel para evitar desequilibrios. La obligación de disparo del inversor de una instalación fotovoltaica cuando se detecta en la red una frecuencia superior a 50,2 Hz se ha demostrado como necesaria pero no suficiente para la operación. Es imprescindible la supervisión de determinados rozamientos en tiempo real, así como la capacidad de telecontrol. Los inversores que se instalan ahora en Alemania deben tener esta capacidad.

Pero tampoco con eso basta. Hay que irse preparando para el almacenamiento distribuido y la gestión de demanda como métodos complementarios en la integración de la generación distribuida.

En definitiva, con inteligencia en red, con la red inteligente; sin ella difícilmente Alemania y otros países que la vayan siguiendo podrán integrar las cantidades previstas.

### 3. La mejora en la eficiencia del consumo

Dentro de todos los programas que se están desarrollando para mejorar la eficiencia energética en su conjunto, la mejora del consumo eléctrico en particular constituye una actividad prioritaria donde cabe esperar resultados muy positivos a través de dos vías principales: una, la comunicación o información del mismo, con todo detalle, al usuario, y dos, ofrecer la posibilidad de variación o adaptación de ese consumo con objeto de contribuir a la eficiencia del conjunto del sistema. Esta última vía es la base conceptual de la gestión activa de la demanda.

En todo caso se está buscando un ahorro en el propio consumo o en el conjunto del sistema. Para el primero, el del consumo propio, mediante la utilización de electrodomésticos y todo equipo que consuma energía eléctrica, más eficiente y de forma más inmediata mediante el cambio de hábitos de consumo. Para el segundo, el del conjunto del sistema mediante la gestión activa de la demanda.

