



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

MÁSTER UNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Título del proyecto:

UTILIZACIÓN DE LA GUÍA PMBOK PARA LA DIRECCIÓN  
DE UN PROYECTO COLABORATIVO REAL DE I+D+i

Alumno: Ander Gabilondo Areta

Tutor: Ignacio Raúl Matías Maestro

Pamplona, 26 de septiembre de 2014



## ÍNDICE

ÍNDICE .....	3
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. LOS PROYECTOS DE I+D+i COLABORATIVOS .....	8
2.1. ¿Qué es la I+D+i? .....	8
2.2. Características de un proyecto colaborativo de I+D+i de pequeño tamaño .....	10
3. LA GUÍA PMBOK® .....	14
4. ALCANCE DE ESTE TRABAJO FINAL DE MASTER .....	18
5. ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO ENERGYBOX .....	20
5.1. Justificación del proyecto .....	20
5.2. Objetivo del proyecto .....	22
5.3. Requisitos de alto nivel .....	22
5.4. Descripción del proyecto de alto nivel .....	22
5.5. Riesgos de alto nivel .....	23
5.6. Calendario de hitos .....	24
5.7. Presupuesto estimado por empresas .....	24
6. STAKEHOLDERS DEL PROYECTO .....	25
6.1. Empresa promotora del proyecto .....	25
6.2. Empresa software .....	26

6.3.	Empresa hardware .....	26
6.4.	Otros.....	27
7.	PLAN DE PROYECTO.....	28
8.	PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO ENERGYBOX.....	30
8.1.	Requisitos del proyecto y del producto.....	30
8.2.	Definición del alcance.....	33
8.3.	Criterios de aceptación del producto .....	34
8.4.	Entregables del proyecto.....	34
8.5.	Restricciones del proyecto .....	35
8.6.	EDP .....	37
8.7.	Diccionario de la EDP.....	38
9.	PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA .....	42
9.1.	Definición de las actividades .....	42
9.2.	Secuenciar actividades.....	44
9.3.	Estimar recursos de actividades.....	45
9.4.	Desarrollar el calendario.....	47
10.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO ENERGYBOX .....	49
10.1.	Estimación de costes .....	49
11.	PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DEL PROYECTO ENERGYBOX .....	54
11.1.	Factores ambientales.....	54
11.2.	Metodología .....	54

11.3.	Identificación de riesgos .....	56
11.4.	Creación de la RBS .....	60
11.5.	Matriz de probabilidad e impacto .....	61
11.6.	Medidas para la reducción del riesgo .....	63
12.	CONCLUSIONES.....	65
	BIBLIOGRAFÍA .....	67

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Círculo virtuoso de la innovación .....	9
Ilustración 2. Colaboración empresas-centros tecnológicos .....	11
Ilustración 3 ISO 50001 .....	21
Ilustración 4. Plan de Proyecto.....	28
Ilustración 5. EDP.....	37
Ilustración 6. Imagen MS Project .....	48
Ilustración 7. Curva S del proyecto .....	53
Ilustración 8. Risk Breakdown Structure .....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto mínimo I+D+i.....	12
Tabla 2. Grupos de procesos PMBOK.....	17
Tabla 3. Procesos acometidos en este trabajo .....	19
Tabla 4. Presupuesto estimado.....	24
Tabla 5. Matriz QFD .....	32
Tabla 6. Dedicación recursos.....	41
Tabla 7. Dedicación recursos.....	44
Tabla 8. Dedicación recursos.....	46
Tabla 9. Costes hora personal .....	49
Tabla 10. Costes por tarea.....	50
Tabla 11. Costes otros conceptos.....	51
Tabla 12. Presupuesto completo.....	52
Tabla 13. Asignación de equipo gestión de riesgos.....	55
Tabla 14. Probabilidades ocurrencia.....	55
Tabla 15. Impacto en restricciones .....	56
Tabla 16. Matriz de probabilidad e eimpacto .....	61
Tabla 17. Tabla de riesgos.....	62
Tabla 18. Tabla de riesgos reducidos .....	64

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la Guía del PMBOK se ha convertido en una herramienta contrastada para la dirección de proyectos. Se trata de un documento muy extenso que cubre las necesidades de dirección de cualquier tipo de proyecto, lo cual inevitablemente resulta en una herramienta amplia y poco específica.

En este caso, se pretende utilizarla para la dirección de un tipo muy concreto y especial de proyecto, los proyectos de I+D+i colaborativos de pequeño tamaño. Las necesidades y especificidades de estos proyectos hacen que tenga que adaptarse la Guía PMBOK, creando una Plan de Proyecto con una estructura específica para el seguimiento de un proyecto de este tipo. Resulta interesante para el autor de este trabajo dado que no se han encontrado precedentes publicados de aplicación de la Guía PMBOK para este tipo de proyectos. Así, se pretende conseguir un modelo contrastado para la aplicación en futuros proyectos.

Se valorará además el impacto y la rentabilidad del uso de esta herramienta en el transcurso del proyecto y su capacidad de influencia en el control del mismo.

## 2. LOS PROYECTOS DE I+D+i COLABORATIVOS

En primer lugar se analizarán los proyectos de I+D+i y se intentará describirlos de forma que queden al descubierto las similitudes y diferencias con respecto a otro tipo de proyectos. Para ello, se procede a explicar los conceptos que hay detrás de este tipo de proyectos.

### 2.1. ¿Qué es la I+D+i?

El acrónimo I+D+i en realidad es el resultado de aunar tres conceptos diferentes. Existen múltiples definiciones pero en este caso se utiliza las expuestas en los Manuales de Frascati y de Oslo:

1. Investigación: La investigación consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables. Existen dos tipos diferenciados. En la investigación básica no se piensa en darle ninguna aplicación o utilización determinada a los conocimientos obtenidos. La investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para



adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

2. Desarrollo: El desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y está dirigido a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes. La I+D engloba tanto la I+D formal realizada en los departamentos de I+D así como la I+D informal u ocasional realizada en otros departamentos.
3. Innovación: Es la conversión de conocimiento tecnológico en nuevos productos, nuevos servicios o procesos para su introducción en el mercado, así como los cambios tecnológicamente significativos en los productos, servicios y procesos.

