

Smart Grids Colombia VISIÓN 2030



Parte IV

Anexo 3. Contexto Internacional de Redes Inteligentes

Abril de 2016

Equipo de Trabajo

Editores:

Grupo Técnico Proyecto BID integrado por
Representantes de:

Banco Interamericano de Desarrollo (Cooperación Técnica)

José Ramón Gómez Guerrero
Jorge Luis Rodríguez Sanabria
Juan Eduardo Afanador Restrepo

Ministerio de Minas y Energía

Marie Paz Rodríguez Mier
Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales

Carlos Arturo Rodríguez Castrillón
Profesional Especializado
Oficina Dirección de Energía

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Liliana Jaimes Carrillo
Despacho Viceministerio TI

Unidad de Planeación Minero-Energética

Camilo Tautiva Mancera
Asesor de Energía

Iniciativa Colombia Inteligente

Alberto Olarte Aguirre
Secretario Técnico C N O – Presidente Colombia
Inteligente

Renato Humberto Céspedes Gandarillas
Coordinador Técnico

Firmas Consultoras

CIRCE

Andrés Llombart Estopiñán
María Paz Comech Moreno
Adrián Alonso Hérranz
Samuel Borroy
Vicente Gorka Goicoechea Bañuelos
Carlos Pueyo Rufas

Universidad de Alcalá de Henares

Carlos Girón Casares
Francisco Javier Rodríguez Sánchez

Universidad Tecnológica de Pereira

Alejandro Garcés Ruiz
Juan José Mora Flórez

CREARA CONSULTORES, S.L.

María Jesús Báez Morandi
José Ignacio Briano Zerbino

Afi – Analistas Financieros Internacionales

Pablo I. Hernández González
Diego Vizcaíno Delgado

Bogotá D.C., Abril de 2016

NOTA ACLARATORIA - *DISCLAIMER*

1. Los planteamientos y propuestas presentados en este documento son los resultados del análisis y elaboración del Estudio desarrollado por el Equipo de Trabajo en el marco de la Cooperación Técnica ATN-KK-14254-CO (CO-T1337) con el aporte de fondos provenientes del Fondo Coreano para Tecnología e Innovación a través del Banco Interamericano de Desarrollo –BID–. Estos planteamientos y propuestas no representan ni comprometen la posición y planteamientos de las entidades oficiales del Gobierno Colombiano participantes.
2. Los análisis realizados en el desarrollo de la Cooperación Técnica consideraron la información disponible hasta el mes de diciembre del año 2015, fecha en la cual finalizó de manera oficial el trabajo realizado durante esta cooperación.

Tabla de contenido

1. Contexto internacional de Redes Inteligentes.....	1
2. Conclusiones de las Experiencias Internacionales.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Características Proyecto PRICE.....	3
Figura 2. Soluciones para las comunicaciones en el ámbito FAN y WAN.	7
Figura 3. Características proyecto Smartcity Malaga	8
Figura 4. Características proyecto DISCERN	10
Figura 5. Características proyecto <i>Smart Grid en Corea</i>	13
Figura 6. Características proyecto Smartcity Santiago de Chile	17
Figura 7. Características proyecto <i>Telegestión de Enel en España</i>	19
Figura 8. Tecnología "Meters and More"	21
Figura 9. Características proyecto <i>Baltimore Gas and Electric</i>	22
Figura 10. Características proyecto <i>Austin Energy Smart Grid</i>	24
Figura 11. Características proyecto <i>China Southern Power Grid</i>	26
Figura 12. Características proyecto <i>iGreen Grid</i>	28

Índice de Tablas

Tabla 1. Mapa de ruta de RIs en Corea	15
Tabla 2. Evaluación de las experiencias internacionales con base a sus principales funcionalidades.	30

ANEXO 3

1. Contexto internacional de Redes Inteligentes¹

Se analizan iniciativas y proyectos relacionados con el desarrollo de redes inteligentes. Esto permitirá extraer conclusiones acerca de las soluciones más apropiadas y los problemas a afrontar en el desarrollo de este tipo de infraestructuras, así como las similitudes y diferencias que existen entre las redes inteligentes instaladas alrededor del mundo.

Los principales desarrollos en redes inteligentes se sitúan en Australia, Canadá, Europa, Brasil, Estados Unidos, China, Japón y Corea del Sur. Estas regiones tienen en común una serie de objetivos políticos a nivel nacional, basados en la seguridad del suministro eléctrico y el crecimiento económico mediante tecnologías bajas en carbono, para lo cual las redes inteligentes se sitúan como un desarrollo fundamental. No obstante, cada uno de estos países tiene necesidades diferentes. Así, por ejemplo, Canadá ha de renovar una infraestructura eléctrica que está quedando obsoleta, mientras que Japón tiene que hacer frente al desmantelamiento de la energía nuclear a nivel nacional y Corea requiere un mayor esfuerzo en eficiencia energética (The Global Smart Grid Federation, 2012). En cualquier caso, los principales motivadores del desarrollo de redes inteligentes han sido identificados como: 1) mejoras de la eficiencia del sistema, 2) estándares u objetivos de energía renovable, 3) mejora de la fiabilidad, 4) permitir nuevos productos/servicios/mercados, 5) permitir la participación del consumidor y 6) optimizar el uso de los activos en la red. Por otro lado, las prioridades tecnológicas a nivel mundial son el desarrollo de infraestructura avanzada de medición (AMI) y la integración de fuentes de energía distribuidas, seguidas por la integración de renovables, el desarrollo de TICs y el control de la red inteligente (International Smart Grid Action Network, 2014).

Empezando por el caso de Estados Unidos, la política energética se ha visto ampliamente influenciada por temas como son la seguridad energética, el impacto ambiental relacionado con la generación eléctrica y la posibilidad de volverse independientes energéticamente. Además, se espera que el sistema eléctrico deba incluir en el futuro cercano una mayor variedad de fuentes de generación, incluyendo generación distribuida o generación no controlable, al mismo tiempo que se introduce el almacenamiento de energía y cambia el uso por parte de los consumidores de la red, pasando muchos a convertirse en "prosumers" (consumidores y generadores al mismo tiempo). Esto derivará en una red eléctrica más compleja, pero también más flexible, adaptable y con capacidad de respuesta. De estos puntos, los desafíos más importantes en los próximos 15 años se identifican como la gestión de las energías renovables distribuidas y el almacenamiento de energía, conceptos clave en una red inteligente (GRIDWISE Alliance, 2014). En respuesta a estas necesidades, el desarrollo de redes inteligentes se está realizando principalmente en infraestructura avanzada de medición (AMI), tecnologías basadas en el consumidor, integración de sensores y tecnologías de comunicación y control en la red, seguridad cibernética e interoperabilidad entre dispositivos y sistemas (U.S. Department of Energy, 2014). Los proyectos más importantes desarrollados en este contexto incluyen las redes inteligentes del Pacífico (Pacific Northwest Smart Grid Demonstration Project), Texas (Smart Texas) y Houston (Houston's Smart Grid).

En Europa, el desarrollo de las redes inteligentes viene marcado por los objetivos marcados por la Unión Europea para la eficiencia energética, la reducción de emisiones y la integración de energías renovables junto con algunas medidas legislativas como la directiva 2009/752/EC, que requiere la implementación de

¹ Los términos Redes Inteligentes y Smart Grid, sus respectivas siglas RI - SG y Hoja de Ruta y Mapa de Ruta son utilizados indistintamente en estos documentos.

contadores inteligentes en los estados miembros. Pese a que las necesidades y los problemas que afronta cada uno de los países Europeos difieren, se han realizado esfuerzos significativos para el desarrollo de las redes inteligentes en prácticamente la totalidad de ellos, cabiendo destacar el reciente desarrollo de una arquitectura de referencia para redes inteligentes en toda Europa. Este último desarrollo pretende integrar nuevas aplicaciones y tecnologías, en particular TICs, para obtener una mayor capacidad de gestión y, por lo tanto, una red más segura, fiable y eficiente que tenga en cuenta todos los usuarios y operadores del sistema eléctrico (CEN-CENELEC-ETSI, 2012). Entre los proyectos desarrollados en redes inteligentes a lo largo de Europa, la Iniciativa Europea de Redes Eléctricas (EEGI) ha otorgado la etiqueta de esenciales a "Twenties", "Grid4EU", "InvGrid", "EcoGrid EU", "Umbrella", "Optimate", "iTesla", "e-Highway2050", "SGSM", "PRICE", "GARPUR" y "Linear" (SET Plan EEGI, 2015). Esta etiqueta pone de manifiesto que los proyectos están en línea con alguno de los objetivos funcionales del mapa de ruta de investigación e innovación de EEGI y además cumplen la condición de transmitir los resultados y conocimientos adquiridos.