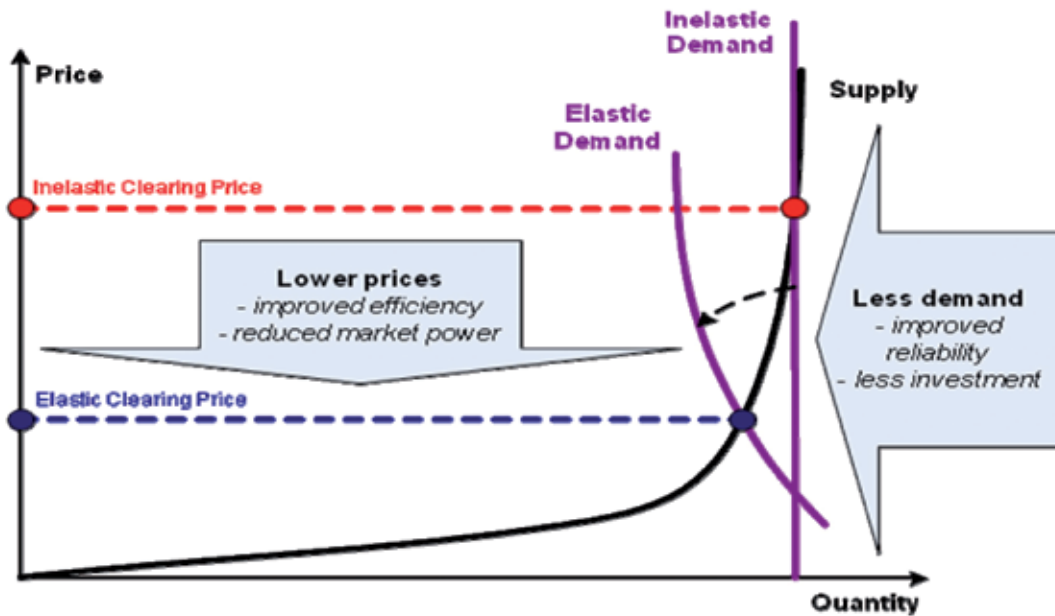


Fig. 5. Elasticidad de la demanda eléctrica

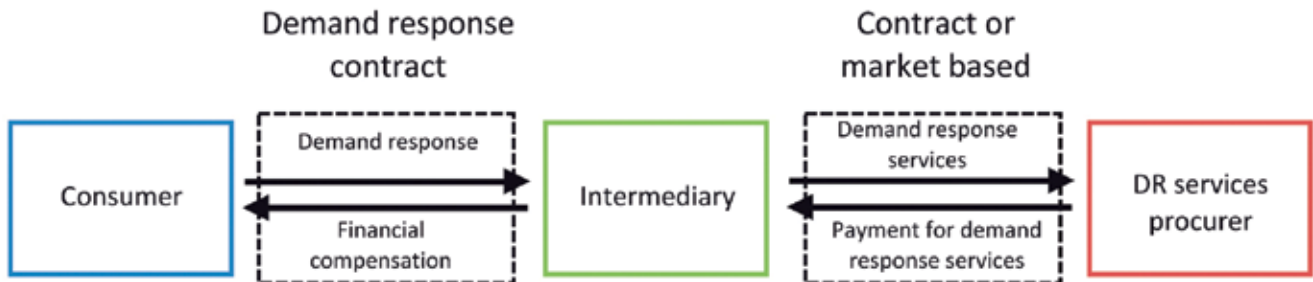


Fig. 6. Interrelación entre clientes, intermediarios usuarios de servicios de gestión de la demanda

La base teórica sobre la que sustenta la gestión activa de la demanda se resume en la figura 5. Se trata de aumentar la elasticidad al precio por parte de la curva de demanda. Parece demostrado que los clientes industriales de gran consumo se comportan con una demanda más elástica que en el caso de los clientes domésticos, pero incluso en este último caso se puede esperar una elasticidad que reaccione adecuadamente ante la evolución de precios.

El gran problema es cómo ponerlo en práctica. En primer lugar está la dificultad técnica de que debemos acercarnos al tiempo real para conseguir un mercado más “perfecto”. La medida inteligente de consumo que se está desarrollando en la mayoría de los países no soporta estrictamente el tiempo real. Se acerca tan solo.

Pero siendo esta una dificultad, el problema más relevante es la dificultad regulatoria. Uno de los informes más recientes sobre este asunto [9] ha sido elaborado por investigadores de la escuela de regulación de Florencia, en el marco del proyecto THINK, financiado por la Comisión Europea. Prácticamente todas las recomendaciones que recoge para la implantación efectiva de la gestión activa de la demanda son regulatorias:

- asegurar la protección y capacidad de decisión de los consumidores desarrollando reglas de transparencia en contratos, facturación e información de consumo y costes. Incorporarlos a los procedimientos para la resolución de conflictos.



- Promocionar proyectos piloto en los contratos y establecer una base de datos para su divulgación.
- Facilitar la entrada de nuevos agentes en el mercado, asegurando acceso no discriminatorio en todos los segmentos del mismo.
- Enfocar a más largo plazo, un mercado europeo integrado en tiempo real que pueda irse abriendo gradualmente a pymes y consultores domésticos.

En la figura 6 se reproduce el esquema propuesto en el informe referido para establecer el futuro mercado de la gestión de demanda. Es muy básico y habrá que adaptarlo, de acuerdo con la regulación de cada país pero ya se resalta la importancia de un agente que intermedie, y sea capaz de agregar, entre el cliente y el agente que utiliza en el sistema eléctrico los servicios de gestión de la demanda.

En Estados Unidos la gestión de la demanda se está implantando. Por un lado, se configura como la utilización inmediata de los despliegues de medida inteligente que se han venido haciendo en aquel país como así lo reconocen y requieren los reguladores en un gran número de sus Estados. Por otro lado, la integración vertical que se mantiene en todas las empresas, excepto las del Estado de Texas, hace fácil la justificación de la gestión de la demanda, sin más que oponerla al coste de nueva generación concentrada.

Y ¿en Europa? Pues, de momento mucho de investigación y desarrollo y poco de aplicación práctica a suficiente escala. Es cierto que el asunto preocupa y despierta interés a nivel de la administración europea, pero la realidad de la operación del sistema eléctrico no permite una comparación con la práctica al otro lado del Atlántico.