Los tres conceptos se articulan en forma de un proceso circular denominado “círculo virtuoso de la innovación”. En él, la innovación es el último paso para la llegada al mercado y la generación de la riqueza que permite cerrar el círculo:

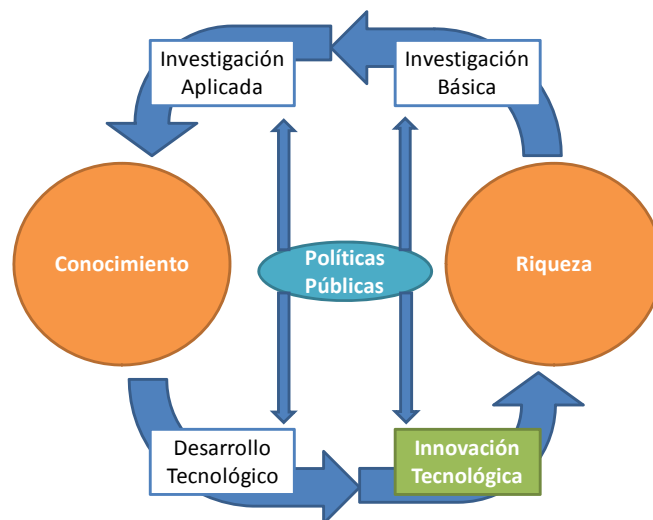


Ilustración 1. Círculo virtuoso de la innovación

Para las empresas, la innovación es una forma de obtención de riqueza pero sobretodo, es la única manera de evolucionar hacia una realidad con menos riesgo. En muchas ocasiones, la visión de una realidad favorable hace que no se consideren interesantes acciones que pretenden modificarla. Éste es uno de los motivos más habituales por los cuales las empresas deciden no innovar, y al mismo tiempo, aumentan sus riesgos competitivos. Los principales motivos para la innovación empresarial son:

1. Diversificación de la actividad hacia nuevos productos o servicios

2. Mejora de la eficiencia en los procesos productivos internos
3. Dinamización de la proyección exterior de la empresa
4. Mejora de la relación calidad/precio ofrecida a los clientes

No obstante, la innovación tiene un coste para las empresas ya que el proceso de innovación requiere de la dedicación de recursos propios y/o externos. Además, los procesos innovadores llevan implícito el concepto de novedad, esto es, el proceso es desconocido para la empresa desarrolladora y posiblemente, no existan precedentes tampoco en las empresas de la competencia.

Por todos estos motivos existe una política pública comunitaria, estatal y regional para la incentivación de la innovación empresarial. El objetivo es conseguir empresas más competitivas y más fuertes, capaces de permanecer en el mercado y generar trabajo y riqueza.

## **2.2. Características de un proyecto colaborativo de I+D+i de pequeño tamaño**

Un proyecto es un esfuerzo temporal encaminado a conseguir un producto, servicio o resultado único. El rasgo principal que diferencia a un proyecto de innovación del resto de proyectos es su novedad, y por tanto, su nivel de riesgo e indeterminación.

Como ya se ha comentado anteriormente, la forma de incentivar este tipo de proyectos es la financiación pública de parte de los costes asociados. No obstante, esta financiación tiene asociadas una serie de condiciones que se deben respetar si se desea tener alguna posibilidad de acceder a la misma:

1. Aprobación del alcance del proyecto que justifique su nivel de innovación y su carácter diferenciador
2. Aprobación de la planificación y el presupuesto del proyecto
3. Colaboración con centros tecnológicos
4. Colaboración entre empresas de diferentes sectores
5. Justificación periódica de los resultados y costes del proyecto

La colaboración entre empresas de diferentes sectores y centros tecnológicos permite una transferencia más rica del conocimiento de los mismos al proyecto, ya que el resultado puede ser mucho más que la suma de las aportaciones individuales al mismo. Los socios se complementan entre sí y al mismo tiempo generan espacios innovadores en las fronteras de su conocimiento:



**Ilustración 2. Colaboración empresas-centros tecnológicos**

No obstante, la realidad puede ser muy diferente a la situación planteada anteriormente. Estos actores pueden tener objetivos diversos a la hora de emprender un nuevo proyecto, lo cual puede llevar a la generación de esfuerzos contrapuestos. Este efecto se incrementa cuando el alcance de los proyectos de I+D+i se define de forma difusa. La novedad hace que durante la definición del alcance se tienda a la no concreción, dejando en el aire determinadas características que invitan a interpretaciones diferentes.

Cuando un socio emprende un proyecto con expectativas erróneas sobre el resultado final, se corre el riesgo de que pierda el interés en el mismo a lo largo del proyecto, reduciendo el esfuerzo y rompiendo el equilibrio de fuerzas tan necesario. En las experiencias anteriores éste ha sido uno de los motivos por los cuales la colaboración entre socios no ha funcionado.

Otro de los motivos de fracaso de los proyectos de I+D+i es la falta de autoridad y liderazgo. La relación entre socios es muy complicada ya que se trata de una colaboración voluntaria y no existe una figura de fuerza capaz de exigir resultados y dirigir esfuerzos. Esto influye mucho en las modificaciones, ya que si se modifica cualquiera de las dimensiones del proyecto, los socios no están obligados a sumir dicho cambio.

