Capítulo 1: Introducción

1.1. Redes Eléctricas Inteligentes y Sistemas AMR

El concepto de Redes Inteligentes (Smart Grids) aplicado a la red de distribución de energía eléctrica se articula sobre el objetivo de la optimización de los procesos de generación, distribución y consumo de la energía eléctrica. En este sentido la tecnología de la información pone al servicio de compañías eléctricas y consumidores diversas herramientas que permiten realizar una gestión más eficiente de la energía.

Así, las redes inteligentes permiten la distribución de electricidad desde los puntos de generación hasta los puntos de consumo de forma óptima. La funcionalidad de control adicional se logra mediante el uso de tecnología digital bidireccional que hace factible el control de las necesidades del consumidor. Este control adicional redunda en un ahorro de consumo energético, una reducción de costes y un incremento de la usabilidad y transparencia de la red [33].

En el entorno actual, en el que la reducción de las emisiones de CO_2 y el calentamiento global son temas prioritarios para los organismos reguladores a nivel mundial, no cabe duda de que resulta fundamental para las compañías eléctricas la modernización de los sistemas de monitorización y control de modo que se lleve a cabo una sustitución progresiva de las redes eléctricas tradicionales por redes inteligentes a lo largo y ancho del planeta.

La red eléctrica de una determinada área geográfica no puede ser tratada como una entidad única, sino como un agregado de redes múltiples en la que conviven diversas compañías de generación de energía con múltiples operadores que emplean diferentes modos de comunicación y cuya coordinación no está automatizada en la mayoría de los casos [44].

Tal y como esquematizan las dos figuras mostradas a continuación, la denominada tecnología de Red Inteligente (RI) permite aumentar la conectividad, la automatización y la coordinación entre los diversos actores que forman parte del proceso de generación, transmisión, distribución, consumo de energía eléctrica e incluso operación y mantenimiento de la red eléctrica.

Figura 1.1 Red Eléctrica Tradicional

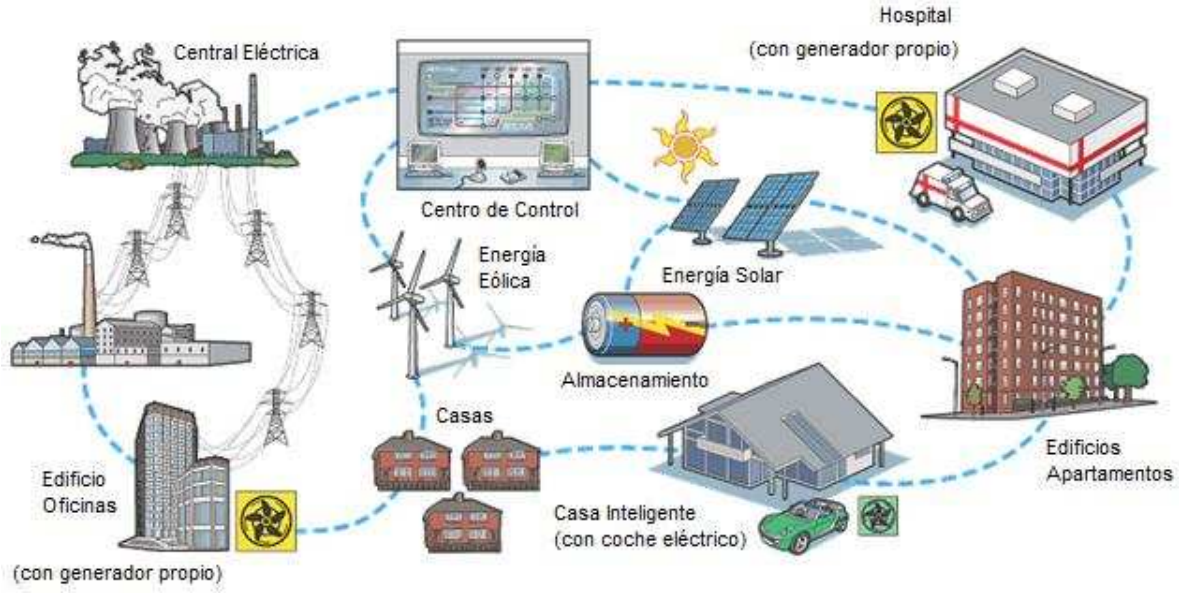

Figura 1.2 Red Eléctrica Inteligente

Por otra parte, la energía eléctrica ha sido históricamente distribuida haciendo uso de una topología de red en árbol con los centros de generación siempre ubicados aguas arriba y los puntos de consumo aguas abajo.

En la actualidad, los consumidores, tanto industriales como residenciales, cuentan también con capacidad de producción eléctrica, eólica y solar fundamentalmente, que les permite vender la energía excedente a las compañías eléctricas. De este modo, el paradigma de distribución de energía está cambiando y el flujo de energía eléctrica a través de la red varía en función del momento del día, la climatología, la estación, la demanda y otros factores [33].