También aquí debemos resumir que sin inteligencia en red, la gestión activa de la demanda no será posible. Y la medida inteligente es necesaria pero no suficiente. Debe acompañarse con mayor control de la red en todos los niveles y en tiempo real y asimismo deben establecerse los adecuados procedimientos que regulen el papel de los operadores de red de distribución y del operador de la red de transporte con la necesaria coordinación.

#### 4. El fomento del transporte eléctrico

Resulta obvia la ventaja de sustituir combustible fósil por electricidad, siempre y cuando el origen de esa electricidad sea de fuentes más limpias. Técnicamente parece todo resuelto, pero la diferencia entre el precio de adquisición de los vehículos eléctricos y el de vehículos con combustible fósil de las mismas prestaciones, todavía es considerable, de manera que aún no se ha producido el esperado crecimiento en su uso.

En los últimos cinco años se han necesitado todo tipo de previsiones sobre la penetración del vehículo eléctrico, tanto puro como híbrido enchufable, y la mayoría han resultado erróneas. Es bien cierto que incluso se ha dado el caso local de un número de vehículos eléctricos menor que el de puntos de recarga dispuestos para su uso público. Las conclusiones del análisis efectuado en el 2009 [10] en el marco de una reflexión amplia sobre el transporte en España son todavía válidas. Deben repetirse tres por el asunto que nos ocupa.

- El sistema eléctrico, incluyendo generación, transporte y distribución, está preparado para acoger la demanda de un parque numeroso de vehículos eléctricos, siempre y cuando se pueda controlar la carga en la magnitud y en su plazo.
- El procedimiento de carga lenta en horas valle es el preferible al evitar inversiones en la red.
- Las tecnologías de información y comunicaciones deberán emplearse de forma intensiva y masiva con objeto de permitir el control y la gestión adecuada de la carga.

En resumen, necesidad de inteligencia en red.

#### 5. Las redes eléctricas del futuro

Los tres casos revisados como acciones necesarias para contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero concluyen en la necesidad del desarrollo de las redes eléctricas inteligentes que no es sino la incorporación de la “inteligencia” que puedan aportar las tecnologías de información y telecomunicaciones en las redes eléctricas convencionales.

Planteábamos al comienzo cómo será el sistema eléctrico del futuro. Y por lo escrito hasta ahora parece claro que