Por ello, se consideran los siguientes factores diferenciadores:

1. Mayor dificultad en la definición correcta del alcance
2. Riesgo elevado de no consecución de los objetivos planteados, al menos no todo lo completos que se deseaba inicialmente
3. Necesidad de modificar o ampliar los límites del proyecto para adaptarse a

situaciones no previstas

4. Utilización de herramientas o procesos novedosos
5. Utilización de financiación pública/privada externa
6. Colaboración entre socios con relaciones horizontales
7. Menor autoridad y capacidad de liderazgo del director de proyecto

Podría decirse que si para todos los proyectos los cambios son una situación no deseable, en el caso de los proyectos de I+D+i éstos son si cabe peor recibidos, ya que en muchas ocasiones son causantes del fracaso del proyecto. Los motivos fundamentales son los siguientes:

1. Muchas organizaciones consideran la I+D+i un gasto y por tanto se niegan a asumir aumentos en los costes de los proyectos
2. No existe ninguna obligación que fuerce a los socios a aceptar cambios en el proyecto, por lo que un único socio puede echar atrás un cambio
3. Las entidades de financiación externa son muy reacias a aceptar cambios en coste, alcance y cronograma. Si los cambios suponen un aumento del coste nunca se hacen cargo

La paradoja es que habitualmente se tiende a definir de forma difusa el alcance de estos proyectos debido a la dificultad que presenta este proceso. Esto aumenta significativamente el riesgo de fracaso del proyecto.

De todos los posibles proyectos de I+D+i, este trabajo se centra en los proyectos de pequeño tamaño. El tamaño de un proyecto se mide en función del presupuesto del mismo.

Cada programa de financiación dispone de una serie de condiciones y una de ellas es el presupuesto mínimo de los proyectos colaborativos que pueden optar a la subvención. Se utiliza este dato como indicativo del tamaño de los proyectos de I+D+i:

	<b>Presupuesto Mínimo</b>
Plan Avanza	200.000 €
DCTI	500.000 €
INNPACTO	500.000 €
INNPRONTA	15 M€
Horizon 2020 Small and Medium	1-4 M€
Horizon 2020 Large	>4 M€

**Tabla 1. Presupuesto mínimo I+D+i**

El proyecto al que se refiere este trabajo tiene un presupuesto próximo a los 500.000 € por lo que se puede decir que es un proyecto pequeño. En este tipo de proyectos las empresas intervinientes suelen ser Pymes o Micropymes que rara vez cuentan con un equipo de dirección de proyectos y una metodología establecida para la dirección de los mismos. En estos casos los recursos disponibles son limitados y suele priorizarse la parte ejecutiva sobre la planificación y el control, por considerar los esfuerzos destinados a la dirección de proyectos poco rentables.

Todos los motivos anteriormente descritos invitan a reflexionar. ¿Realmente le compensa emprender un proyecto de I+D+i a una empresa en esas condiciones? ¿Es razonable comprometerse a realizar un gasto importante de dinero sin conocer realmente el alcance de esa inversión? ¿Existe alguna manera de reducir los riesgos asociados a los proyectos de I+D+i y asemejarlos a los proyectos tradicionales?

Ante esas reflexiones se plantea la siguiente hipótesis:

*“Es posible planificar un proyecto de I+D+i colaborativo de pequeño tamaño aplicando la Guía PMBOK para reducir los riesgos y aumentar el control sobre el mismo”*

### **3. LA GUÍA PMBOK®**

Esta guía es un documento formal que describe normas, métodos, procesos y prácticas reconocidos en la profesión de la dirección de proyectos. Esta norma evolucionó a partir de las buenas prácticas reconocidas por profesionales dedicados a la dirección de proyectos, quienes contribuyeron a su desarrollo.

La Guía del PMBOK® proporciona pautas para la dirección de proyectos tomados de forma individual. Define la dirección de proyectos y otros conceptos relacionados, y describe el ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos conexos.

La creciente aceptación de la dirección de proyectos indica que la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas adecuados puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto. La Guía del PMBOK® identifica ese subconjunto de fundamentos de la dirección de proyectos generalmente reconocido como buenas prácticas.

Esta guía está promovida por el Project Management Institute (PMI) que la considera una referencia fundamental en el ámbito de la dirección de proyectos y la utiliza para sus certificaciones y programas de desarrollo profesional.

En su carácter de referencia fundamental, esta norma no está completa ni abarca todos los conocimientos. Se trata de una guía, más que de una metodología. Es por ello que el director de proyecto debe adaptarla a las necesidades reales de su proyecto aplicando su experiencia profesional previa en este campo.

Según la Guía PMBOK®, la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se definen para ello 42 procesos que deben aplicarse e integrarse de forma adecuada. Estos 42 procesos se agrupan en los 5 grupos de procesos que son:

1. Iniciación
2. Planificación
3. Ejecución
4. Seguimiento y Control
5. Cierre

Establece que dirigir un proyecto por lo general implica:

1. Identificar requisitos,
2. Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto,
3. Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con:
  - el alcance
  - la calidad
  - el cronograma
  - el presupuesto
  - los recursos
  - el riesgo

El proyecto específico influirá sobre las restricciones en las que el director del proyecto necesita concentrarse.

Otra forma de clasificar estos procesos es agrupándolos según las 9 áreas de conocimiento:

1. Dirección de la Integración del Proyecto: incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de la dirección de proyectos dentro de los grupos de procesos de dirección de proyectos.
2. Dirección del Alcance del Proyecto: La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo (y únicamente todo) el trabajo requerido para completarlo con éxito. El objetivo principal de la Gestión del Alcance del Proyecto es definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto.
3. Dirección de Plazos del Proyecto: Se refiere los procesos requeridos para asegurar la terminación a tiempo del proyecto.
4. Dirección de los Costos del Proyecto: La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
5. Dirección de la Calidad del Proyecto: La Gestión de la Calidad del Proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutante que determinan responsabilidades, objetivos y políticas de calidad a fin de que el proyecto satisfaga las necesidades por la cuales fue emprendido. Implementa el sistema

de gestión de calidad por medio de políticas y procedimientos, con actividades de mejora continua de los procesos llevados a cabo durante todo el proyecto, según corresponda.

6. Dirección de Recursos Humanos del Proyecto: La Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluye los procesos que organizan, gestionan y conducen el equipo del proyecto. El equipo del proyecto está conformado por aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto.
7. Dirección de las Comunicaciones del Proyecto: La Gestión de las Comunicaciones del Proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos.
8. Dirección del Riesgo del Proyecto: incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos para el proyecto.
9. Dirección de aprovisionamientos del Proyecto: La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto.

