

CENTRO POLITÉCNICO SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERIA INDUSTRIAL

**REDES INTELIGENTES DENTRO DEL PROGRAMA
MARCO: ANÁLISIS DE IMPACTO Y DESARROLLO
DE UN PLAN DE I+D**



AUTOR: ENRIQUE MORGADES PRAT
DIRECTOR: ELENA CALVO GALLARDO
PONENTE: ANDRÉS LLOMBART ESTOPIÑÁN

Noviembre de 2010

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a Elena Calvo y a Andrés Llombart, por haberme dirigido este proyecto fin de carrera. Por todas sus atenciones, y el apoyo que me han dado.

En estos agradecimientos no pueden faltar mi familia. Este proyecto se lo dedico a mis padres, Enrique y Carmiña, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, y con el que siempre sé que voy a contar. Es sin duda, gracias a ellos, que he podido llegar hasta aquí. También a mi hermana, Claudina, por su ayuda, por su cercanía y por todos los buenos momentos que siempre hemos pasado juntos, y en especial en estos últimos años.

A mi abuela Tere y a mi Tía Mari Mey, que sin duda, son de las personas que más ilusionadas están con que termine este proyecto. Siempre me han transmitido su ilusión y cariño.

A todos mis amigos y gente que me rodea, con los que también vivo el día a día, y que por ello también me han acompañado en la realización de este proyecto. Algunos fuera, otros en Zaragoza, pero en cualquier caso, siempre cerca.

Este proyecto significa el final de una etapa, y el comienzo de otra que espero depare tantas o más alegrías que ésta que termina, con todo lo nuevo que supone, pero sin cambiar lo de siempre.

¡Gracias a todos!

REDES INTELIGENTES DENTRO DEL PROGRAMA MARCO: ANÁLISIS DE IMPACTO Y DESARROLLO DE UN PLAN DE I+D

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fin de carrera es proporcionar un plan para mejorar la I+D de CIRCE en el ámbito de las redes de distribución inteligentes. Para ello, se ha realizado un análisis de impacto de las iniciativas y actividades de I+D de la Unión Europea relacionadas con las redes inteligentes, prestando una especial atención a aquellas desarrolladas en el Sexto y Séptimo Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la Unión Europea. La información obtenida se ha contrastado con las actividades y capacidades de I+D de CIRCE.

Los estudios que se han llevado a cabo para poder alcanzar la meta del proyecto y obtener las citadas recomendaciones son:

- Identificación de iniciativas Europeas relacionadas con el área de redes inteligentes y comparación con iniciativas de EEUU y Japón.
- Estudio de los principales proyectos europeos, en ejecución y finalizados, relacionados con las redes inteligentes y el almacenamiento eléctrico.
- Identificación de los principales agentes involucrados en los proyectos analizados.
- Análisis de las necesidades de I+D en Europa para el desarrollo de las redes inteligentes en diferentes áreas tecnológicas, como el almacenamiento eléctrico, electrónica de potencia, sistemas de medida y tecnologías de la información y la comunicación.
- Análisis de las principales hojas de ruta Europeas hasta 2020 en las tecnologías relacionadas.
- Estudio de la situación actual de CIRCE en relación con las *Smart Grids*, mediante el análisis de los proyectos realizados, infraestructuras de I+D disponibles, capacidades y foros en los que se participa.

A partir del análisis previo, se ha desarrollado un plan de I+D para CIRCE en el campo de las *Smart Grids*, que consiste en:

- Identificación de proyectos y líneas prioritarios.
- Desarrollo de las infraestructuras de I+D.
- Identificación de redes, foros y entidades de referencia.
- Estructuración de las actividades de CIRCE para la participación en iniciativas Europeas.
- Evaluación económica del plan propuesto.

Índice

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 MARCO POLÍTICO: OBJETIVOS E INICIATIVAS ESTABLECIDOS | 3 |
| 2.1 OBJETIVOS E INICIATIVAS DE LA AIE | 3 |
| 2.2 OBJETIVOS E INICIATIVAS DE LA UE | 3 |
| 2.3 OBJETIVOS E INICIATIVAS DE EEUU Y JAPÓN | 4 |
| 3 CAPACIDADES DE I+D EN LA UE | 5 |
| 3.1 PROYECTOS DE I+D REALIZADOS | 5 |
| 3.2 EMPRESAS..... | 6 |
| 3.3 CENTROS DE I+D Y UNIVERSIDADES | 6 |
| 4 NECESIDADES DE I+D EN EUROPA | 8 |
| 4.1 NECESIDADES RELACIONADAS CON EL TRANSPORTE | 8 |
| 4.2 NECESIDADES RELACIONADAS CON LA DISTRIBUCIÓN | 9 |
| 5 DIRECCIÓN DE I+D EN LA UNIÓN EUROPEA | 11 |
| 5.1 INICIATIVA INDUSTRIAL EUROPEA EN REDES ELÉCTRICAS | 11 |
| 5.2 HOJAS DE RUTA DE LOS PARTENARIADOS PÚBLICO-PRIVADOS | 12 |
| 5.3 HOJA DE RUTA DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE REDES INTELIGENTES..... | 12 |
| 5.4 ESCENARIO PLANTEADO POR DOS ASOCIACIONES EUROPEAS..... | 12 |
| 6 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE CIRCE EN EL CAMPO DE LAS REDES INTELIGENTES..... | 14 |
| 6.1 CAPACIDAD Y EXPERIENCIA DE CIRCE | 14 |
| 6.1.1 <i>Proyectos Previos.....</i> | 14 |
| 6.1.2 <i>Infraestructuras de I+D disponibles</i> | 14 |
| 6.1.3 <i>Redes y foros en los que participa CIRCE</i> | 17 |
| 6.2 ANÁLISIS DEL ENCAJE DE LA ACTIVIDAD ACTUAL EN LAS HOJAS DE RUTA EUROPEAS..... | 18 |
| 7 PLAN DE DESARROLLO DE CIRCE | 20 |
| 7.1 ORIENTACIONES AL DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES DE CIRCE | 20 |
| 7.1.1 <i>Identificación de proyectos y líneas prioritarios</i> | 20 |
| 7.1.2 <i>Desarrollo de las infraestructuras de I+D.....</i> | 20 |
| 7.2 REDES, FOROS Y ENTIDADES..... | 22 |
| 7.2.1 <i>Criterios de selección de redes y foros de interés.....</i> | 22 |
| 7.2.2 <i>Identificación y procedimiento de participación en las redes y foros</i> | 23 |
| 7.2.3 <i>Entidades de referencia</i> | 24 |
| 7.3 ESTRUCTURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CIRCE PARA LA PARTICIPACIÓN EN INICIATIVAS EUROPEAS..... | 25 |
| 7.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN PROPUESTO | 26 |
| 8 CONCLUSIONES | 28 |
| ANEXO I - EMISIONES Y CONSUMOS ENERGÉTICOS..... | 1 |
| ANEXO II - INICIATIVAS EN REDES INTELIGENTES ANALIZADAS | 5 |
| ANEXO III - ANÁLISIS DE PROYECTOS DE I+D EN LA UE | 19 |
| ANEXO IV - DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA LA VALORACIÓN DE NECESIDADES DE I+D | 71 |
| ANEXO V - HOJAS DE RUTA ANALIZADAS | 88 |
| ANEXO VI - PROYECTOS Y LÍNEAS DE I+D DE CIRCE | 103 |

| | |
|--|------------|
| ANEXO VII – LABORATORIOS Y CAPACIDADES DE I+D DE CIRCE..... | 110 |
| ANEXO VIII – REDES Y FOROS..... | 117 |
| ANEXO IX – VALORACIÓN ECONÓMICA | 123 |
| ANEXO X – INFORME DE EMPRESAS..... | 124 |
| ANEXO XI – GLOSARIO Y DEFINICIONES | 161 |
| ANEXO XII – BIBLIOGRAFÍA | 163 |

Indice de figuras en Anexos

| | |
|---|----|
| Figura 1: Cambios en las emisiones de Gases de efecto invernadero en porcentaje. 1990 – 2007..... | 1 |
| Figura 2: Tendencias de emisiones de gases de efecto invernadero. 1990 -2007..... | 2 |
| Figura 3: Evolución de emisiones de GEI en % más escenarios futuros. Fuente: Departamento de Energía Europeo..... | 3 |
| Figura 4: Evolución de producción por Renovables en Europa más previsión hasta 2020. Fuente: EWEA | 3 |
| Figura 5: Escenario de reducción de emisiones marcado por la IEA..... | 15 |
| Figura 6: Hoja de ruta de Redes Eléctricas..... | 90 |
| Figura 7: Hoja de ruta de Ciudades Inteligentes..... | 90 |
| Figura 8: Niveles en los que la Iniciativa divide a la Red para el desarrollo futuro | 91 |
| Figura 9: Gráfico de Hitos para la hoja de ruta de Green Cars..... | 95 |
| Figura 10: Hoja de ruta de integración en red de la PPP de Green Cars. | 96 |
| Figura 11: Estructura de la Agenda Estratégica de Investigación | 97 |
| Figura 12: Gráfica de evolución de la demanda energética hasta 2050 en Mtoe según EREC..... | 99 |