Uno de los pilares de la estrategia económica sur-coreana es la creación de tecnologías innovadoras que estén en línea con el desarrollo sostenible. Esto se debe principalmente a temas de seguridad energética, ya que Corea depende en gran medida de la importación de combustibles fósiles. Su ambición de convertirse en un líder mundial en tecnología y mercados energéticos le ha llevado a ser designado como país líder en redes inteligentes en el Foro de las Principales Economías para la Energía y el Clima de 2009. Actualmente colabora con el Gobierno Estadounidense en el desarrollo de estándares para redes inteligentes y en temas de seguridad cibernética, y mediante el Acto de Promoción de Redes Inteligentes de 2011 promueve la ejecución de proyectos en redes inteligentes sostenibles. Un ejemplo de la implicación y la colaboración de gobierno e industria en este ámbito es el proyecto de demostración de una red inteligente en la isla de Jeju. En este proyecto se incorpora energía renovable y sistemas de automatización distribuidos, sistemas de gestión distribuida, infraestructura para coches eléctricos, almacenamiento de energía, infraestructura de información avanzada y monitorización y telemetría de redes eléctricas. Estos temas se estudian también en otros proyectos como son: "Consumer-Participating Smart Place", "Smart transportation" o "Renewable Energy Source Operating System".

Japón se muestra igualmente activo en el sector de las redes inteligentes y en mayor medida desde el incidente de Fukushima, momento en el cual el gobierno japonés decidió adoptar medidas que incluían, por ejemplo, la instalación masiva de contadores inteligentes para gestionar la demanda de electricidad. En cualquier caso, antes de este incidente Japón ya se situaba como líder a nivel mundial en inversiones realizadas en redes inteligentes (JRC, 2011). Entre los numerosos proyectos llevados a cabo en este ámbito, principalmente bajo el programa Ciudades Eco-Modelo, se ha promovido especialmente la introducción del vehículo eléctrico y de las energías renovables, apoyadas por el despliegue de herramientas para gestionar la energía en tiempo real y el uso de almacenamiento de energía en edificios comerciales y residenciales. Algunos de estos proyectos están en las ciudades de Yokohama, Toyota, Tokio (Keihanna Science) y Kitakyushu.

También en la región Asiática, China está realizando un plan de desarrollo de redes inteligentes que se verá reforzado en los próximos 5 a 10 años, el cual pretende mejorar la eficiencia energética y la cantidad de energía renovable en la red. Este plan de desarrollo se encuentra integrado en el 12º Plan de Cinco Años y es la Corporación Estatal de la Red Eléctrica de China la que lidera por el momento la construcción de redes inteligentes. Hasta ahora, los proyectos pilotos como "Shanghai World Expo" y "Tianjin Eco-Town" han estado centrados en desarrollo de estándares, sistemas de control de red, estaciones de carga de vehículos eléctricos y despliegue de contadores inteligentes, pero a partir de 2016 se pretende centrar el proyecto en la conexión de las plantas de generación con las mayores áreas de demanda.

En la región Latino Americana destaca Brasil debido a su necesidad de expandir y modernizar su sistema eléctrico. Así, en 2010 el Ministerio de Minas y Energía estableció un grupo de trabajo dedicado a estudiar y planificar el despliegue de las redes inteligentes en el país. Por el momento se han detectado importantes

barreras financieras y legislativas, sin embargo ya existen algunos proyecto piloto como la red inteligente de Sao Paulo o el sistema de medición inteligente en Fortaleza (GRID+, 2014).

Por último cabe destacar las iniciativas llevadas a cabo en Australia y Canadá. Por un lado, el gobierno Australiano está desarrollando una serie de medidas para eliminar barreras e incentivar la inversión en redes inteligentes, las cuales se encuentra todavía en un estado temprano. En este contexto sobresale el programa "Smart Grid, Smart City" y en particular el proyecto de demostración de su mismo nombre, centrado en cómo perciben y responden los consumidores residenciales (principal consumidor final en Australia) a las oportunidades que representan las tecnologías de redes inteligentes (Ausgrid, 2014). Por otro lado, Canadá fue uno de los primeros países en instalar tecnología de redes inteligentes, avanzando en áreas relacionadas con gestión de la demanda y de la información mediante proyectos como "Ontario Smart Metering Initiative". Pese al rechazo inicial por parte de la sociedad, actualmente la mayoría de canadienses están a favor de estas medidas gracias a acciones educativas, y prácticamente la mitad de las casas cuentan con un contador inteligente de electricidad.

PRICE: Proyecto de Redes Inteligentes en el Corredor del Henares

El proyecto PRICE, se ha llevado a cabo en el Corredor del Henares (Madrid - España). Se trata del mayor proyecto conjunto de demostración de redes inteligentes de España y uno de los más ambiciosos de la Unión Europea. La elección de este Corredor es debido a que permite disponer de diferentes tipologías de red, grandes clientes industriales, generación distribuida y en definitiva, una alta concentración de puntos de suministro. En ella se conectan 71 MW de generación a la red de Media Tensión (MT) por medio de tecnologías eólica, fotovoltaica y de cogeneración y 1,9 MW a la red de Baja Tensión (BT) por medio de tecnología fotovoltaica.

Figura 1. Características Proyecto PRICE

	Ubicación	Corredor del Henares, Madrid – España	 
	Entidad financiadora	Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España	
	Fecha de inicio	2011	
	Estado actual	Fase de despliegue terminada en 2014	
	Usuarios	200.000	
	Entidades participantes	Consortio formado por 22 entidades liderado por Iberdrola Distribución y Unión Fenosa Distribución	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✗	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

El proyecto ha beneficiado a más de medio millón de usuarios. Durante su ejecución se instalaron alrededor de 200 contadores inteligentes y se modificaron 1.6 centros de transformación para adaptarlos al nuevo modelo de distribución de electricidad propuesto.

PRICE está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y liderado por Iberdrola Distribución y Unión Fenosa Distribución en un consorcio de 22 entidades con el objetivo de dar respuesta a los retos tecnológicos que presentan a nivel mundial los sistemas eléctricos.

La iniciativa PRICE abarca diferentes áreas, que cubren las necesidades identificadas para el desarrollo de una red inteligente dentro de un marco de eficiencia, seguridad y sostenibilidad. El proyecto global se articula en base a los siguientes proyectos:

- **PRICE-RED: Supervisión y Automatización.** Se ha diseñado y desarrollado una nueva plataforma que permite la supervisión y automatización de los centros de transformación que ha requerido el desarrollo de nuevos sistemas de adquisición, integración de equipos inteligentes así como nuevos algoritmos de procesamiento de información en tiempo real.
- **PRICE-GEN: Gestión Energética.** Se han desarrollado nuevos equipos de medida inteligente que proporcionan información puntual de los consumos y de la generación tanto de los clientes como los propios del estado de la red eléctrica. La principal aportación del proyecto se basa en la arquitectura de comunicación con la red general así como la capacidad de telegestión de los puntos de lectura.
- **PRICE-GDI: Generación Distribuida.** Se han desarrollado las siguientes actividades: o Desarrollo de la arquitectura de red necesaria para la integración de la generación distribuida y de los modelos de gestión de la misma, tanto desde un punto de vista técnico como económico. o Desarrollo de un despacho central de generación distribuida para monitorizar y controlar la misma, integrando las distintas tecnologías bajo una misma gestión integrada. o Desarrollo de un software estimador de estado que permita conocer el estado de la red y, por tanto, aporte seguridad, estabilidad y calidad del servicio. Mediante el flujo de potencia reactiva permite efectuar control de tensión. Asimismo permite minimizar pérdidas y reconfiguración de red.
- **PRICE-GDE: Gestión de la Demanda.** Ha consistido en el desarrollo de un sistema de monitorización de consumo de los clientes estableciendo nuevos canales de información hacia ellos. Este sistema, basado en protocolos abiertos e interoperables, pretende optimizar el consumo eléctrico en su conjunto mediante la implementación de la Gestión Inteligente de la Demanda.

