



MÁSTER OFICIAL EN EMPRESA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

CURSO ACADÉMICO 2015/2016

TRABAJO FIN DE MÁSTER

SOLUCIONES TIC EN RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA

ICT SOLUTIONS IN RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA

AUTOR: D. CARLOS GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

TUTORES:

Dr. CELESTINO GÜEMES SEOANE

Dra. ELENA GARCIA RUIZ

OCTUBRE DE 2016

ÍNDICE

1. RESUMEN	Pag 4
2. ABSTRACT	Pag 4
3. INTRODUCCIÓN	Pag 5
4. RED ELÉCTRICA ESPAÑA Y SU FUNCIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO	Pag 14
4.1. MISIÓN Y OBJETIVOS DE REE	
4.2. CAMPO DE ACTIVIDAD DE REE	
4.3. FUNCIONES DE REE	
4.3.1. Mantener equilibrio entre generación y demanda	
4.3.2. Gestor de la red y transportista	
5. PRINCIPALES SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN REE	Pag 16
5.1. SOFTWARE EMPLEADO PARA MONITORIZACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS EN REE	
5.1.1. Spectrum SCADA de Siemens	
5.1.2. E-Sios	
5.2. SISTEMAS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA	
5.2.1. SIMEL	

6. REDES INTELIGENTES.....Pag 26

6.1. CONCEPTO DE SMARTGRID

6.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES INTELIGENTES

6.3. BENEFICIOS DE LAS REDES INTELIGENTES

6.4. FUNCIONAMIENTO DE LAS SMARTGRIDS

6.5. CONTADORES INTELIGENTES

6.6. INTEGRACIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES

7. PROYECTOS DE I+D+i EN REE.....Pag 36

7.1. UTILIDAD DE LA INNOVACIÓN PARA LA COMPAÑÍA

7.2. PROYECTOS DE I+D+i EN REE

**7.3. MECANISMOS DE ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA
ELÉCTRICA**

7.3.1. Causas para el almacenamiento

7.3.2. Centrales reversibles o de bombeo

7.3.3. Pilas y baterías químicas

7.3.4. Pilas de combustible

7.3.5. Volante de inercia

8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....Pag 51

9. BIBLIOGRAFIA.....Pag 53

1. RESUMEN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, también conocidas como TIC, son el conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar, almacenar, procesar, enviar y recibir información.

Actualmente, las TIC están presentes en cualquier ámbito de nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, la TV, telefonía móvil, videojuegos, comercio electrónico o la e-administración.

En el caso de este trabajo, nos vamos a centrar en las TICs requeridas por Red Eléctrica Española para gestionar el transporte de la electricidad y el control del mercado eléctrico en España, sus dos funciones principales. Se explicará cómo se genera la electricidad y cuáles son las fases hasta que se consume por el cliente. Posteriormente, se hablará sobre REE. Entre otros, su misión, funciones y las tecnologías que utiliza. Por otra parte, se escribirá sobre diferentes proyectos innovadores de REE destinados al almacenamiento de energías eléctricas y relacionadas con las redes inteligentes.

Por último, se establecerán unas conclusiones finales que sintetizen y ofrezcan una visión global de todo lo estudiado a lo largo del proyecto, convergiendo toda la información analizada y presentada en el mismo.

2. ABSTRACT

The information and communication technologies, also known as ICT, are a set of technologies developed to manage, store, process, send and receive information.

Nowadays, ICT are present in all areas of our daily lives. For example, TV, mobile phones, video games, e-commerce or e-administration.

In the case of this project, we will focus on ICT required by Red Eléctrica Española (REE) to manage the transport of electricity and control of the electricity market in Spain, its two main functions. It explains how electricity is generated and what steps are until it is consumed by the customer. Later, we will talk about REE. Among others, its mission, functions and technologies used. Moreover, it will be written on various innovative projects REE for the storage of electrical energy and related smart grids.

To conclude this project, some final conclusions will be presented synthetizing and offering a global view of everything that has been previously studied. It will serve as a way of converging all the information analyzed and presented in it.

3. INTRODUCCIÓN

Antes de meterse con el tema central de este trabajo, es necesario explicar el concepto de energía eléctrica. Una definición muy adecuada para ello es la que ofrece Endesa. Esta empresa lo interpreta como una fuente de energía que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas ($p+$ y $e-$) que se produce en el interior de materiales conductores, siendo el cobre uno de los más tradicionales. El origen de la electricidad reside en las centrales de generación, clasificadas según las distintas fuentes de energía que utilicen para su funcionamiento. Así, aparecen centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible.

En la siguiente imagen se pueden ver las diferentes fases por las que ha de pasar la energía eléctrica. En primer lugar se genera, posteriormente la infraestructura de Red Eléctrica Española lo lleva hasta las redes de distribución desde donde finalmente llega a los consumidores industriales y domésticos. En la transición entre cada etapa tendrán que existir una serie de equipos para efectuar las adaptaciones de tensión.

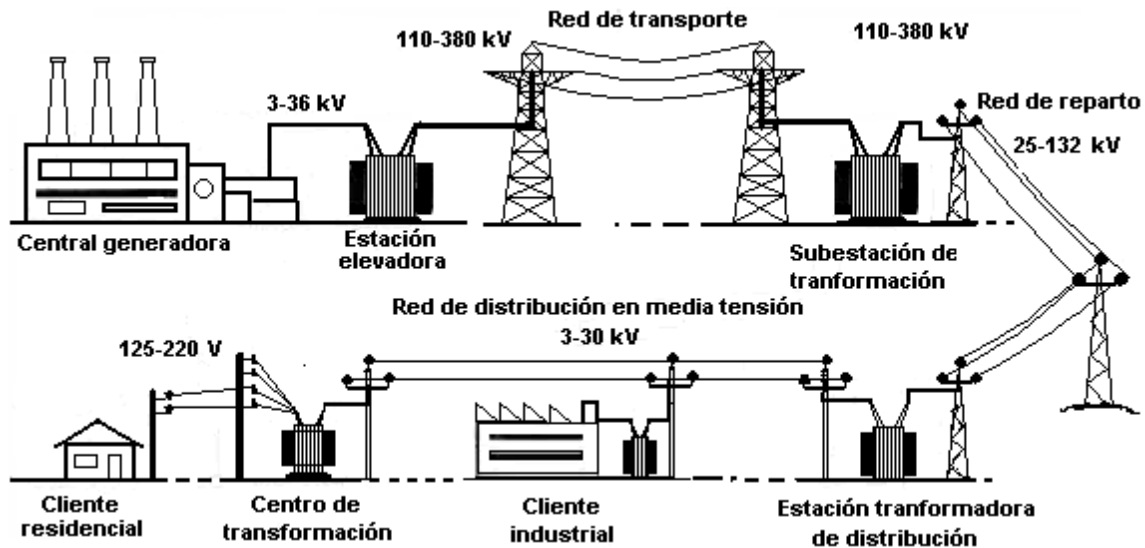


Figura 0 Cadena de valor de la energía ¹ (Wikipedia-Redes de Distribución, 2015))

¹Para más detalle consultar la Web:
https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_distribuci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica#/media/File:Redelectrica2.png

Como se comentaba anteriormente, es necesario efectuar una serie de adaptaciones de tensión² entre unas etapas y otras. Para empezar, se puede considerar que en una central eléctrica convencional, los generadores suministran voltajes de unos 26.000 V, no siendo adecuados valores superiores porque se dificultaría su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 138.000 y 765.000 V para la línea de transporte primaria. En la subestación, el voltaje se transforma en tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad a la red de distribución.



Figura 1 Transformador de tensión

La tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios (33 kilovoltios), y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios. Para su suministro a los consumidores es preciso disminuir más la tensión. La industria suele trabajar a tensiones entre 380 y 415 V y las viviendas reciben entre 220 y 240 V. Como pequeña observación, se ha de indicar que en algunos países esta última magnitud oscila entre 110 y 125 V.

A continuación, se detallarán más en profundidad cada una de etapas³:

➤ **Generación**

Esta etapa se realiza en las centrales eléctricas, es decir, los lugares donde se efectúan las transformaciones de un tipo de energía (hidráulica, térmica, solar, atómica, etc.) en energía eléctrica. Para esta misión, se requieren máquinas denominadas generadores eléctricos y turbinas acopladas mecánicamente entre sí. En esta parte del trabajo, resultaría conveniente clasificar todos estos tipos de mecanismos para la producción de energía eléctrica en dos grandes bloques.



Figure 1 Ejemplo de energía fósil.

El primero de ellos, el cual es el más tradicional, se conoce como energías no renovables. Aquí se engloban todas las de origen térmico de gas o carbón y las nucleares o atómicas.

A continuación, sería conveniente indicar algunos detalles de cada una de ellas, empezando por las convencionales de origen fósil:

² Información obtenida del siguiente sitio Web:

<http://www.monografias.com/trabajos13/genytran/genytran.shtml>

³ Datos obtenidos de la Web del Gobierno de España:

<http://www.minetur.gob.es/energia/electricidad/Paginas/sectorElectrico.aspx>

a. Centrales térmicas convencionales:

En las centrales térmicas convencionales⁴ se produce electricidad a partir de combustibles fósiles, tales como carbón, fueloil o gas natural, mediante un ciclo termodinámico de agua-vapor. En este tipo de centrales de generación, no se engloban las nucleares o las de ciclo combinado. Sin entrar en demasiados detalles, el funcionamiento de este tipo de centrales consiste en transformar el agua en vapor mediante la combustión de carbón o gas. Una vez superado este proceso, el vapor se desplaza por una serie de cañerías hasta que finalmente llega a las paletas de las turbinas, las cuales producen un giro en el generador que transformará esa energía mecánica en eléctrica.

A continuación se incluye una imagen donde se ilustra mejor este proceso de creación de energía eléctrica:

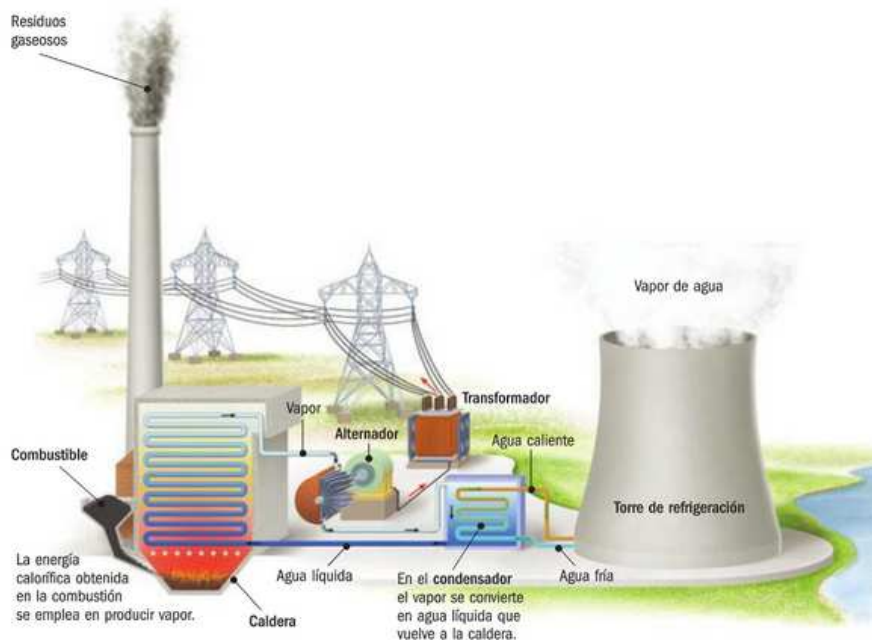


Figura 2 Esquema de una Central Térmica Convencional (Endesa-Educa, 2016)

b. Centrales nucleares:

Este tipo de central basa su funcionamiento en la separación de los núcleos de uranio, el cual es su fuente de energía principal para calentar el agua. Posteriormente, pasa a estado gaseoso para mover las turbinas conectadas a una generados de electricidad. Resultan muy complejas porque su capacidad de producción no es flexible, dado que tardan días en arrancar y alcanzar el nivel máximo de generación, lo que resulta muy costoso (Endesa, 2016).

⁴ Información obtenida de la Web de Endesa http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales

c. Centrales térmicas/gas de ciclo combinado:

La central térmica de ciclo combinado es aquella donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de dos turbinas, la primera de ellas es un turbogruppo de gas y otro de vapor. Su funcionamiento se basa en transformar la energía calorífica, que se genera en la combustión, fruto de la mezcla del gas con el aire a presión, en energía mecánica que acciona el eje de la primera de las turbinas. Los gases que salen de la turbina de gas se llevan a una caldera de recuperación de calor para producir vapor, a partir de este momento tenemos un ciclo agua-vapor convencional. A la salida de la turbina el vapor se condensa (transformándose nuevamente en agua) y vuelve a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

Por otra parte, existe otro gran grupo de naturaleza renovable⁵ en el que se aglutinan las de origen hidráulico, solar, eólico y biomasa. En la parte inferior enumero sus principales características:



Figura 3 Ejemplo de centrales de energías renovables (Iberdrola, 2016)

a. Centrales hidroeléctricas:

La energía hidráulica es el aprovechamiento de la energía cinética de una masa de agua contenida en una presa. El agua mueve una turbina cuyo movimiento de rotación se transfiere, mediante un eje, a un generador de electricidad. Hasta mediados del siglo XX la energía hidráulica fue la principal fuente para la producción eléctrica a gran escala.

b. Centrales eólicas:

El aprovechamiento de la energía eólica, energía cinética que posee el aire, es casi tan antiguo como la civilización. Se basa en la transformación de la energía cinética que provocan las corrientes de viento sobre las aspas de los aerogeneradores. La tecnología que contienen en su interior permite generar energía eléctrica.

⁵ Datos obtenidos de la Web:
http://www.appa.es/05eolica/05que_es.php

c. Centrales solares:

Las centrales solares⁶ son instalaciones destinadas a aprovechar la radiación del Sol para generar energía eléctrica. Existen dos tipos de instalaciones con las que se puede aprovechar la energía del Sol para producir electricidad:

- En la central termo solar se consigue la generación eléctrica a partir del calentamiento de un fluido con el cual, mediante un ciclo termodinámico convencional, se consigue mover un alternador gracias al vapor generado de él.
- En la instalación fotovoltaica la obtención de energía eléctrica se produce a través de paneles fotovoltaicos que captan la energía luminosa del Sol para transformarla en energía eléctrica. Para conseguir la transformación se emplean células fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores.

d. Centrales de biomasa:

La biomasa es la utilización de la materia orgánica como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza.

En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora. El proceso de transformación de la biomasa en energía eléctrica se produce creando vapor mediante la combustión de este tipo de materia, el cual mueve una turbina posteriormente.

e. Centrales geotérmicas:

La energía geotérmica es aquella energía almacenada en forma de calor que se encuentra bajo la superficie de la tierra. Esta energía puede aprovecharse para la producción directa de calor o para la generación de electricidad. Es una energía renovable y de producción continua las 24 horas del día y, por tanto, gestionable.

La energía geotérmica de alta entalpía es la que aprovecha un recurso geotérmico que se encuentra en determinadas condiciones de presión y alta temperatura (superior a 150 °C). El aprovechamiento de este recurso puede hacerse directamente si se dan de forma natural las condiciones geológicas y físicas para ello. Si el yacimiento geotérmico cuenta con condiciones físico-geológicas favorables pero no existe fluido, éste podría inyectarse creando así un yacimiento de roca caliente seca.