Indice de tablas en Anexos

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Consumo total de electricidad (billones de kWh) | 2 |
| Tabla 2: Proyectos de Infraestructuras eléctricas financiados | 8 |
| Tabla 3: Proyectos de Offshore financiados | 9 |
| Tabla 4: Áreas tecnológicas para las redes inteligentes identificadas por la IEA | 16 |
| Tabla 5: Barreras para el desarrollo e inversión en las redes inteligentes..... | 17 |
| Tabla 6: Proyecto FENIX | 20 |
| Tabla 7: Proyecto RELIANCE..... | 21 |
| Tabla 8: Proyecto SOLID-DER..... | 22 |
| Tabla 9: Proyecto UNIFLEX-PM | 23 |
| Tabla 10: Proyecto EU-DEEP..... | 25 |
| Tabla 11: Proyecto OPERA..... | 26 |
| Tabla 12: Proyecto ECCOFLOW | 27 |
| Tabla 13: Proyecto G4V | 28 |
| Tabla 14: Proyecto MERGE | 29 |
| Tabla 15: Proyecto SMART GRIDS ETPS | 30 |
| Tabla 16: Proyecto OPEN METER | 31 |
| Tabla 17: Proyecto IRENE 40 | 32 |
| Tabla 18: Proyecto REALISEGRID..... | 33 |
| Tabla 19: Proyecto SUSPLAN | 34 |
| Tabla 20: Proyecto PEGASE..... | 35 |
| Tabla 21: Proyecto ADDRESS..... | 36 |
| Tabla 22: Proyecto ANEMOS-PLUS | 37 |
| Tabla 23: Proyecto CRISTAL | 38 |
| Tabla 24: Proyecto INTEGRAL..... | 39 |
| Tabla 25: Proyecto ADINE | 40 |
| Tabla 26: Proyecto VSYNC..... | 41 |
| Tabla 27: Proyecto GROW-DERS | 42 |
| Tabla 28: Proyecto WINDGRID | 43 |
| Tabla 29: Proyecto MORE MICROGRIDS | 44 |
| Tabla 30: Proyecto DER-LAB | 45 |
| Tabla 31: Proyecto HESCAP | 46 |
| Tabla 32: Proyecto NANOHY | 47 |
| Tabla 33: Proyecto NESSHY | 48 |
| Tabla 34: Proyecto ALISTORE | 49 |
| Tabla 35: Proyecto POMEROL | 50 |

Índices

| | |
|---|-----|
| Tabla 36: Proyecto DESIRE | 51 |
| Tabla 37: Proyecto SMARTHOUSE-SMARTGRID..... | 52 |
| Tabla 38: Proyecto OPERA 2 | 53 |
| Tabla 39: Proyecto FLYHY..... | 54 |
| Tabla 40: Proyecto HIPERDNO..... | 55 |
| Tabla 41: Proyecto DLC+CIT4IP | 56 |
| Tabla 42: Proyecto MIRACLE | 57 |
| Tabla 43: Proyecto OPENNODE | 58 |
| Tabla 44: Proyecto ICOEUR | 59 |
| Tabla 45: Proyecto SEESTOC..... | 60 |
| Tabla 46: Proyecto OPTIMATE..... | 61 |
| Tabla 47: Proyecto LASTBEG | 62 |
| Tabla 48: Proyecto TWENTIES..... | 63 |
| Tabla 49: Proyecto EWIS | 64 |
| Tabla 50: Proyecto IS-POWER..... | 65 |
| Tabla 51: Participaciones por país en los proyectos analizados | 66 |
| Tabla 52: Liderazgo por país de los proyectos analizados..... | 67 |
| Tabla 53: Entidades con 3 o más participaciones | 69 |
| Tabla 54: Planificación de los proyectos 2010-2018 a nivel de transporte de energía ... | 92 |
| Tabla 55: Planificación de los proyectos 2010-2018 a nivel de distribución de energía | 92 |
| Tabla 56: Planificación de los proyectos 2010-2018 a nivel de coordinación entre transporte y distribución | 93 |
| Tabla 57: Reparto del presupuesto de la EEGI en actividades de I+D y Demostración.... | 93 |
| Tabla 58: Beneficios e indicadores clave de la hoja de ruta de Redes Eléctricas | 94 |
| Tabla 59: Redes y Foros en los que participa CIRCE..... | 117 |
| Tabla 60: Desglose de la valoración económica..... | 123 |

MEMORIA

1 Introducción

La política energética de la Unión Europea (UE), persigue las siguientes metas, recogidas en el tratado de Lisboa [8]:

- Garantizar el funcionamiento del mercado de la energía.
- Garantizar la seguridad del abastecimiento energético de la Unión.
- Fomentar la eficiencia energética y el ahorro energético, así como el desarrollo de energías nuevas y renovables.
- Fomentar la interconexión de las redes eléctricas.

El Consejo de marzo de 2007, refrendó los objetivos cuantitativos para 2020 que propuso la Comisión Europea en su Comunicación “*Una política energética para Europa*” [10]. Estos objetivos, llamados del 20/20/20, son:

- 20% de reducción de emisiones de efecto invernadero (GEI) respecto a los niveles de 1990.
- 20% de aumento en la eficiencia energética.
- 20% de generación eléctrica proveniente de fuentes renovables.

El consumo de energía eléctrica representa un 19,95% [IPCC] de la energía final en la UE. En el Anexo I se muestra la evolución del consumo eléctrico, así como de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas, según se recoge en el último Informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

Aunque los niveles de emisiones de GEI han disminuido con respecto al año de referencia 1990, el escenario planteado por la Agencia Europea del Medioambiente (EEA) intensifica las políticas encaminadas a la reducción de emisiones de GEI. Una de las principales medidas es la implantación masiva de energías renovables, que como se muestra en el Anexo I, ha ido creciendo hasta el año actual y se prevé que continúe haciéndolo hasta el 2020 para alcanzar los objetivos marcados por la UE.

Las redes inteligentes, o *Smart Grids*, juegan un papel clave, como elemento facilitador, para la consecución de los objetivos 20/20/20, debido a su capacidad para:

- Mejorar la conexión y operación de las energías renovables.
- Optimizar la operación y utilización de la red, reduciendo pérdidas.
- Considerar al consumidor en la operación del sistema, suministrándole más y mejor información, así como opciones para la gestión de su demanda.
- Reducir el impacto ambiental de la red.
- Mejorar la fiabilidad de la red, garantizando la seguridad y calidad de suministro.
- Integrar el mercado eléctrico en la Unión Europea.

En el presente proyecto fin de carrera se analiza el desarrollo de las redes inteligentes en el marco Europeo, así como los sistemas de almacenamiento eléctrico. El objetivo de este análisis es orientar las actividades de I+D de la División Eléctrica de CIRCE con las líneas que se están siguiendo en la UE. Esta orientación pretende mejorar la participación de la División Eléctrica de CIRCE en proyectos europeos. A continuación se describe la metodología empleada.

Inicialmente se ha realizado un estudio del marco político actual, teniendo en cuenta Europa y, de forma muy breve, EEUU y Japón. En Europa, se ha analizado el principal documento de tecnología energética para la Unión, el Plan Estratégico de Tecnología Energética – SET Plan [13] – que marca las directrices a seguir en el sector energético.

Posteriormente, se han analizado las capacidades de I+D en Europa. Para ello, se ha realizado un estudio de los proyectos que se han financiado dentro del Programa Marco de Investigación y Desarrollo, en su sexta y séptima edición, en el área de las redes eléctricas inteligentes y dispositivos de almacenamiento de energía. Se han estudiado 44 proyectos entre 2003 y 2010 identificando sus principales agentes – empresas, universidades y centros tecnológicos – y analizando las tecnologías desarrolladas.

A continuación, se ha realizado una evaluación de las necesidades de I+D en Europa para el desarrollo de las redes inteligentes. Para poder valorarlas, se ha consultado:

- Los informes realizados por los grupos de trabajo para el desarrollo de las *Smart Grids* de la Comisión Europea. Son tres grupos formados por expertos en diferentes temas relacionados.
- La agenda estratégica de investigación para el desarrollo de las Redes de Distribución Inteligentes publicada por la Plataforma Tecnológica Europea de *Smart Grids*.
- Un informe de la Comisión Europea sobre las necesidades de desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para ser habilitadores de las redes eléctricas del futuro.

Posteriormente, se han analizado las hojas de ruta de I+D europeas planteadas para 2020 en redes inteligentes, integración de renovables en la red y vehículo eléctrico. Dichas hojas de ruta marcan las líneas de investigación a seguir en esos sectores y la financiación necesaria para su ejecución.

Seguidamente, se ha estudiado la situación actual de CIRCE, teniendo en cuenta:

- Proyectos relacionados con redes eléctricas, integración de renovables y coche eléctrico.
- Infraestructuras de I+D existentes.
- Capacidades tecnológicas en el campo que ocupa al presente proyecto

Además, se ha analizado la correspondencia entre los proyectos de CIRCE en ejecución y las hojas de ruta nombradas, para evaluar el encuadre actual de CIRCE en Europa.

En paralelo, se han examinado las asociaciones, foros, redes y plataformas europeos relacionados con las *Smart Grids*. Se ha identificado en cuales de ellos sería de especial interés para CIRCE mantener una participación más activa, así como aquellos en los que CIRCE todavía no colabora y sería interesante que lo hiciera.

Además, se han identificado entidades de referencia con las que sería interesante establecer alianzas para la participación conjunta en proyectos europeos.

Este plan se completa con una pequeña estructuración de las actividades de CIRCE para la participación en iniciativas Europeas y su valoración económica. Finalmente, considerando las conclusiones de los análisis previos, se han planteado unas orientaciones para la I+D de CIRCE. En ellas se recomiendan nuevas líneas de investigación para mejorar su alineación con las hojas de ruta europeas.

2 Marco político: objetivos e iniciativas establecidos

2.1 Objetivos e iniciativas de la AIE

La Agencia Internacional de la Energía (AIE), es un organismo intergubernamental que asesora en política energética a sus 28 estados miembros, países que son principales potencias económicas mundiales, y que, en su conjunto, suponen un 45% del consumo energético mundial.

La Agencia ha publicado un informe [23] en 2010, brevemente resumido en el Anexo II, en el que analiza las perspectivas en tecnología energética con vistas a un escenario marcado para 2050. Dicho escenario supone la reducción en un 50% de las emisiones de GEI para 2050 con respecto a los niveles de 2000, mediante implantación de tecnologías renovables y captura de CO₂.

En el ámbito de las redes eléctricas se definen las siguientes áreas principales de desarrollo tecnológico: (1) control, (2) la electrónica de potencia para permitir una mejor integración de sistemas y de la comunicación, (3) sistemas de medida inteligentes y (4) almacenamiento eléctrico (éste último está mejor detallado en el informe de necesidades de almacenamiento según la AIE [22]).