Soluciones de Redes Inteligentes

Las aplicaciones a Redes Inteligentes llevadas a cabo en el proyecto PRICE abarcan diferentes ámbitos entre los que se encuentran los siguientes:

- Desarrollo de nuevos equipos de medida inteligentes.
- Nuevos sistemas de monitorización del consumo para la gestión inteligente de la demanda.
- Nuevas funcionalidades y servicios a los comercializadores.
- Incorporación de cargas gestionables (electrodomésticos inteligentes).
- Supervisión y automatización de la red, mejorando su operación y mantenimiento.
- Mejorar la seguridad de suministro eléctrico.
- Optimización de la conexión con zonas de generación concentrada de energía renovable.
- Mejora de la integración de la generación distribuida.
- Facilitar la entrada del vehículo eléctrico.

-
- Reducir la dependencia de fuentes de energía de origen no renovable.

Tecnologías de la Información y Comunicación

En el caso del proyecto PRICE-GDE se han distribuido una serie de dispositivos con tecnología “Smart” repartidos a lo largo de los distintos niveles de la red (distribución, transporte y hogar) de la red piloto correspondiente al Corredor de Henares.

En el nivel de la red del hogar se han equipado hasta 50 viviendas con una nueva gama de electrodomésticos y dispositivos eco-eficientes, que optimizarán el uso de los recursos, y eco-suficientes, pues ayudarán a los usuarios a hacer un mejor uso de los recursos informándoles del consumo instantáneo a través de interfaces de propósito general. Concretando, para cubrir las funcionalidades deseadas para la prueba piloto del proyecto PRICE-GDE, se ha definido que los equipos a incluir en las viviendas serán los siguientes:

- **Electrodomésticos inteligentes.** En un primer análisis se plantea utilizar una lavadora, un lavavajillas y un frigorífico como los electrodomésticos inteligentes a ser gestionados ya que se considera que estos tres aparatos permiten realizar distintos tipos de estudios relativos a las estrategias de ahorro de consumo y a la gestión de la demanda, necesarios para analizar y validar los resultados del proyecto. Estos electrodomésticos dispondrán de un módulo de comunicaciones, a desarrollar, que podrá intercambiar información con el gestor doméstico (E-Box) tanto de forma inalámbrica por Zigbee como a través de un cable físico (PLC).
- **Energy Box (E- Box).** El gestor de cargas se basa en una plataforma hardware comercial con las características de capacidad, conectividad y accesibilidad suficientes para responder a los requerimientos de la gestión de cargas y gestión de la demanda que se pretende implementar. En primera instancia, se ha decidido que el E-Box sea un equipo portátil con interfaz de usuario, bien integrada en el propio dispositivo o bien externa.
- **Contador inteligente (SmartMeter).** Los contadores de energía juegan un papel clave mediante el registro del consumo y la demanda. Esta información registrada, aparte de ser utilizada para facturación, puede servir para identificación de pérdidas técnicas en el sistema, comprender patrones de carga para una mejor previsión y planificación, etc.

En el caso del PRICE-RED, cuyo objetivo es la automatización y monitorización de los centro de transformación (CT), se han empleado un amplio abanico de tecnologías de comunicaciones. Para la conexión de los CTs con los contadores inteligentes se emplean comunicaciones PLC de banda estrecha, con el estándar PRIME en el nivel de enlace y acceso al medio y DLMS/COSEM para los niveles superiores. Esta tecnología permite la lectura remota de contadores, pero no es capaz de soportar la lectura bajo demanda a gran escala, por lo que supone un cuello de botella para el despliegue de redes inteligentes que integren al usuario como elemento activo. Además se ha obviado la conexión del contador inteligente con la red de datos doméstica, existente en la mayoría de hogares de la zona.

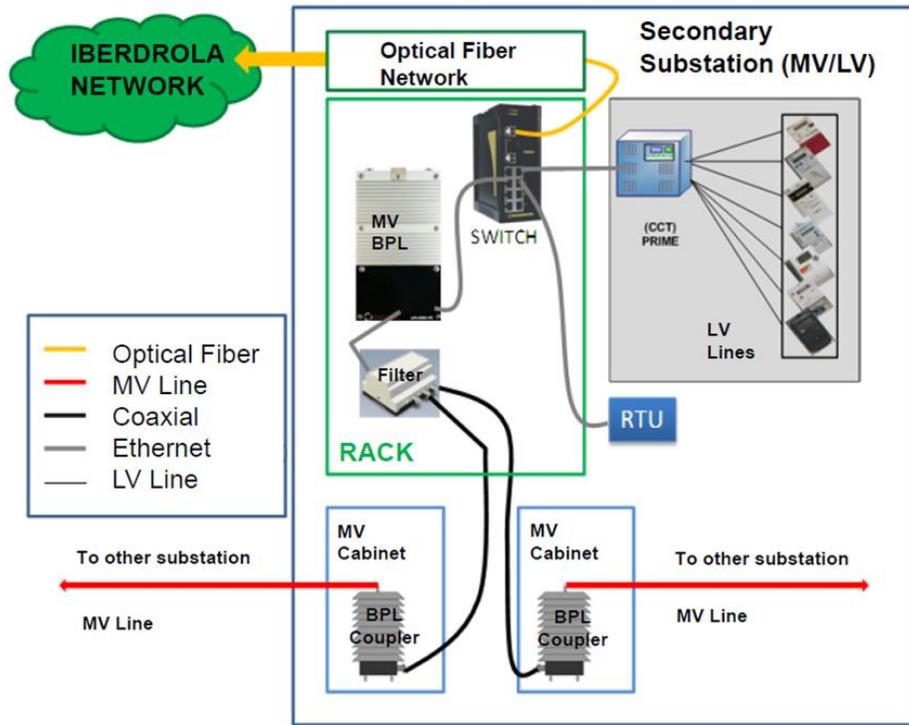
En cuanto a las comunicaciones en el ámbito FAN y WAN se emplean distintas soluciones (

Figura 2), según la compañía eléctrica. Las comunicaciones BPL (comunicaciones PLC en media tensión) permiten un canal de datos con suficiente capacidad para soportar las aplicaciones de automatización y monitorización, si bien tienen un problema al presentar una latencia con un elevado jitter.

También se emplean enlaces de telefonía celular (GPRS y 3G) con equipos preparados para trabajar con varias operadoras de telecomunicaciones, para minimizar, de esta manera, los riesgos de la falta de cobertura. Este tipo de comunicaciones presenta problemas de cortes del enlace por congestión de la red móvil. Aspecto este último que podría solventarse usando las capacidades de calidad de servicio disponibles en las redes móviles.

Donde los costes de inversión lo han permitido, también se emplean enlaces de fibra óptica o redes de comunicaciones soportadas en el par de cobre (xDSL).

Figura 2. Soluciones para las comunicaciones en el ámbito FAN y WAN.



Fuente: CIRCE

Smartcity Malaga

El proyecto se desarrolla en la red ENDESA en Málaga (España), se trata de un proyecto desarrollado en dos fases y basado en la modernización y la optimización de la red de distribución eléctrica actual.

Figura 3. Características proyecto Samrtcity Malaga

	Ubicación	Málaga, España	
	Entidad financiadora	Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, y la entidades participantes. Segunda fase: Endesa ENEL.	
	Usuarios	16.000	
	Fecha de inicio	2009	
	Estado actual	Terminada fase 2 en Diciembre 2014	
	Entidades participantes	Consortio formado por 11 entidades liderado por Endesa-ENEL Distribución	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

La zona donde se desarrolla el proyecto tiene una población de alrededor de 50 habitantes, cuenta con 15 clientes domésticos, 900 industriales y 300 de servicios. La estructura de la red implicada en el proyecto consta de dos Subestaciones Eléctricas AT MT (66 kV 20 kV). Por una parte, en la primera de ellas se encuentra conectado un grupo de cogeneración, el principal nodo generador de energía eléctrica de la zona. Por otra parte, de la segunda de ellas parten más de una decena de líneas de MT que distribuyen la energía eléctrica en la mayor parte de la zona del Proyecto. Sobre cinco de estas líneas se centran los trabajos de automatización y comunicación de la red, sumando un total de 72 Centros de Distribución MT BT (20 kV 400/230 V) y 40 km de líneas de MT.