Se presenta a continuación una tabla en la que aparecen los 42 procesos propuestos por la guía, clasificados según los 5 grupos de procesos descritos anteriormente y las 9 áreas de conocimiento.



Áreas de conocimiento	Grupos de procesos de dirección de proyectos				
	Iniciación	Planificación	Ejecución	Monitorización y control	Cierre
4. Dirección de integración del proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan del Proyecto	4.3 Dirigir la ejecución del proyecto	4.4 Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto 4.5 Realizar el control integrado de cambios	4.6 Cerrar el proyecto o fase
5. Dirección del alcance del proyecto		5.1 Recopilar requisitos 5.2 Definir el alcance 5.3 Crear la EDP		5.4 Verificar el alcance 5.5 Controlar el alcance	
6. Dirección de plazos del proyecto		6.1 Definir actividades 6.2 Secuenciar actividades 6.3 Estimar recursos de actividad 6.4 Estimar duraciones de actividad 6.5 Desarrollar el calendario		6.6 Controlar el calendario	
7. Dirección del coste del proyecto		7.1 Estimar costes 7.2 Determinar el presupuesto		7.3 Controlar los costes	
8. Dirección de calidad del proyecto		8.1 Plan de Calidad	8.2 Realizar el aseguramiento de la calidad	8.3 Realizar el control de calidad	
9. Dirección de RRHH del proyecto		9.1 Desarrollar el Plan de RRHH del proyecto	9.2 Adquirir el equipo del proyecto 9.3 Desarrollar el equipo del proyecto 9.4 Dirigir el equipo del proyecto		
10. Dirección de las comunicaciones del proyecto	10.1 Identificar los stakeholders	10.2 Plan de Comunicaciones	10.3 Distribuir Información 10.4 Gestionar las expectativas de los stakeholders	10.5 Informar del rendimiento	
11. Dirección del riesgos del proyecto		11.1 Plan de riesgos 11.2 Identificar riesgos 11.3 Análisis cualitativo del riesgo 11.4 Análisis cuantitativo del riesgo 11.5 Plan de respuesta a los riesgos		11.6 Monitorizar y controlar los riesgos	
12. Dirección de aprovisionamientos del proyecto		12.1 Plan de Aprovisionamientos	12.2 Realizar el aprovisionamiento	12.3 Administrar los aprovisionamientos	12.4 Cerrar aprovisionamientos

Tabla 2. Grupos de procesos PMBOK

#### **4. ALCANCE DE ESTE TRABAJO FINAL DE MASTER**

El objetivo de este proyecto es demostrar que es posible aplicar la Guía PMBOK® a la hora de dirigir un proyecto de I+D+i pequeño. Como se ha mencionado anteriormente estos proyectos de I+D+i tienen diferencias importantes con respecto a otros proyectos. Por ello, el trabajo se centra en aquellos procesos de la guía que se consideran más complejos y diferentes, esto es, aquellos en los que existen dudas sobre su desarrollo y aplicabilidad.

Por todos los motivos expuestos en el punto 2.2 *Características de un proyecto colaborativo de I+D+i*, el grupo de procesos que se considera más interesante es el de planificación. No obstante, los procesos de iniciación son imprescindibles para la constitución del proyecto, por lo que entran también dentro del alcance. En la tabla 2 se muestran en verde los procesos que se desarrollan en este texto.

Por un tema de protección de resultados del proyecto se omiten aquellos datos técnicos que se considera necesario, por lo que tanto el plan de proyecto como los planes subsidiarios que se muestran han sido ligeramente manipulados.

De la misma manera, por protección de datos y privacidad, se sustituyen los nombres de las empresas y de los recursos personales. Por ello, se encontrarán nombres genéricos como empresa “hardware” o persona “hardware 1”.

La Guía PMBOK® propone una serie de técnicas y metodologías que pueden o no utilizarse en cada uno de los procesos. En este texto se incluye en cada plan un pequeño resumen de la metodología utilizada en el mismo. Este apartado es un añadido que pretende aclarar el origen de los contenidos mostrados y no se incluiría en un plan de proyecto al uso.

El proyecto de I+D+i dirigido tiene una duración de 30 meses y no habrá concluido en el momento de presentar este trabajo. Las conclusiones por tanto no serán completas pero sí suficientes ya que habrá transcurrido ya un 70% del proyecto.

Áreas de conocimiento	Grupos de procesos de dirección de proyectos				
	Iniciación	Planificación	Ejecución	Monitorización y control	Cierre
4. Dirección de integración del proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan del Proyecto	4.3 Dirigir la ejecución del proyecto	4.4 Monitorizar y controlar el trabajo del proyecto 4.5 Realizar el control integrado de cambios	4.6 Cerrar el proyecto o fase
5. Dirección del alcance del proyecto		5.1 Recopilar requisitos 5.2 Definir el alcance 5.3 Crear la EDP		5.4 Verificar el alcance 5.5 Controlar el alcance	
6. Dirección de plazos del proyecto		6.1 Definir actividades 6.2 Secuenciar actividades 6.3 Estimar recursos de actividad 6.4 Estimar duraciones de actividad 6.5 Desarrollar el calendario		6.6 Controlar el calendario	
7. Dirección del coste del proyecto		7.1 Estimar costes 7.2 Determinar el presupuesto		7.3 Controlar los costes	
8. Dirección de calidad del proyecto		8.1 Plan de Calidad	8.2 Realizar el aseguramiento de la calidad	8.3 Realizar el control de calidad	
9. Dirección de RRHH del proyecto		9.1 Desarrollar el Plan de RRHH del proyecto	9.2 Adquirir el equipo del proyecto 9.3 Desarrollar el equipo del proyecto 9.4 Dirigir el equipo del proyecto		
10. Dirección de las comunicaciones del proyecto	10.1 Identificar los stakeholders	10.2 Plan de Comunicaciones	10.3 Distribuir Información 10.4 Gestionar las expectativas de los stakeholders	10.5 Informar del rendimiento	
11. Dirección del riesgos del proyecto		11.1 Plan de riesgos 11.2 Identificar riesgos 11.3 Análisis cualitativo del riesgo 11.4 Análisis cuantitativo del riesgo 11.5 Plan de respuesta a los riesgos		11.6 Monitorizar y controlar los riesgos	
12. Dirección de aprovisionamientos del proyecto		12.1 Plan de Aprovisionamientos	12.2 Realizar el aprovisionamiento	12.3 Administrar los aprovisionamientos	12.4 Cerrar aprovisionamientos

Tabla 3. Procesos acometidos en este trabajo

## 5. ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO ENERGYBOX

Para realizar el acta de constitución es necesario conocer con un nivel de detalle suficiente lo que se desea conseguir con el proyecto. La empresa promotora busca las organizaciones colaboradoras que complementen sus conocimientos técnicos y permitan el desarrollo completo del producto.