Adicionalmente, la agencia identifica barreras para la implantación de las *Smart Grids*:

- Barreras de mercado
 - Falta de normativa común
 - Aseguramiento de la seguridad y privacidad de los datos
- Barreras de desarrollo tecnológico
 - Falta de coordinación de la investigación y falta de proyectos de demostración
 - Limitación del conocimiento de las redes en la planificación pública

2.2 Objetivos e iniciativas de la UE

El Plan Estratégico de Tecnología Energética (SET Plan [13]) es el pilar tecnológico de la Política Energética de la UE. Publicado por la Comisión Europea (CE) en 2007, establece un nuevo sistema de gobernanza para la I+D+i en materia energética.

El SET Plan selecciona las tecnologías más prometedoras para la consecución de los objetivos 20/20/20, entre las que se encuentran las redes de distribución. Los objetivos fijados por el mapa tecnológico que acompaña al SET Plan [14, 16] en redes son:

- Conseguir una regulación actualizada en lo relacionado con el sistema eléctrico
- Establecer acciones coordinadas en la I+D de tecnologías
- Desarrollar grandes proyectos de demostración
- Mejorar y desarrollar tecnologías de almacenamiento.

Para conseguir los objetivos marcados para las redes eléctricas, se prevé necesaria una inversión de 2.000 M€ articulada en proyectos de investigación y desarrollo y 20 grandes proyectos de demostración. Estos fondos provendrán de los Estados Miembros, la industria, y dinero ya existente en fondos del banco Europeo.

En 2009, la CE lanzó el Programa Europeo de Energía para la Recuperación [15] con el objetivo de acelerar las inversiones en proyectos de infraestructura y tecnología energética, mejorar la seguridad de suministro y conseguir los objetivos el 20/20/20.

Este programa ha financiado, entre otros, 7 proyectos de infraestructuras de red, con un total de 705 M€.

También en 2009, la CE lanzó el Plan Europeo de Recuperación Económica para frenar la crisis económico-financiera en la UE. Este plan incluye la creación de Partenariados Público-Privados (PPP) para la aceleración del desarrollo tecnológico en los sectores de: (1) Vehículo eléctrico, (2) Edificios energéticamente eficientes, (3) Fábricas del futuro y (4) Internet del futuro. Todos estos Partenariados tratan, en mayor o menor medida, las redes inteligentes. Entre todos ellos, suponen un presupuesto para actividades de I+D de 7.200 M€ entre los años 2010 y 2013.

El principal instrumento actual de la Comisión para obtener los fondos que se han expuesto previamente en proyectos de I+D y de demostración es el Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la Unión Europea. Actualmente, se encuentra en su séptima edición (2007 a 2013). El séptimo Programa Marco, cuenta con una dotación de más de 50.000 M€, de los cuales, 32.000 M€ están dedicados al Programa de Cooperación, en el que se desarrollan los proyectos de I+D y de demostración. Los Temas del Programa de Cooperación en los que encajan las actividades relativas a redes inteligentes son el de Energía y el de Tecnologías de la Información y la Comunicación, contando ambos con una financiación de 11.400 M€.

Otra de las iniciativas mediante la que se propone fomentar el desarrollo en el campo de las redes eléctricas es la que se recoge en el artículo 185 del tratado de la Unión, antiguo artículo 169. Con esta iniciativa se permite la creación de un fondo para la I+D referido a metrología, por parte de los países interesados, para el desarrollo de actividades de investigación por parte de los centros de I+D nacionales. La metrología eléctrica es uno de los campos a desarrollar en las *Smart Grids*.

2.3 Objetivos e iniciativas de EEUU y Japón

En el Plan de Reactivación de la Economía en Estados Unidos (EEUU) hay una partida de 11 billones de \$ para I+D y demostración en el apartado de redes inteligentes, y de 2,4 billones para almacenamiento. Éste último, se encuentra muy ligado al vehículo eléctrico, debido a la importancia del sector automovilístico en la economía del país [3].

EEUU tiene su propio plan de I+D en el ámbito de las redes eléctricas, con unos objetivos marcados a conseguir en 2030, con vistas a disminuir los consumos (20% de reducción de demanda pico), reducir emisiones y mejorar la eficiencia (40% de mejora de eficiencia con respecto a 2008), así como reforzar la infraestructura de red.

Algo similar ocurre en Japón, que en 2006 publicó su estrategia energética nacional [24]. La oficina para el Desarrollo Energético (NEDO) coordina las acciones de investigación para lograr llegar a los objetivos marcados por la directiva estratégica: 30% de mejora en eficiencia, 40% de reducción de dependencia de petróleo en generación eléctrica y 80% en transporte.

En el Anexo II se puede encontrar información más detallada de los objetivos e iniciativas en Europa, EEUU, Japón y España.

3 Capacidades de I+D en la UE

3.1 Proyectos de I+D realizados

Con el fin de analizar las capacidades de I+D que existen en la Unión Europea, se ha realizado un estudio de los proyectos financiados a través del Programa Marco de Investigación y Desarrollo de la Unión Europea, desde el año 2003 hasta el año 2010. De esta forma se recogen todos los proyectos del Sexto Programa Marco (6PM), y aquellos correspondientes a los cuatro primeros años del Séptimo Programa Marco (7PM).

Los proyectos que se han analizado son aquellos que tienen relación con las redes inteligentes, la penetración de las energías renovables en la red y los grandes sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. El total de proyectos financiados, en estas áreas, dentro de los dos programas es de 44.

En el Anexo III se puede ver una tabla resumen de cada uno de los proyectos analizados, en la que se muestra la financiación de cada uno de ellos, el Programa al que pertenecen y las entidades que participan en el mismo, con el país al que pertenecen.

En total, la financiación que se ha dado por parte de la Unión Europea en los proyectos analizados asciende a más de 192 M€, repartidos en 44 proyectos, lo que hace una media de 4.378.864 € por proyecto.

Si se realiza un análisis más en profundidad, se observa que el volumen de los proyectos, crece considerablemente en el Séptimo Programa Marco con respecto al Sexto, pasando de 3.676.900 € en el 6PM a 4.890.453 € en el 7PM.

Con esta subida media de la financiación por proyecto se confirma:

- El mayor esfuerzo que se está realizando en la I+D para las Redes Inteligentes
- La tendencia de la Comisión de financiar proyectos grandes, con un mayor número de socios y que tengan un mayor impacto.

La mayoría de los proyectos se financian a través del programa de Energía del Programa Marco, un total de 38, con una financiación media de 4.390.060 €. Pero a partir del Séptimo Programa Marco, se han comenzado a financiar proyectos desde el Programa de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), ya que se consideran cada vez más importante las comunicaciones y gestión de la información para el desarrollo de las redes de distribución inteligentes. En total, se han financiado 6 proyectos relacionados en el programa de TIC, con una financiación media de 4.611.100 €.

Dentro de los 44 proyectos analizados, 24 de ellos son proyectos colaborativos, con mayor financiación (6.150.000 € de media), alcance y número de socios, incluyendo, en muchos casos, actividades de demostración.

Los proyectos recientes más relevantes que se han llevado a cabo, considerando el consorcio, el presupuesto y a los temas abordados, son:

- TWENTIES: Operación del sistema de transmisión con gran penetración de eólica y otras fuentes de energías renovables en redes mediante herramientas innovadoras y nuevas soluciones para la gestión de la energía.
- EU-DEEP: Nacimiento de un Partenariado de Energía distribuida a nivel Europeo que ayudará a la implementación a gran escala de los recursos de energía distribuida en Europa.
- OPERA 1 & 2: Alianza Europea de Investigación para las comunicaciones en las redes eléctricas.

- ADDRESS: Distribución activa en redes eléctricas con total integración de la demanda y de las fuentes de energía distribuida.
- PEGASE: Simulación avanzada de la red eléctrica Europea y estimaciones del estado actual de la red.
- FENIX: Redes eléctricas flexibles para la integración de la evolución energética esperada.

3.2 Empresas

Como se ha expuesto anteriormente, además de considerar la financiación de los diferentes proyectos, se han analizado las entidades que participan en cada uno de ellos.

En las tablas de los proyectos recogidas en el Anexo III, la primera entidad que aparece es el líder o coordinador del proyecto. El total de entidades que han participado en estos proyectos es de 345.

Los datos más significativos para analizar la participación de un país, son el número de participaciones de sus entidades y el porcentaje de liderazgo. En ambos casos, se puede comprobar que España es el país con más participaciones y liderazgo de proyectos. En concreto, el porcentaje de participación de entidades españolas es del 14,52%, que junto con las alemanas (14,02%) son los más grandes. Por detrás están Francia e Italia, con menos de un 10% cada una.

En lo que a liderazgos se refiere, España cuenta con un mayor número de proyectos coordinados, pero está más parejo en este caso, junto a Francia, Reino Unido y Alemania.

La empresa que cuenta con un mayor número de participaciones es EDF, francesa, con una total de 17, seguidas por Iberdrola (12) y Red Eléctrica de España (10). Además, la empresa que participa en más proyectos como líder es Iberdrola. Con estos datos, se puede concluir que el esfuerzo que realizan las empresas españolas en la I+D en las *Smart Grids* es importante.

Otras empresas que tienen una gran participación son: Siemens (8), Vattenfall (7), ABB (6), RWE (6) y Cesi Ricerca (6).

En el Anexo X se pueden encontrar varios informes breves de empresas que son actores fundamentales en el marco de las Redes Inteligentes y el almacenamiento de energía eléctrica, así como otras que tienen relación aunque juegan un papel menos importante a nivel Europeo.

3.3 Centros de I+D y Universidades

Los centros de I+D y las Universidades tienen un papel importante en el desarrollo de las tecnologías para las *Smart Grids*.

No es muy común que un Centro Tecnológico o una Universidad sea el líder de un proyecto, ya que, el liderazgo por parte de una empresa acerca los conocimientos o conclusiones al mercado, acelerando su implementación.