⁶ Información extraída de la Web de Endesa:
http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xii.-las-centrales-solares

f. Centrales marinas:

Se conoce como energía marina un conjunto de tecnologías que aprovechan la energía de los océanos. El mar tiene un gran potencial energético, que se manifiesta principalmente en las olas, las mareas, las corrientes y en la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo marino. El aprovechamiento de la energía marina no genera impactos ambientales ni visuales considerables y constituye un recurso energético con gran capacidad de predicción. Sin embargo, la fuerza del oleaje y la corrosión marina, así como la necesidad de contar con mecanismos para trasladar la energía a tierra, hacen que esta tecnología requiera de grandes inversiones. Por ello, está en una fase de desarrollo muy inicial.

Para hacerse una idea de la importancia de cada uno de estos tipos de generación, en la siguiente ilustración, se pueden leer los porcentajes producidos durante un periodo de un día para cada uno de los tipos de energía:

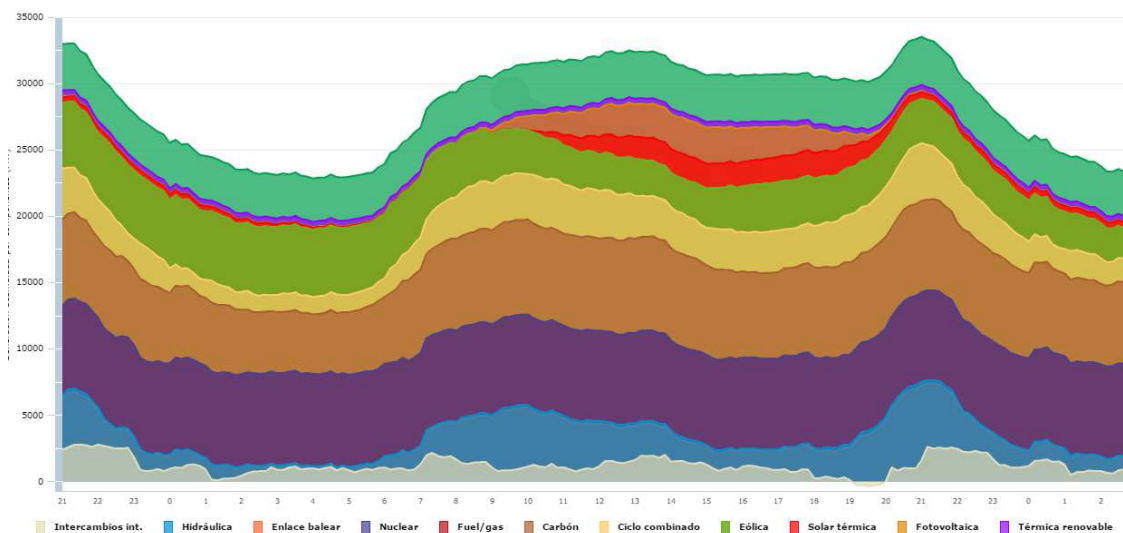


Figura 4 Estructura de generación REE⁷ (REE, 2016)

➤ Transporte

Esta fase es la de mayor relevancia para este trabajo, pues es aquí donde REE tiene prácticamente el total de su campo de actividad. Por supuesto, su labor tiene relación directa con las fases de generación y distribución.

En esta fase se llevan a cabo las tareas pertinentes para proveer de la infraestructura de cableado, subestaciones y equipos de medida necesarios para que la energía eléctrica vaya desde los centros de generación hasta la redes de las empresas de distribución. Asimismo, dispone de todo los sistemas de monitorización requeridos

⁷ Para más información sobre los porcentajes de generación, consultar la Web de REE: https://demanda.ree.es/generacion_acumulada.html

para anticiparse a posibles roturas o para estimar la demanda de energía, conociendo previamente los perfiles de generación y consumo.



Figura 5 Transporte energía eléctrica en alta tensión. (DIELCA, 2014)

➤ **Distribución**

Durante este proceso⁸, determinadas compañías disponen de la infraestructura para llevar la electricidad desde las grandes redes de REE hasta los distintos centros de consumo. Como ya se mencionó anteriormente, esta actividad se realiza mediante una diferencia de potencial menor a 220kV.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que hasta 2009 estas empresas también eran las únicas que comercializaban la energía al usuario final. A partir de esa fecha, con el Decreto Ley 485/2009, se produjo una liberalización en el sector. Nace así, el concepto de comercializadora de último recurso que se explicará en la siguiente etapa.

A continuación, se explicarán las funciones que llevan a cabo las compañías eléctricas de distribución:

- Construir, mantener y operar las redes eléctricas que unen el transporte con los centros de consumo.
- Ampliar las instalaciones para atender a nuevas demandas de suministro eléctrico.
- Asegurar un nivel adecuado de calidad de servicio.
- Responder en igualdad a todas las solicitudes de acceso y conexión.
- Medir el consumo.
- Aplicar a los consumidores los peajes o tarifas de acceso.
- Mantener actualizada la base de datos de puntos de suministro.
- Informar a los agentes y clientes involucrados.
- Presentar anualmente sus planes de inversión a las Comunidades Autónomas.

⁸ Datos extraídos de la Web: <http://www.energiaysociedad.es/ficha/4-3-distribucion>

Existen cinco grandes empresas en España que se encargan de la distribución, las cuales pueden tener su papel dentro de la generación, dependiendo de la zona geográfica en la que se localicen los usuarios. En la parte inferior se muestra un mapa donde se puede ver la zona de cobertura de cada una de estas compañías:



Figura 6 Reparto geográfico de distintas compañías de Distribución⁹ (Energía y Sociedad, 2016)

⁹Para más información consultar: <http://www.energiaysociedad.es/ficha/4-3-distribucion>

➤ Comercialización

Durante esta etapa, la energía eléctrica¹⁰ llega definitivamente al usuario, después de pasar por un proceso de reducción de la tensión a los valores adecuados. Como ya comentaba anteriormente, no sólo las empresas que son distribuidoras intervienen en este proceso, sino que debido a la liberalización del sector, pueden aparecer otras muchas compañías dedicadas a este fin.

A continuación, se indican los dos grupos en los que se pueden clasificar las diferentes compañías de comercialización de la energía eléctrica.

En primer lugar, aparecen las denominadas comercializadoras de último recurso o de referencia. En cualquier caso, a este bloque pertenecen las empresas más relacionadas con las que son además distribuidoras. Aquí encontramos: Iberdrola, Endesa, Fenosa, Viesgo y EDP. Éstas tienen la obligación de establecer las denominadas tarifas de último recurso, TUR, que son los intervalos de precios establecidos por el Ministerio de Industria a los que se puede cobrar la energía eléctrica al consumidor final, el cual es en la mayoría de estos casos un usuario doméstico con menos de 10kW. Actualmente se están aplicando las tarifas PVPC, que se explicarán en otro apartado.

En segundo lugar, aparecen las comercializadoras libres del mercado eléctrico, las cuales no pertenecen al grupo de las cinco potentes compañías de referencia. Sin embargo, al igual que Viesgo o Endesa, alguna de ellas también puede actuar como distribuidora localizada dentro de una pequeña área geográfica. Estas compañías ofrecen la energía eléctrica según la ley de la oferta y la demanda, en lugar de aplicar la TUR. Por poner un ejemplo de un caso de libre mercado, dentro de nuestra región aparece el caso de Aldro, empresa nacional con una sede en esta región ubicada en la capital del Besaya, y que se dedica exclusivamente a la venta de energía eléctrica a los clientes domésticos y a pymes. Para terminar, se va a analizar la relación¹¹ entre la distribuidora y la comercializadora. La primera se encarga de transportar la energía hasta las viviendas y solucionar todas sus posibles averías. Sea cual sea la comercializadora contratada, el suministro y su calidad está garantizado por la distribuidora. La segunda de ellas tiene como misión comprobar la exactitud de las facturas junto con el precio, la atención al cliente o los servicios de mantenimiento opcionales que puedes contratar. También puede hacer las veces de interlocutora para que haga gestiones en nombre del cliente ante la distribuidora, como pedir el cambio de potencia o reclamar un problema con la lectura del contador.

¹⁰ Información obtenida de la siguiente Web: <http://www.energiaysociedad.es/ficha/4-3-distribucion>

¹¹ Información obtenida de la siguiente Web: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/electricidad-todo-sobre-el-mercado-electrico449934>

4. RED ELÉCTRICA ESPAÑA Y SU FUNCIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

4.1 MISIÓN Y OBJETIVOS DE REE

Red Eléctrica de España¹², que nació en enero de 1985, es considerada como la primera compañía del mundo dedicada en exclusiva a la operación del sistema eléctrico y al transporte de electricidad. En esta época, casi la totalidad de Red Eléctrica estaba constituida por capital público.

Inicialmente se constituyó con un equipo de 93 personas y una red de 10.500 km de líneas de alta tensión. Actualmente da trabajo a más de 1.700 personas y posee 42.000 km de líneas eléctricas. Desde su creación tiene un objetivo claro: *"garantizar en todo momento la el suministro eléctrico de nuestro país y desarrollar una red de transporte fiable que contribuya al progreso de la sociedad"*.

Antes de meterse de lleno con la misión y visión de REE, se hará un breve repaso de toda su historia a lo largo de tres décadas de existencia.

En la década de los 90, la plantilla se incrementó hasta llegar a multiplicarse por 10. Es en esta época cuando la compañía comienza a enfrentarse a nuevos retos: la toma de control de las redes adquiridas, el desarrollo y expansión de la red de transporte o la firma de acuerdos con países vecinos para el posterior intercambio de energía. También se encargaron del desarrollo de redes de fibra óptica y la interconexión submarina España-Marruecos.

En los años 2000, la mayor parte de su accionariado es de naturaleza privada, quedando tan sólo el 20% en manos de un ente público, SEPI. Asimismo, comienza su expansión internacional y se convierte en el transportista único de energía en España con el arranque de su actividad en Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla. En este momento se le puede considerar un TSO.

Para terminar con su evolución, indicar que en el último lustro ha expandido su campo de actividad con la administración de la red de fibra óptica propiedad de ADIF. Por otro lado, han trabajado bastante en la adecuación de los estándares eléctricos de las islas a los peninsulares.

En cuanto a la misión de esta compañía, considerada como la TSO por excelencia del sistema eléctrico español, consiste en asegurar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico español, garantizando la continuidad y seguridad del suministro eléctrico. Para llevar a cabo esta tarea, supervisan el interfaz entre la etapa de generación y la de transporte, gestionando al mismo tiempo el funcionamiento de la red de transporte. Todo ello siguiendo los principios de transparencia y eficiencia económica de cara a prestar un servicio eléctrico seguro, eficiente y de calidad.

La visión que persigue esta empresa, reconocida a nivel mundial, es la de ser líder en el transporte y la operación de redes eléctricas de alta tensión, ofreciendo un servicio

¹² Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/conocenos/ree-en-2-minutos/mision-y-vision>

de máxima calidad. Todo ello, cumpliendo una serie de compromisos éticos y con una responsabilidad social corporativa a la altura de la época en la que nos encontramos.

A continuación, se enumeran algunos principios firmes que Red Eléctrica mantiene en su gestión empresarial:

- ✓ Mantener la independencia del resto de los agentes del sistema eléctrico.
- ✓ Adoptar las mejores prácticas dentro de la responsabilidad social corporativa. Para ello, deberán conservar el medio natural, garantizar un futuro energético sostenible y basar toda su actividad en la necesidad de las personas.
- ✓ Buscar la excelencia empresarial.
- ✓ Ofrecer a la sociedad un servicio de calidad, seguro y eficiente.
- ✓ Preocuparse por todos sus grupos de interés.
- ✓ Impulsar el diálogo, la integración y el desarrollo social.

4.2 CAMPO DE ACTIVIDAD DE REE

NEGOCIO ELÉCTRICO NACIONAL¹³: Las tareas comprendidas dentro de la gestión del transporte de energía eléctrica en España, ya han sido explicadas en apartados anteriores.

ACTIVIDAD INTERNACIONAL: La gestión de las infraestructuras de transporte eléctrico en el exterior, se efectúan a través de la entidad conocida como Red Eléctrica Internacional (REI).

A continuación se mencionan las principales firmas que han conformado para desarrollar todas las actividades del mercado internacional, principalmente en áreas de América latina.

- REDESUR. En julio de 2010 REI constituyó con una participación del 55% del capital social, junto a AC Capitales SAFI, S.A una compañía energética destinada al diseño, construcción y explotación de la línea de transmisión de electricidad en Perú.
- REA (Red Eléctrica Andina): Propiedad al 100% de REI. Es una empresa especializada en la prestación de servicios de mantenimiento eléctrico en alta tensión dentro del mercado local peruano.

¹³ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/conocenos/actividades-de-negocio>

TELECOMUNICACIONES:

La división "Red Eléctrica Infraestructuras de Telecomunicación" se encarga de la Unidad Estratégica de Negocio asociada a las telecomunicaciones. Su misión está enfocada a la explotación de las redes de fibra óptica propiedad de ADIF, tras haber adquirido los derechos de uso y explotación de la misma en 2014. Esta operación ha posicionado a la compañía como el mayor operador neutral de infraestructuras de fibra óptica en España.

4.3 FUNCIONES DE REE

En este apartado se explicarán las principales actividades que son llevadas a cabo por Red Eléctrica de España para poder garantizar la continuidad y seguridad del suministro eléctrico. De esa manera, la energía producida por los agentes generadores será transportada a las redes de distribución con las condiciones de calidad que cumplan la normativa vigente.

4.3.1 Mantener el equilibrio entre generación y demanda

Debido a que la energía eléctrica no puede ser almacenada de una manera ágil, la producción en los centros de generación debe igualarse¹⁴ a la cantidad consumida para evitar esos desequilibrios que se traducirían en posteriores desvíos de las frecuencias habituales de 50 Hz de la señal eléctrica que llega al consumidor.

Para lograr esto, REE tiene diferentes mecanismos estadísticos para predecir la demanda eléctrica en cada instante. De tal manera, puede gestionar la centrales de generación en tiempo real y lograr que su producción se iguala a la cantidad demandada por los consumidores en cada periodo de tiempo. Las productoras de energía deberán proceder a aumentar o disminuir la cantidad de energía eléctrica, según las órdenes emitidas por REE. Ha de tenerse en cuenta siempre una serie de tolerancias superiores o inferiores de cara a hacer frente a los aumentos imprevistos en la demanda o a bajadas en los índices de generación. Éstos últimos normalmente debidos a cambios en las condiciones meteorológicas que afectan a las centrales de energías renovables.

Una serie de acciones que implementa REE para garantizar ese equilibrio, son los conocidos como servicios de ajuste del sistema, cuyo efecto se puede ver a tres niveles distintos:

- **SOLUCIÓN PARA RESTRICCIONES TÉCNICAS:** Consiste en una serie de mecanismos para garantizar ese balance entre generación y consumo eléctrico. Se puede proceder por dos vías. En una de ellas, es necesaria la modificación de las unidades de generación o procediendo. Por otro lado, la otra alternativa consiste en consumir esa energía sobrante bombeando el agua a las presas una vez que ha pasado por las turbinas.

¹⁴ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico>

- **SERVICIOS COMPLEMENTARIOS:** Este servicio establece unos márgenes de tolerancia en la frecuencia y la potencia de la energía generada. Al mismo tiempo, también permite dotar al mercado eléctrico del necesario nivel de reserva de potencia, teniendo en cuenta la demanda prevista para ese día.
- **GESTIÓN DE DESVIOS:** Este mecanismo permite resolver los desvíos entre generación y consumo que pudieran aparecer después del cierre de cada sesión del mercado intradiario y hasta el inicio de la siguiente sesión.