Una vez formado el equipo del proyecto se realizan reuniones para entrar en detalle en los distintos puntos del acta de constitución. Con la colaboración de los socios es posible realizar una primera estimación de recursos y plazos dedicados. Estas primeras estimaciones simplemente autorizan el proyecto pero no comprometen a los socios en absoluto.

### 5.1. Justificación del proyecto

La domótica y la inmótica forman un mercado maduro con soluciones tecnológicas de alta fiabilidad y solvencia contrastada. Del mismo modo, existen numerosas empresas con productos que permiten la lectura y posterior comunicación de consumos acumulados y parámetros de calidad de red. No obstante, existe un gran hándicap para la inclusión de este tipo de tecnologías en edificios ya existentes sin acometer una reforma previa. De forma generalizada, estos dispositivos ya existentes en el mercado utilizan tecnologías cableadas que imposibilitan su implantación debido a los altos costes derivados de su instalación.

A nivel conceptual, el proyecto abordará 4 campos relacionados con el ahorro y la gestión energética:

1. Regulación: Gestión automática de instalaciones en función de ciertos parámetros
2. Programación y aprendizaje: Ajuste personalizado de costumbres de uso
3. Información: Notificación al usuario de consumos acumulados, estado de instalaciones, alarmas etc.
4. Control simplificado: Posibilidad de ajustar los elementos de una instalación desde un punto de forma sencilla y sin esfuerzo

Muy pocos productos integran en un único dispositivo la medición y la actuación, de forma que con un único producto sea posible acometer de forma transversal los 4 campos mencionados anteriormente (regulación, programación y aprendizaje, información y control simplificado). Esto es debido a que generalmente las empresas especializadas en control de consumo no se dedican a la automatización y viceversa.

Otro de los puntos clave de este proyecto es dar solución a las necesidades planteadas por la norma ISO 50001 de reciente creación (15/06/2011).

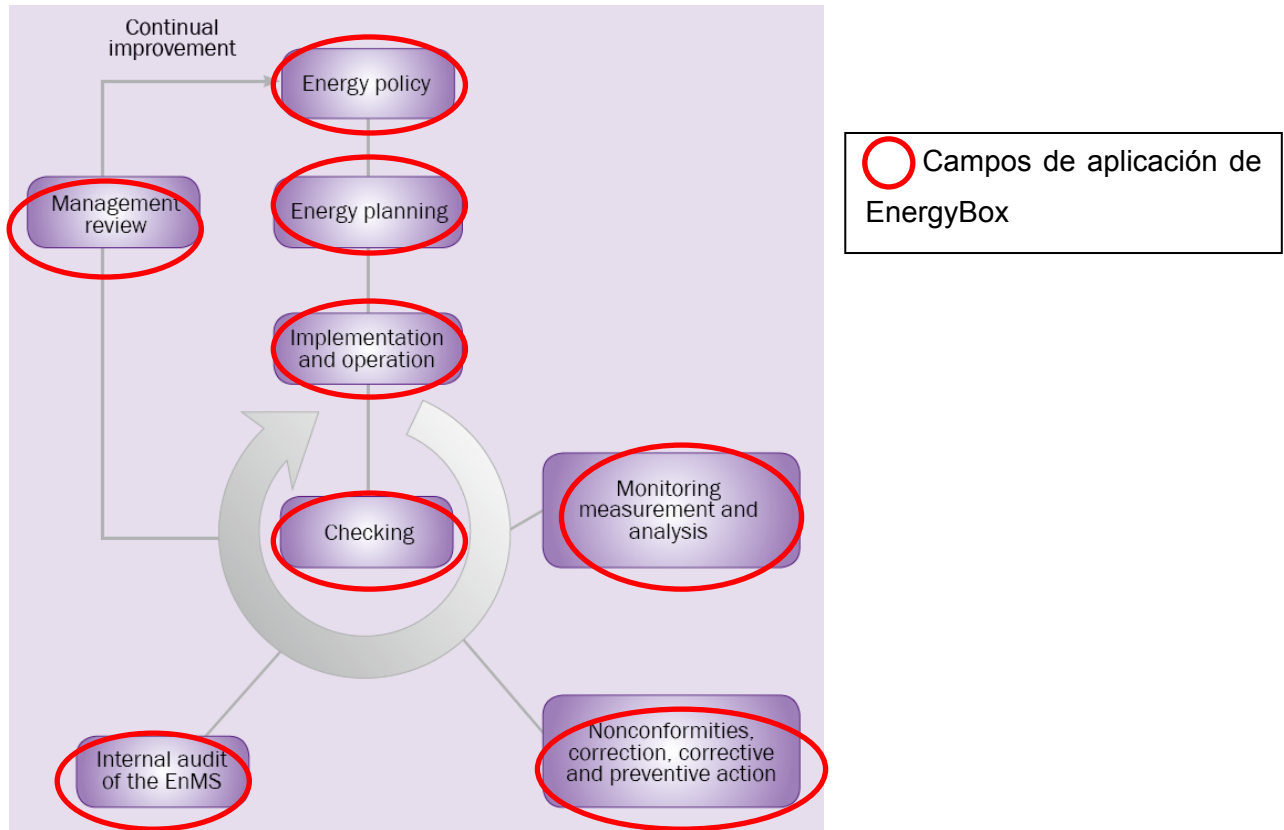


Ilustración 3 ISO 50001

En dicha norma se define el proceso que deben seguir las empresas para la gestión eficiente de sus fuentes de energía. tal proceso puede verse en la figura anterior:

1. Plan (Planificar): Conocer la instalación, establecer las líneas base de consumo y los indicadores de rendimiento energético (EnPIs) y detectar las oportunidades de ahorro de energía.
2. Do (Hacer): Implementar los planes de ahorro de energía desarrollados en el apartado anterior.
3. Check (Comprobar): Monitorizar y medir los procesos y cuantificar el resultado de las acciones correctoras emprendidas.
4. Act (Actuar): Tomar acciones para la mejora de la eficiencia energética de forma continua.