La zona de Smartcity Málaga cuenta con la siguiente GD, sumando un total de algo más de 13 MW de potencia instalada:

- Una central de cogeneración de gas natural, de 10 MW de potencia
- Una unidad de trigeneración, de 2,74 MW
- Diversas instalaciones solares fotovoltaicas, repartidas por diferentes edificios con una potencia que asciende a entorno 300 kW.

El proyecto se ha realizado en dos fases, la primera de ellas se ha dedicado al diseño e implementación de tecnologías de redes inteligentes y ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y el consorcio de empresas participantes. La segunda fase ha sido financiada por ENEL--Endesa y se ha dedicado a demostrar las bondades de las funcionalidades de las redes inteligentes.

Una de las soluciones probadas es la lectura automatizada de los contadores. El nuevo telecontador de Endesa permite acabar con los problemas de estimación gracias a una facturación transparente y a la medición en tiempo real. Mejora el servicio al cliente, que podrá gestionar sus consumos, visualizar los datos por internet y recibir avisos en caso de desconexión de la red, además ayudará a cambiar los hábitos de los consumidores, proporcionándoles datos online de su consumo e información sobre las tarifas. Estas medidas se espera que consigan un aplanamiento de la curva de carga. Se han investigado las tecnologías para la conexión del vehículo eléctrico y distintos tipos de sistemas de carga.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética se ha trabajado en edificios públicos y privados y en la gestión del alumbrado público. Y desde el lado de red, se ha trabajado en la automatización de maniobras para disminuir los tiempos de desconexión y para la reconfiguración automática de la red buscando mejorar la eficiencia de la red y disminuir los tiempos de desconexión.

Soluciones de Redes Inteligentes

- Sistemas de medida avanzados: contadores inteligentes.
- Gestión eficiente del alumbrado público.
- Gestión eficiente de edificios públicos y privados.
- Gestión de baterías e instalación de almacenamiento en los generadores.
- Instalación de fuentes de energía renovable.
- Automatización avanzada de la red: o Reconfiguración para mejora de la eficiencia y autocatrización. o Gestión de la generación distribuida.
- Instalación de elementos con inteligencia distribuida. De este modo la red se vuelve más robusta frente a fallos en el sistema de comunicación.

Tecnologías de la Información y Comunicación

El componente principal del sistema es un nuevo contador que sustituye al contador eléctrico actual del cliente. Este nuevo contador se gestiona remotamente a través de un equipo denominado concentrador, instalado en los centros de transformación de baja tensión. El concentrador se comunica con los contadores a través de la propia red eléctrica utilizando el protocolo abierto de comunicaciones PLC (Powerline communications) denominado "Meters and More", ya aprobado en el organismo Europeo CENELEC para su estandarización.

"Meters and More" es, además, una asociación sin ánimo de lucro que mantiene y promueve el protocolo abierto de comunicaciones que permite la transferencia bi-direccional de datos en un sistema de infraestructura de medición avanzada (AMI).

Los concentradores de datos están conectados con el Sistema Central por medio de las tecnologías de comunicación TCP/IP sobre GPRS (WAN), u otras soluciones como fibra óptica, WiMax, etc.

DISCERN: Distributed Intelligence for Cost-Effective and Reliable solutions

El Proyecto DISCERN tiene como objetivo principal conseguir una monitorización y un control más eficiente de las redes de distribución. Se parte de la información entregada por los contadores inteligentes y se analiza qué información se puede deducir de esa gran cantidad de información con el objetivo final comentado de monitorizar y controlar la red de distribución.

Figura 4. Características proyecto DISCERN

	Ubicación	5 ubicaciones repartidas en toda Europa	
	Entidad financiadora	Comisión Europea	
	Usuarios	240.000	
	Fecha de inicio	2013	
	Estado actual	En proceso de finalización actualmente	
	Entidades participantes	<p>Empresas Distribuidoras Europeas: Unión Fenosa Distribución, S.A., Iberdrola Distribución (España), RWE (Alemania), SSE (Reino Unido) y Vattenfall (Suecia).</p> <p>Empresas: ABB (fabricante equipos, Suecia), ZIV Communications (fabricante equipos, España), KEMA (consultoría, Alemania), Offis (consultoría, Alemania).</p> <p>Entidades Investigadoras: CIRCE (España), KTH (Universidad Estocolmo, Suecia).</p>	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

En el proyecto se van a integrar diversas experiencias desarrolladas en Europa para determinar el nivel óptimo de inteligencia de la red de distribución y determinar la replicabilidad de las soluciones técnicas que permitan aumentar la rentabilidad de los procesos de observabilidad y controlabilidad de las redes eléctricas del futuro en Europa.

El proyecto pretende obtener recomendaciones basadas en el análisis coste-beneficio que se hace a través de Indicadores Clave de Rendimiento (Key Performance Indicators – KPIs), para obtener los niveles óptimos de inteligencia de la red. Se trata igualmente del despliegue de soluciones rentables, tecnológicas y organizativas, conseguidas a través de la demostración de su replicabilidad.

Soluciones de Redes Inteligentes

Las principales funcionalidades consideradas son:

- Optimización de la toma de datos con AMR utilizando concentradores tanto virtuales como físico: Análisis de las soluciones para casos donde el número de clientes aguas abajo del CT es muy bajo.
- Monitorización en tiempo real de la red de BT que pretende la mejora del control y de la observabilidad de los equipos en BT, utilizando la infraestructura del Smart metering.
- Cálculo y separación de pérdidas no técnicas: Desarrollo de procedimientos de identificación de pérdidas técnicas y no técnicas.
- Desarrollo de un sistema de monitorización y automatización de la red de MT para la mejora del control y de la monitorización de los flujos de carga y tensiones.
- Agregación de carga flexible para control del flujo de carga, y utilización de almacenamiento flexible para control de flujo de carga y servicios auxiliares.

Tecnologías de la Información y Comunicación

En el caso de este proyecto, ABB y ZIV son las empresas encargadas de llevar a cabo la parte de instalación e implementación de la infraestructura de comunicaciones en las redes piloto.

Dada la participación activa en el proyecto de estas empresas, encargadas de proveer a las compañías distribuidoras de los equipos necesarios para este tipo de implementaciones tecnológicas, se procede a enumerar las TICs utilizadas en DISCERN según las funcionalidades enumeradas en el apartado anterior y de las empresas encargadas de proveer los equipos necesarios para cumplimentarlas:

- Nivel óptimo de monitorización y automatización de la red de MT, y Cálculo y separación de pérdidas no técnicas.
- En lo referente a la medición de corriente, ABB propone el protocolo IPC4012 y ZIV el sensor de corriente SCXI. Por otro lado, en lo referente a la medida de tensión ABB instala el transformador de tensión VOL-24 y ZIV los sensores DRMT-1 y ACA-1/R. Como no puede ser de otra manera, las mediciones se manejan a través del protocolo mencionado previamente y del dispositivo de supervisión de ZIV Compact MV Supervision RTU, que incorpora detectores de paso de falta. Además en subestación se implementa un sistema de protecciones de ABB, el REF615 IEC, y ZIV configura el control remoto de la subestación por medio de un dispositivo USP (Hasta 3L2P configuraciones). Para gestionar el sistema de monitorización y automatización, ABB propone el Ventyx SCADA Network Manager.
- Monitorización en tiempo real de la red de BT y Optimización de la toma de datos con AMR.
- Para la monitorización en baja tensión, se instala el multímetro de ABB 560CVD03 y el RTU560CMD, como solución a las medidas de tensión e intensidad. ZIV, por su parte propone el supervisor 5CTI para mediciones de tensión e intensidad, acompañado del sensor de tensión SISP. En cuanto a los contadores inteligentes, ZIV instala en las redes piloto el concentrador de datos 4CCT, que soporta los protocolos TCP/IP, UDP/IP, STG-DC/PRIME y DLMS/COSEM, y el contador inteligente trifásico PRIME 5CTD. En cuanto a la funcionalidad de optimización de la toma de datos con AMR, a los dispositivos previamente mencionados se les acompaña de un sistema de comunicaciones instalado por ZIV que se compone de:
 - Un modem GPRS/GSM UMMG.
 - El router EMR-2, especialmente diseñado para ofrecer 3 capas de conectividad por medio de redes wireless públicas.