4.3.2 Gestor de la red y transportistas

Como ya se ha comentado en otros apartados, esta compañía gestiona, de manera exclusiva, las infraestructuras eléctricas necesarias para el transporte¹⁵ de la energía eléctrica en alta tensión desde los centros generadores hasta las líneas de distribución. De tal manera, es el responsable del desarrollo y ampliación de la red y de efectuar tareas de mantenimiento. Al mismo tiempo, gestiona el tránsito de electricidad entre sistemas insulares y peninsulares.

¹⁵ Información de la Web de REE:
<http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista>

5. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN EN REE

5.1 SOFTWARE EMPLEADO PARA LA MONITORIZACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS EN REE

5.1.1 Spectrum Power SCADA DE Siemens

Para cualquier compañía que dispone de una infraestructura tan extensa como la de REE, resulta necesario disponer de un amplio abanico de sistemas¹⁶ con los que poder monitorizar la misma. De esa manera, se conseguirá un modo de operación económico, seguro y confiable. Para este fin, la empresa transportista de electricidad en España ha recurrido al *Spectrum Power Scada de Siemens*, habiendo desplegado ya la tercera versión de este software. Este sistema permite responder de una manera casi inmediata a cualquier funcionamiento defectuoso que surja en un punto concreto dentro de los miles de km de líneas de los que dispone la compañía pública. Un aspecto muy beneficioso de Spectrum Scada, consiste en que es bastante modular. Así, Siemens puede ir añadiendo más funcionalidad en el futuro a este sistema y aumentar las prestaciones que ofrece a REE. Sería conveniente aclarar que esta compañía dispone de un amplio abanico de software para llevar a cabo sus tareas, pero en este apartado nos centraremos en algunos de los más relevantes.

Antes de meterse de lleno con la arquitectura de este sistema de monitorización, puede ser de gran importancia el hecho de mencionar algunas de sus ventajas frente a otro software de la misma naturaleza. Se muestra en la parte inferior un listado con las más importantes:

1. Facilidad para tomar la decisión más óptima en cada situación.
2. Acceso seguro a la información en cualquier momento.
3. Reducción de los gastos de mantenimiento.
4. Gran seguridad para sus inversiones, debido a la gran compatibilidad de estas tecnologías con las que puedan surgir en el futuro, como resultado de la evolución de estas.

Una vez esclarecidos los motivos que han llevado a las distintas empresas eléctricas a decantarse por este sistema de la marca Siemens, nos adentramos en su arquitectura y en cómo llevan a cabo la gestión de la información.

Este sistema cubre todos los aspectos posibles de la gestión de la energía. A continuación, se muestra el conjunto de tareas que permite llevar a cabo Scada:

1. Comunicación y modelado de datos.
2. Controlar y supervisar redes.
3. Aplicaciones adicionales para optimización de la red.
4. Facilitar la programación de solicitudes de generación por parte de cualquier agente autorizado.

¹⁶Información obtenida del siguiente sitio Web:

<http://w3.usa.siemens.com/smartgrid/us/en/transmission-grid/products/energy-management-and-scada-system-platforms/pages/energy-management-scada-system-platforms.aspx>

Como ya se ha mencionado anteriormente, para que se puedan lograr todas estas actividades, es necesario que se cumplan una serie de requisitos. Los más destacables son la posibilidad de añadir nueva funcionalidad a medida que van evolucionando las tecnologías y la facilidad de comunicación entre los distintos niveles que puede abordar SCADA.

Para esclarecer de manera más precisa este último concepto, se muestra a continuación la forma que tendría el diagrama de bloques del sistema:

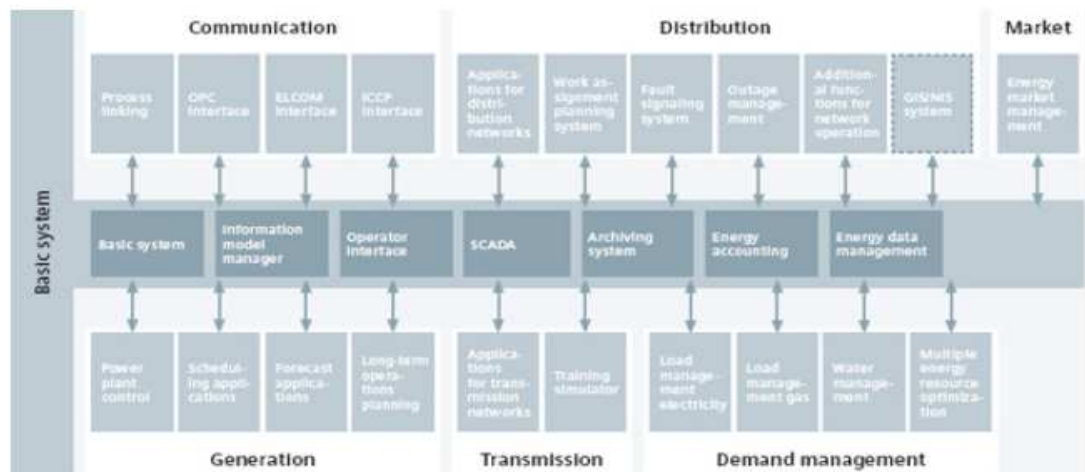


Figura 7 Diagrama de bloques de SCADA (Siemens, 2015)

A continuación, se incluye una fotografía donde poder apreciar la ubicación de este sistema con respecto a otros y cuáles son los datos con los que trabajan:

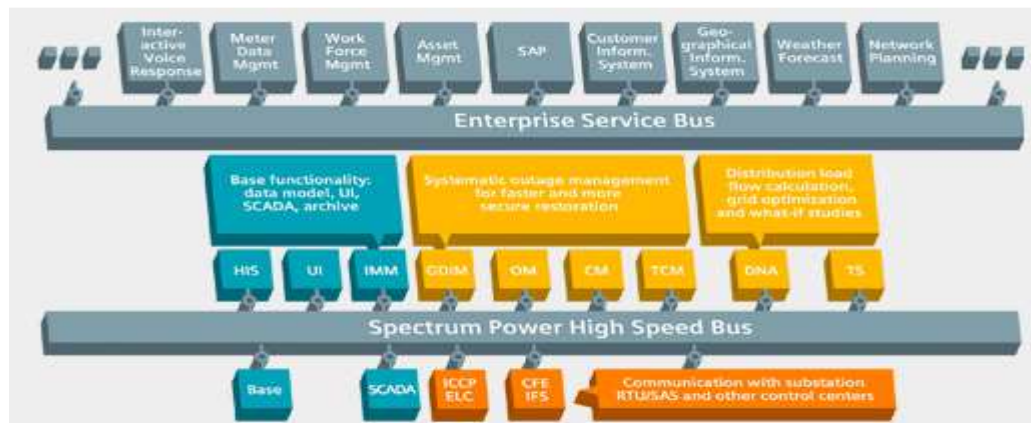


Figura 8 Sistemas de tratamiento de Datos (Siemens, 2015)¹⁷

El espectro de funcionalidad que abarca el sistema SCADA es tan amplio, que abarca desde el interfaz con la etapa de generación, pasando por la dirección de operaciones con la red y la comunicación con todas ellas, llegando hasta la estimación de la demanda de energía.

¹⁷ Información obtenida del siguiente sitio Web:

http://w3.siemens.com/smartgrid/global/SiteCollectionImages/Products_Systems_and_Solutions/Control%20Center/Grid%20Control%20Platform/204_adms_596x290_image_details.jpg

Spectrum Power ofrece una amplia variedad de funciones relacionadas con los requisitos de generación de energía, gestión de redes y comunicaciones. Todas ellas se detallan en la parte inferior:

- Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).
- Introducción y modelado de datos:
 - Posee potentes editores gráficos.
 - Tiene la posibilidad de ingeniería multiprocesos en paralelo.
 - Activación de datos en línea.
- Comunicación de datos con diversos protocolos.
- Mantenimiento y dirección de la interrupción:
 - Gestión del informe del fallo.
 - Planificación y monitorización.
 - Corrección del fallo.
- Funciones para gestión de redes de transmisión:
 - Valoración del estado.
 - Cálculo del flujo de la carga o del cortocircuito.
 - Análisis de contingencias.
- Funciones para gestión de redes de distribución:
 - Aislamiento del fallo y recuperación de la potencia.
 - Cálculo del flujo de carga y del cortocircuito
- Funciones para gestión de datos de la energía:
 - Planificar la gestión.
 - Pronóstico.
 - Archivar los datos.
 - Presentación de informes.
- Funciones para la gestión de la demanda:
 - Control de la carga para la electricidad y el gas.
 - Vigilancia del abastecimiento de agua.
- Funciones para los agentes generadores de la energía eléctrica:
 - Control automático de la generación, con potentes mecanismos para observar la frecuencia de la carga.
 - Gestión de aplicaciones.

Como en cualquier otra compañía de naturaleza pública o privada, el flujo de información entre sus distintos departamentos y la compatibilidad con otros sistemas de monitorización gracias a dos estándares. El primero de ellos, IEC 61968¹⁸, define las normas necesarias para la integración de los sistemas de información en las compañías eléctricas. En segundo lugar, e IEC 61970¹⁹, cuya finalidad es establecer las normas para la estimación y tratamiento de la demanda y flujo de potencia. Ambos son clave para un buen desempeño de todas las tareas. Ésto es fruto de su arquitectura orientada al servicio. Dentro de esta forma de actuación, se incluyen:

¹⁸ Consultado en la Web del Comité Internacional de Electrónica:
<https://webstore.iec.ch/publication/6199>

¹⁹ Consultado en la Web del Comité Internacional de Electrónica:
<https://webstore.iec.ch/publication/22090>

- Capacidades para la identificación de los recursos afectados en caso de una falla.
- Servicios lógicos para calcular los flujos de la carga.
- Servicios lógicos comerciales, encargados de gestionar todo el proceso de comunicación con el cliente. Todo esto, en caso de producirse algún escenario con errores o fallos.

5.1.2 E-SIOS

Red Eléctrica ha desarrollado un sistema de información denominado Sistema de Información del Operador del Sistema (e-sios²⁰), para que sus distintos grupos de interés tengan disponibles los datos relacionados con el mercado eléctrico. Además pueden gestionar procesos relacionados con el mismo.

El sistema e-sios permite a Red Eléctrica y a otros actores del sistema eléctrico nacional:

- **Comunicarse con el Operador del Mercado Ibérico (OMIE):** con quien intercambia los resultados del mercado diario e intradiario. Esto puede dar fruto a una aceptación o rechazo de las diferentes ofertas o de compra-venta de energía por parte de los diferentes agentes del mercado.
- **Comunicarse con los técnicos del propio OS (Operador del Sistema):** De estos trabajadores recibe órdenes de validación y tratamiento de ofertas, ajustes consecuencia de alteraciones técnicas o situaciones excepcionales en la red de transporte, etc.
- **Comunicarse con los operadores de los sistemas eléctricos de países vecinos:** Evaluación de la capacidad técnica de las líneas de interconexión entre distintas naciones. Ésta da como resultado un posible intercambio comercial de energía entre países.
- **Ofrecer datos relacionados con los servicios de interrumpibilidad:** ocasionados por la descompensación en el balance de generación respecto al de demanda de la energía eléctrica. Éste situación se suele resolver procediendo a la reducción del consumo energético por parte de las grandes compañías eléctricas, a cambio de una compensación económica. Ésta será elegida en una puja entre diferentes clientes del sector industrial.
- **Almacenamiento** tanto de la información de interés que entra en sus sistemas como de la resultante en los distintos procesos, en su base de datos histórica.

Con legislación vigente, Red Eléctrica tiene la obligación de hacer públicos los resultados de los mercados a todos los agentes a través de webs.

²⁰ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema/gestion-de-demanda/servicio-de-interrumpibilidad>

A continuación, se incluyen una serie de imágenes donde apreciar el aspecto que presenta el interfaz e.sios²¹, en lo relativo a precios de energía. Previamente, será necesario definir el concepto de PVPC²² ("Precio voluntario para el pequeño consumidor"), que sustituye al anterior mecanismo de cobro, conocido como "TUR". La misión de este término, consiste en establecer los precios de la energía en los casos de consumidores cuya potencia no supere el umbral de los 10kW.

Como hasta ahora la factura eléctrica seguirá teniendo dos componentes:

- El precio de producir la electricidad.
- Un importe fijado por el Ministerio de Industria (peajes) para retribuir todas las actividades necesarias para llevar el suministro eléctrico hasta nuestros hogares y el resto de costes a cargo del sistema eléctrico.

Con el nuevo sistema de PVPC sólo se modifica la forma de calcular el precio de producir la electricidad. A partir de ahora, el consumidor pagará por su consumo, durante un periodo de facturación, el precio resultante en el mercado eléctrico; por lo que desaparecen las subastas CESUR para la fijación del precio de la energía.

Red Eléctrica, como transportista y operador del sistema eléctrico español, publica los nuevos precios horarios de electricidad, conforme a lo establecido en el Real Decreto 216/2014. De esa manera, REE pone a disposición del ciudadano una herramienta que le ayudará a gestionar su consumo eléctrico de forma más eficiente. En este sentido, se ofrece al consumidor información útil, con el fin de que pueda modificar sus hábitos para realizar un consumo inteligente.

A última hora del día, Red Eléctrica sube a su página web, los precios horarios de la electricidad que se aplicarán durante las 24 horas del día siguiente. Estos precios se muestran de acuerdo con tres tipos de tarifas:

- A.-Tarifa general (Tarifa por defecto).
- B.-Tarifa nocturna o de discriminación horaria (Eficiencia 2 periodos).
- C.-Tarifa supervalle (Almacenamiento).

Aquellos consumidores que tengan instalado un contador inteligente dotado de medición horaria, verán reflejado en su factura la aplicación de estos nuevos precios en función de su consumo horario a lo largo del día. Aunque es muy reducido el número de hogares que no disponen de inteligencia integrada en sus contadores, REE ha desplegado una aplicación, denominada "LUMIOS", de cara a poder calcular el gasto energético en estos casos aislados.

Una vez aclarados todos estos datos que se pueden consultar, es el momento oportuno de mostrar el aspecto que presenta la WEB donde pueden ser visualizados todos estos valores.

²¹ Información obtenida de la Web Oficial de REE:

<https://www.esios.ree.es/es/mercados-y-precios>

²² Información obtenida de la Web Oficial de REE:

<http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/precio-voluntario-pequeno-consumidor-pvpc>



Figura 9 Precio de la energía eléctrica según la tarifa (REE, 2016)

Se puede observar en la gráfica, los precios que se pagan por la energía en cada una de las tarifas. En la tarifa por defecto, el valor del kW/h es independiente del intervalo temporal. Sin embargo, es fácilmente apreciable la gran disminución de costes que experimenta la energía eléctrica en los periodos nocturnos y durante las mañanas.

Hasta aquí se ha explicado toda la información que se puede obtener de la plataforma e-sios en lo referente al coste de la energía eléctrica.