En estas circunstancias, realizar una automatización de la red eléctrica que permita a las compañías eléctricas modernizar los sistemas de distribución, pasando de una red tradicional a una red inteligente resulta más que necesario. Dicha modernización, debe ser clave para optimizar la eficiencia del consumo energético, mejorar la gestión en

tiempo real de los flujos de potencia y proporcionar un sistema de medida bidireccional que permita compensar a los productores locales de energía.

Así, y a pesar de que las redes de transmisión y distribución eléctricas tanto Europeas como Americanas están ya controladas en tiempo real en mayor o menor medida, muchos de estos sistemas de control son anticuados según los estándares mundiales, e incapaces de afrontar los retos tecnológicos modernos, como pueden ser aquellos derivados de la naturaleza intermitente de ciertos tipos de generación de electricidad. Dicha modernización debe además fomentar una mayor competencia entre los proveedores y permitir un mayor uso de fuentes de energía renovables.

Algunas de las características de las redes inteligentes, y más en concreto de los sistemas AMR (Automatic Meter Reading), resultan poco notorias para los abonados. Sin embargo, otras como el uso de contadores inteligentes (Smart Meters) son evidentes para los consumidores.

Estos sistemas AMR, adecuadamente utilizados son una herramienta que permite a los consumidores mejorar la eficiencia del consumo energético. El enfoque consiste en hacer posible que los proveedores de energía dispongan de tarifas eléctricas variables de manera que dichas tarifas reflejen las diferencias existentes en los costos de generación de electricidad durante las horas pico o las horas valle. La capacidad de control de carga por parte de los abonados, permite programar el uso de grandes aparatos como calentadores de agua caliente que consumen grandes cantidades de electricidad fuera de las horas de punta cuando tanto la producción como el consumo de energía son más baratos [32].

En el conglomerado de soluciones de tecnología de la información para monitorizar y controlar la red eléctrica, convirtiéndola así en una red inteligente, los sistemas AMR son sin duda un elemento clave para obtener una interacción real con los consumidores y una gestión eficiente de la electricidad.

De forma resumida, las ideas fundamentales son las siguientes:

- Sistema inteligente de distribución de electricidad altamente automatizado e interconectado, a través del cual los proveedores de energía, los operadores y los consumidores están interconectados en una red
- Implementación de una red de información bidireccional paralela a la eléctrica, permitiendo un flujo de información en dos sentidos.
- Aprovechar la información para suministrar energía eléctrica de forma segura y al menor costo posible, con capacidad de respuesta en tiempo real que añade un valor operacional significativo.

Las siguientes citas ponen de manifiesto la relevancia a nivel político y social de las redes inteligentes:

- *"una nueva red inteligente… Ahorrará dinero, protegerá nuestras fuentes de energía de apagones y ataques, y establecerá una energía limpia alternativa"*

  Barak Obama, Presidente de los Estados Unidos de América

- *"La modernización del sistema de transporte eléctrico nacional debe ser parte integral de esto"*

  Steven Chu, Vice Secretario de los Estamos Unidos de América DOE

- *"Veréis, literalmente, una revolución energética"*

  Ken Salazar, Secretario de Interior de los Estados Unidos de América

1.2. Introducción a los Sistemas AMR

Los denominados sistemas AMR de lectura automática de contadores son una tecnología que permite la recolección automática de los datos de consumo, diagnóstico y estado de contadores tanto de energía eléctrica, como de gas o agua y los transfiere a distancia al centro de control de la empresa que presta el servicio de abastecimiento público correspondiente con el fin de minimizar los costes de lectura de contadores y facilitar el proceso de facturación basada en datos de consumo real.

Centrándonos en el caso del sector eléctrico, haciendo un análisis adecuado de esta información es posible optimizar el consumo y la producción de energía eléctrica adicionalmente.

Los componentes básicos de un sistema AMR son los siguientes:

- **Contadores Eléctricos**, dispositivos electrónicos que miden la cantidad de energía eléctrica suministrada a la residencia o negocio del abonado. Estos contadores son alimentados eléctricamente y constan de controladores electrónicos con una interfaz de comunicación que permita la transmisión de datos hasta el centro de control de la compañía eléctrica.
- **Concentradores de Datos**, dispositivos capaces de recibir la información procedente de los contadores y enviarla al centro de control donde se almacenarán la información procedente de los contadores para su posterior tratamiento.
- **Centro de Control**, equipado con un sistema basado en servidores capaz de recibir, almacenar y procesar la información de consumo de los contadores enviada desde los concentradores de datos.
- **Sistema de Comunicación**, que permita la transferencia de datos entre el contador eléctrico y el centro de control, incluyendo tecnologías de comunicación móviles, de radiofrecuencia, transmisión a través de las líneas de alimentación eléctrica o plataformas telefónicas tanto cableadas como inalámbricas.

1.3. Objetivo y Motivación del Proyecto

Actualmente, el cambio climático es sin duda uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la sociedad, y de no producirse una rápida actuación a escala mundial para estabilizar la temperatura de la superficie del planeta, los daños pueden resultar catastróficos y sin vuelta atrás.