Pero, en cualquier caso, sí que se observa una presencia importante de este tipo de entidades en los proyectos, ya que es donde se realizan, en general, las actividades de investigación y desarrollo más lejanas al mercado.

Los centros españoles que más participan son: la fundación Labein, con 9 participaciones, y la Universidad Pontificia de Comillas, con 8.

En cuanto a Europa, las Universidades con más participaciones son la de Atenas, Manchester y Dinamarca, mientras que en lo que a centros tecnológicos se refiere, los más importantes son el Fraunhofer (Alemán) y el INESC (Portugués).

4 Necesidades de I+D en Europa

Para determinar las necesidades de I+D en el campo de las Redes de Distribución Inteligentes, se han analizado varios documentos que son: (1) tres informes de grupos de expertos de la Comisión [4, 5, 6] para el desarrollo de las *Smart Grids*, (2) la agenda estratégica de investigación [31] marcada por la Plataforma Tecnológica Europea de , (3) un informe de la Comisión sobre las necesidades de desarrollo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación para habilitar las redes inteligentes [12] y (4) un informe sobre las necesidades de investigación en almacenamiento eléctrico [19] publicado por el Departamento de Energía de los EEUU.

En todos los documentos que se han revisado, se destacan cuatro aspectos fundamentales para lograr el desarrollo y la implantación de las redes de distribución inteligentes de electricidad, y que son los siguientes:

1. Desarrollo e investigación de tecnologías relacionadas con equipos eléctricos, electrónica de potencia, sistemas de almacenamiento, software de control...
2. Desarrollo de un marco normativo y regulatorio que permita la interoperabilidad de todos los equipos y sistemas a nivel Europeo y un mercado eléctrico común.
3. Desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como herramienta vehicular que haga posible la implantación de las *Smart Grids*, puesto que muchas de las funcionalidades que tienen estas redes, requieren de este tipo de tecnologías para poder ser instaladas.
4. Para poder evaluar todos los avances que se hagan en las tres áreas descritas en los puntos anteriores, es necesario llevar a cabo grandes proyectos de demostración que validen los modelos y las tecnologías para poder ser implantadas en la infraestructura de la red.

4.1 Necesidades relacionadas con el transporte

Dentro de las necesidades relacionadas con el transporte eléctrico se encuentran dos campos de desarrollo. El primero de ellos es la arquitectura de redes y el segundo la gestión y control de la red.

En lo que a arquitectura se refiere, se debe permitir una mayor flexibilidad en los flujos energéticos y en la operación del sistema en su conjunto. Se prevé una gran penetración de fuentes renovables y de dispositivos de almacenamiento. Se deben desarrollar tecnologías y posteriormente herramientas que permitan una correcta planificación de la red para la implantación de las mismas.

La definición de una nueva arquitectura de red requiere una nueva estrategia de gestión de la red y un nuevo sistema de control que integre todos los elementos y nuevas funcionalidades. Uno de los aspectos que se considera clave es el desarrollo de técnicas de predicción, a corto y largo plazo. Además, son necesarios nuevos algoritmos de control que sean capaces de gestionar en tiempo real más información proveniente de la monitorización de la red. En este campo, las TIC juegan un papel clave para la gestión de la información y el control del sistema.

4.2 Necesidades relacionadas con la distribución

Las necesidades que se identifican en los documentos analizados, relacionadas con la distribución de energía eléctrica son:

- Metrología y procesado de datos
- Integración de renovables, almacenamiento y vehículo eléctrico
- Planificación, monitorización y control
- Integración de las estructuras de comunicación

En lo que a metrología y procesado de datos se refiere, la necesidad más importante identificada es el desarrollo de los dispositivos de “*Smart-metering*”, a los que se les exigen las siguientes funcionalidades:

- Lectura remota de registros para envío de datos a la compañía
- Comunicación bidireccional entre equipo y compañía
- Soporte para sistemas de tarificación y pago avanzados
- Capacidad para cortar y restablecer el suministro eléctrico
- Comunicación con los dispositivos interiores del edificio.

Además, para habilitar la entrada en el mercado de estos dispositivos, se deben de mejorar las infraestructuras de comunicación así como la normativa de privacidad y seguridad de datos.

Los grandes cambios que se prevé que se produzcan en la red de distribución son la integración de renovables, la entrada del vehículo eléctrico y la implantación de dispositivos de almacenamiento.

Se deben desarrollar herramientas que permitan la integración fiable de la generación intermitente, de modo que el sistema sea capaz de soportarlas con alto grado de seguridad. Se prevé una introducción a gran escala del vehículo eléctrico hasta el 2020, por lo que se deben desarrollar tecnologías para que permitan la implantación del vehículo eléctrico así como la construcción de la infraestructura necesaria.

El almacenamiento eléctrico se define como uno de los sistemas que pueden habilitar la integración de las renovables y del vehículo eléctrico, además de permitir mayor flexibilidad en la red. Se debe investigar en el campo de las baterías y condensadores para conseguir:

- Mayor densidad energética
- Mayor densidad de potencia
- Mayor ciclo de vida
- Mejora de la seguridad y funcionamiento
- Reducción de costes

En la arquitectura de red sucede algo similar que en la red de transporte, pero a otra escala y considerando las diferentes funcionalidades de cada una de ellas. El desarrollo de una nueva arquitectura de red debe de permitir integrar en el sistema las tecnologías previas. Se necesita un alto grado de monitorización para realizar una operación del sistema en tiempo real, ofreciendo a los sistemas de control una mayor cantidad de información que permita gestionar la red de un modo más eficiente.

Las TIC se presentan como una herramienta clave para conseguir el funcionamiento correcto de las *Smart Grids*, puesto que habilitan:

- Funcionamiento de los sistemas de medida inteligentes
- Gestión activa de la demanda
- Sistemas de protección y control gestionados en tiempo real
- Sistemas de predicción
- Monitorización y seguimiento de la red
- Control de las micro-redes y plantas de generación virtuales.

Uno de los aspectos imprescindibles es la seguridad en los sistemas para evitar intrusiones o alteraciones en el control de los mismos.

En el Anexo IV se puede encontrar más información y documentación de las líneas que de la I+D a nivel Europeo.

5 Dirección de I+D en la Unión Europea

Con el objetivo de analizar la dirección de la I+D en Europa, se han revisado los siguientes documentos:

1. Hoja de ruta de la Iniciativa Industrial de Redes Eléctricas [32]
2. Hojas de ruta de los Partenariado Público Privados [28, 29]
3. Hoja de ruta de la plataforma de Redes Inteligentes [30, 31]
4. Escenarios planteados dos asociaciones (EREC y Eurelectric) [7,18]

En estos documentos se enmarca el rumbo de la Investigación y el Desarrollo en el ámbito de las redes eléctricas, que se detallan a continuación.

5.1 Iniciativa Industrial Europea en Redes Eléctricas

En paralelo con el documento de financiación del SET-Plan, se publicaron las hojas de ruta tecnológicas de cada una de las Iniciativas Industriales Europeas [14] en las que se indican los proyectos e inversiones prioritarias marcadas por la industria europea para poder alcanzar las metas fijadas en el SET Plan hasta 2020. Esta hoja de ruta es la base para la coordinación de la I+D y la toma de decisiones de financiación en la UE.

El objetivo estratégico en el apartado de Redes Inteligentes es que la red sea un habilitador para que en 2020 el 35% de la generación provenga de renovables, y allanar el camino para que en 2050 toda la producción eléctrica sea libre de carbono.

Esta hoja de ruta de *Smart Grids*, marca las líneas generales de investigación tecnológica con sus objetivos a conseguir en 2020, así como indicadores clave para medir el éxito de la iniciativa. El coste del desarrollo de la misma se estima en 2.000 millones de € en 10 años. Esta hoja de ruta fue desarrollada en concreto por siete distribuidoras (Iberdrola, CEZ, EON, Enel, Erdf, RWE y Vattenfall) y siete compañías de transporte (REE, Amprión, Elia, RTE, Tennet, Transpower y 50Herz), representantes de los grupos europeos ENDSO y ENTSO respectivamente.

Como consecuencia de este primer documento, la Iniciativa de Redes Inteligentes lanzó en 2010 una hoja de ruta más detallada así como un plan de implementación hasta 2012 [32]. En ella se reparten los 2 billones de € entre investigación y demostración en tres áreas distintas: (1) transporte, 560 M€; (2) distribución, 1.200 M€; y (3) coordinación entre transporte y distribución, 230 M€. Dentro de cada área se identifican funcionalidades y se asignan presupuestos hasta 2020, teniendo en cuenta proyectos que ya se están realizando en el ámbito de Redes Inteligentes en Europa financiados por el Programa Marco.

En el Anexo V se encuentra información más detallada del reparto de presupuesto entre las distintas funcionalidades. Cabe destacar la importancia que se da a la parte de demostración, ya que casi 1.400 M€ de los 2.000 M€ que hay presupuestados, se dedican a grandes proyectos de demostración.

La hoja de ruta y plan de implementación identifica unos indicadores clave para la medida de la evolución de las Redes en Europa, entre los que se encuentran:

- Reducción de las emisiones de CO₂
- Capacidad de penetración de renovables en el sistema
- Desarrollo de normativas uniformes
- Incremento de la calidad de suministro.

- Reducción de pérdidas.
- Adaptabilidad para la incorporación del coche eléctrico en el sistema

Es importante destacar que tanto los proyectos de investigación como de demostración para la penetración de Energías Renovables en el sistema se van a financiar desde las iniciativas de Eólica, Solar y Bio-energía, que cuentan con presupuestos mayores, 6, 16 y 9 billones de € respectivamente.

5.2 Hojas de ruta de los Partenariados Público-Privados

Dentro de las hojas de ruta de los Partenariados Público-Privados (PPP), se han analizado las correspondientes a Green Cars y a Internet del Futuro, por ser las dos más ligadas al tema de las Redes Inteligentes.