Por otro lado, de este sitio Web también se pueden extraer los datos relativos a la relación entre generación y demanda de electricidad como se muestra en la fotografía siguiente:

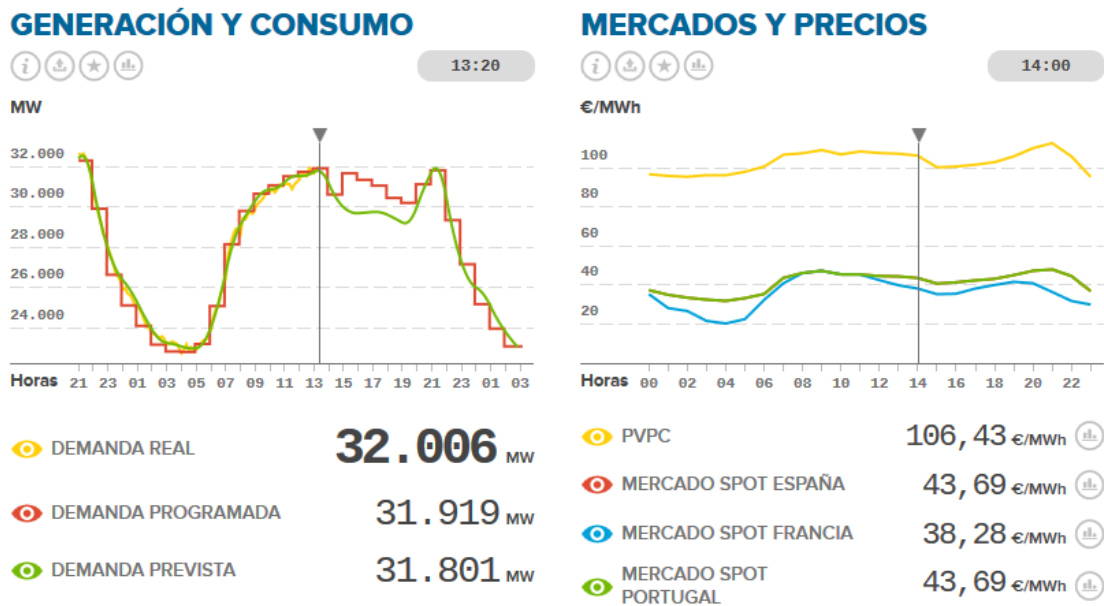


Figura 10 Curva de demanda de la energía (REE, 2016)

Si se observa con detenimiento la gráfica, se pueden apreciar los valores previstos de consumo y generación, así como los valores que finalmente sucedieron.

5.2 SISTEMAS DE ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

De acuerdo con la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, entre las funciones²³ del operador del sistema está “la responsabilidad del sistema de medidas del sistema eléctrico nacional, debiendo velar por su buen funcionamiento y correcta gestión y ejerciendo las funciones de lectura de los puntos frontera que reglamentariamente se establezcan”. Para el desarrollo de la citada función, Red Eléctrica de España gestiona desde el año 1998, de forma neutral e independiente, el concentrador principal del Sistema de Información de Medidas Eléctricas (SIMEL).

SIMEL es un sistema inteligente que recibe, directamente o a través de los concentradores secundarios de otras empresas eléctricas, los datos horarios de energía registrados en todos los contadores. Éstos están instalados en España situados en los puntos de medida de las fronteras entre actividades: puntos de suministro a todo tipo de consumidores, lugares de generación, conexiones internacionales, conexión entre redes de distribución y transporte o con otras empresas distribuidoras.

La información de los más de 27 millones de contadores es imprescindible para realizar las liquidaciones del mercado eléctrico mayorista asignadas al Operador del Sistema, por lo que una vez validada, se agrega por unidad de programación para su envío al Sistema de Información de Liquidaciones (SIL). Además, las medidas recibidas en SIMEL se utilizan para otros fines, entre los cuales destacan el facilitar la

²³Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema/medidas-electricas>

información que requieran diversas administraciones públicas en el ámbito de sus competencias, así como para sacar estadísticas del sistema eléctrico.

Los participantes del sistema de medidas pueden acceder a la información de sus puntos de medida en el concentrador principal del Sistema de Información de Medidas Eléctricas (SIMEL) de acuerdo a las condiciones de acceso.

Red Eléctrica pone a su disposición diversos informes de carácter general y de libre acceso, referentes al sistema de medidas eléctricas.

La información contenida en estos informes se elabora a partir de los diversos datos de energía y de los inventarios de los puntos de medida y frontera, disponibles en el concentrador principal de medidas eléctricas, gestionado por Red Eléctrica conforme a lo establecido en el reglamento de puntos de medida y en el conjunto de documentación aplicable al sistema de medidas. Es en este punto, donde tiene la mayor aplicación el sistema de información conocido como e-sios. Por otra parte, entra en juego también la utilidad del proyecto "Perfila", ya que permite la recogida de datos provenientes de los contadores digitales de los usuarios.

6. REDES INTELIGENTES

6.1 CONCEPTO DE SMARTGRID

Según REE, "una red inteligente es aquella que puede integrar de forma eficiente el comportamiento de todos los usuarios conectados a ella, asegurando un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro". Junto a esta definición, se puede añadir que se pueden interpretar también como redes de distribución eléctricas "inteligentes", donde la electricidad no solo va hacia un sentido, sino que es bidireccional. Ahora, las viviendas y distintos negocios pueden convertirse, en un momento dado, también en pequeños productores de electricidad y no solo consumidores.

A continuación se ilustra este concepto con un diagrama con todos los elementos que pueden ser controlados de manera remota por diversos usuarios.

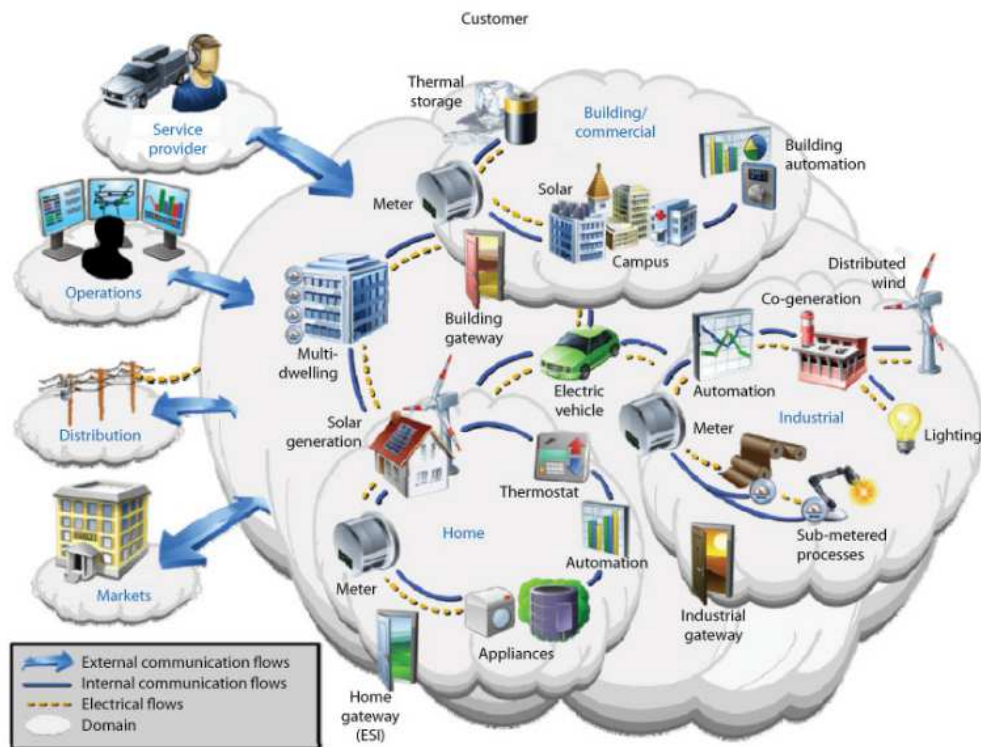


Figura 11 Ejemplo de Red de Smartgrid (Linear Technology, 2016)²⁴

²⁴ Información obtenida del siguiente sitio Web:
http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/electronicdesign.com/content/14978/60470_fig_02.jpg

La red de transporte de energía en alta tensión ya disponía de inteligencia asociada a sus dispositivos desde años atrás. Red Eléctrica Española sigue buscando una mayor automatización de todos los intervinientes que se encuentran conectados a ella. El objetivo: la seguridad, calidad y eficiencia económica en el suministro de electricidad. Para conseguir este ambicioso objetivo, Red Eléctrica está trabajando en más de 25 iniciativas en los ámbitos de sistemas de control en tiempo real, seguridad y fiabilidad del sistema, sistemas de predicción y cobertura, gestión de la demanda, ciberseguridad e instalaciones singulares.

6.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES INTELIGENTES

Existe un artículo muy completo a cerca de las Smartgrids²⁵ publicado por la Universidad Icesi de Cali (Colombia, 2014), de donde se pueden extraer las características más relevantes de las redes inteligentes. En la parte inferior se pueden leer algunas de ellas:

- **Flexibilidad:** Las redes inteligentes se adaptan fácilmente a las necesidades cambiantes del sistema, además, de ser bidireccional y segura en la utilización de las diferentes infraestructuras eléctricas que puedan presentarse.
- **Inteligente y segura:** Son sistemas muy robustos que permiten disponer de la información necesaria en tiempo real.
- **Eficiente:** Permite satisfacer las necesidades energéticas minimizando las exigencias de nuevas infraestructuras.
- **Abierta:** Permite integrar de forma segura las energías renovables y crear nuevas oportunidades de negocio. Además facilita el desarrollo de los mercados eléctricos.
- **Sostenible:** Las redes inteligentes respetan el medio ambiente y son socialmente aceptadas.

²⁵ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<https://icesismartgrid.wordpress.com/2014/04/19/caracteristicas-y-beneficios-smart-grids/>

6.3 BENEFICIOS DE LAS SMARTGRIDS

El hecho de poder controlar las redes e instalaciones eléctricas de manera remota, sin necesidad de que un operario se persone en el lugar exacto, aporta una serie de ventajas tanto para los consumidores finales como para las empresas distribuidoras y de transporte.

Analizando el artículo anteriormente mencionado de la Universidad de Cali, se pueden exponer en este apartado los beneficios más relevantes de las redes inteligentes:

- Monitorización remota y control de la producción y consumo de energía. De esa manera se incrementará el nivel de fiabilidad y calidad en el suministro de electricidad.
- Medición precisa utilizando tecnología digital. Es en este punto donde se podría incluir el novedoso tema de los contadores digitales.
- Reducción de costes de electricidad debido a un consumo más preciso y sensible.
- Una mejora en la toma de decisiones del consumidor sobre su consumo de energía. De esa manera, se optimizará el uso de la electricidad por parte de cada usuario final.
- La comunicación bidireccional entre la red y los usuarios finales.
- Gestión más eficaz de la red por parte de los proveedores.
- Implementación de la seguridad frente a ataques cibernéticos en todo el sistema de protección.
- Relación entre proveedores y consumidores de energía con más información y cooperación.
- Va a facilitar el almacenamiento de la energía eléctrica, lo cual es en estos momentos un aspecto altamente relevante para REE.

6.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS SMARTGRIDS

Echando un vistazo a una publicación de Endesa-Educa (Endesa, 2015), se interpreta que el funcionamiento de este tipo de redes²⁶ se combina con el uso de modernas tecnologías de la información. De esa manera aparece en el ámbito de las redes de distribución el concepto de telegestión. Esta nueva funcionalidad se ayuda del uso de los contadores de lecturas telemáticas para dotar de inteligencia a las redes eléctricas convencionales. Como ya se ha mencionado anteriormente, estos contadores permiten conocer consumos en tiempo real. Así se puede estudiar los patrones de consumo de cada usuario y tomar las medidas oportunas para mejorar la eficiencia de la red. Un valor añadido que ofrecen estos modernos dispositivos a los usuarios sería el poder desconectarse de la red general en un momento dado, teniendo en cuenta el precio de la energía en ese intervalo. Evidentemente, esta práctica se puede llevar a cabo en aquellos domicilios donde tengan generación propia a través de pequeños equipos que produzcan energía, habitualmente de naturaleza renovable.

Para efectuar toda esta monitorización, existen una serie de centros de operaciones, donde es posible conocer la situación de la red e incluso actuar de manera remota sobre interruptores y otros elementos, contribuyendo a identificar y solucionar con mayor rapidez los problemas técnicos que se produzcan. Del mismo modo, es el encargado de recibir y gestionar todo los datos que llegan a través de la Smart Grid a tiempo real. Gracias a las nuevas tecnologías, el Service Center podrá advertir cualquier incidencia en la red en el mismo momento en que se produce, ya que algunos elementos de la red inteligente también enviarán datos a tiempo real sobre su estado. Desde el puesto de control se podrán gestionar las incidencias o incluso solventarlas, gracias a la implementación de sistemas autónomos a lo largo de la red. Gracias a estos sistemas autónomos, muchas de las incidencias se corregirán solas, ya que se programaran previamente para ello. Además, gracias a los datos cedidos por los contadores digitales, se podrán crear patrones de consumo más ajustados a las necesidades de la ciudad y de sus usuarios, y así realizar estudios de gestión energética más concretos. De este modo se podrá realizar el mayor ajuste posible entre la generación de energía y consumo.

²⁶Información obtenida del siguiente sitio Web:

http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/smart-city/smart-grid

6.5 CONTADORES INTELIGENTES

Un contador inteligente²⁷ (Funseam, 2013) es un tipo de contador que, aparte de medir el consumo de una forma más detallada, puede aportar más funcionalidades o servicios que los contadores convencionales. Según las funcionalidades, los contadores inteligentes se dividen en dos grandes grupos: AMR y AMI.

Los contadores AMR (Automatic Meter Reading) hacen referencia a los contadores habilitados para la telemedida. En este tipo de contadores, el contador es un elemento pasivo con comunicación unidireccional, que solo permite leer la energía de manera remota a la compañía distribuidora y/o comercializadora, quien puede utilizar los datos a efectos de facturación o seguimiento.

En cambio, los contadores AMI (Advanced Metering Infrastructure) también están habilitados para realizar tareas de telegestión. En este caso, el contador puede ser leído y gestionado de manera remota mediante una comunicación bidireccional.

Con el uso de estos nuevos contadores, se permite la creación de nuevos servicios como la gestión de usuarios, la gestión activa de la demanda, la conexión y desconexión remota, el control sobre generación distribuida o la monitorización de la calidad de onda. Es por esta razón, que el despliegue de los contadores inteligentes se considera en muchos casos como el primer paso esencial hacia la implantación de las Smart Grids. La infraestructura de medición avanzada incluye tres áreas fundamentales. Además del hardware del contador, también debe incluirse la infraestructura de comunicaciones, también conocida como Meter Communication Infrastructure (MCI), y el sistema encargado de analizar y tratar los datos, conocido como Meter Data Managent (MDM).

En la mayoría de casos, la MCI consiste en una serie de concentradores que agrupan la información de todos los contadores de una determinada zona y la reenvían al centro de control. Los principales protocolos de comunicación empleados entre el contador y el concentrador son los siguientes:

- Comunicación por onda portadora o Power Line Communication (PLC).
- Mediante una red pública de comunicaciones (GPRS, GSM, DSL o fibra óptica).
- Radioenlace.
- Con tecnologías Wireless como el ZigBee o el WiMAX.

En Europa, por ejemplo, el método más utilizado suele ser a través de PLC, que no necesita disponer de cables adicionales de comunicación, ya que transmite la información a través de la red de baja tensión. Todas estas tecnologías están siendo evaluadas en diferentes proyectos piloto, que ayudarán a determinar la opción óptima para la comunicación de la gran cantidad de información a intercambiar en los sistemas AMI.

²⁷ Información obtenida del siguiente sitio Web:

<http://www.funseam.com/phocadownload/smart%20grids.%20tecnologas%20prioritarias.pdf>

Es el momento preciso de explicar más en detalle el esquema de comunicación²⁸ que siguen los datos desde que son estimados por el contador hasta que llegan a los centros de procesamiento.

En un artículo publicado por el Centro para el Control de la Contaminación Electromagnética (CCEM, 2014), se puede observar un esquema que muestra los diferentes protocolos de comunicación desde el contador ubicado en el domicilio del usuario hasta el centro de procesamiento de los datos.