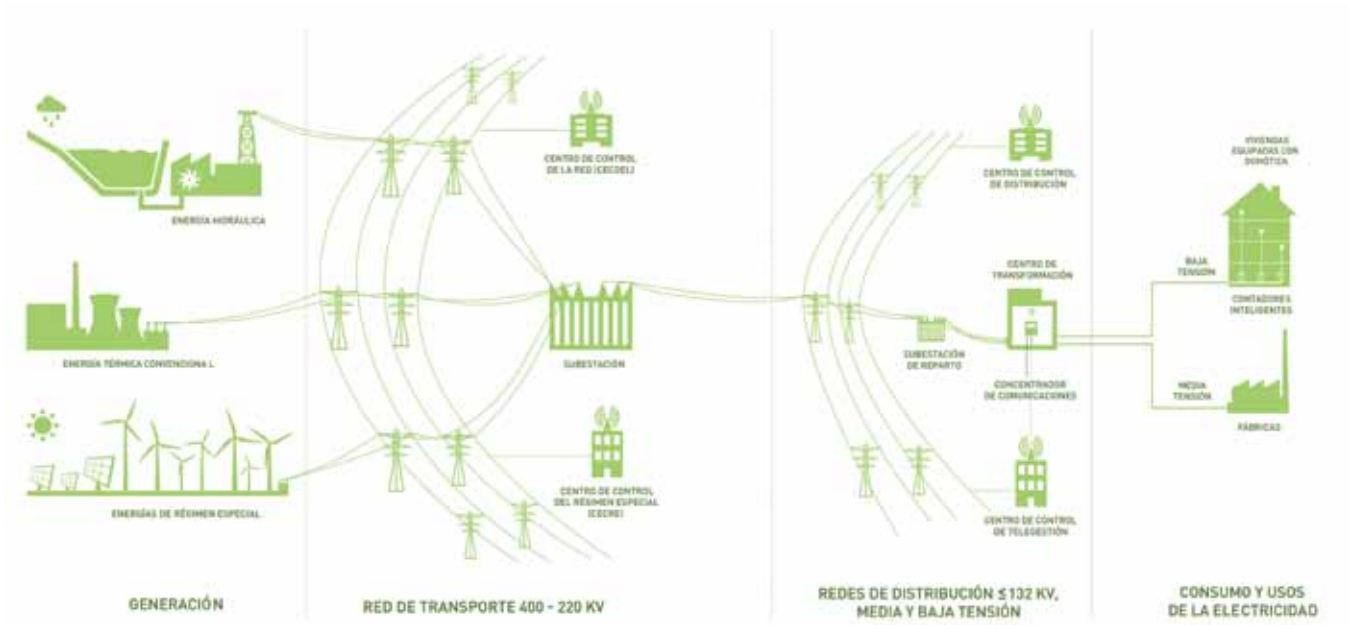


Fig. 7. Esquema básico de generación, transporte y distribución de la energía eléctrica

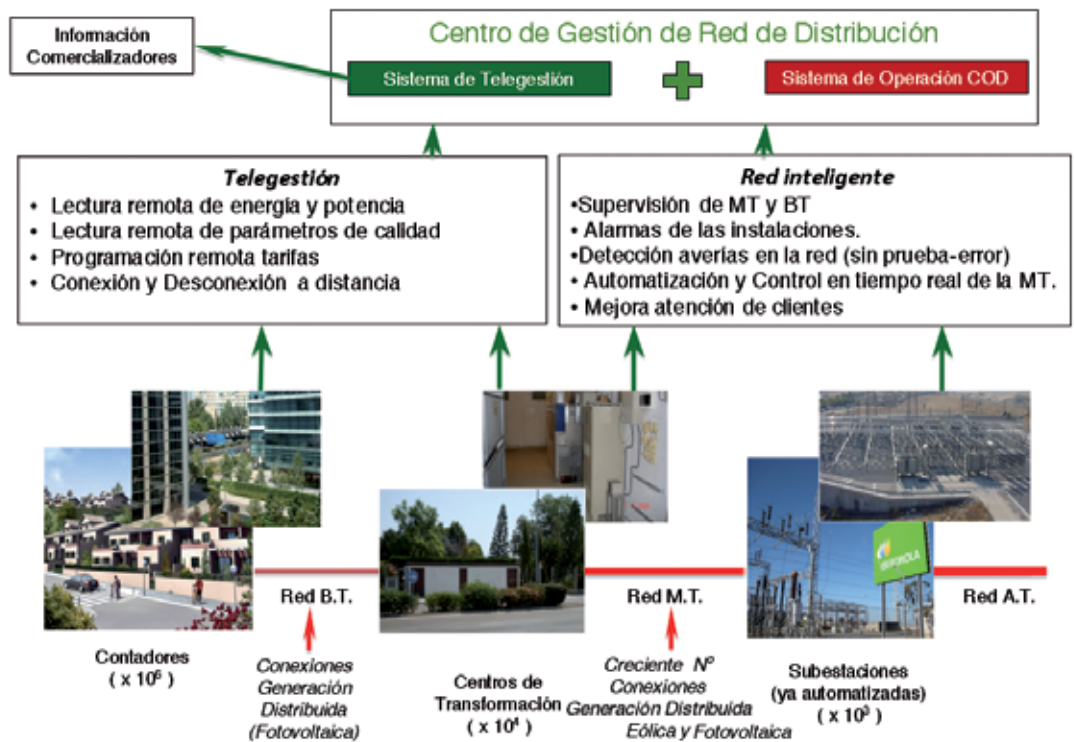


Fig. 8. Gestión de red de distribución

contará con redes más inteligentes que las ahora disponibles y como es de prever, su gestión será diferente tanto en la operación como en su mantenimiento. No basta con instalar electrónica para comunicar y controlar. Es imprescindible adaptar los procesos y la organización hacia esa evolución. En el fondo se trata de un gran cambio cultural.