## **5.2. Objetivo del proyecto**

El objetivo fundamental del presente proyecto es el desarrollo de un nuevo producto, y su servicio asociado, que haga frente a las necesidades crecientes de gestión energética en los edificios.

A nivel estratégico las empresas integrantes pretenden obtener un aumento del know-how a partir de los siguientes puntos clave:

1. Desarrollo de equipos basados en tecnologías wireless
2. Profundizar en el ámbito de la medición de energía y calidad de red
3. Crear aplicaciones de Inteligencia Artificial que interrelacionen la medición de energía y la actuación, posibilitando el ahorro energético mediante políticas activas.
4. Crear un producto en el ámbito del IoT (Internet de las cosas)

## **5.3. Requisitos de alto nivel**

El producto desarrollado deberá ser de tipo plug&play de forma que su instalación resulte lo menos costosa posible independientemente de si el entorno de aplicación es un edificio existente o un edificio de nueva construcción.

El producto resultante de este proyecto debe aportar herramientas que faciliten el trabajo en todos los campos mencionados anteriormente, aportando datos de consumos, cuantificando el ahorro y actuando sobre aquellos parámetros de las instalaciones que permitan optimizar el uso de la energía.

Es importante reseñar que este dispositivo (o conjunto de ellos) debe tener un coste reducido (al menos 50% inferior a los productos existentes) de forma que sea posible su implantación en cualquier tipo de instalación, incluidas viviendas.

## **5.4. Descripción del proyecto de alto nivel**

El desarrollo completo del proyecto se va a realizar mediante la colaboración de 3 empresas, cada una de ellas con una función claramente diferenciada:

1. PROMOTOR S.L.: Promotor de la idea y director del proyecto.
2. HARDWARE S.L.: Desarrollo hardware.
3. SOFTWARE S.L.: Desarrollo software.

Además será necesaria la subcontratación de un centro de investigación para la realización de determinadas pruebas de compatibilidad electromagnética y homologaciones.

El promotor, desde su experiencia en el sector define los requisitos del producto y establece las herramientas que permiten garantizar al máximo la conclusión satisfactoria del proyecto. Será la encargada de controlar el marco del proyecto en términos de coste, tiempo y calidad.

Además se tratará de conseguir algún tipo de ayuda económica desde las administraciones como proyecto colaborativo de I+D+i. Los primeros esfuerzos del proyecto se centrarán en este punto.

Si bien el desarrollo software es mucho más versátil y flexible se deberá prestar especial atención a la definición de requisitos del hardware. Previsiblemente EnergyBox será más que un dispositivo, un conjunto de dispositivos que proporcionen una solución completa. Por ello, es fundamental tener en cuenta la evolución futura del producto durante la fase de diseño y el establecimiento de requisitos técnicos.

Durante del desarrollo del proyecto se pretende conseguir algunos prototipos 100% funcionales para la realización de pruebas en campo que sirvan como test de producto. Este punto resulta imprescindible ya que se pretende obtener un producto lo más cercano al mercado posible. Debido a que el periodo de test puede extenderse en el tiempo, la limitación temporal es muy importante y se deberá proporcionar una especial atención a este punto.

En las fases finales del proyecto deberán realizarse certificaciones de compatibilidad electromagnética y otro tipo de homologaciones cuya duración temporal puede ser variable. Por este motivo, se estiman tiempos lo más conservadores posible.

## **5.5. Riesgos de alto nivel**

A nivel de riesgos se observan dos grandes grupos:

1. Riesgos ambientales: Los recursos disponibles son limitados por lo que es de esperar que el tiempo de desarrollo del proyecto sea más largo de lo deseable. Por ello, es posible que aparezcan productos similares que compitan en el mercado con el resultado del proyecto. Además, en la situación económica actual es difícil garantizar la continuidad de las empresas involucradas a lo largo de la vida del proyecto. La situación de crisis actual hace que exista un riesgo cierto sobre la capacidad de las empresas intervinientes de seguir financiando el

proyecto. Por ello, se considera fundamental conseguir una ayuda de alguno de los planes de financiación pública de I+D+i.

2. Riesgos tecnológicos: Existen algunos interrogantes con respecto a las interferencias electromagnéticas que pueden producirse en el interior de los cuadros eléctricos y la capacidad de las redes Wifi de penetrar en dichos entornos. Para ello, se avanzarán pruebas de compatibilidad electromagnética como parte del estudio de viabilidad del proyecto.

## 5.6. Calendario de hitos

El proyecto contará a grandes rasgos con los siguientes hitos:

3. Documentación inicial. Solicitud de ayuda al Gobierno de Navarra
4. Estudio y definición de necesidades de los edificios
5. Desarrollo del hardware
6. Desarrollo del software
7. Prototipado y pruebas en campo
8. Definición de estrategia de difusión, publicaciones y patentabilidad
9. Cierre de proyecto y justificación final

## 5.7. Presupuesto estimado por empresas

	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Fecha comienzo	01/10/2012	01/10/2013	01/10/2014	01/10/2012
Fecha finalización	31/09/2013	31/09/2014	31/04/2015	31/04/2015
Hardware	20.000	20.000	3.500	43.500
Promotor	90.000	80.000	20.000	190.000
Software	80.000	100.000	55.000	235.000
Centro de investigación	0	0	5.500	5.500
			<b>TOTAL</b>	<b>474.000</b>

Tabla 4. Presupuesto estimado



## 6. STAKEHOLDERS DEL PROYECTO

Los stakeholders principales del proyecto son los siguientes:

1. Empresas desarrolladoras del proyecto
  - a. Promotora del proyecto
  - b. Desarrolladora del hardware:
  - c. Desarrolladora del software:
2. Cliente final
3. Administración

### 6.1. Empresa promotora del proyecto

Se trata de una empresa con 15 años de experiencia en el sector de la construcción y está especializada en el diseño y puesta en marcha de soluciones de control para edificios y viviendas.