En primer lugar, los lectores de consumo que se instalan en el cuarto de contadores de los edificios se comunican con la subestación eléctrica del proveedor a través del cableado eléctrico, del mismo modo que lo hacen los sistemas PLC's, que son los dispositivos que algunos utilizamos en casa para no utilizar una red WiFi. Es decir, los contadores modulan una señal portadora de datos de aproximadamente 220-300 kHz que se transporta sobre la onda sinusoidal del cableado eléctrico. No es alta frecuencia como las redes WiFi, pero esta baja frecuencia es más penetrante. Lo bueno que tiene, por decir algo, es que tiene mucho menos alcance que la radiación WiFi y, por tanto, en los primeros pisos encima del cuarto de contadores no suele haber problemas de acoplamiento electromagnético entre las diferentes señales.

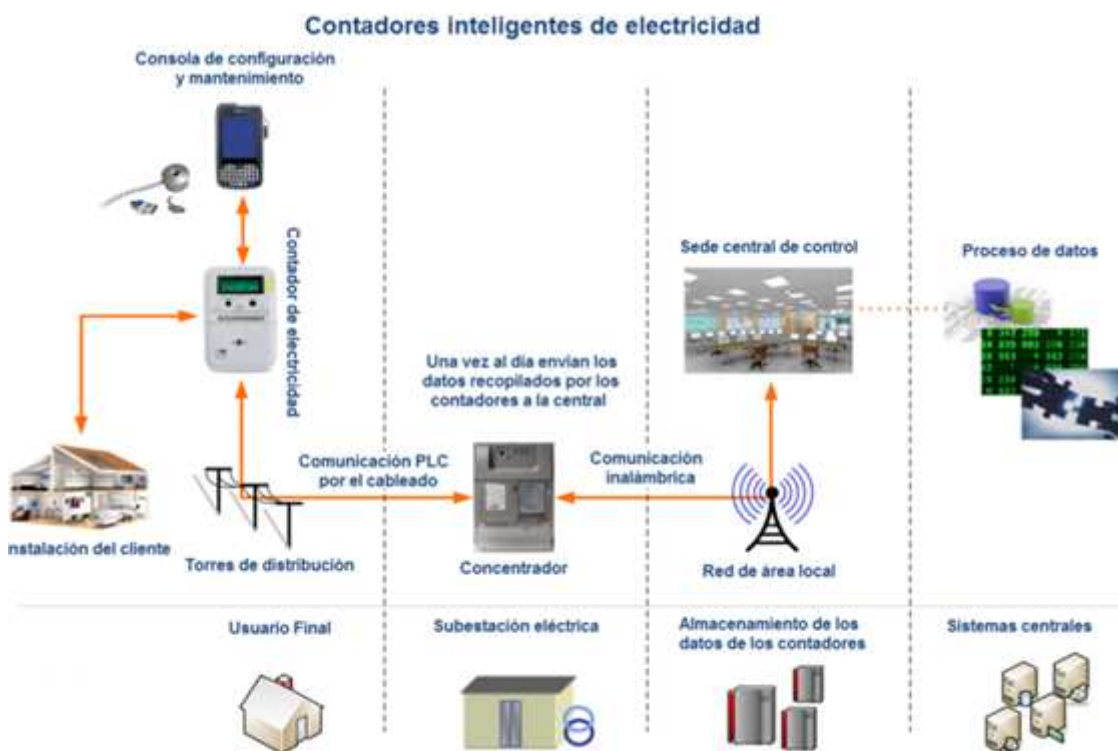


Figura 12 Esquema de comunicación (CCEM, 2014)

²⁸ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.electromagneticos.es/news.php?newsid=62>

Dentro del proceso de envío de datos del contador, se pueden valorar tres partes bien diferenciadas. En la primera de ellas, la información de las lecturas de cada uno de los equipos sale cifrada a través de señales sinusoidales analógicas (PLC) por las redes de distribución. Varias de estas señales entran en los concentradores, donde son enviadas mediante redes de comunicaciones basadas en GPRS hasta los grandes centros de procesamiento de datos.

Las principales ventajas de los contadores inteligentes para el distribuidor van asociadas al incremento de la eficiencia de la línea y al ahorro energético, reduciendo los costes de operación y de detección de averías en la red. Además, permiten realizar cambios de la potencia contratada remotamente, en la modalidad de discriminación horaria, en las altas y bajas, o incluso detectar un fraude. Por parte de los consumidores, el acceso a toda esta información debe permitirles ser más eficientes y ahorrar en su facturación.

Un problema derivado de la implantación de los contadores inteligentes es el de la confidencialidad y privacidad de los datos sobre los consumidores. Las compañías que implanten los contadores inteligentes, deben tener muy presente este aspecto por los graves perjuicios que pueden generarse si se usa esa información de manera inadecuada.

A continuación, se muestra un sencillo diagrama de la forma en que se procede a la utilización de este tipo de dispositivos²⁹ a la hora de efectuar las lecturas remotamente.

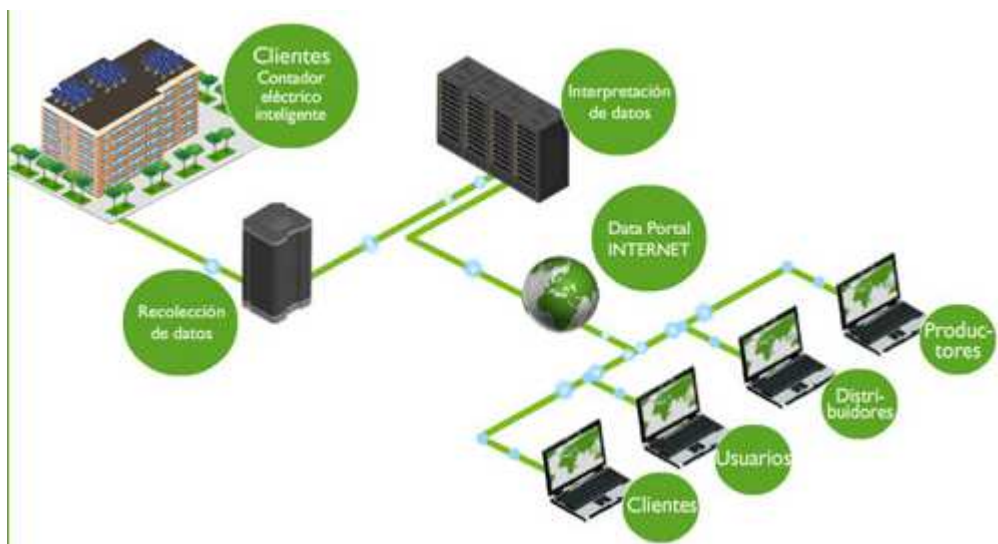


Figura 13 Integración del contador inteligente (Ente Vasco de la Energía, EVE, 2009)³⁰

²⁹ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<https://www.endesaclientes.com/contador-inteligente.html>

³⁰ Información obtenida del siguiente sitio Web :
<http://www.eve.eus/La-energia/Infografias/Redes-electricas-inteligentes/Redes-electricas-inteligentes.aspx?lang=es-ES>

Estos nuevos contadores recogen con exactitud tu consumo, hora a hora, día a día, y nos envían todos los datos de manera automática.

Desde el momento en que tu contador se hace inteligente, ya no hace falta que un técnico pase por los domicilios mensualmente y las facturas adquieren total precisión en las lecturas del consumo en cada periodo de tiempo. Ahora, todos los datos son recogidos remotamente en centros de procesamiento, donde posteriormente pueden ser consultados por los usuarios o empresas distribuidoras mediante diferentes aplicaciones.

En España los contadores inteligentes empezaron a instalarse en 2010 y según las previsiones del Ministerio de Industria, está previsto que todos los hogares cuenten con uno antes de 2019. El uso de este tipo de novedosos dispositivos aporta una serie de ventajas a todos los usuarios. Por ejemplo, mayor rapidez en la identificación de averías en las redes de suministro en las viviendas, facilidad en la modificación del nivel de potencia de la red, así como la ya citada veracidad de las lecturas.

6.6 INTEGRACIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES

A lo largo de diferentes apartados se han ido explicado las diferentes formas que existen para el manejo de la energía eléctrica. Todas ellas se pueden englobar dentro del término "tecnologías prioritarias"³¹.

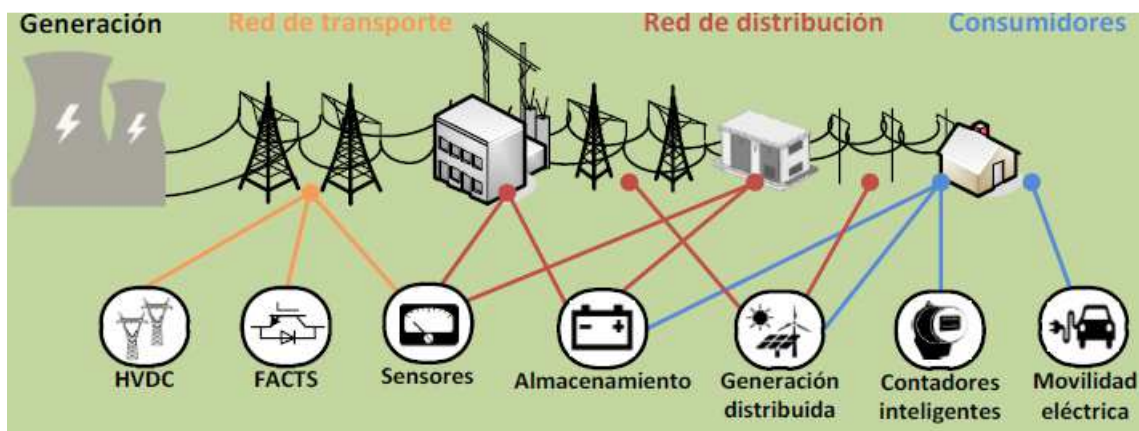


Figura 14 Integración de la inteligencia en las redes eléctricas (Funseam, 2014)

En la imagen anterior, se puede observar el lugar que ocupa dentro de la cadena de valor de la energía, cada uno de los elementos que se han ido explicando a lo largo del trabajo.

Para que todas estas partes sean interoperables, entran en juego las Tecnologías de la Información y la Comunicación, dado que al interactuar entre sí consiguen mejorar el procesamiento, almacenamiento y transmisión de la información, permitiendo incrementar las mejoras en las comunicaciones que reducen costes y tiempo y a su vez proporcionan una mejor calidad de vida.

³¹Información obtenida del siguiente sitio Web:

<https://icesismartgrid.wordpress.com/2014/04/19/caracteristicas-y-beneficios-smart-grids/>

Las TIC garantizan la coordinación de todos los agentes que forman parte del sistema eléctrico permitiendo la gestión y control del suministro de energía dentro de una sostenibilidad técnica y económica.

Una Smart Grid precisa una infraestructura de red que permita el intercambio continuo de información con los clientes e instalaciones. Para ello es necesario una red de comunicaciones robusta que asegure una interconexión efectiva y fiable de todos los equipos que conforman el sistema. Además es conveniente la existencia de unos protocolos que faciliten el intercambio de datos entre cada una de las actividades que forman parte del sector eléctrico, y garantizando así, la interoperabilidad e integración cada uno de sus componentes.

Para terminar con este apartado, y una vez que ha quedado clara la gran utilidad de la Tecnologías de Información a la hora de gestionar los sistemas eléctricos, se procede a la explicación de las partes que aparecen en la figura. En primer lugar, se aprecian las centrales de generación de la corriente eléctrica, que podían tener origen renovable o fósil.

En segundo lugar aparecen las redes de transporte de REE, que permiten que la energía viaje a muy alto potencial entre los centros de generación y las redes de distribución. En esta parte de la cadena de valor, resultar útil recurrir a las tecnologías HDVC y FACTS. La primera de ellas³², permite transportar grandes cantidades de electricidad a cientos, o incluso miles de kilómetros, donde más se necesita, con pérdidas muy inferiores a las de las líneas equivalentes de corriente alterna (CA). Por ejemplo, una línea HVDC de 2.000 km a 800 kV tiene unas pérdidas de alrededor del 5% que se disipan en calor, mientras que la línea equivalente en CA perdería el doble, un 10%. La segunda de las tecnologías (Siemens, 2015), ha surgido como consecuencia de la liberalización del mercado de la energía y la transferencia de electricidad entre diversas compañías. De tal manera³³ que añadiendo una electrónica basada en condensadores en serie, se incrementa la confiabilidad de las redes AC y se reduce los costos de suministro de energía. Además se mejoran la calidad y la eficiencia de la transmisión.

A continuación, comienza la etapa de distribución, donde entra en juego la compañía correspondiente dependiendo del área geográfica, en el caso de Cantabria es Viesgo Distribución.

³² Información obtenida del siguiente sitio Web:

[http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/56a27c94b60d6374c12574c6004e9268/\\$file/HVDC+-+efficiency+and+reliability_040908.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/56a27c94b60d6374c12574c6004e9268/$file/HVDC+-+efficiency+and+reliability_040908.pdf)

³³ Información obtenida de la Web de Siemens:

<http://www.energy.siemens.com/co/es/transmision-de-energia/facts/>

Por último, se ubica la etapa de comercialización, donde el consumidor final dispone ya de la energía eléctrica. Actualmente, gracias a los contadores inteligentes se tiene un mayor control del cliente de cara a la lectura remota de los datos de consumo o a la aplicación de nuevas tarifas de consumo. En caso que el usuario tenga una tarifa específica para ello, se aplican las técnicas de almacenamiento de electricidad para contrarrestar los efectos de los momentos valle de la demanda. Entre estas, se pueden destacar los coches eléctricos o incluso volantes de inercia en grandes empresas.

7. PROYECTOS DE I+D+i DE REE

7.1 UTILIDAD DE LA INNOVACIÓN PARA LA COMPAÑÍA

Para introducir este tema, es necesario destacar que todo el campo de investigación que se está llevando internamente en REE está comprendido dentro del plan “Red 21”. Éste tiene un objetivo muy importante de cara a incrementar el grado de Responsabilidad Social Corporativa de la empresa. En concreto, se pretende tener un modelo energético sostenible³⁴, logrando así unas metas específicas según lo que proponen las políticas energéticas europeas para el 2020. Con este modelo, se responde a la necesidad de avanzar hacia un modelo energético más eficiente y sostenible en el uso de la energía, que reduzca nuestra dependencia energética exterior y contribuya a la lucha contra el cambio climático. En este sentido, los objetivos se concretan en incrementar hasta el 20% la cuota de renovables en el balance energético, reducir un 20% las emisiones de efecto invernadero y alcanzar un 20% de ahorro energético.

Por otro lado, dentro del plan también se aborda el hecho de reforzar las interconexiones internacionales³⁵. Para este fin, existe una serie de líneas y subestaciones que permiten el intercambio de energía entre países vecinos, generando una serie de ventajas que se enumeran en la parte inferior:

La primera ventaja correspondería a la contribución a la seguridad y a la continuidad del suministro eléctrico en los sistemas interconectados, gracias a los intercambios de energía en caso de necesidad.

La segunda, consecuencia de la primera, es el aumento de la eficiencia de los sistemas interconectados. Con la capacidad que queda vacante en las líneas y que no va destinada a la seguridad de suministro, se establecen diariamente intercambios comerciales de electricidad aprovechando las diferencias de precios de la energía entre los sistemas eléctricos interconectados. Estos intercambios permiten que la generación de electricidad se realice con las tecnologías más eficientes fluyendo la energía desde donde es más barata hacia donde es más cara.

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

Por último, se pretende lograr una mayor generación de energías desde fuentes de naturaleza renovable.

³⁴ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/red21/un-modelo-energetico-sostenible>

³⁵ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/red21/refuerzo-de-las-interconexiones>

Para concluir con esta parte, merece la pena mencionar el concepto de superredes, que son redes supranacionales de gran capacidad de transporte a largas distancias, y que pueden equilibrar las variaciones resultantes de las energías renovables.