En la primera, Green Cars, se definen 6 áreas de investigación prioritarias, entre las que se encuentra la integración en red [29]. Se ha realizado un gráfico desde 2010 a 2020 en el que se muestran la evolución de los 14 apartados que se marcan dentro de la parte de integración a red. Se definen acciones de investigación y demostración, acciones de producción y de mercado así como necesidad de establecer un marco normativo y regulación.

La PPP de Green cars cuenta con un presupuesto hasta 2013 de 1 billón de €.

La PPP de Internet del Futuro es de más reciente creación. Se ha publicado su agenda estratégica de investigación [28], en la que se encuentran un apartado para habilitar los grandes retos de Europa, entre los que se encuentra el desarrollo de las redes eléctricas. Sin embargo, todavía no se ha publicado la hoja de ruta, por lo que no queda claro la importancia que se le va a dar a las redes dentro del partenariado. De todos modos, el presupuesto con el que cuenta esta PPP es inferior, alcanza los 300 M€.

5.3 Hoja de ruta de la plataforma tecnológica de Redes Inteligentes

La Plataforma Tecnológica Europea de Redes Inteligentes, en su documento de “Visión y Estrategia para las Redes eléctricas Europeas del futuro” [30], además de definir las redes del futuro como aquellas capaces de dar un suministro fiable, flexible, de alta calidad y económicamente rentable, lanza una agenda estratégica [31] para redes inteligentes en Europa. En el desarrollo de la agenda participan grupos de expertos de diferentes países y sectores industriales.

La Agenda define 5 áreas de investigación y trabajo principales, que son: (1) Infraestructuras, (2) operación inteligente de la red, (3) activos de red y gestión, (4) interoperabilidad a nivel Europeo y (5) aspectos transversales.

Esta agenda es una de las bases que vertebran los programas de financiación Nacionales y Europeos en el ámbito de redes, así como de las hojas de ruta lanzadas desde otros grupos de interés.

5.4 Escenario planteado por dos asociaciones Europeas

Adicionalmente, se han analizado dos escenarios planteados por dos asociaciones de interés (EREC – Consejo Europeo de Energías Renovables y Eurelectric – Asociación de la Industria Eléctrica). Ambos escenarios plantean unas metas para 2050, que están acorde con las reducciones de emisiones de GEI previstas tanto para 2020 como para 2050. En los dos se está de acuerdo en que se pueden conseguir los objetivos marcados

mediante la adopción de las políticas correctas, aunque se debe hacer un esfuerzo mayor al actual.

Se hace hincapié en la necesidad de realizar una integración masiva de renovables y generación distribuida en la red para poder alcanzar dichos objetivos.

Una de las premisas más interesantes, en las que los dos informes coinciden, es en la mejora de tecnologías que fomenten un aumento de la eficiencia energética, lo que puede conllevar a que la demanda Europea de energía se mantenga e incluso disminuya en los próximos años.

Se puede llegar a una Europa neutra en los balances de carbono a mediados de siglo, pero para ello es imprescindible el desarrollo tecnológico que permita modernizar la red, evolucionar los mercados eléctricos y reducir la demanda.

6 Análisis de la situación actual de CIRCE en el campo de las redes inteligentes

6.1 Capacidad y experiencia de CIRCE

6.1.1 Proyectos Previos

Desde CIRCE se han desarrollado varios proyectos desde 1997 relacionados con las redes inteligentes de distribución, particularmente en integración de renovables en la red, sistemas de gestión y control de la red, sistemas de protección y localizadores de faltas y proyectos relacionados con la calidad y seguridad de suministro.

En el Anexo VI se puede encontrar una breve descripción de los 15 proyectos más significativos que se han desarrollado, o se encuentran actualmente en desarrollo, relacionados con las *Smart Grids* y la integración de renovables y generación distribuida en la red.

Observando las fechas de los proyectos, se puede comprobar que más del 50% se iniciaron a partir de 2008, por lo que ha habido un aumento de la cantidad de proyectos relacionados con las Redes Inteligentes, debido al incremento de recursos de los que se dispone, tanto a nivel humano como de laboratorios.

Los proyectos que se encuentran abiertos en la actualidad son:

- EOLIA: Tecnologías para parques eólicos offshore en aguas profundas.
- DENISE: Distribución energética inteligente, segura y eficiente.
- Desarrollo de un sistema de medida de parámetros de calidad de red de energía eléctrica.
- Redes 2025: Desarrollo de soluciones tecnológicas para la red eléctrica española.
- Distribución inteligente para la integración de micro-generación.
- GEBE: Gestor de Balances de redes energéticas con generación distribuida inteligente.
- LOFCOM: Desarrollo de una red de productos de alto nivel tecnológico para el mercado de las *Smart Grids*.
- AZIMUT: Este proyecto se centra en investigar tecnologías para una nueva generación de aerogeneradores de gran potencia para aplicaciones offshore.
- CRAVE: Investigación y desarrollo de estaciones para la cargar rápida de baterías en vehículos eléctricos.

Todos los proyectos que ha desarrollado CIRCE en el campo de las *Smart Grids* y la integración de renovables en la red, se han concedido con financiación procedente fondos públicos nacionales, o contratos con empresas, también a nivel nacional.

La ausencia de ingresos relacionados con las *Smart Grids* provenientes de Europa, muestra la conveniencia de iniciar una expansión en esa dirección.

6.1.2 Infraestructuras de I+D disponibles

Para poder desarrollar las actividades de investigación y desarrollo, CIRCE dispone de una serie de laboratorios relacionados con el área eléctrica. Estas instalaciones permiten, además del desarrollo y validación de resultados de I+D, ofrecer servicios avanzados a empresas del sector energético.

Los laboratorios que se encuentran en CIRCE son:

1. Laboratorio móvil de Ensayo de Huecos de Tensión en Aerogeneradores (MEGHA)

Con la implantación de las energías renovables, concretamente la energía eólica, las redes eléctricas se han tenido que adaptar a este nuevo tipo de generación para poder introducirla en el sistema. Para ello, se precisa que los aerogeneradores cumplan una serie de requisitos, entre los que se encuentra la continuidad de suministro durante un hueco de tensión. Con este laboratorio móvil, se pueden realizar distintos ensayos de comportamientos de las máquinas frente a los huecos de tensión.

2. Laboratorio de ensayo de protecciones

Los sistemas de protección del sistema eléctrico tienen como objetivo la protección de las distintas partes del mismo garantizando que la afección de las faltas sea la mínima posible en el sistema para garantizar la continuidad de suministro.

En el laboratorio de ensayo de protecciones se cuenta con un sistema específico para realizar esas tareas, así como de armarios de protecciones de posición de línea de alta tensión y posición de transformador, con los que se realizan los ensayos y las simulaciones para configuraciones y ajustes de sistemas de protección.

3. Laboratorio de integración de Energías Renovables

En este laboratorio se pueden ensayar distintas configuraciones de producción eléctrica mediante la asociación de diferentes fuentes renovables, la conexión de fuentes renovables en redes débiles o sistemas de micro-generación de corriente continua, entre otros. Por tanto, se desarrollan actividades en el ámbito de la conexión al sistema eléctrico de las fuentes de generación renovables así como el desarrollo de sistemas de mejora de la calidad de red.

Para llevar a cabo estas tareas, se dispone de cuatro bancadas compuestas, cada una, por un motor y un generador con los sistemas de control necesario para simular el comportamiento de cualquier sistema de generación renovable, y en su conjunto, una red débil.

4. Laboratorio de metroología eléctrica

El laboratorio de metroología eléctrica cuenta con acreditación ENAC en calibración de tensión, corriente y resistencia. En la actualidad, en el laboratorio se encuentra dos áreas diferenciadas: (1) calibración y (2) ensayos.

En el laboratorio se pueden realizar ensayos para la medida de los principales parámetros básicos de calidad de red (flicker, huecos, sobretensiones, armónicos e inter-armónicos) según la normativa vigente.

5. Laboratorio de Investigación e innovación en subestaciones eléctricas transformadoras (I2SET)

El laboratorio I2SET se presenta como un nuevo proyecto en CIRCE. Este laboratorio se basará en el desarrollo de TIC para la red eléctrica, más concretamente en subestaciones, así como el desarrollo de procedimientos de pruebas y validación de protecciones.

Las actividades principales que se van a desarrollar en dicho laboratorio son: (1) automatización de subestaciones eléctricas, (2) telecontrol, (3) desarrollo de los procedimientos de pruebas y validación de equipos de protección y (4) teleprotección y comunicaciones.

Los citados laboratorios permiten el desarrollo de las siguientes líneas de I+D:

1. Protecciones para el sistema eléctrico

El desarrollo de nuevas protecciones para el sistema eléctrico se basa en la mejora de la localización de las faltas y sistemas de protección que minimicen los efectos que tiene una falta en la red y garanticen la continuidad de suministro. Se realiza en el laboratorio de ensayo de protecciones.

- Desarrollo de nuevos algoritmos de protección
- Desarrollo de localizadores de falta
- Desarrollo de protocolos de comunicación y control atendiendo a la norma IEC 61850.

2. Configuraciones de electrónica de potencia

Las nuevas configuraciones de electrónica de potencia se desarrollan con el objetivo de mejorar las conexiones de los sistemas de generación y almacenamiento a la red, y mejorar el control de la misma. Este desarrollo se lleva a cabo en el laboratorio de integración de energías renovables.