La Unión Europea y otros organismos internacionales han propuesto una serie de medidas que permita atajar este problema. El objetivo no es otro que encontrar el camino hacia un futuro sostenible, con una economía que genere pocas emisiones de carbono y consuma menos energía.

Los compromisos adquiridos por la UE para el año 2020 son los siguientes:

- Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 20%.
- Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética.
- Promover las energías renovables hasta el 20%.

Obviamente, los sistemas de lectura automática de medidas como pilar básico de la solución de red eléctrica inteligente deben ser parte de la solución.

En 2009, fueron instalados 8 millones de contadores eléctricos inteligentes en Estados Unidos y 40 millones en Europa. De acuerdo con el análisis de penetración de Berg publicado en julio de 2010, la base de contadores de eléctricos inteligentes instalada en Europa crecerá a una tasa compuesta de crecimiento anual del 17,9% entre 2009 y 2015 para llegar a 111.4 millones al final del período [42].

Sin duda la inversión que las compañías eléctricas, sufragadas en última instancia por los consumidores (aún cuando reciban cierto apoyo de los gobiernos) será más que importante.

El reto es contribuir a crear compañías eléctricas eficientes y seguras capaces de satisfacer las demandas de energía de una sociedad que evoluciona de una manera sostenible y responsable:

- Aumentando la confiabilidad de la red eléctrica.
- Reduciendo los costes y las necesidades de inversión.
- Aumentando la eficiencia en la distribución de energía.
- Incorporando las fuentes renovables al mix de energías.
- Mejorando la satisfacción y el servicio al cliente.
- Afrontando los desafíos ambientales y tecnológicos que nos aguardan.

El objeto del presente trabajo fin de master, es hacer un análisis tanto a nivel técnico como a nivel legal de los sistemas AMR. Adicionalmente, se incluye un estudio económico de la rentabilidad de este tipo de sistemas, así como de los beneficios de estos sistemas desde el punto de vista de los diversos actores que forman parte del sistema eléctrico.

1.4. Contenido y Organización de la Memoria

La documentación provista en esta memoria está estructurada en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1: Introducción**

  En este capítulo inicial se hace una introducción al concepto de redes inteligentes aplicado a las redes de distribución de energía eléctrica y a las soluciones de lectura automática de contadores (AMR – Automatic Meter Reading). El propósito de dicha descripción es mostrar la motivación del proyecto en verdadera magnitud. Con posterioridad, se desarrollan los objetivos del proyecto.

- **Capítulo 2**: **Adquisición de Medidas en un Sistemas AMR**

  En este segundo capítulo se realiza un análisis técnico del equipamiento de medidas de un sistema automático de lectura, incluyendo en primer lugar los contadores y posteriormente los concentradores de datos.

- **Capítulo 3**: **Centro de Control en un Sistemas AMR**

  En este apartado se desarrollo un análisis técnico del equipamiento, tanto hardware como software, necesario en el centro de control de un sistema de este tipo, incluyendo tanto el propio AMR como el MDM (Meter Data Management).

- **Capítulo 4**: **Infraestructura de Comunicación de un Sistema AMR**

  El cuarto capítulo incluye un estudio de la infraestructura de comunicación necesaria para la recolección de datos. En primer lugar, se hace un análisis de las soluciones de mercado disponibles para implementar la comunicación entre el contador y el concentrador de datos. A continuación se desarrolla un análisis similar para el enlace de comunicación entre el concentrador de datos y el centro de control.

- **Capítulo 5**: **Implantación y Despliegue de un Sistema AMR**

  En este apartado se desarrollan las necesidades que debe de cubrir el equipo de trabajo de un proyecto de implantación y despliegue de un sistema AMR, prestando especial atención a la gestión del reemplazo de contadores y todo el procedimiento asociado.

- **Capítulo 6: Integración de Sistemas AMR**

  Este capítulo desarrolla un análisis de la integración del sistema de recolección de datos de lectura de contadores con los sistemas de tiempo real de la compañía eléctrica. Seguidamente se incluye un análisis de de la integración con los sistemas comerciales de la compañía.

- **Capítulo 7**: **Cambios en la Red Eléctrica y Sistemas AMR**

  Esta sección describe la evolución de la red eléctrica en lo relativo a la generación distribuida y la introducción del vehículo como elemento fuente-sumidero de energía incluyendo un análisis del impacto en los sistemas AMR.

- **Capítulo 8**: **Aspectos Legales de los Sistemas AMR**

  Aquí se realiza un estudio de la normativa legal en lo relativo a la protección de los datos y la seguridad en este tipo de sistemas. Posteriormente se hace un estudio de la normativa aplicable en las diversas geografías.

- **Capítulo 9: Conclusiones del Trabajo**

  Este último capítulo incluye una valoración del estudio sobre los sistemas AMR desarrollado, un análisis económico de la viabilidad de este tipo de proyectos y pone de manifiesto los beneficios de estos sistemas tanto desde el punto de vista del abonado como desde el punto de vista de la compañía eléctrica.