La conformación de estas autopistas eléctricas permitirá la utilización óptima del recurso renovable y facilitará el apoyo entre sistemas eléctricos interconectados, en función de la situación de la generación, la red de transporte y la demanda en cada uno de ellos.

Entrando de lleno en el tema central de este apartado³⁶, sería necesario indicar que la eficiencia energética, la seguridad de suministro y el desarrollo sostenible de las infraestructuras que dan soporte al sistema eléctrico son los ejes fundamentales mediante los que se canaliza la innovación tecnológica de la compañía. Además, ha invertido en importantes mecanismos de divulgación de todas las actividades de I+D+i en las que estén trabajando.

Esta compañía ha construido una pirámide de valores fundamentales sobre los que basa su inversión en investigación

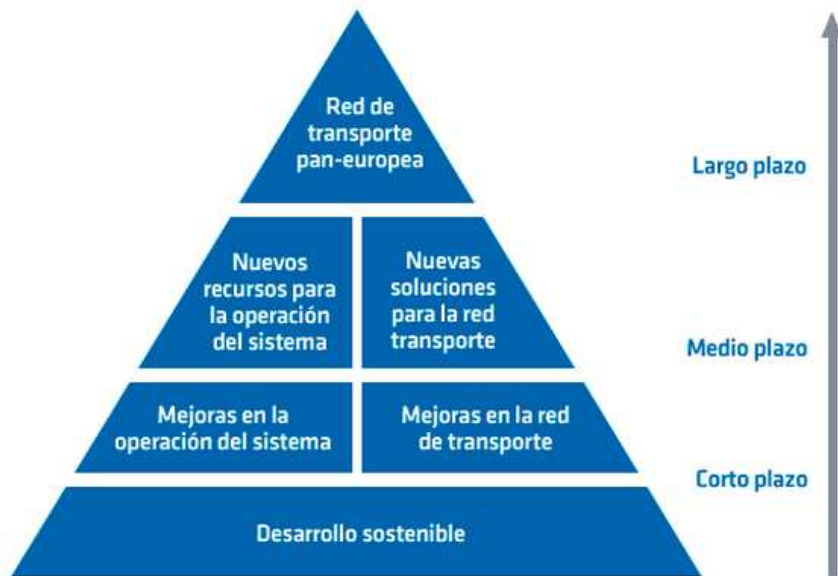


Figura 15 Actuaciones en el ámbito de I+D+i

En este diagrama de valores, se pueden ver todas las metas que se desean lograr a través de Re21, partiendo de las mejoras de sostenibilidad energética, después las mejoras en la continuidad de la red, finalizando en la implantación de las superredes de interconexión con Europa.

³⁶Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/red21/idi/vision-tecnologica#>

7.2 PROYECTOS DE I+D+I EN REE

En este apartado se enumeran algunos de los proyectos³⁷ en los que está trabajando esta TSO de cara a lograr todos los compromisos de Red21:

a) **BEST PATHS:**

Este proyecto tiene como objetivo superar diversas barreras técnicas que la red eléctrica europea actual podría encontrarse para integrar de manera segura y eficiente grandes cantidades de energía de origen renovable, satisfaciendo la demanda de forma competitiva y reduciendo los niveles de CO2 producidos.

Se han de abordar cinco aspectos para alcanzar el éxito en este propósito.

Interoperabilidad entre estaciones conversoras HVDC (“Corriente continua de alta tensión”): Se pretende adaptar los niveles de potencial entre las redes de alta tensión, es decir, incorporar convertidores de tensión que faciliten la interoperabilidad entre redes de diferentes fabricantes.

Interacciones entre parques eólicos-marinos y redes HVDC: En esta tarea se analizarán las interacciones entre los convertidores a nivel de máquina de los parques eólicos-marinos y las estaciones conversoras de las redes HVDC.

Renovación de enlaces HVDC multiterminal usando componentes innovadores: Similar al primer punto, en este caso se intenta facilitar la interoperabilidad entre los componentes electrónicos de diversos fabricantes que hay en la red multiterminal europea.

Repotenciación de líneas de corriente alterna existentes: En este punto se pretende lograr una aplicación combinada de distintas soluciones tecnológicas que optimicen la capacidad de transporte de la línea. Por ejemplo, estudiar la utilización de conductores que soporten altas temperaturas. Por otro lado, se quieren incluir sistemas que monitoricen la línea.

Cable superconductor de corriente continua: Se pretende implantar el uso de materiales superconductores para la fabricación de cables capaces de transportar hasta 3,2 GW de energía eléctrica. Este tipo de cables permitirán incrementar la capacidad de transporte lo que permitirá obtener los correspondientes beneficios en términos de dimensión, costes, eficiencia y viabilidad ambiental.

³⁷Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.ree.es/es/red21/idi/proyectos-idi>

b) AMCOS:

En este proyecto se engloba el diseño, fabricación y prueba en laboratorio de todos aquellos dispositivos que tengan como función la compensación de tensión y frecuencia. Así se lograrían tener sistemas de transporte de energía con un alto grado de estabilidad. Sería en este punto donde se intenta incluir en las redes dispositivos tales como los ultracondensadores, contruidos con enlaces de Ion-Litio con alto contenido de carbono, que permiten un rápido almacenamiento de la energía. Con esto se aportarían una serie de beneficios a las redes. Entre otros, un menor impacto sobre el medio ambiente, ya que habría que construir menos número de infraestructuras. Con estos novedosos equipos, sería más sencilla la introducción de la energía de naturaleza renovable dentro de la gran red de transporte.

c) TWENTIES:

Debido a la creciente tendencia en el uso de energías renovables, cuya generación no va a ser constante, será necesario dotar a las redes con una serie de equipamiento que ayude a evitar los efectos de estas variaciones. De esta manera, se consigue una óptima integración de las energías renovables dentro de la red de transporte. Así, se conseguiría aumentar la flexibilidad de la red y la capacidad para gestionar de forma segura los efectos de las variaciones de energía renovable.

d) POSIDONIA OCEÁNICA:

Es un proyecto que tiene como objetivo fundamental efectuar una mejora en el campo medio ambiental de su Responsabilidad Social Corporativa. Para ello, se está trabajando en la recuperación del fondo marino existente entre Baleares y la Península para mitigar el efecto paisajístico que produce el cableado de REE. El nombre del proyecto viene de las praderas de Posidonia que se están sembrando en esas aguas.

e) PRICE:

El proyecto PRICE (Proyecto Conjunto de Redes Inteligentes en el Corredor del Henares) es el primer proyecto de despliegue de medidas de gestión de la demanda en el que participan diversos hogares en el Corredor del Henares y que está sirviendo para probar cómo los ciudadanos pueden participar más activamente en el sistema eléctrico, logrando así un uso más eficiente y responsable de la energía. En concreto, han participado 2000 hogares, de los cuales 1.000 disponen de una aplicación móvil para visualizar su consumo y recibir información sobre la situación del sistema, algunos de ellos disponen de aparatos de aire acondicionado que podrán ser gestionados de forma remota por el operador del sistema junto con la aplicación móvil y otros 1.000 servirán como grupo de control. Además, se dispone de 5 vehículos eléctricos que, junto con postes de recarga inteligentes se utilizarán para realizar pruebas de experiencia de usuario. Con la participación del cliente final se obtienen una serie de beneficios que van desde analizar el efecto que tendrá la implantación total de los contadores inteligentes, actitud de los consumidores hasta señales informativas, llegando a poder analizar patrones de carga del vehículo eléctrico.

f) REDIRECCIONADOR DE FLUJOS:

Este proyecto consiste en la instalación de un equipo electrónico para controlar el flujo de corriente eléctrica que circula por una línea eléctrica de alta tensión.

La integración masiva y deslocalizada de nuevas fuentes de generación eléctrica ha obligado a replantear los conceptos básicos de planificación, desarrollo y operación, todos ellos relativos a la red eléctrica. Estos cambios han modificado de forma sustancial los flujos de energía por la red, lo que obliga a fomentar el máximo aprovechamiento de las instalaciones existentes. Las instalaciones de generación renovable hacen una utilización discontinua de la red, y su dispersión geográfica origina flujos muy cambiantes en la red en función de la localización concreta del recurso primario en cada momento. Como consecuencia, algunas instalaciones pueden funcionar con cargas elevadas en algunas situaciones mientras que simultáneamente otras lo hacen con cargas bajas, dependiendo del perfil de generación y de demanda de dicha situación. Con estos dispositivos, se pueden lograr eliminar los efectos adversos que podría tener estas variaciones de intensidad sobre la red de transporte.

g) PERFILA:

Este proyecto, liderado por Red Eléctrica, tiene como objetivo mejorar el servicio de perfilado actual, basándose en un panel de consumidores que dispongan de contadores inteligentes.

Actualmente, más de la mitad de la energía que se consume en nuestro país puede medirse horariamente. Hasta no hace demasiado tiempo, ni los hogares ni parte de los pequeños comercios y servicios disponen de contadores inteligentes y, por consiguiente, de medida horaria. Sin embargo, en el mercado eléctrico, toda la energía se negocia y se liquida de forma horaria. Por ello, es necesario estimar cómo se comporta horariamente la demanda de esta parte importante del consumo.

La constitución del panel de consumidores se puede lograr gracias a la sustitución progresiva del parque actual de contadores analógicos, prevista por el Ministerio de Industria, y bajo el consenso de un grupo de trabajo conjunto con las empresas distribuidoras de electricidad.

Este proyecto constituye el primer uso del despliegue de contadores inteligentes, con capacidad de telegestión, para mejorar la operación del sistema eléctrico.

Los perfiles de consumo son utilizados por las empresas comercializadoras para la compra de su energía en el mercado y para la estimación de la medida horaria por parte de las empresas de distribución. Una mayor precisión en estos perfiles redonda en una optimización de la gestión del sistema y por tanto en una mayor eficiencia del sistema eléctrico.

En cuanto a la operación del sistema, se avanzará hacia una menor necesidad de uso de los servicios de ajuste del sistema debido a un cierre de energía final más real y

con menos descuadres horarios. Al mismo tiempo, se genera un mayor conocimiento del consumo horario de los hogares y una parte importante de pequeños comercios y servicios.

h) ALMACENA:

Consiste en la instalación en campo de un sistema de almacenamiento de energía, con el objetivo de evaluar las capacidades y características técnicas que presenta actualmente este tipo de instalaciones como herramienta para mejorar la eficiencia de la operación de los sistemas eléctricos.

El sistema de almacenamiento se ha instalado en una subestación de Andalucía y está constituido por el equipo de almacenamiento electroquímico, el sistema convertidor, los sistemas de comunicación y una aplicación de usuario. Para poder ser supervisado y controlado en todo momento, el sistema se conectará con los sistemas de comunicación de Red Eléctrica. El sistema de almacenamiento se ha instalado en un contenedor de 16 metros de largo que contiene 30 “racks”.

El proyecto consta de una primera fase en la que se probarán dos funcionalidades orientadas a favorecer la integración de renovables y a la mejora de los servicios de operación (modulación de la curva de carga y regulación potencia-frecuencia). En fases posteriores la instalación servirá como plataforma de pruebas para evaluar la posible aportación de esta tecnología a otros servicios de operación.

Durante todo el proyecto se recogerán y analizarán parámetros clave del sistema con el fin de evaluar técnica y económicamente las capacidades de la tecnología seleccionada.

La mayor presencia de generación renovable y su naturaleza impredecible, junto con la necesidad de gestionar fuertes variaciones entre la punta y el valle de demanda eléctrica, hacen que los sistemas de almacenamiento de energía supongan un mecanismo eficaz para asegurar la integración de renovables y mejorar la eficiencia y sostenibilidad de nuestro modelo energético.

i) MONITORIZACIÓN DE TEMPERATURA:

Con este proyecto se pretende medir la temperatura de un cable subterráneo en los casos de la conexión con Canarias y Baleares, mediante fibra óptica, lo que permite optimizar su capacidad de transporte.

Actualmente la capacidad con la que se operan los cables de la red de transporte es única y sólo tiene en cuenta la carga ampérica de la instalación, independientemente del valor de temperatura que alcance, aunque, realmente, la capacidad en una instalación de cable aislado depende de dicho factor. La utilización de una capacidad fija y no que sea dependiente de la temperatura real de la instalación provoca que en tiempo real no se utilice todo el potencial de la instalación. Este hecho provoca que se llegue a considerar que algunas instalaciones lleguen a estar sobrecargadas, pero en realidad puedan no estarlo.

j) SIPSU:

El proyecto SIPSU ha desarrollado un sistema pionero para efectuar las pruebas de los equipos de telecontrol de las subestaciones.

El objetivo del proyecto SIPSU (Sistema de Pruebas Sincronizado Universal) ha consistido en el desarrollo de un equipo portátil que automatiza las pruebas de los equipos de telecontrol de las subestaciones. Con ello se consigue reducir los tiempos de ejecución y mejorar la fiabilidad y registro de las pruebas.

El software permite no solo ejecutar y registrar una secuencia de pruebas configurable, incluye también la funcionalidad para validar las mismas mediante el cruce de sus propios registros con los diferentes históricos del equipo de telecontrol.

El proyecto ha impulsado la acción clave de I+D+i de REE orientada a las mejoras en la red de transporte, automatización de procesos y reducción costes.

Adicionalmente, este proyecto supone una mejora en la calidad de los trabajos en subestaciones, que redundan en la seguridad de las instalaciones.

k) TRAFO MÓVIL:

Consiste en diseñar un transformador que pueda trasladarse a subestaciones de Red Eléctrica en situación de emergencia con un mínimo de permisos y gestiones, reemplazando rápidamente unidades que hayan resultado súbitamente averiadas.

Uno de los objetivos prioritarios de Red Eléctrica es mantener la calidad y continuidad del servicio. Por lo tanto, se está trabajando en el desarrollo de varios proyectos con el objetivo de encontrar nuevas soluciones en caso de emergencia, acortando de este modo el tiempo requerido para la reposición del servicio.

Para lograr este objetivo es necesario el uso de nuevos materiales en su construcción, como la aplicación de un material aislante de alta temperatura. Este tipo de tecnología

permite reducir significativamente las dimensiones de los transformadores. Se trata de la primera experiencia a nivel mundial en la utilización de esta tecnología en los niveles de tensión de 400 kV. El nuevo transformador ha sido instalado sobre un semirremolque para poder trasladarse a subestaciones de Red Eléctrica en situación de emergencia.

El menor tamaño facilita el transporte del transformador reduciendo significativamente los costes y los tiempos de montaje. Al aplicarse a un equipo móvil permite abordar situaciones de emergencia por averías de forma rápida disminuyendo las indisponibilidades del sistema.

Asimismo, este desarrollo ha incorporado un sistema de captación directa de temperatura, proporcionando información en tiempo real de la temperatura de funcionamiento, que permite optimizar la capacidad de transformación según las necesidades. Asimismo, incorpora un analizador de gases que ofrece información en tiempo real de los niveles de gases disueltos en el aceite del transformador, permitiendo anticiparse a posibles averías internas.

I) VERDE:

Este proyecto está completamente ligado con el almacenamiento de energía que ya se explicó en apartados anteriores. En concreto, estudia la incorporación del vehículo eléctrico y su impacto en el sistema eléctrico. Ha tenido como objetivo el desarrollo de un sistema inteligente que permita la plena interacción del vehículo con la red eléctrica, con el fin de lograr una gestión más eficiente de la recarga de los vehículos eléctricos.

El proyecto se ha centrado en el diseño y realización de un prototipo de coche eléctrico y de los sistemas de control y gestión necesarios para su integración eficiente en el sistema eléctrico.