- Actualización tecnológica de generadores eólicos, transformando generadores de velocidad fija en variable, con capacidad para soportar huecos según P.O.12.3
- Conexión a red y control óptimo de sistemas fotovoltaicos y sistemas de almacenamiento energético
- Sistemas de generación hidroeléctrica a velocidad variable y bombeo reversible

3. Mejora de la calidad de red y seguridad de suministro en redes débiles

Las redes débiles son aquellas partes de la red que se encuentran menos interconexionadas, de modo que un fallo en una línea puede producir un fallo de suministro importante. Para mejorar estas redes, se desarrollan las siguientes investigaciones en el laboratorio de integración de energías renovables:

- Desarrollo de sistemas flexibles de transmisión en corriente alterna
- Generación distribuida: gestión integrada de sistemas de generación y almacenamiento para conexión a redes débiles
- I+D de micro-redes en corriente continua

4. Sistemas de transferencia de energía por acoplamiento inductivo

Un sistema de energía por acoplamiento inductivo se basa en la transmisión de energía sin cables de un dispositivo a otro. Aunque este sistema tiene aplicaciones a diferentes escalas, para el caso de las redes inteligentes la parte más interesante es la carga de vehículos eléctricos. El desarrollo de esta tecnología tiene dos partes diferenciadas: la primera es el desarrollo del apantallamiento para evitar la radiación electromagnética, y la segunda el desarrollo de configuraciones eléctricas y de control, junto con sistemas de almacenamiento eléctrico que optimicen la transferencia de energía. El desarrollo de estas configuraciones se realiza en el laboratorio de integración de energías renovables.

- Diseño óptimo de bobinas
- Diseño óptimo de configuraciones resonantes
- Desarrollo de estrategias de control que aseguren máxima eficiencia

5. Sistemas de medida eléctricos

Desde el área de metrología eléctrica, se sigue una línea de investigación en mejora de sistemas de medida que permitan medir de modo sincronizado varios puntos de la red eléctrica.

- Desarrollo de un sistema de medida que permita medir la calidad de red en varios puntos del sistema eléctrico de modo sincronizado
- Desarrollo de una sistema de medida para la verificación de la producción en sistemas solares

6.1.3 Redes y foros en los que participa CIRCE

CIRCE, como se puede observar en el Anexo VIII, participa en 19 asociaciones o plataformas, además de en 2 ferias y algunos foros que tienen relación con las redes de distribución en los ámbitos que se han comentado previamente.

De las 19 asociaciones y plataformas en las que participa, 5 de ellas son Europeas:

- EUREC: Asociación Europea de centros de investigación de energías renovables
- EWEA: Asociación europea de energía eólica
- ETP ZEP: Plataforma tecnológica de centrales eléctricas de combustibles fósiles con cero emisiones
- E2B: Asociación Europea de edificios energéticamente eficientes
- EAWE: Academia Europea de energía eólica

Todas ellas tienen una parte que se relaciona con las *Smart Grids*. Las plataformas de energía eólica y renovables, en la parte de integración a red. La asociación E2B, en la parte de sistemas de medidas y consumos finales. Por último, la ETP ZEP, en la parte de generación de las centrales fósiles del futuro.

Sin embargo, CIRCE no participa en ninguna asociación o plataforma que esté dedicada específicamente a las redes inteligentes o a la integración de sistemas en la red.

6.2 Análisis del encaje de la actividad actual en las hojas de ruta Europeas

Para analizar el encaje de las actividades desarrolladas en CIRCE con las hojas de ruta Europeas, se ha analizado la relación entre los proyectos de CIRCE y las actividades prioritarias definidas en dichas hojas de ruta.

EOLIA

El proyecto EOLIA se encaja, concretamente en la hoja de ruta del SET Plan de energía eólica, en la parte de transporte de energía entre el parque y la línea onshore, estando acorde con el desarrollo en conexiones de parques eólicos offshore mediante líneas de alta tensión de corriente alterna con la red terrestre.

AZIMUT

La herramienta de diseño multiobjetivo que se pretende desarrollar desde este proyecto, encaja en el subprograma de estabilidad y seguridad de la hoja de ruta de energía eólica del SET Plan. El desarrollo de una herramienta que optimice la configuración eléctrica del parque offshore es parte de lo que se pretende en el subprograma, sin embargo, se necesitaría la parte de operación del parque/s como una planta de generación virtual para que se abarcara el programa de un modo más global.

DENISE

El proyecto DENISE encaja en su conjunto en la hoja de ruta de Redes Inteligentes, concretamente en los siguientes apartados:

- Desarrollo de nuevas arquitecturas de control para redes de distribución, con nuevos dispositivos, se relaciona con el apartado D10, automatización y control de redes de media tensión
- La parte de desarrollo de nuevos sistemas inalámbricos para la automatización de la red, se enmarca dentro de la actividad D12, soluciones de comunicación integradas.
- La parte de esquemas de conexión para gestión de energías renovables con dispositivos de almacenamiento asociados, se enmarca dentro de la actividad D7, integración de tecnologías de almacenamiento.

En cualquier caso, el alcance de las tareas desarrolladas dentro del proyecto DENISE es menor del marcado para las actividades con las que se relaciona dentro de la hoja de ruta. Como ejemplo, se puede comparar el impacto esperado del almacenamiento en la red, dentro de la hoja de ruta, que se refiere a una integración de almacenamiento a gran escala, en dispositivos tanto grandes como pequeños, con sus respectivos sistemas de control, para la mejora de la operación de la red y calidad de suministro.

Redes2025

Las actividades desarrolladas en este proyecto se encajan en las siguientes actividades de la hoja de ruta de redes inteligentes:

- T1 (herramientas para una nueva arquitectura de red): tareas para el desarrollo de algoritmos de control para la red de transporte y la realización de simulaciones de la red.
- D5: actividades para la integración de recursos distribuidos en la red de transporte y distribución.

- D7: dedicada a la caracterización de sistemas de almacenamiento.

El caso del almacenamiento es similar al que se expone anteriormente, en el proyecto DENISE. En este caso, la tarea que se realiza es una caracterización de diferentes tecnologías de almacenamiento para la red, pero no se va a probar ni evaluar su inclusión en el sistema.

En cuanto a la parte de algoritmos de control, sí que se ajusta más a lo que corresponde con la hoja de ruta, al tratarse de algoritmos de control y simulaciones a gran escala, que tienen en cuenta una gran parte del sistema, con muchas variables a tener presente.

GEBE

Las tareas que se llevan a cabo en el proyecto GEBE se encajan en el apartado D9 de la hoja de ruta de redes inteligentes sobre monitorización y control de redes de baja tensión.

El proyecto GEBE realiza una primera aproximación, en redes de baja tensión “débiles” y micro-redes. Esto supone un primer paso al objetivo de la actividad D9, que pretende alcanzar tanto este tipo de redes, como aquellas que son más fuertes y tienen un mayor número de interconexiones.

LOFCOM

El caso del proyecto LOFCOM es similar al que se ha expuesto previamente. Las actividades que se realizan en este proyecto encajan en los apartados D9 y D10 (automatización y control de redes de media tensión), centrado en micro-redes.

CRAVE

El proyecto CRAVE se encaja en la hoja de ruta del partenariado de Green Cars, además de la actividad D8 de la hoja de ruta de *Smart Grids*, que se refiere a la integración de vehículos eléctricos en la red.

En cualquier caso, en concordancia con las líneas de investigación que se siguen en CIRCE, puede ser más interesante avanzar en la línea de la hoja de ruta de la PPP de Green Cars puesto que se ajusta más a las capacidades de CIRCE. Además, el presupuesto del que dispone la PPP para la parte de integración en red es mayor que el de *Smart Grids*.

El proyecto encaja en la parte del establecimiento de la primera generación de la infraestructura necesaria para la carga de vehículos, teniendo en cuenta su integración en la red y las necesidades que tiene.

Además, una de las líneas de investigación de CIRCE, la carga de vehículos eléctricos a través de acoplamiento inductivo, se encuadra en la hoja de ruta de vehículos eléctricos en el apartado de desarrollo de sistemas de carga sin cables ni contacto, programa que según la planificación prevista, comienza en 2012.

En general, las líneas de investigación y las actividades que está desarrollando CIRCE, en todo lo relacionado con las redes eléctricas, se encuentra enmarcado en las líneas que se marcan desde la UE.

7 Plan de desarrollo de CIRCE

7.1 Orientaciones al desarrollo de las capacidades de CIRCE

7.1.1 Identificación de proyectos y líneas prioritarios

Una vez que se han analizado las actividades de I+D que se están llevando a cabo desde CIRCE, y cómo encajan en las hojas de ruta correspondientes, *Smart Grids*, energía eólica e integración en red del coche eléctrico, se analiza la línea que deben de seguir las actividades de I+D para que su acomodo en Europa sea mejor y disponer de más opciones de cara a la participación en propuestas Europeas.

Las tareas que se llevan a cabo en el marco de los proyectos EOLIA y AZIMUT encajan en las hojas de ruta. Sin embargo, el déficit con el que se cuenta es en el desarrollo de sistemas de control del parque que lo hagan operar como una planta de generación virtual. Por tanto, es esa la línea que se debe abrir para aumentar las opciones de participación en el área de parques eólicos.

En la parte de vehículos eléctricos, las líneas de investigación que se siguen en CIRCE referidas a carga eléctrica de vehículos sin cables, por acoplamiento inductivo (CIRCE cuenta con dos patentes en este campo) y la integración del vehículo en la red están en concordancia con las hojas de ruta. Estas tecnologías se van a seguir desarrollando de la mano del proyecto CRAVE, previamente mencionado, además de investigación mediante inversión propia. La combinación de estas tecnologías resulta un valor añadido para la participación en proyectos de coche eléctrico que estén en el marco de integración en red en la hoja de ruta de la PPP de Green Cars, siendo importante encontrar un socio industrial interesado en estas tecnologías para continuar su desarrollo, y participar conjuntamente en proyectos.

El desarrollo que se lleva a cabo en relación con los proyectos LOFCOM, DENISE, GEBE y Redes2025 encaja con las hojas de ruta como se expone en el apartado 6.2. En el ámbito de la gestión integral de la red, se debe evolucionar de la gestión de micro-redes, que es el trabajo actual, a la gestión de redes más fuertes. Estas redes, con más demanda, mayor cantidad de dispositivos de almacenamiento, mayor generación etc., son las prioritarias en el marco Europeo.