-
- El sistema de comunicaciones DRA-2, para conexiones en centros de transformación por medio de PLC, fibra óptica, radio o ADSL.
 - Los acopladores capacitivos CAMT y ACA-500, y el acoplador inductivo no- intrusivo AIMT; para el sistema físico de telecontrol de interruptores.

Smart Grid en Corea: Isla de Jeju

El proyecto KSGI (Korea Smart Grid Institute) fue iniciado en Agosto de 2009 como proyecto pionero de la Smart Grid Initiative Koreana, cuyo objetivo principal es la modernización de los sistemas eléctricos de potencia.

Figura 5. Características proyecto Smart Grid en Corea

	Ubicación	Isla de Jeju, Corea del Sur	
	Entidad financiadora	No determinado. Se sabe que el presupuesto son 64,5 B€.	
	Usuarios	No determinado	
	Fecha de inicio	2009	
	Estado actual	En proceso, finalización programada para 2030.	
	Entidades participantes	168 compañías en 5 áreas forman un conjunto de más de 10 consorcios. Cabe destacar Icepto, Hyundai, KPX, SK energy, LG Electronics, Olleh Kt, GS Caltex.	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

El proyecto KSGI desarrolla las siguientes líneas de trabajo:

- Refuerzo e incentivación de la planificación e investigación en los sistemas eléctricos de redes inteligentes
- Gestión continua del KSGI como modelo de futuras redes inteligentes
- Integrar la operación de la red inteligente por medio de redes-piloto
- Comienzo de proyectos en domótica como el In-Home Display (IHD)
- Exportación del modelo y cooperación con otros proyectos de red inteligente

Que, a su vez, persiguen los siguientes objetivos:

- **Consumidor inteligente:** En este sentido el demostrador tiene por objetivo la gestión de la demanda en las casas inteligentes y ofrecer diferentes opciones a los consumidores incluyendo

tarifas. La meta es reemplazar todos los medidores por otros inteligentes (año 2020) y tener en funcionamiento el sistema automático de gestión de la demanda.

- **Servicio eléctrico inteligente:** Tiene como meta a 2020 que los usuarios puedan seleccionar su propio plan tarifario y a 2030 que el 0.3 de los usuarios participen del mercado. Para que esto sea posible se apoyan en la información de precios en tiempo real, la gestión de la demanda y en desarrollar servicios adicionales gracias a las telecomunicaciones.
- **Smart Power Grids:** Consiste en el desarrollo del sistema de monitorización y control de la red de potencia, así como del sistema de autotización y predicción de fallo en la red. En la Isla de Jeju, se incluyen el monitoreo en tiempo real, operación óptima del sistema de distribución y la automatización de la red de transporte.
- **Transporte Inteligente:** La isla Jeju sirve para testear los sistemas de carga de vehículos eléctricos (VE) y operar con los mismos a modo de proyecto piloto. Tienen como meta para el 2030, alcanzar en todo el país los 2,5 millones de vehículos eléctricos con 27 estaciones de carga.
- **Renovables Inteligentes:** Con el proyecto de la Isla de Jeju se pretende la operación de microrredes aisladas o interconectadas que incorporen generación distribuida, sistemas de almacenamiento de energía y vehículos eléctricos. El objetivo de esta iniciativa es aumentar la penetración de energías renovables, estabilizando la variabilidad de la energía eólica con sistemas de almacenamiento de la energía.

Soluciones de Redes Inteligentes

Los análisis realizados han dado como fruto un mapa de ruta de implantación de las funcionalidades de redes inteligentes

Tabla 1. Mapa de ruta de RIs en Corea

Líneas de actuación	Fase 2: 2012-2020 (Extensión a áreas urbanas)	Fase 3: 2020-2030 (Completa la RIs nacional)
Smart Power Grids	Predicción de fallos. Conexión del sistema de potencia con otros países. Conexión de GD y almacenamiento.	Autocicatrización. Operación integrada de RI.
Consumidor inteligente	Gestión del consumo de edificios/industria. Incentivar el autoconsumo.	Edificios/casas de cero emisiones.
Transporte inteligente	Expansión en el territorio nacional de puntos de recarga de VE. Mantenimiento efectivo y gestión de VE.	Conseguir la presencia de puntos de recarga disponibles de forma común.
ERNC inteligentes	Operación óptima de red eléctrica con micro-redes. Expansión de dispositivos de almacenamiento.	ERNC universalmente disponibles.
Servicio eléctrico inteligente	Promocionar transacciones de derivados. Implementar la tarifa en tiempo real a nivel nacional. Aparición de los participantes del mercado voluntario.	Promover varios tipos de transacciones de servicios eléctricos.

Fuente: CIRCE

Tecnologías de la Información y Comunicación

Las **TICs** utilizadas en el desarrollo del proyecto KGSI se pueden clasificar en función de los programas de I+D que se llevan a cabo:

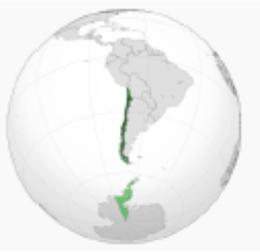
- KEMS: Korea Energy Management System En este programa, se integra el sistema de gestión de la red por medio de sistemas de adquisición y control de datos KEPCO SCADA.
- FACTS combinados con la utilización de diversas TICs
- Monitorización y operación en la red de transporte inteligente Este programa combina un sistema de emisión vía satélite que permite monitorizar y analizar en “tiempo real” la red, por medio de la transmisión PMU.
- Automatización avanzada de subestaciones Por medio del protocolo de comunicaciones IEC 61850, que define el hardware y los requerimientos de comunicación a utilizar en el proceso de automatización de subestaciones. Este sistema se lleva a cabo por medio de un sistema de gestión de datos tipo SCADA, y varios concentradores de datos inteligentes con sus respectivos contadores inteligentes.
- Sistema de telemetría activa para monitorización del sistema de distribución Por medio de la tecnología PLC y el “Real-time Data Logging”, el protocolo IEC 61850 y los equipos correspondientes, se desarrolla un sistema avanzado de monitorización en la red de distribución.
- Smart M2M: Este sistema tiene como objetivo la eficiencia energética de la red, por medio de la reducción de los costes de gestión dinámica, reducción total de la energía de tipo industrial y la

protección de faltas basadas en DB. El servicio M2M se basa en la coordinación del sistema AMI gracias de la utilización y prueba de diferentes tecnologías de comunicación como ZigBee, RFID, BCDMA, WCDMA, WLAN, TRS y Ethernet.

Smartcity Santiago de Chile

Smartcity Santiago es un laboratorio-ciudad, que permitirá ir probando nuevas tecnologías de eficiencia energética en distintos ámbitos: electromovilidad, generación residencial, alumbrado público inteligente y, principalmente, en tecnologías para la gestión de la energía.

Figura 6. Características proyecto Smartcity Santiago de Chile

	Ubicación	Ciudad Empresarial, columna de Huechuraba, Chile	
	Entidad financiadora		
	Usuarios	3.000	
	Fecha de inicio	2014	
	Estado actual	En fase inicial	
	Entidades participantes		

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

Se pretende que con la extensión de las redes inteligentes y la generación distribuida se aminore la saturación de las redes eléctricas y los cortes en el suministro. Por tanto, conllevará ahorros en mantenimiento. Asimismo, posibilitará el uso de la energía disponible en el lugar, así como combustibles que se desechan en otros procesos, lo que se traduce en menor contaminación ambiental y mayor velocidad de respuesta frente al aumento de la demanda. El objetivo final es cumplir la meta de Chile relativa a la reducción del consumo energético del país en un 0.2 para el año 2025.