¿Cómo se desarrollan las redes inteligentes? El conjunto del sistema eléctrico compuesto de generación, transporte, distribución y consumo cuenta hoy con diverso grado de inteligencia: mucha en generación y transporte y poca en distribución y consumo. La razón de ello es doble: la necesidad de determinadas funciones y el estado de la tecnología disponible a lo largo del tiempo en que el sistema ha venido prestando su servicio esencial, no lo olvidemos, a la sociedad.

Desde que hubo que evitar que una perturbación de cualquier tipo se extendiera por todo el sistema, nacieron las protecciones y las teleprotecciones. Desde que hubo que ordenar a distancia las consignas de potencia a las centrales de generación en función de la variación de la demanda, nació el telecontrol que además se fue incorporando en subestaciones y líneas eléctricas sobre todo de transporte, es decir en alta tensión.

Hemos podido gestionar el sistema, hasta la fecha con poca inteligencia en las redes de distribución (media y baja tensión) e incluso en el consumo. La lectura manual de contadores ha permitido la facturación eficiente del consumo. En definitiva, proporcionando los servicios que demanda la sociedad de forma eficiente (coste-resultado) y fiable.

Pero es bien cierto que las nuevas funciones previstas no podrán desempeñarse sin introducir mayor inteligencia en la red. Y principalmente en las redes de distribución y en el consumo. Parece poco discutible que comenzar por la medida inteligente es un buen paso. Pero, como se ha dicho no es suficiente, hay que complementarlo con supervisión en tiempo real y automatización en las redes, así como capacidad de actuación en el lado del consumo. ¿Hasta qué grado? ¿Es imprescindible instalar medida inteligente en el 100 % de los puntos de consumo? ¿Hasta dónde se debe automatizar? ¿Hay que supervisar y telecontrolar la red de baja tensión? Estas son algunas de las preguntas que deben formularse en la decisión y

desarrollo del proyecto de red inteligente. Su contestación no es única, depende de cada empresa distribuidora y ante todo de la regulación aplicable. No olvidemos que las redes son imprescindibles para el servicio eléctrico y su gestión está fuertemente regulada. No es aventurado afirmar que las redes inteligentes serán lo que quieran los reguladores en cada caso.

Un ejemplo, la medida inteligente no es hoy obligación legal en todos los Estados Unidos como tampoco lo es en todos los Estados miembros de la Unión Europea. Basta citar el reciente estudio encargado por el gobierno alemán [12] donde se concluye que el despliegue completo de medida inteligente en aquel país no justifica su coste y recomienda su instalación en determinados casos (por encima de 10kW de potencia instalada y en todos los casos de autoproducción).

Porque, al final, subsisten las preguntas sobre las redes inteligentes. ¿Cuánto cuestan? ¿Quién las paga?

La inversión que requieren las redes de distribución es importante por el interés de instalaciones que se ven afectadas.

En la figura 8 se ve el caso de Iberdrola en España que, como empresa de distribución en Europa, gestiona unos números que pueden considerarse típicos en este continente: para 10 millones de clientes, se gestiona una red de 100.000 centros de transformación y 1.000 subestaciones de alta tensión.

Estos números son los que llevan a alcanzar inversiones totales muy importantes y los que recomiendan un control intensivo de los costes unitarios. Un solo euro de ahorro en el coste de un contador inteligente se ve multiplicado por millones. El fomento de la competencia efectiva mediante el uso de protocolos abiertos y no propietarios ha arrojado resultados espectaculares [13] en el caso de los contadores.

Pero la red inteligente es más que la medida. En su conjunto, hace tan sólo 2 años, se aceptaba generalmente que la inversión total llegaría al entorno de los 300 euros por punto de suministro. Hoy en día, después del uso intensivo de estandarización y soluciones abiertas, resulta posible apuntar hacia los 100 euros por punto de suministro. Es decir, en el mejor de los casos, las redes inteligentes pue-

den suponer una inversión europea para sus 27 estados miembros, de 40.000 millones de euros aun cuando todavía alguien estime que superará con creces los 100.000.