Las posibles líneas de I+D que se pueden abrir en el área de las *Smart Grids*, en las que previamente se ha trabajado o que tienen relación con las capacidades de I+D+i que tiene CIRCE, son:

- Respuesta activa de la demanda
- Integración de edificios inteligentes
- Desarrollo de los nuevos servicios complementarios requeridos en el sistema
- Sistema de comunicación integrada en la red (aprovechando el nuevo laboratorio I2SET que se está terminando)

7.1.2 Desarrollo de las infraestructuras de I+D

Con las infraestructuras de las que dispone actualmente CIRCE se puede seguir investigando en las líneas actuales, incluso ampliar el alcance tal y como se ha comentado en el apartado anterior.

Además, la puesta en marcha a corto plazo del nuevo laboratorio I2SET, de comunicación, telemundo y telecontrol, permitirá abrir nuevas líneas de investigación así como complementar otras ya existentes. Se podrá entrar en el marco de los sistemas de comunicación integrados en red, una de las actividades marcadas por la hoja de ruta.

En cualquier caso, para poder ampliar más el alcance de las tareas y abrir más líneas de investigación para poder conseguir un mejor encaje en las hojas de ruta, mejorando las oportunidades de participación en proyectos Europeos, se necesita continuar mejorando las infraestructuras de I+D existentes. Una de las líneas que se considera prioritaria es la integración de edificios inteligentes, y para seguir dicha línea de investigación, es necesario la mejora de la infraestructura con el siguiente equipamiento:

1. Micro-red de integración en edificio

Con esta micro-red, se unirán los sistemas de generación y consumo eléctrico del edificio, permitiendo gestionar los consumos internos y la conexión a la red eléctrica sin introducir perturbaciones, intentando servir de apoyo a la red cuando sea necesario.

Para que una micro-red pueda apoyar a la red, debe de ser capaz de controlar tanto potencia activa como reactiva, mejorando la calidad y seguridad de suministro en el punto en el que se conectan las fuentes renovables.

Dotar al edificio actual de esta micro-red supondría convertirlo en un laboratorio experimental, conectado a las cargas del edificio en paralelo, y así poder comprobar políticas de control de calidad de red y seguridad de suministro. Además, se podría dotar a la misma de tomas para vehículo eléctrico, para continuar con la investigación en el campo de integración del coche eléctrico, y de sistema/s de almacenamiento, para la integración de los mismos.

La micro-red se compondría de:

- Sistemas de generación de energía eléctrica
 - Sistema de generación fotovoltaica: 15 – 20 kW
 - Sistema de generación con mini eólica: 20 -30 kW
- Sistema de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías
- Configuraciones de electrónica de potencia
 - Para conexión con la red
 - Para conexión de las fuentes de generación
 - Para conexión del sistema/s de almacenamiento
 - Conexión de las tomas para vehículo eléctrico
- Sensores de tensión e intensidad para poder ejercer el control sobre la micro-red y tenerla monitorizada
- Autómata y programa de monitorización
- Equipo de control de la micro-red

2. Sistema de simulación por hardware, RTDS (*Real Time Digital Simulator*)

Con este sistema de simulación se permitiría realizar simulaciones en tiempo real de la conexión a la red del edificio (micro-red) cambiando las condiciones de la red. Además, este sistema permite ampliar los ensayos a subestaciones y centros de control para simular sistemas completos. También permite la simulación de tarificación dinámica, simulando clientes virtuales entre las propias cargas del edificio.

Es necesario:

- Licencia SCADA
- Switch Ethernet IEC 61850
- PC para Control del simulador RTDS
- PC para el simulador del centro de control (SCADA)

7.2 Redes, foros y entidades

7.2.1 Criterios de selección de redes y foros de interés

En la actualidad existen numerosos foros, redes y asociaciones relacionados con redes eléctricas en las que se puede participar. Ser miembro de ellas otorga ventajas al estar en contacto con representantes de empresas, universidades o centros tecnológicos que llevan a cabo actividades en el mismo sector, lo que puede desembocar en posibles colaboraciones o contratos.

CIRCE, como se puede observar en el capítulo anterior, participa en cinco asociaciones de ámbito Europeo, pero éstas están enfocadas a las energías renovables y los edificios más que a las Redes Inteligentes.

Para participar en nuevos foros o asociaciones, se deben de concretar cuáles son los criterios que marcan en cuál o cuáles de ellas puede resultar más interesante participar.

Los criterios identificados son los siguientes:

1. Ámbito
2. Miembros que participan
3. Decisiones que se toman
4. Coste / Oportunidades

El ámbito (1) hace referencia a dos aspectos diferentes. El primero de ellos es los temas que se tratan en el seno de la organización. En este caso deben de estar relacionados con las redes de distribución o con elementos asociados a ellas, como por ejemplo el caso de las asociaciones relacionadas con energías renovables, que tienen un componente importante ligado a las redes eléctricas.

El segundo aspecto es el alcance de la red. Este alcance puede ser Mundial, Europeo o Nacional. En este caso las redes o plataformas en las que se ha de participar deben de ser de ámbito Europeo.

Los miembros que participan (2) en la asociación es otro de los aspectos clave a tener en cuenta. Si entre los participantes de la asociación se encuentran algunos o muchos de los actores clave en el área de Redes de distribución eléctricas, se concluye que la participación en el foro puede ser muy interesante de cara a establecer alianzas. Estos actores clave son las grandes empresas del sector así como los centros de investigación. Además, previamente se han analizado las entidades que cuentan con una mayor participación en proyectos de I+D en el Programa Marco. La participación de estas entidades en redes y foros es un indicador a tener en cuenta.

En algunas de las plataformas o redes, cuando sus asociados son actores principales del o es una asociación lanzada y/o apoyada por la Comisión Europea, se cuenta con capacidad de decisión (3) o influencia en las líneas de investigación que propone la Unión Europea.

Finalmente, se debe analizar el coste (4) económico que conlleva la participación en estas organizaciones. Este coste se encuentra ligado a posibles cuotas que se tengan que abonar para poder entrar como miembro en la organización, además del coste en desplazamientos para la persona o personas que estén en los grupos de trabajo o para

participación en eventos. También se tiene que tener en cuenta el coste a que se trabaje o se preparen documentos para la organización, ya que en algunas se exige una serie de horas al año por persona.

Este coste se debe de valorar en función de las oportunidades y retornos que puede aportar el participar en estas asociaciones. Pueden ser oportunidades en forma de contratos o colaboraciones conjuntas en programas de investigación Europeos.

7.2.2 Identificación y procedimiento de participación en las redes y foros

Según los criterios que se han valorado en el apartado anterior, se han identificado una serie de plataformas y asociaciones que son interesantes para CIRCE. Se puede encontrar una breve descripción de las mismas en el Anexo VIII.

Dentro de las plataformas y asociaciones analizadas, en dos de ellas se considera que la participación es prioritaria. Éstas son la plataforma de *Smart Grids* y la EERA (*European Energy Research Alliance*).

Plataforma de Smart Grids

Se ha elegido esta plataforma atendiendo a:

- Es una plataforma promovida por la Comisión Europea
- Ha elaborado la hoja de ruta de *Smart Grids* para el desarrollo en ese campo
- Los temas del Programa Marco se definen considerando dicha hoja de ruta
- Los miembros del consejo son principales actores del sector, y cuentan con una alta participación en los proyectos analizados
- Colabora con las asociaciones de empresas eléctricas más importantes, que son ENTSO, ENDSO y Eurelectric

En la actualidad, no se puede formar parte del consejo de la plataforma. Sin embargo, se encuentran abiertos dos grupos de trabajo en los que sí se puede participar activamente. Dichos grupos son:

- Demanda y medición, y comercializadores
- Almacenamiento de energía

Para poder participar en los grupos de trabajo se debe de llenar un formulario y solicitar la adhesión al mismo. Para poder ser admitido como miembro en dichos grupos, se debe acreditar experiencia en el campo al que se quiere entrar además de asegurar un mínimo de horas al año de dedicación al grupo de trabajo. La participación está libre de cuotas.

EERA

La Alianza Europea de Investigación en Energía es una asociación que se ha elegido por:

- Es una asociación promovida por la Comisión Europea
- Entre sus miembros están los principales centros de investigación nacionales
- En la actualidad cuenta con planes conjuntos en los que se puede participar
- Tiene un gran potencial de cara a la participación en programas de investigación Europeos
- Es uno de los órganos de gobernanza del SET Plan

La EERA es un organismo cerrado, formado por 15 centros de investigación nacionales, y apoyado por la Comisión Europea. No se puede entrar a formar parte del comité

ejecutivo de la organización, pero en la actualidad cuenta con unos planes conjuntos de trabajo dedicados a diferentes temáticas de energía, como puede ser eólica, solar, térmica etc., en los que sí pueden participar centros de investigación que no sean miembros de la EERA y que no sean nacionales.

Para poder participar en estos planes conjuntos, se debe adquirir un compromiso de horas de trabajo al año, además de acreditar experiencia en el campo del plan.

Uno de los aspectos clave de la participación en estos planes conjuntos, es el potencial que tienen para formar parte de consorcios dentro de los Programas de Investigación Europeos.

Otros

El resto de asociaciones y plataformas analizadas en el Anexo, también son de interés aunque no se ha clasificado la participación en ellas como prioritaria.

Además, aunque CIRCE participa y es miembro de algunas plataformas Europeas como se ha expuesto anteriormente, se debe fomentar una participación más activa en dichas asociaciones para buscar socios e intentar conseguir una mayor participación en proyectos de I+D. Dichas asociaciones cumplen con los criterios de ámbito de la asociación, oportunidades etc., y en ellas CIRCE parte con una mejor posición estratégica, al ser miembro desde hace tiempo.

7.2.3 Entidades de referencia

El objeto de este apartado es identificar entidades de referencia con las cuales sería interesante establecer alianzas para la colaboración en proyectos europeos. Para ello, se han evaluado 44 proyectos, relacionados con *Smart Grids*, del Sexto y Séptimo Programa Marco, identificando aquellas entidades con mayor experiencia. Esta experiencia se ha medido como el número de participaciones en los proyectos analizados.