Bajo estas premisas y necesidades del sistema chileno, nace Smartcity Santiago, el primer prototipo de ciudad inteligente de Chile, que Chilectra ha implementado en el Parque de Negocios Ciudad Empresarial, en la comuna de Huechuraba. El proyecto Smartcity Santiago ha comenzado con el desarrollo de proyectos demostrativos a menor escala, realizados con la participación conjunta de las empresas eléctricas, los gobiernos nacionales y locales, los proveedores de tecnologías, los clientes empresas, universidades y los propios ciudadanos.

Entre las acciones llevadas a cabo en el proyecto Smartcity Santiago, destacan:

-
- Telemedición de consumos: El uso eficiente y sustentable de la energía es el punto principal y eje de lo que Smartcity Santiago a través de la medición telegestionada, o Smart metering, facilitada por la instalación de más de 100 medidores inteligentes.
 - Reducción del consumo en el alumbrado público: uso de tecnología LED que se combina con la aplicación de tecnologías más eficientes en cuanto ahorro y rendimiento energético.
 - Instalación de sistemas domóticos en las viviendas: permite la administración de los aparatos eléctricos de uso diario de forma remota. La posibilidad de programar tareas y administrar de manera remota los distintos dispositivos permite ahorros y un mayor control del consumo por parte del usuario.
 - Movilidad eléctrica: Smartcity Santiago cuenta con transporte público eléctrico. De este modo, se promueven los desplazamientos urbanos utilizando energía limpia, sin emitir emanaciones de CO₂, y con motores silenciosos.
 - Generación fotovoltaica: Smartcity Santiago cuenta con proyectos que utilizan la energía solar tanto para generar agua caliente sanitaria como electricidad.
 - Incorporación de sistemas para el despeje automático ante faltas eléctricas y medición inteligente, que incorpora medición bidireccional (cliente-empresa/empresa-cliente). De esta manera, la instalación de estas tecnologías permiten integrar las energías renovables a la red de distribución y una participación activa del consumidor en la gestión de energía.

Soluciones de Redes Inteligentes

A continuación se detallan las funcionalidades de redes inteligentes:

- Sistemas de medición avanzada
- Telegestión del alumbrado público
- Integración de generación distribuida renovable
- Incorporación de vehículos eléctricos
- Automatización de la red eléctrica

Tecnologías de la Información y Comunicación

Smartcity Santiago considera la medición telegestionada, o Smart metering, a través de la instalación de medidores inteligentes. Desde finales de 2011, Chilectra desarrolla un plan piloto que consta de la instalación de 100 medidores de última generación CERM1 de tecnología ENEL, que posibilitan la comunicación bidireccional entre cliente-empresa.

Proyecto Telegestión de Enel en España

En 2001 Enel inició el proyecto "TeleGestore" en ubicaciones de la geografía Italiana con el objetivo de sustituir por completo el contador convencional por el nuevo contador electrónico, completando a finales de marzo del año 2009, según indican los datos oficiales de Enel Distribuzione, el proceso de instalación de los contadores inteligentes a cerca de 31,8 millones de usuarios, de los cuales 31 millones con capacidad para operaciones de teledemida y telegestión.

Figura 7. Características proyecto Telegestión de Enel en España

	Ubicación	España: Andalucía, sur de Extremadura, Aragón, Cataluña, Islas Baleares e Islas Canarias	
	Entidad financiadora	Endesa Distribución	
	Usuarios	13.000.000	
	Fecha de inicio	2010	
	Estado actual	En fase de desarrollo, finalización estimada en 2018.	
	Entidades participantes	Endesa Distribución	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✗	✗

Fuente: CIRCE

El proyecto TeleGestore supuso una revolución técnica y tecnológica en la medida y gestión de la energía en las redes de distribución, dando los primeros pasos hacia la confección de una red más moderna e inteligente.

En paralelo a las contribuciones del TeleGestore y bajo el mismo marco de trabajo, esta iniciativa se traslada a España con el objetivo de desarrollar, instalación y poner en marcha un sistema de Telegestión para todos los usuarios de Endesa Distribución. El proyecto de Telegestión en España cuenta actualmente con más de 5 millones de contadores, que se gestionan remotamente por un centro de control operativo desde 2010.

La instalación del sistema de Telegestión supone toda una revolución tecnológica para las redes de distribución Españolas. No solo el ámbito de la gestión de la medida se ve influenciado, este proyecto

supone una nueva dimensión para todos los procesos del negocio en las redes de distribución, ya que el sistema se encuentra totalmente integrado con los sistemas comerciales, de modo que todas las operaciones requeridas por éste (cambios de contrato, altas o bajas de suministros, cambios de potencia contratada, etc.) se realizan de manera totalmente automatizada. Igualmente, los datos obtenidos del sistema de Telegestión servirán para mejorar la operación de la red y la planificación de la misma gracias a los registros avanzados y detallados de consumo y calidad de suministro.

El sistema de Telegestión presentado por la compañía supone que, antes del año 2018, todos los suministros de potencia igual o inferior a 15 kW de la red de Endesa Distribución (unos 13 millones), serán integrados en un nuevo sistema de facturación de la energía eléctrica basado en los consumos reales horarios de los usuarios.

Y por último, se ha determinado que próximamente los usuarios de la compañía podrán consultar sus consumos horarios, diarios o mensuales en una página web dispuesta por la propia compañía a servicio del cliente.

Soluciones de Redes Inteligentes

El proyecto de Telegestión, llevado a cabo en diferentes redes de distribución, otorga de este modo una serie de soluciones interesantes a la hora de evaluar el funcionamiento de una red más dotada tecnológicamente, y cada vez más cercana al concepto de red inteligente.

Para lograr una mejor identificación de las diferentes soluciones aportadas por este proyecto, se presentan una serie de funcionalidades que ayudan a comprender la extensión del mismo:

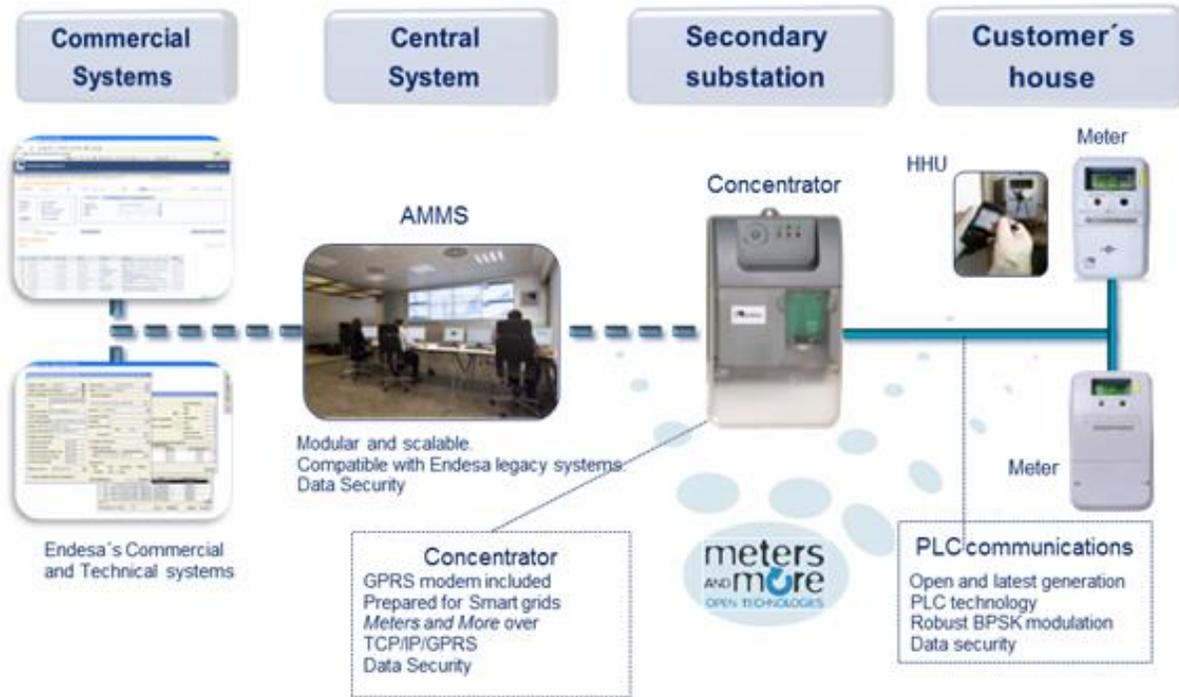
- Funcionalidades básicas:
 - Lectura remota de medidas de potencia y energía
 - Lectura remota de parámetros de calidad del suministro
 - Configuración remota de contratos y tarificación
 - Control de potencia máxima consumida
 - Control remoto de conexión y desconexión del suministro
 - Sincronización remota
 - Capacidad de control de cargas
 - Registro de alarmas y eventos