En la actualidad se encuentra en un periodo de transición. La construcción, principalmente de vivienda de promoción, ha sufrido el mayor frenazo de la historia reciente. Por ello, está realizando un gran esfuerzo de diversificación de negocio.

Una de las ramas que más está potenciando en la actualidad es la de proyectos especiales, referidos a productos específicos concebidos para cubrir necesidades especiales relacionadas con las telecomunicaciones en edificios residenciales, terciarios, urbanizaciones y todo tipo de complejos.

En este contexto considera prioritario trabajar en tecnologías que permitan dotar de herramientas de ahorro a edificios existentes.

La empresa cuenta ya en plantilla con el personal adecuado para llevar a cabo las tareas que tiene encomendadas en el proyecto.

Cuenta con una cuota de mercado superior a la de cualquiera de sus competidores en Navarra. Actualmente, no existe ninguna empresa a nivel local con su proyección en el ámbito de la domótica y las telecomunicaciones.

## 6.2. Empresa software

Es una empresa navarra de consultoría y desarrollo en el ámbito de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que surge en 2007. Su especialidad es integrar diferentes tecnologías y dispositivos, tanto para la captura de información como para su explotación. Entre todas las tecnologías con las que trabaja, destacan:

- JEE de Oracle
- .Net de Microsoft
- Ruby on Rails
- Android, iOS,...

Actualmente dispone de dos delegaciones comerciales, una en España (ubicada en la propia sede de la empresa) y otra en México. Desde la primera se atiende al mercado europeo, principalmente español, y desde la segunda al latinoamericano donde se encuentra en proceso de implantación.

El equipo de gestión y desarrollo de proyectos se ubica en su sede central. Previsiblemente, el equipo existente se encuentra plenamente capacitado para llevar a cabo las tareas asignadas en el proyecto, aunque si fuera necesario contratarían a personal de apoyo.

Dispone de una metodología de gestión de proyectos propia, basada en CMMI nivel 2, y un Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información basado en los estándares ISO 27000 e ISO 27001.

## 6.3. Empresa hardware

Este proyecto empresarial surge en 2009 gracias a la experiencia previa de su equipo promotor, todos ellos provenientes del ámbito de la I+D+i en el campo de la electrónica, la automatización y la nanotecnología.

Su fundación respondió a tres factores. En primer lugar, su base tecnológica que le permitió el diseño y fabricación de equipamiento. En segundo lugar la unión de un equipo promotor altamente formado y motivado que vio una oportunidad de negocio viable en un campo emergente y por último, la aceptación del proyecto dentro del marco científico-tecnológico de Navarra a través de la Red EIBT.

En apenas año y medio de existencia ha sido capaz de comercializar su equipamiento en países como Alemania, Suiza, Rumanía, Arabia Saudí, México, etc...

La estrategia de la empresa se centra en dos campos: la nanotecnología y la eficiencia energética.

Esta segunda línea estratégica por la que apuesta consiste en el desarrollo de sistemas distribuidos de medición y control de energía, integrados en redes inteligentes o instalaciones convencionales, cuyo objetivo sea la eficiencia energética.

Actualmente cuenta con un equipo humano muy reducido debido a su juventud, pero previsiblemente crecerá. Comenzará el proyecto dedicando el personal existente y se adaptará a las necesidades del proyecto si fuera necesario.

#### **6.4. Otros**

Se detectan tres grandes grupos de clientes potenciales:

1. Propietario de inmueble o empresa: Son clientes finales del producto. Pueden diferenciarse en varios subgrupos.
  - Propietario de vivienda (piso, unifamiliar, villa...)
  - Propietario de edificio terciario (oficinas, hoteles, colegios...)
  - Propietario de empresa industrial
2. Administradoras de fincas: Este cliente puede funcionar como prescriptor del producto.
3. Administración pública: Es un cliente final del producto con gran capacidad de compra.

Cada uno de los clientes tendrá unas exigencias sobre el producto que se analizarán en la fase de definición de requisitos.

También la administración como financiadora del proyecto se considera un involucrado clave en el proyecto.

## 7. PLAN DE PROYECTO

Este documento integra y consolida los diferentes planes subsidiarios. Establece los pasos que deben darse en la planificación inicial, estableciendo el orden de los procesos y las iteraciones necesarias para definir con precisión las líneas base del proyecto:

1. • Línea base del cronograma
2. • Línea base del desempeño de costos
3. • Línea base del alcance

El encargado de liderar este proceso de planificación inicial será el Director Del Proyecto, creando los diferentes grupos de trabajo, asignando responsabilidades y actualizando los diferentes planes subsidiarios.