¿Quién lo paga? La sociedad en su conjunto se beneficiará, como hemos dicho en la primera parte de este artículo, pero la distribución del coste debe ser justa y en función del beneficio que obtenga cada uno. El consumidor final será el gran beneficiado, sobre todo, si se consigue que la competencia sea mayor y los precios de la electricidad alcancen un óptimo en el mercado. Pero en la cadencia hay otros beneficiados que deben tenerse muy en cuenta para que compartan, proporcionalmente, los costes. El regulador será clave, y desde luego deberá permitir una recuperación y retribución justa de la inversión que, en primera línea, debe hacer la empresa que gestiona la red.

Al igual que se citaba para el caso de la implantación de la gestión de la demanda, el verdadero problema para desarrollar las redes inteligentes y, en definitiva, dotarnos del sistema eléctrico del futuro es el regulatorio. Hay mucho por hacer, pero es urgente. Sin una regulación que, en un marco de estabilidad y predictibilidad, incentive la inversión necesaria en redes, tardaremos mucho más tiempo de lo deseable.

## 6. Conclusiones

La energía es uno de los grandes problemas de la sociedad. El crecimiento en su consumo debe modificarse, buscando controlar y reducir la emisión de gases de efecto invernadero. La energía eléctrica es uno de los medios más útiles y eficaces para conseguirlo y, en consecuencia su consumo debe fomentarse. La generación distribuida de origen renovable, la mejora en la eficiencia en el consumo y el fomento de transporte eléctrico son actividades que ocurrirán antes o después, a pesar de los cambios en las políticas energéticas. En Europa, será muy difícil que se consigan los objetivos 20-20-20 en el año 2020, como tan sólo hace cinco años se había aceptado como paradigma irrenunciable. La crisis, la evolución de los precios de la energía, etc., no permite mantenerlo como tal. Pero, a pesar de ello, dichas actividades ocurrirán y para que sean posibles, es imprescindible que las redes eléctricas evolucionen de forma que estén preparadas para ese futuro. La sociedad que, como decíamos al principio, es la componente más difícil de prever, parece que ya lo está demandando. **ROP**

## Referencias

- [1] Agencia Internacional de la Energía (AIE). 2013 Key World Energy Statistics.
- [2] Richard K. Lester and David M. Hot. Unlocking Energy Innovation. MIT Press 2012.
- [3] U.S. National Aeronautics and Space Administration. Climate Change: How do we know?
- [4] Energiewende. Programa de desarrollo de energía limpia del gobierno alemán. Múltiples referencias.
- [5] <http://www.mittelbayerische.de/nachrichten/wirtschaft/artikel/stromkonzerne-fordern-kurswechsel/971394/stromkonzerne-fordern-kurswechsel.html>
- [6] José I. Pérez Arriaga, "The Utility of the future". Cátedra BP de energía y sostenibilidad. Universidad de Comillas. Septiembre 2013.
- [7] Blanca Barth, Nadav Enbar, Mike Taylor. Can Germany count on solar?. Policy drives powerful growth, but future depend on a resilient grid. SEPA and EPRI. Septiembre 2012.
- [8] Miguel A. Sánchez Fornié, Roberto Gonzalez Sainz Maza, Desarrollo de Smart Grids para el fomento de la eficiencia energética. Anuales de Mecánica y electricidad. Julio, Agosto, 2013
- [9] Leigh Hancher y otros, "Shift, not drift: towards Active Demand Response and beyond" Florence School of Regulation. Junio 2013.
- [10] La contribución de las TIC a la sostenibilidad del transporte en España. Real Academia de Ingeniería, 2009.
- [11] "Cost-benefit analysis for the comprehensive use of smart metering". ERNST & YOUNG on behalf of the German Federal Ministry of Economics and Technology, agosto 2013.
- [12] PRIME ALLIANCE. [www.prime-alliance.org](http://www.prime-alliance.org).