- Funcionalidades adicionales:
 - Auto-detección de los contadores
 - Adaptación automática de las comunicaciones a los cambios de topología
 - Actualización remota del firmware
 - Seguridad y privacidad mediante encriptación y autenticación
 - Detección automática de fase
 - Alarma de manipulación

Tecnologías de la Información y Comunicación

La arquitectura del sistema de Telegestión se basa en contadores inteligentes, con capacidad para ser gestionados de manera remota a través de un sistema central (AMMS), que tienen la capacidad de establecer una comunicación bi-direccional con los concentradores de datos, instalados en los centros de transformación.

Figura 8. Tecnología "Meters and More"



Fuente: Telegestore, ENEL España

Todo el sistema utiliza la tecnología "Meters and More" (CLC/TS50568-4 y CLC/TS50568-8) que especifica los modelos de datos, capas de aplicación y capas físicas.

La comunicación entre los concentradores y los contadores se realiza mediante tecnología PLC (al igual que en la mayoría de los sistemas de Telegestión desplegados o en despliegue en Europa), según la especificación anteriormente citada, mientras que la comunicación entre concentradores y sistema central se realiza a través de medios de comunicación basados en TCP/IP, fundamentalmente GPRS soportado por operadores públicos y se están probando nuevas tecnologías de comunicación compatibles con el sistema (fibra óptica, WiMax, etc).

Proyecto Baltimore Gas and Electric

La compañía de gas y electricidad de Baltimore (BGE) inició su proyecto de redes inteligentes en 2010. El proyecto incluye la mejora de su infraestructura de comunicación, así como el despliegue de alrededor de 575 contadores inteligentes, 202.906 dispositivos de control directo de la carga (DLC) y aproximadamente 150 termostatos inteligentes, que actúan durante los picos de consumo como parte de un plan de gestión de cargas. En este proyecto se desarrolla además un nuevo sistema de facturación basado en la medida inteligente, el Meter Data Management System. El MDMS utiliza de manera óptima las nuevas tecnologías de medida instaladas, permitiendo a BGE establecer un programa de reembolso en horas pico (PTR) para los clientes que permitan reducir el consumo durante esos periodos.

Figura 9. Características proyecto Baltimore Gas and Electric

	Ubicación	Baltimore, Maryland	 
	Entidad financiadora	Estado federal de Maryland	
	Usuarios	575.000	
	Fecha de inicio	2010	
	Estado actual	Finalizado en 2014	
	Entidades participantes	BGE	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✗	✗

Fuente: CIRCE

La compañía implementó un portal web para clientes e informes de gestión de la energía, que proporciona al usuario con información sobre las posibles mejoras en el comportamiento energético de cada caso, de manera a incentivar la eficiencia del consumo a nivel doméstico.

Finalmente, el proyecto de BGE se establece sobre un programa ya existente de control de carga directa, el PeakRewardsSM, que ofrece incentivos a los clientes que instalen los equipos de aire acondicionado centralizado y calentadores de agua. Y los objetivos que se consiguen son:

- Reducción de los costes de operación y mantenimiento.
- Mejora de la fiabilidad del servicio eléctrico de la compañía.

-
- Mejora de la atención al cliente: mejor atención ante problemas de suministro.
 - Permitir a los clientes la reducción de los costes derivados del consumo energético
 - Aplazar la inversión en expansión de la capacidad de los sistemas de transporte y distribución.
 - Reducción de los costes derivados del fraude energético.
 - Reducción de los gases de efecto invernadero.

Soluciones de Redes Inteligentes

Las soluciones de redes inteligentes identificadas son:

- Infraestructura de medida avanzada (AMI), representada por una serie de contadores inteligentes (SM).
 - Contadores inteligentes a nivel industrial y residencial.
 - Portal web para el consumidor.
 - Dispositivos de control directo de la carga.
 - Red de comunicaciones de medida.
 - Sistema de gestión de medida de datos.
- Gestión activa de la demanda.

Tecnologías de la Información y Comunicación

La infraestructura de comunicaciones para soportar las aplicaciones NAN / FAN se basa en una red bidireccional mallada de radio-frecuencia que consta de aproximadamente 1.25 puntos de acceso y repetidores, diseñados para conectar los contadores inteligentes con los sistemas centrales de la compañía. La empresa Verizon fue elegida para implementar las comunicaciones troncales, basadas en fibra óptica.

Proyecto Austin Energy Smart Grid

La empresa Austin Energy desplegó, a partir de 2003, 500 dispositivos aproximadamente, incluyendo 86 termostatos inteligentes, 410 contadores inteligentes, 2.5 sensores y 3 ordenadores y otros elementos de red. La primera fase del proyecto, denominada Smart Grid 1.0, fue completada en Octubre de 2009 y fue el primer despliegue Smart Grid completamente operacional en los Estados Unidos de América. El proyecto abarca la monitorización de la completa de la compañía en tiempo real para lo que se apoya de la red de comunicaciones; y el hardware y software necesarios para monitorizar, controlar y gestionar la generación, la distribución y el consumo de energía por cada uno de los clientes de Austin Energy.

La segunda fase del proyecto, Smart Grid 2 (también referida en algunos textos como The Pecan Street Project), se inició en Diciembre de 2008 Esta fase se centra en la influencia de la red inteligente sobre casas y los negocios a los que se les permita la posibilidad de instalar fuentes de generación distribuida – como por ejemplo placas solares en el tejado – conectadas a alguna forma de almacenamiento, combinadas con la integración del vehículo eléctrico. Adicionalmente se ha estudiado y se han planteado soluciones para preservar la estabilidad de la red cuando ese tipo de clientes quieran conectarse.

Figura 10. Características proyecto Austin Energy Smart Grid

	Ubicación	Austin, Tejas	 
	Entidad financiadora	Estado federal de Maryland	
	Usuarios	500.000	
	Fecha de inicio	2003	
	Estado actual	Completado en 2009.	
	Entidades participantes	Austin Energy, La ciudad de Austin, La camara de comercio de Austin, University of Texas, Applied Materials, Cisco, Dell, Freescale Semiconductor, GE, GridPoint, IBM, Intel, Microsoft, Oracle, SEMATECH consortium , Environmental Defense Fundation	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

Soluciones de Redes Inteligentes

En la primera fase del proyecto de Austin Energy, se pueden distinguir las siguientes soluciones de redes inteligentes:

- Sistemas de medida avanzada.
- Mejora en la atención y servicio al cliente
- Monitorización de sistemas energéticos
- Fiabilidad y seguridad del suministro eléctrico

En la segunda fase, la Smart Grid 2.0, se incluyen las siguientes soluciones:

- Integración de fuentes de generación distribuida –Solar y micro-eólica –
- Carga “plug-in” de vehículos tanto de híbridos como eléctricos
- Mejora de la operación de la red, incluyendo reducción de costes
- Disminución del fraude energético
- Mejor planificación y gestión de la demanda
- Reducción de necesidad de generación “extra” y mejora de capacidad de red transporte

Tecnologías de la Información y Comunicación

Austin Energy utiliza una combinación de redes de radio frecuencia malladas junto con redes de fibra óptica para permitir una variedad de funciones de red inteligente, incluyendo AMI, automatización de la distribución, SCADA y operación de contadores con multiservicios. La red también es compatible con la fijación de precios de tiempo de uso, la automatización de la distribución, gestión de la carga y aplicaciones de gestión de cortes (interrupciones) en la línea. La transmisión de datos se basa en una red robusta y mallada peer-to-peer en la banda de frecuencias 902-928 MHz que no requieren licencia de uso.