Gracias a este software de gestión, el vehículo se puede cargar de forma más eficiente y permite la optimización de la recarga inteligente en los periodos de bajo consumo eléctrico (periodos valle de la demanda de energía), con la garantía de cumplir con las necesidades del usuario. Este sistema también ofrece una mayor capacidad de integración de las energías limpias cuando existe excedente de producción eléctrica renovable que, al no poder ser almacenado, se perdería.

El proyecto ha impulsado la investigación de la movilidad eléctrica y ha estimulado la inversión y la innovación para convertir a España en un actor global en el sector del vehículo eléctrico. En concreto, ha permitido avanzar en distintos campos, desde la investigación de las baterías, hasta la integración del vehículo en el sistema eléctrico, pasando por la infraestructura de recarga y la comunicación del vehículo con la red eléctrica.

La principal ventaja que aporta, es ofrecer la oportunidad para estudiar en profundidad este nuevo tipo de demanda y conocer las herramientas que permitirán en un futuro una gestión más eficiente de los recursos energéticos garantizando la seguridad del

suministro. Además, entre las conclusiones a las que ha llegado destaca la flexibilidad que aporta a la operación del sistema la integración eficiente de este nuevo mecanismo de carga.

m) COCHE ELÉCTRICO:

Estrechamente ligado con las baterías de combustible del apartado anterior, sería necesario aclarar algunos aspectos referentes al vehículo eléctrico. Comenzaremos este apartado³⁸ hablando de los diversos beneficios y características de este tipo de utilitario.

Aunque lo he indicado en más apartados, cabría resaltar la importancia de este tipo de vehículos de cara a aprovechar la energía generada que no es utilizada durante los periodos de valle de la demanda. Estos utilitarios, deberían ser cargados durante las noches, gracias a las propiedades de las baterías de combustible que contienen en su interior.

Desde el punto de vista del aspecto ecológico³⁹, la sociedad tiende cada vez más a hacer un mayor uso de la energía eléctrica de naturaleza renovable, que es la más cuidadosa con el medio ambiente. Sin embargo, esa tendencia no logra instaurarse en el mundo de la automoción, donde sólo un mínimo dentro del parque móvil mundial recurre al uso del vehículo eléctrico. Esta acción contribuiría a disminuir, no sólo las emisiones de CO2 en la atmósfera, también la contaminación acústica que generan los vehículos de combustibles fósiles. Ante este panorama resurge el coche eléctrico como una eficaz herramienta que permitiría la posibilidad de empezar a controlar ambos aspectos. A la vez, sería importante analizar el origen de la energía eléctrica que se utiliza para cargar los vehículos, obviamente que fuera de naturaleza distinta a la fósil.

A continuación, se expondrá el funcionamiento básico que tiene este tipo de vehículos. Lo primero indicar que la tecnología de los coches eléctricos no es nueva. Ya en los inicios de la era de la automoción existieron propuestas de coches que funcionaban con electricidad. Sin embargo estas propuestas acabaron perdiendo la partida ante los vehículos propulsados por derivados del petróleo debido al problema que planteaban las baterías y su escasa capacidad para almacenar electricidad. Afortunadamente, el desarrollo de baterías cada vez mejores y con más capacidad, permite que se pueda volver a plantear el empleo masivo de coches eléctricos.

En un sentido muy básico el esquema del funcionamiento de un vehículo eléctrico es semejante al del funcionamiento de un coche de combustión. Por lo tanto muchos de los elementos que hacen funcionar un vehículo eléctrico presentan analogías funcionales con otros elementos de los coches de gasolina. Las enumeraremos brevemente:

³⁸ Información obtenida del siguiente sitio Web:

<http://movilidadelectrica.com/almacenamiento-electricidad-vehiculo-electrico/>

³⁹ Información obtenida del siguiente sitio Web:

<http://www.sitiosolar.com/los-coches-electricos-y-las-energias-renovables/>

- Las **baterías** que almacenan la energía eléctrica que va a servir para accionar el motor de manera semejante
- El **motor eléctrico** es el encargado en transformar la energía eléctrica proveniente en la batería en movimiento.
- Puerto de carga**– Por donde se recarga las baterías del coche.
- Transformadores**– Son los encargados de transformar los parámetros de la corriente eléctrica (intensidad y voltaje) desde las características que presenta la red eléctrica o un punto de recarga rápido hasta las necesarias para recargar adecuadamente las baterías.
- Los controladores**– regulan la entrada de energía a la batería y permite una recarga adecuada, evitando que esta se pueda sobrecargar y deteriorarse.

Por último, sería importante mencionar las diversas formas en que se puede cargar este tipo de vehículo. Pero antes indicar que cualquier usuario de este tipo de vehículos debería estar concienciado de las horas que hay que destinar para cargar las baterías de este coche, debido a sus características. Los diferentes mecanismos para recargar estos vehículos están destinados a paliar este problema.

El primero de los métodos, consistiría en la tradicional recarga conectado a la red doméstica en periodos nocturnos. De esta forma, por la mañana el vehículo está ya totalmente recargado y listo para usarse. Para incentivar esta forma de recarga se propone reducir el costo del consumo eléctrico nocturno. Este sistema, al emplear la energía eléctrica en horario nocturno con poca demanda, encaja muy bien con el aprovechamiento de las energías renovables que no tiene otros usos en ese momento, particularmente la eólica.

En segundo lugar, los diferentes gobiernos están trabajando en implantar las “estaciones de alta potencia”. De esta manera, las baterías de los coches eléctricos se podrían recargar en pocos minutos. Para ello se requiere intensidades eléctricas con una potencia muy superior a las tradicionales, con lo que llegaría a darse el caso que en vez de aplanar la curva de la demanda eliminando los valles, se podría llegar a situaciones donde la cantidad demandada superase a la producida.

Un último método consistiría en recurrir a un rápido intercambio de baterías– Otra opción propuesta es la sustitución de las baterías en estaciones de recarga. La dinámica consistiría en que el consumidor acude a la estación con su batería con carga baja y se le sustituiría por una totalmente recargada. La batería no sería propiedad del dueño del coche, sino de las estaciones de recarga.



Figura 16 Coche eléctrico, modelo Tesla (Autobild, 2016)

El proceso de recambio requeriría pocos minutos. Este sistema aunque viable, plantearía algunos problemas logísticos que habría que resolver, como la disponibilidad en la estación de diferentes modelos de baterías para los distintos modelos y marcas de coches.

7.3 MECANISMOS DE ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

7.3.1 Motivos del almacenamiento

Antes de meterse de lleno con la explicación de este apartado, sería conveniente aclarar las principales causas por las que se podría desear efectuar un almacenamiento de la energía eléctrica. Más relevante, sería el hecho de eliminar esos valles que se producen en la curva de la demanda eléctrica en las horas en las que existe un menor uso de electricidad. En la ilustración inferior se hace una muestra de este escenario.

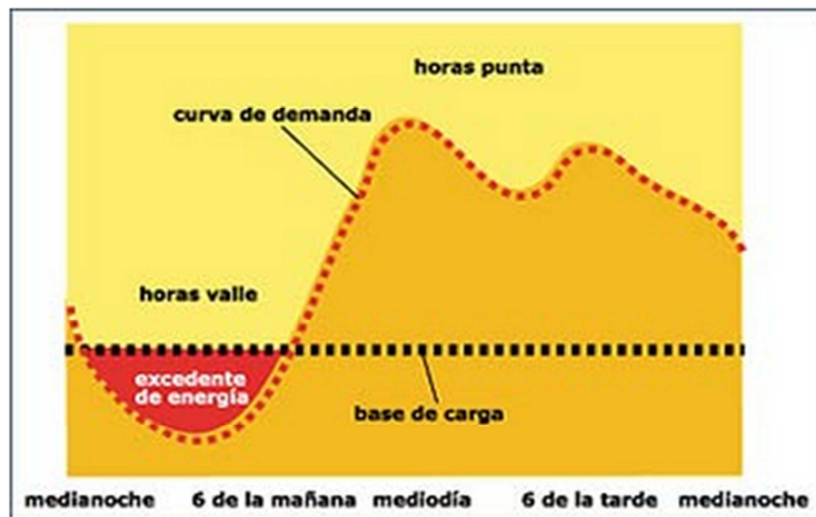


Figura 17 Curva de demanda energética (Unesa, 2016)

Durante el intervalo horario nocturno, existe una ingente disminución del consumo. Como ya se ha comentado en anteriores apartados, el problema aparece con la descompensación existente respecto a la cantidad de energía generada, la cual es prácticamente continua.

Para evitar el despilfarro de esta porción de energía, se está trabajando en novedosos mecanismos de almacenamiento, que darán como resultado la aparición de un amplio abanico de sistemas eléctricos en el futuro. En estos momentos, la evolución de estos dispositivos ha de soportar diversas barreras económicas y tecnológicas⁴⁰.

Actualmente, el estado del arte relativo a este asunto es mínimo, limitándose en la mayoría de los casos al bombeo de agua en las presas durante los periodos nocturnos.

⁴⁰ Para más información, consultar la siguiente Web:
<http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/aspectosgenerales/ritmos.htm>

7.3.2 Centrales reversibles o de bombeo

Como ya se había comentado, es el método más extendido a la hora de aprovechar esos excedentes de energía eléctrica en las horas de menor consumo.

En concreto, las centrales reversibles⁴¹ son centrales hidroeléctricas capaces de aprovechar la energía eléctrica sobrante de la generación durante las horas valle. Para ello disponen de un embalse situado a una altura menor al embalse superior o principal.

Durante las horas punta, el agua del embalse superior fluye por las turbinas para asegurar el suministro eléctrico, almacenándose en el embalse inferior. Durante las horas valle, la electricidad excedente se envía a la central de bombeo. En el caso más sencillo, el generador funciona como motor eléctrico, y la turbina envía el agua del embalse inferior al superior. En otros casos se utilizan bombas. El agua queda almacenada en el embalse superior, lista para ser usada en las próximas horas punta.

Existe un claro ejemplo de aplicación de los saltos de agua reversibles en nuestra región, la presa de Alsa-Mediajo, ubicada en el municipio de San Miguel de Aguayo.

Esta central reversible, también llamadas de bombeo, presenta respecto al resto (hidráulicas, térmicas, nucleares, eólicas, etc.) la característica de que son capaces de almacenar energía eléctrica. Esta ventaja diferencial permite su utilización dentro del sistema eléctrico para compensar los momentos en los que hay exceso de producción, acumulando energía, y los momentos de exceso de demanda (generando energía). Para ello en las horas de baja demanda (noches y fines de semana fundamentalmente), se utiliza la energía eléctrica sobrante en el sistema para bombear enormes cantidades de agua a un embalse elevado, en Mediajo. En los momentos en los que se requiere energía eléctrica adicional por existir una gran demanda, el agua se deja caer al embalse inferior, el embalse de Alsa, para mover las turbinas que vuelven a generar electricidad.

⁴¹Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/transportealmacenar.htm>

7.3.3 Pilas y baterías químicas

Sin entrar en profundidad en los temas de electrónica de bajo nivel de las pilas, resulta necesario explicar cómo aplicando una pequeña diferencia de potencial entre los bornes de una pila, se puede almacenar energía en la misma. Cada borne está unido a un electrodo, que cuando reciben esa tensión, inician un movimiento de cargas positivas y negativas entre los mismos, existiendo un electrolito en esa área. Ambos electrodos están conectados por un cable. Si se conectan los dos electrodos con un cable, se produce una corriente eléctrica. Los electrodos contienen diversos compuestos químicos (por ejemplo, níquel y hierro). Producen energía eléctrica mientras se descargan, y se cargan al ser alimentados de electricidad.

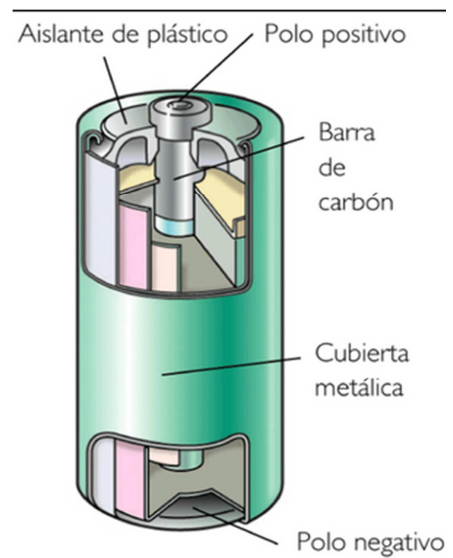


Figure 18 Pila química (Unesa, 2016)

Tienen el inconveniente de que sólo pueden alimentar dispositivos que necesiten tensiones bajas, en torno a 10V. Además, la composición química de los electrodos suele estar vinculada a poseer un elevado grado de sustancias tóxicas⁴².

7.3.4 Pilas de combustible

Las pilas de combustible⁴³ son unos dispositivos electroquímicos, capaces de convertir directamente la energía química contenida en un combustible en energía eléctrica. Presenta la ventaja de conseguir rendimientos relativamente altos, con un gran espectro de aplicaciones.

Sería necesario explicar brevemente los fundamentos del funcionamiento de este tipo de dispositivo. Sin introducir demasiados tecnicismos, se indica que una pila de combustible consiste en una serie de conexiones internas de células o celdas individuales. Estas celdas están formadas por dos electrodos (ánodo y cátodo) donde se producen respectivamente la oxidación del hidrógeno y la reducción del oxígeno, y por un electrolito que permite el intercambio de los iones que generan ambas reacciones. Uniendo cada dos celdas existe un elemento de unión, denominado normalmente placa bipolar que permite la circulación de los electrones, que pasando por el circuito externo, completan las reacciones. Para esclarecer mejor todos estos conceptos y elementos que conforman la pila, incluiré una imagen en la parte inferior.

⁴² Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://solartradex.com/blog/autoconsumo-con-baterias-es-rentabl/>

⁴³ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.pilasde.com/tecnologia-del-hidrogeno/pilas-de-combustible>

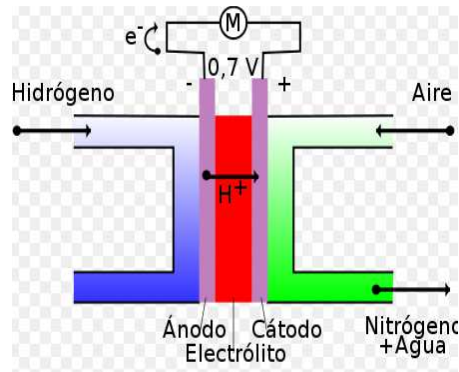


Figura 19 Pila de combustible (Unesa, 2016)

Entre las aplicaciones más relevantes de este tipo de baterías, existen dos que deberían ser explicadas por la relevancia que aportan al ámbito del almacenamiento de energía.

La primera de ellas está relacionada con el transporte⁴⁴, donde el boom esté liderado por las grandes compañías automovilísticas. El coche eléctrico con pila de combustible es una aplicación bastante avanzada técnicamente, que sólo espera una disminución de costes y el despliegue de las redes de suministro. Presentan varias ventajas frente a los vehículos convencionales, por ejemplo, se puede destacar su autonomía, su potencia constante y sus recargas en pocos minutos.

La segunda utilidad tiene que ver con la creación de dispositivos portátiles, cada vez más abundantes a nuestro alrededor. El aumento de utilidad dentro de los modernos Smartphone, ya superan las posibilidades de sus baterías, obligándonos a cargar el teléfono cada día. Los fabricantes de estos y otros dispositivos van también tomando conciencia de las posibilidades de la pila de combustible y la consideran seriamente en sus estrategias comerciales, como se comprueba en los diseños y patentes que son ya de acceso público.