Siguiendo este criterio se han identificado las siguientes:

Ámbito nacional:

- Iberdrola: Cuenta con 12 participaciones en los proyectos analizados.
- REE: Es la tercera empresa con más participaciones en el Programa Marco (10).
- Fundación Labein: Este centro tecnológico es el que cuenta con más participaciones (9), tras el Fraunhofer alemán, en los proyectos analizados.

Ámbito Europeo:

La empresa que cuenta con mayor número de participaciones es la francesa EDF, seguida por la sueca Vattenfall, la italiana Elia o la consultora y certificadora Kema.

En cuanto a centros de investigación y universidades, el que más ha participado es Fraunhofer, seguido por el INESC portugués o las universidades de Manchester y Atenas.

Otras entidades de referencia, son aquellas con las que CIRCE mantiene una relación especialmente fuerte en el ámbito nacional y que cuentan con un potencial alto para la participación en proyectos europeos, de forma que se podría extender la colaboración nacional al ámbito europeo. Las dos principales son Endesa, patrón de CIRCE y

ACCIONA, con la que se ha firmado un convenio de colaboración en I+D entre 2010 y 2013.

Endesa, ha participado en 4 proyectos europeos de los analizados. Actualmente está unida a Enel, que cuenta con 5 participaciones.

Acciona ha participado un gran cantidad de proyectos Europeos en otros campos, por lo que cuenta con una amplia experiencia en el Programa Marco. En la actualidad, una de sus prioridades en el campo de las *Smart Grids* es la integración de edificios energéticamente eficientes a la red.

Además, en España se encuentran otras empresas, actores importantes del sistema eléctrico nacional, con amplio potencial para la participación en proyectos Europeos:

- Unión Fenosa Gas Natural (Distribuidora).
- HC Energía (Distribuidora).
- Gamesa (Fabricante de aerogeneradores).

7.3 Estructuración de las actividades de CIRCE para la participación en iniciativas Europeas

Para la estimación del potencial de participación de CIRCE en proyectos europeos relacionados con Redes Inteligentes, se puede realizar una aproximación, teniendo en cuenta los resultados de entidades similares, así como las capacidades descritas en los apartados anteriores. La horquilla de objetivos, en cuanto a retorno proveniente de programas europeos, en proyectos relacionados con las redes inteligentes, podría oscilar en torno a 1 M€ anuales.

Para conseguir estos objetivos, es necesario plantear un enfoque y coordinación global de las actividades de CIRCE encaminadas a la participación en proyectos europeos. Para llevar a cabo este plan, se necesitarían desarrollar las siguientes actividades:

1. Concienciación de los investigadores

Se necesita informar a los gestores de área del proceso de europeización que está teniendo la I+D, para que orienten sus actividades de investigación hacia proyectos Europeos. Esta concienciación se puede realizar mediante la organización de cursos y jornadas en CIRCE.

2. Participación activa en los foros y redes identificados en el apartado 7.2.2

Como se ha expuesto anteriormente, una participación más activa en los foros actuales, así como la adhesión a la plataforma de *Smart Grids* y a la EERA, puede facilitar la formación de consorcios para la preparación de propuestas en el Programa Marco. Para ello se debe de comprometer unas 50 horas de trabajo anuales en cada foro para formar parte de grupos de trabajo y participación en eventos en las dos plataformas nuevas.

3. Inicio de las relaciones con las entidades identificadas en el apartado 7.2.3

Se deben iniciar relaciones con las entidades identificadas, mediante la planificación de visitas cruzadas y la asistencia a eventos en los que participen para el establecimiento de alianzas de participación conjunta.

4. Adquisición de las infraestructuras detalladas

En el apartado 7.1.2 se han identificado las infraestructuras necesarias para facilitar la participación en proyectos.

5. Consolidación de una oficina de proyectos europeos (Unidad de Innovación y Promoción)

Las tareas de dicha oficina son:

- Coordinación de las actividades relacionadas con la participación en proyectos europeos.
- Búsqueda de socios
- Identificación de consorcios en formación
- Redacción de las propuestas
- Elaboración de presupuestos
- Tramitación
- Relaciones con la Comisión Europea
- Apoyo administrativo
- Coordinación de la participación en foros del sector

La oficina existe en la actualidad, y cuenta con una delegación en Bruselas que se debe de mantener, ya que facilita las tareas de la oficina de proyectos europeos y permite una mayor flexibilidad.

La oficina de proyectos europeos debe de ser una unidad horizontal, dependiente de Dirección, que facilite la toma de decisiones rápida, así como la neutralidad, en la preparación y distribución de proyectos y oportunidades detectadas entre las distintas áreas.

Además, es necesario un sistema informático de gestión integral, que permita el control de toda la información relacionada con propuestas y proyectos. El sistema debe de ser capaz de facilitar la elaboración de propuestas a CIRCE y los socios de los respectivos proyectos, mediante plantillas y tablas que realicen un cálculo sencillo de los presupuestos conforme a unos inputs determinados. También debe de ser capaz de monitorizar y evaluar el estado de los proyectos, desde su fase inicial, hasta el final de los mismos. Este sistema debe estar sincronizado con los sistemas de gestión ya existentes.

7.4 Evaluación económica del plan propuesto

Para el estudio económico del plan de I+D desarrollado previamente, se han tenido en cuenta los costes de las diferentes actividades que se deben desarrollar marcadas en el apartado anterior.

Los costes se han estimado a partir de la valoración de la experiencia previa en CIRCE, teniendo en cuenta la contabilidad de los dos últimos años, valorando el gasto en actividades similares.

- 800 € por actividad de formación y concienciación, en concepto de viajes de personal y coste de recursos de formación
- 45 € / hora de un investigador Senior con costes indirectos asociados, para el trabajo requerido en los foros y asociaciones que se pretende participar.
- 500 € por desplazamiento a Europa para la participación en eventos organizados por las asociaciones.
- 1200 € para visitas cruzadas con entidades de interés, para los ya existentes y los nuevos que se puedan hacer. El desglose de los 1200 € es: 1000 € para visita a la entidad, y los 200 € restantes para la recepción de visitas.
- Oficina de proyectos Europeos:
 - 80.000 € al año para el personal dedicado, incluyendo el personal en Bruselas.
 - 15.000 € al año para viajes
 - 2.000 € al año para compra de equipos

- Delegación en Bruselas: 1.600 € en concepto de dietas y mantenimiento de un piso cada mes.

Además de estos costes, se prevé que el coste del equipamiento informático necesario, que realice una gestión integral de los proyectos y toda la información, para la ayuda a la preparación de propuestas y control de los proyectos, ascienda a 20.000 € aproximadamente.

En lo que a las infraestructuras de I+D necesarias, se estima que el coste sea el siguiente:

- 315.000 € para el equipamiento eléctrico para el edificio CIRCE, integrando todos los componentes que se mencionan en el apartado 8.1.2.
- 247.000 € para el emulador de redes en tiempo real RTDS
- 31.000 € para los sistemas de comunicación y protección, así como el sistema de monitorización y control de la red.

Para completar la valoración económica, el número de actividades de formación, horas de investigadores y viajes que se han estimado son:

- 4 actividades de formación y concienciación al año
- 50 horas de dedicación anuales a cada foro por parte de un investigador
- 3 viajes por foro para la participación en eventos anualmente
- 6 visitas cruzadas – una cada mes – a entidades de interés

En el Anexo IX se muestra una tabla con el desglose de la valoración económica, teniendo en cuenta los datos previos.

Como resumen, cabe desatacar que el coste estimado de las actividades identificadas en el plan de I+D asciende a 134.100 € al año.

Además, se necesita una inversión ligada a la mejora de la infraestructura y de los sistemas de gestión, tal y como se ha explicado previamente que asciende a :

- 593.000 € en infraestructuras de I+D
- 20.000 € en el sistema de gestión

Además del retorno objetivo marcado en el plan de I+D, relacionado con la consecución de proyectos de investigación en el Programa Marco, previsto en torno al millón de euros anuales, existen unas ayudas al fomento de la participación en el Programa Marco por parte de entidades españolas, que las otorga el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

Estas ayudas se enmarcan en una horquilla amplia, entre los 2.500 y 32.000 €, según cuál de los dos organismos las dé, las características de la entidad y la propuesta.

Se prevé que con estas ayudas se pueda cubrir entre el 30 y el 40% de los costes anuales calculados anteriormente.

8 Conclusiones

Los objetivos planteados inicialmente se han cubierto satisfactoriamente en el plazo planteado. Se ha elaborado un plan que va a permitir a CIRCE incrementar su participación en proyectos de I+D de ámbito europeo en el campo de las redes eléctricas inteligentes.

Las conclusiones técnicas que se obtienen del proyecto son:

- Se está produciendo un cambio drástico en la coordinación de la I+D en energía en Europa, que tiende a gestionar de un modo global las inversiones y la toma de decisiones en este campo.
- CIRCE cuenta con un gran potencial, a partir de su experiencia previa y capacidades tecnológicas, para poder participar activamente en los programas Europeos, pudiendo enfocar sus trabajos de I+D en esa línea.
- Para orientar dichas actividades hacia Europa se debe:
 - Participar en las plataformas y foros identificados
 - Iniciar relaciones con las entidades de referencia identificadas
 - Adquirir infraestructuras para mejorar las capacidades de I+D en el ámbito de las redes inteligentes.
 - Consolidar y reforzar la Oficina de proyectos Europeos para facilitar la orientación de las actividades de I+D a Europa.
 - Mantener la delegación que actualmente existe en Bruselas para dotar de mayor flexibilidad y eficacia a la oficina de proyectos.

El proyecto ha servido al proyectando para:

- Conocer y entender el modo de funcionamiento de la I+D en Europa, a través del estudio de directivas, programas de trabajo y hojas de ruta.
- Acercarse a las tecnologías que se están desarrollando en las redes eléctricas.
- Conseguir mayor agilidad en la búsqueda de documentación relacionada las *Smart Grids* y tecnologías relacionadas.
- Desarrollar su capacidad de análisis de grandes cantidades de información.
- Aprender a desarrollar y estructurar planes de cambio sujetos a objetivos.