Proyecto China Southern Power Grid

De entre los proyectos de redes inteligentes desarrollados en China, destaca el despliegue de un sistema medición avanzada (AMI) para recoger información de uso de electricidad de todos los contadores instalados por Huawei, Hongdian y Mobile China para la empresa China Southern Power Grid (CSG). Ha sido el primer proyecto de red de distribución automatizada basado en la tecnología de comunicaciones inalámbrica LTE. Con este sistema se permite monitorizar en tiempo real el uso final de la electricidad, posibilitando la facturación precisa y la estimación de la demanda eléctrica. Además, el sistema puede detectar fallos en el medidor, controlarlos de forma remota y supervisar la red de electricidad completa, es decir, subestaciones, líneas de potencia y nodos primarios.

Figura 11. Características proyecto China Southern Power Grid

	Ubicación	Provincia de Guangdong	
	Entidad financiadora	China Southern Power Grid	
	Usuarios	No determinado	
	Fecha de inicio	2011	
	Estado actual	En fase de desarrollo.	
	Entidades participantes	- Huawei - Hongdian - China Mobile	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
✓	✓	✓	✓	✗	✗

Fuente: CIRCE

El proyecto llevado a cabo por CSG tiene un carácter altamente relacionado con la red de comunicaciones, clave a la hora de configurar una red inteligente, y consecuentemente tiene como principales objetivos los siguientes puntos:

- La conexión de áreas a las que no se puede llegar por cable, como por ejemplo áreas urbanas más antiguas.
- Aumentar y mejorar la cobertura de red de las conexiones públicas inalámbricas en la toma de datos de los contadores.

-
- Superar las limitaciones de corta distancia de las redes de comunicación inalámbricas, donde este tipo de tecnología solo resultaba conveniente para aplicaciones simples en negocios a pequeña escala, e imposible a la hora de orientarla hacia la gestión de servicios relacionados con la automatización de las redes de distribución.

Soluciones de Redes Inteligentes

Las soluciones aportadas en este proyecto son las siguientes:

- Sistema de medida avanzado.
- Incremento de la información de la red a nivel de usuario
- Detección de pérdidas no técnicas.
- Reducción en los costes de operación y mantenimiento de la red
- Mejora en calidad y fiabilidad de la red

Tecnologías de la Información y Comunicación

La infraestructura de comunicaciones se basa en redes celulares 2G y 3G. Cada contador cuenta con una tarjeta SIM. La información de la SIM se almacena directamente en el software del módulo de comunicaciones para evitar que los usuarios finales dejen fuera de servicio los contadores al extraerles la tarjeta SIM.

iGreen Grid

El Proyecto iGreen Grid nace en 2013 con el objetivo de crear un marco de trabajo común, entre varias entidades relacionadas con la distribución de energía, de manera a poder incrementar la capacidad de alojar generación renovable distribuida en las redes, sin comprometer a la fiabilidad y calidad del servicio y evaluando las barreras técnicas, económicas y regulatorias. El proyecto se basa en los resultados previamente obtenidos de 6 proyectos europeos de integración de renovables, algunos de ellos liderados por miembros del EEGI (European Electricity Grid Initiative).

Figura 12. Características proyecto iGreen Grid

	Ubicación	6 ubicaciones repartidas en toda Europa	
	Entidad financiadora	Comisión Europea	
	Usuarios	200.000	
	Fecha de inicio	2013	
	Estado actual	En fase de finalización, programada para 2015.	
	Entidades participantes	<p><u>Empresas Distribuidoras Europeas:</u> Unión Fenosa Distribución, S.A., Iberdrola Distribución (España), ERDF (Francia), ENEL (Italia), RWE (Alemania), Energie AG Netz (Austria), Salzburg AG (Austria), HEDMO (Grecia).</p> <p><u>Entidades Investigadoras:</u> AIT (Austrian Institute of Technology), Tecnalia (España), RSE (Ricerca sul Sistema Energetico, Italia), ICCS-NTUA (Universidad de Atenas, Grecia).</p>	

Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
X	✓	✓	✓	✓	X

Fuente: CIRCE

Las líneas de trabajo del proyecto iGreen Grid pueden ser divididas en tres partes: La definición de indicadores de funcionamiento, que permitan evaluar y medir los resultados de los distintos proyectos europeos; la captura de datos y comparativa entre los proyectos europeos de las diferentes distribuidoras; y las recomendaciones, o guía de integración, donde se seleccionan las mejores soluciones de cada proyecto

utilizado, elaborando un guía para la integración de fuentes de generación distribuida para la Comisión Europea.

Bajo este marco de trabajo común, se establecen los siguientes objetivos:

- Compartir el conocimiento adquirido
- Evaluación de otras iniciativas a nivel europeo, como las necesidades de red por resolver y las tecnologías necesarias para ello.
- Diseño de un entorno de simulación y evaluación que permita establecer nuevos conceptos de control y modelos de negocio.
- Análisis de soluciones en base a indicadores de rendimiento

Soluciones de Redes Inteligentes

Las principales funcionalidades consideradas son:

- Evaluación de la metodología de integración de energías renovables en las redes de distribución.
- Monitorización de las redes piloto utilizadas en los diferentes proyectos.
- Análisis y comparación de las soluciones obtenidas en función de los resultados de los KPIs seleccionados.
- Evaluación técnico-económica para la determinación de la solución “más prometedora” para la interoperabilidad Europea.
- Establecer un modelo de referencia y un plan de explotación para la integración de energías renovables en las redes de distribución Europeas.

2. Conclusiones de las Experiencias Internacionales

Tras el análisis de las experiencias internacionales más relevantes en proyectos relacionados con RIs, se concluye los puntos siguientes acerca de las funcionalidades más utilizadas.

En primer lugar, cabe mencionar la relativa novedad de proyectos de RIs, ya que todos ellos se han llevado a cabo desde hace poco más de 10 años. Los primeros proyectos nacen en 2001 y muchos de ellos se encuentran todavía en fase de desarrollo.

La base de los proyectos estudiados es la monitorización de la red, ya sea a través de la instalación masiva de contadores inteligentes acompañados de la correspondiente infraestructura de gestión, AMI, o a través de la implantación de diferentes niveles de monitorización en MT y BT.

Las funcionalidades principales de las experiencias internacionales con RIs son la gestión activa de la demanda para conseguir el aplanamiento de la curva de demanda, el aumento de los indicadores de calidad de suministros para mejorar el nivel de vida de los usuarios, el incremento de la eficiencia de la red para disminuir las pérdidas y las emisiones de CO₂ por la necesidad de generar menos energía y la integración de generación distribuida en la red.

A continuación se muestra una tabla que resume dichas experiencias internacionales con base a sus principales funcionalidades.

Tabla 2. Evaluación de las experiencias internacionales con base a sus principales funcionalidades.

	Gestión de la demanda y participación del usuario	Fiabilidad y calidad de red	Eficiencia de la red	Innovación del mercado	Generación distribuida a partir de ERNC	Desarrollo eléctrico para aumento de cobertura en las ZNI
PRICE	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Smartcity Málaga	✓	✓	✓	✓	✓	✗
DISCERN	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Smart Grid Corea	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Smartcity Santiago de Chile	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Telegestión Enel en España	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Baltimore Gas and Electric	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Austin Energy	✓	✓	✓	✓	✓	✗
China Southern Power Grid	✓	✓	✓	✓	✗	✗
iGreenGrid	✗	✓	✓	✓	✓	✗

Fuente: CIRCE

Como se puede observar, la mejora de la eficiencia de la red, la gestión de la demanda y la innovación del mercado, son los objetivos marcados en la totalidad de los proyectos de RIs analizados. Por otro lado, la

integración de la generación distribuida es una actividad menos común debido a la dificultad que representa, y a la necesidad de adaptar previamente la red eléctrica, para luego poder integrar fuentes de generación distribuida a nivel del consumidor sin poner en riesgo la estabilidad del sistema.

Por último, la ausencia de actividades enfocadas al aumento de la cobertura de las zonas con menores infraestructuras y usuarios se debe a que los proyectos se centran, fundamentalmente, en la mejora de las infraestructuras en zonas de carácter más urbano (o semi-urbano).