⁴⁴ Información obtenida del siguiente sitio Web:
<http://www.pilasde.com/tecnologia-del-hidrogeno/ usos-h2>

7.3.5 Volante de inercia

Para esclarecer este método de almacenamiento de la energía eléctrica nos apoyaremos en un proyecto desarrollado por REE en Lanzarote, con el objetivo de paliar los efectos de la descompensación en los valores de frecuencia y tensión.

En primer lugar⁴⁵, se introducirá el concepto físico de volante de inercia. Éstos son equipos giratorios que convierten la energía eléctrica en cinética, la almacenan y, posteriormente, cuando el sistema lo requiere, la devuelve a la red como energía eléctrica.

El volante de inercia podrá inyectar o absorber de la red una potencia máxima de 1,65 MW durante aproximadamente 12 segundos, aportando un total de unos 18 MWs. De esa manera, se permitirá también mitigar las consecuencias de cambios bruscos de la frecuencia del sistema dentro de unos parámetros preestablecidos, dándole estabilidad, algo muy relevante en los sistemas aislados.

Otro de los objetivos de este dispositivo, era el de almacenar la energía eléctrica durante los periodos de picos mínimos de demanda. Para este fin, los volantes de inercia acumulan energía mecánica en forma de energía cinética mediante una velocidad angular variable. Cuando se quiere recuperar la energía almacenada en el volante, una máquina funciona como generador y se encarga de convertir dicha energía mecánica en energía eléctrica. La conversión energética inversa, destinada a cargar el acumulador, se realiza mediante el accionamiento de un motor. Lo habitual es que el volante se incorpore al motor–generador eléctrico configurando una máquina aislada, conectada al exterior a través de cables al igual que en una batería electroquímica.

Los sistemas de almacenamiento cinéticos de energía basados en volantes de inercia están caracterizados por ser capaces de proporcionar grandes picos de potencia. Un volante de inercia es capaz de almacenar grandes cantidades de energía y rangos de potencia desde KW a MW. La rápida respuesta en los volantes de inercia los hacen útiles para multitud de aplicaciones. Además proporcionan protección contra las perturbaciones de tensión en la red eléctrica, especialmente para, a corto plazo, suplir los picos en la demanda, y evitar la necesidad de otros sistemas de respaldo.

⁴⁵ Información extraída de la Web: <http://www.energynews.es/red-electrica-instalara-un-volante-de-inercia-para-almacenar-energia-en-sistemas-electricos-aislados-de-lanzarote/>

8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Para acabar con el trabajo, sería conveniente destacar las conclusiones más relevantes que se pueden obtener una vez analizadas las aplicaciones de las tecnologías de la información en el mundo de la energía.

Vivimos en una era donde el funcionamiento de cualquier aspecto se ha visto mejorado por el uso de la tecnología. En el caso concreto de la electricidad, ya ha quedado clara la importancia de las TIC de cara a gestionar y supervisar el comportamiento de la energía entre las diferentes etapas de la cadena de valor.

En el caso de REE, gracias al uso de estos sistemas, la empresa puede monitorizar todas sus redes a lo largo de la geografía nacional y estimar la demanda de energía que será necesaria generar para poder atender la cantidad requerida por los diferentes consumidores. Asimismo, REE puede saber la cantidad de energía de cada tipo que se ha generado diariamente, ya sea de entre las de tipo renovable o fósil. Es en esta parte donde aparece uno de los principales retos que se le presenta a la compañía pública. El hecho es que ha de existir un equilibrio entre la cantidad de energía producida y la consumida para evitar los problemas que surgirían en caso contrario.

En esta línea relacionada con el balanceo de energía es donde más se está estudiando para avanzar en mecanismos que permitan un aprovechamiento, incluso un almacenamiento, de esa energía sobrante. Actualmente, el conocido como "vehículo eléctrico" es uno de los proyectos de I+D+i donde más se está invirtiendo. Aunque este tipo de medio de transporte ya se está utilizando, está todavía muy alejado del funcionamiento óptimo y la aceptación mayoritaria que debería tener. Actualmente, tiene inconvenientes como el tiempo de carga necesario o la duración de las baterías. Además, para que tuviera adaptación a las demandas del sistema eléctrica, deberían recargarse por la noche durante los periodos valle de la curva de la demanda. El objetivo final sería lograr que este tipo de utilitarios se convirtieran en un buen medio de transporte y almacenamiento de la energía eléctrica.

Otro aspecto importante para la compañía, relacionado con la responsabilidad social corporativa medioambiental, consiste en fomentar la tendencia del uso de las energías verdes y lograr que las infraestructuras de REE no tengan un impacto demasiado alto sobre el medio ambiente.

Por otro lado, está diversificando su negocio hacía otros sectores, llevando a cabo fuertes inversiones en el ámbito internacional, especialmente en los países andinos. De tal manera, han creado Red Eléctrica Internacional. La primera actividad llevada a cabo por esta institución ha sido la adjudicación de una línea eléctrica en Perú para transportar la energía eléctrica generada en un par presas. También ha adquirido parte de Red Eléctrica Chilena, convirtiéndose en la principal accionista, de tal manera que ambas compañías se están convirtiendo en las principales gestoras de las redes de transporte del país sudamericano.

Por su parte, el resto de compañías relacionadas con la distribución y la comercialización pueden optimizar también su labor con las ventajas que aportan las nuevas tecnologías. En lo que se refiere a la distribuidora necesita las TIC para descargar remotamente el consumo diario de cada contador inteligente o para monitorizar sus redes con el fin de prevenir posibles fallos o incluso facilitar la detección de posibles conexiones fraudulentas en la red.

En cuanto a las comercializadoras, han de tener grandes bases de datos donde almacenar toda la información de sus clientes, y sistemas que les permitan conocer el consumo de cada usuario, dato que reciben de las distribuidoras, para así emitir la factura correspondiente. Además podrían ofrecer un servicio lo más personalizado posible, adecuando a cada tipo de usuario la tarifa que más se ajuste a sus necesidades, la cual podría ser implantada de manera remota gracias a la inteligencia del contador.

Es por eso que todas las empresas de la cadena de valor de la energía eléctrica están efectuando grandes inversiones para llevar a cabo importantes cambios en sus sistemas de información.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Wikipedia-Red Distribución. (2016). *Red de distribución de energía eléctrica*. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_distribuci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica#/med. Última visita: 1 Jul 2016
2. Monografias.com-Info. de Endesa. (2014). *Redes de Energía Eléctrica*. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos13/genytran/genytran.shtml>. Última visita: 13 Jul 2016.
3. Ministerio de Industria y Energía. (2016). *Energía Eléctrica*. Disponible: <http://www.minetur.gob.es/energia/electricidad/Paginas/sectorElectrico.aspx>. Última visita: 10 Jul 2016.
4. Endesa-Educa. (2016). *Centrales de Generación Eléctrica*. Disponible: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales. Última visita: 08 Jul 2016.
5. APPA: Asociación de Productores de Energías Renovables. (2016). *Energía Eólica*. Disponible: http://www.appa.es/05eolica/05que_es.php. Último acceso: 10 Ago 2016.
6. Endesa-Educa. (2016). *Energía Solar*. Disponible: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/xii.-las-centrales-solares. Último acceso: 30 Jul 2016.
7. Red Eléctrica Española. (2016). *Estructura de Generación Eléctrica en Tiempo Real*. Disponible: https://demanda.ree.es/generacion_acumulada.html. Último acceso: 23 Jul 2016.
8. Energía y Sociedad. (2016). *Actividades reguladas en el Sector Eléctrico: Distribución*. Disponible: <http://www.energiaysociedad.es/ficha/4-3-distribucion>. Último acceso: 24 Jul 2016.
9. Energía y Sociedad. (2016). *Mapa distribuidoras de energía en España*. Disponible: http://www.energiaysociedad.es/pdf/imagenes/manualelectricidad/f4_5.png. Último acceso: 28 Jul 2016.
10. Energía y Sociedad. (2016). *Actividades reguladas en el Sector Eléctrico: Distribución*. Disponible: <http://www.energiaysociedad.es/ficha/4-3-distribucion>. Último acceso: 24 Jul 2016.
11. Organización de Consumidores y Usuarios. OCU Ediciones, S.A. (2013). *Electricidad: todo sobre el mercado*. Disponible: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/electricidad-todo-sobre-el-mercado-electrico449934>. Último acceso: 24 Jul 2016.
12. Red Eléctrica de España. (2016). *Misión y visión*. Disponible: <http://www.ree.es/es/conocenos/ree-en-2-minutos/mision-y-vision>. Último acceso: 27 Jul 2016.

13. Red Eléctrica de España. (2016). *Actividades de negocio*. Disponible: <http://www.ree.es/es/conocenos/actividades-de-negocio>. Última visita: 28 Jul 2016.
14. Red Eléctrica de España. (2016). *Operación del sistema eléctrico*. Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico>. Último acceso: 28 Jul 2016.
15. Red Eléctrica de España. (2016). *Gestor de la Red y Transportista*. Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista>. Último acceso: 28 Jul 2016.
16. Siemens. (2016). *Spectrum Power SCADA and Energy Management Systems*. Disponible: <http://w3.usa.siemens.com/smartgrid/us/en/transmission-grid/products/energy-management-and-scada-system-platforms/pages/energy-management-scada-system-platforms.aspx>. Último acceso: 28 Jul 2016.
17. Siemens. (2016). *Spectrum power high-speed bus*. Disponible: http://w3.siemens.com/smartgrid/global/SiteCollectionImages/Products_Systems_and_Solutions/Control%20Center/Grid%20Control%20Platform/204_adms_596x290_image_details.jpg. Último acceso: 29 Jul 2016.
18. Comité Internacional de Electrónica. (2016). *Application integration at electric utilities*. Disponible : <https://webstore.iec.ch/publication/6199>. Último acceso: 29 Jul 2016.
19. Comité Internacional de Electrónica. (2016). *Energy management system application program interface (EMS-API)*. Disponible: <https://webstore.iec.ch/publication/22090>. Último acceso: 29 Jul 2016.
20. Red Eléctrica de España. (2016). *Gestión de demanda*. Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema/gestion-de-demanda/servicio-de-interrumpibilidad>. Último acceso: 30 Jul 2016.
21. Red Eléctrica de España. (2016). *Mercados y precios*. Disponible: <https://www.esios.ree.es/es/mercados-y-precios>. Último acceso: 30 Jul 2016.
22. Red Eléctrica de España. (2016). *Precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC)*. Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/precio-voluntario-pequeno-consumidor-pvpc>. Último acceso: 31 Jul 2016.
23. Red Eléctrica de España. (2016). *Operación del sistema: medidas eléctricas*. Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema/medidas-electricas>. Último acceso: 31 Jul 2016.
24. Electronic Design. (2016). *Ejemplo de Red de Smartgrid*. Disponible: http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/archive/electronicdesign.com/content/14978/60470_fig_02.jpg. Último acceso: 31 Jul 2016.
25. PLE Universidad Icesi. (2016). *Características y beneficios de Smart Grids*. Disponible: <https://icesismartgrid.wordpress.com/2014/04/19/caracteristicas-y-beneficios-smart-grids/>. Última visita: 05 Ago 2016.
26. Endesa. (2016). *Smart Grids*. Disponible: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/smart-city/smart-grid. Último acceso: 05 Ago 2016.
27. Funseam. (2013). *Smart Grids: Tecnologías prioritarias*. Disponible: <http://www.funseam.com/phocadownload/smart%20grids.%20tecnologas%20prioritarias.pdf>. Último acceso: 06 Ago 2016.

28. Grupo BIOMIX: control de la contaminación electromagnética. (2014). *Así funcionan los contadores inteligentes*. Disponible: <http://www.electromagneticos.es/news.php?newsid=62>. Último acceso: 06 Ago 2016.
29. Endesa. (2016). *El contador inteligente*. Disponible: <https://www.endesaclientes.com/contador-inteligente.html>. Último acceso: 07 Ago 2016.
30. EVE: Ente Vasco de la Energía. (2016). *Redes eléctricas inteligentes*. Disponible: <http://www.eve.eus/La-energia/Infografias/Redes-electricas-inteligentes/Redes-electricas-inteligentes.aspx?lang=es-ES>. Último acceso: 08 Ago 2016.
31. PLE Universidad Icesi. (2016). *Características y beneficios de Smart Grids*. Disponible: <https://icesismartgrid.wordpress.com/2014/04/19/caracteristicas-y-beneficios-smart-grids/>. Última visita: 05 Ago 2016.
32. ABB. (2008). *HVDC: una tecnología para la eficiencia energética y la fiabilidad de las redes*. Disponible: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/56a27c94b60d6374c12574c6004e9268/\\$file/HVDC+-+efficiency+and+reliability_040908.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/56a27c94b60d6374c12574c6004e9268/$file/HVDC+-+efficiency+and+reliability_040908.pdf). Último acceso: 08 Ago 2016.
33. Siemens. (2016). *Sistemas de transmisión AC flexible (FACTS)*. Disponible: <http://www.energy.siemens.com/co/es/transmision-de-energia/facts/>. Último acceso: 08 Ago 2016.
34. Red Eléctrica de España. (2016). *Un modelo energético sostenible*. Disponible: <http://www.ree.es/es/red21/un-modelo-energetico-sostenible>. Última visita: 08 Ago 2016.
35. Red Eléctrica de España. (2016). *Refuerzo de las interconexiones*. Disponible: <http://www.ree.es/es/red21/refuerzo-de-las-interconexiones>. Última visita: 08 Ago 2016.
36. Red Eléctrica de España. (2016). *Visión tecnológica*. Disponible: <http://www.ree.es/es/red21/idi/vision-tecnologica#>. Último acceso: 10 Ago 2016.
37. Red Eléctrica de España. (2016). *Proyectos I+D+i*. Disponible: <http://www.ree.es/es/red21/idi/proyectos-idi>. Última visita: 10 Ago 2016.
38. Movilidad eléctrica. (2016). *El almacenamiento de electricidad y el vehículo eléctrico*. Disponible: <http://movilidadeléctrica.com/almacenamiento-electricidad-vehiculo-electrico/>. Última visita: 10 Ago 2016.
39. Sitio Solar: portal de energías renovables. (2016). *Los coches eléctricos y las energías renovables*. Disponible: <http://www.sitiosolar.com/los-coches-electricos-y-las-energias-renovables/>. Última visita: 11 Ago 2016.
40. UNESA Electricidad. (2016). *Los ritmos de la producción y del consumo*. Disponible: <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/aspectosgenerales/ritmos.htm>. Última visita: 12 Ago 2016.
41. UNESA Electricidad. (2016). *Formas de almacenar la energía eléctrica*. Disponible: <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/transportealmacenar.htm>. Último acceso: 12 Ago 2016.

42. SOLARTRADEX. (2016). *Autoconsumo con baterías: ¿Es rentable?* Disponible: <http://solartradex.com/blog/autoconsumo-con-baterias-es-rentabl/>. Último acceso: 12 Ago 2016.
43. PILASDE.COM. (2016). *Pilas de Combustible*. Disponible: <http://www.pilasde.com/tecnologia-del-hidrogeno/pilas-de-combustible>. Último acceso: 12 Ago 2016.
44. PILASDE.COM. (2016). *Usos del hidrógeno*. Disponible: <http://www.pilasde.com/tecnologia-del-hidrogeno/usos-h2>. Último acceso: 17 Ago 2016.
45. EnergyNews. (2014). *Volante de Inercia*. Disponible: <http://www.energynews.es/red-electrica-instalara-un-volante-de-inercia-para-almacenar-energia-en-sistemas-electricos-aislados-de-lanzarote/>. Último acceso: 13 Agos 2016.