Se muestra a continuación un gráfico con el proceso completo:

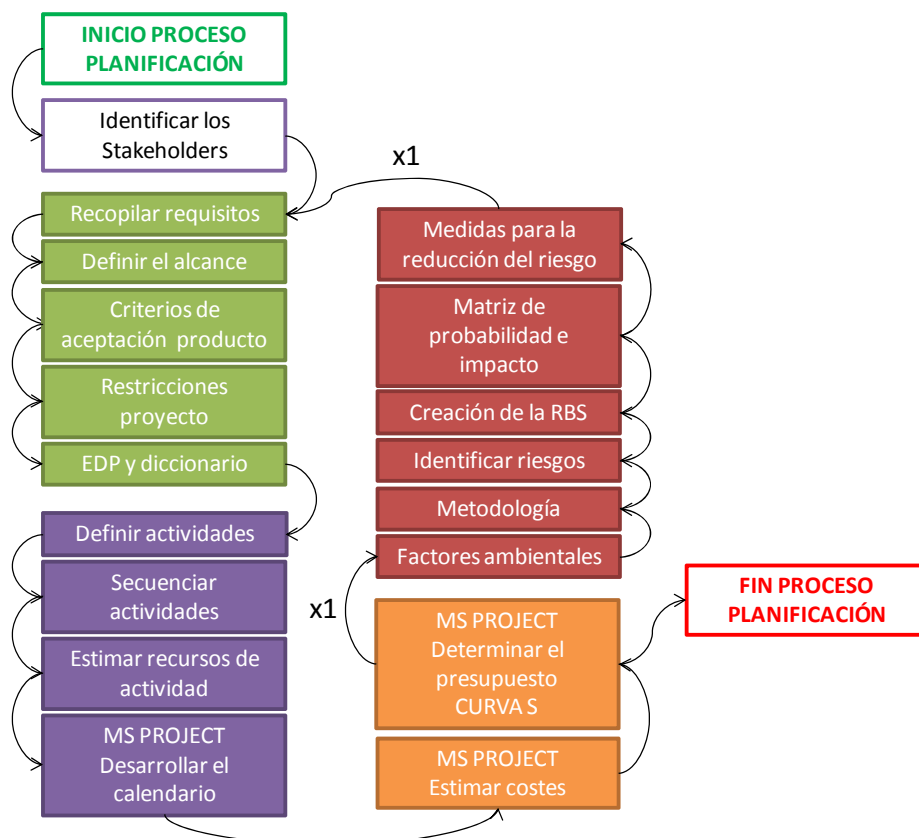


Ilustración 4. Plan de Proyecto

El proceso comienza con la identificación de los stakeholders del proyecto y a través de los objetivos y pretensiones individuales de cada uno de los grupos se definen los requisitos del

proyecto y del producto. Es imprescindible comenzar por este punto debido a que existe una gran indeterminación con respecto al resultado del proyecto. Una vez establecido el alcance se desarrolla una primera versión de la EDP y a través de ella se estiman los recursos, el calendario del proyecto y el presupuesto. Este proceso puede observarse en la *Ilustración 4*.

En este punto se cuenta ya con una versión provisional de las líneas bases del proyecto y con una cantidad de información más que suficiente para realizar el plan de riesgos del proyecto. Como se ha mencionado anteriormente, los proyectos de I+D+i tienen un componente de riesgo mayor, por lo que este plan es clave en el éxito del proyecto. Se debe desarrollar un plan que contemple los riesgos fundamentales así como las medidas que permitan reducir el nivel del riesgo global del proyecto de forma significativa.

Es lógico que las medidas propuestas tengan consecuencias en lo referente a la redefinición de algunos de los requisitos, las tareas, los plazos y los costes del proyecto. Por ello, se deberá realizar una iteración en los procesos, modificando aquellos aspectos afectados por el plan de riesgos. Una vez redefinidos los costos y la nueva curva S del proyecto se dará por concluido el proceso de planificación y por buena la versión de las tres líneas base del proyecto.

## **8. PLAN DE GESTIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO ENERGYBOX**

Detallar el alcance del proyecto supone un gran se un gran esfuerzo. Se realiza un trabajo individual de cada uno de los socios y un trabajo en conjunto de puesta en común de resultados.

Se realiza un estudio de los requisitos del proyecto a raíz de las exigencias y expectativas de los involucrados. Una vez obtenido un listado de requisitos se trabaja en una matriz QFD de especificaciones de forma que todos los requisitos queden suficientemente cubiertos por las especificaciones definidas para ello.

Obtenidas las especificaciones, se redacta el alcance del proyecto y se llevan a cabo el resto de procesos contenidos en este plan.

### **8.1. Requisitos del proyecto y del producto**

#### **1. Empresas desarrolladoras del proyecto**

- a. Promotora del proyecto: Desea conseguir un producto que satisfaga a los clientes finales y le permita acceder a nuevos mercados.
- b. Desarrolladora del hardware: Desea desarrollar un producto que satisfaga las necesidades del promotor.
- c. Desarrolladora del software: Desea desarrollar un software lo suficientemente atractivo como para que el cliente final esté dispuesto a conservar la cuota de mantenimiento mensual que proponga.
- d. Objetivos comunes:
  - i. Es importante que el margen comercial del producto sea adecuado para todos los socios del proyecto.
  - ii. El producto debe tener una buena salida en el mercado.
  - iii. El producto debe ser fiable.
  - iv. Los plazos del proyecto y los costes asociados se deben ajustar a lo planificado.
  - v. Evitar el fracaso del proyecto.
  - vi. Evitar una posible penalización por parte de la administración.

#### **2. Cliente final:**

- a. Propietario de inmueble/empresa: Su necesidad principal es el ahorro energético. Para ello, necesita una herramienta que tenga un retorno de inversión inferior a 2 años. Además, debido a que sus recursos de personal son

- limitados necesita que el esfuerzo de mantenimiento y seguimiento del producto sea lo más reducido posible.
- b. Administrador de viviendas: Su necesidad principal es el ahorro energético pero también el ahorro en costes de gestión del edificio. Dotar a las viviendas gestionadas de este servicio puede darle un factor diferenciador.
3. Administración: Al tratarse de uno de los financiadores del proyecto, espera que el alcance, el tiempo de ejecución y los costes del proyecto se ajusten a lo planificado (y aprobado legalmente)

Se consensuan por tanto los siguientes requisitos del proyecto:

1. Adecuada recepción wifi
2. Estabilidad de la electrónica
3. Fiabilidad del software
4. Precio ajustado
5. Cumplir expectativas clientes
6. Buena salida al mercado
7. Cumplimiento de plazos y costes del proyecto
8. Facilidad puesta en marcha
9. Potencia suficiente del software
10. Retorno de inversión por reducción energética < 2 años
11. Seguridad producto final
12. Adecuación a norma ISO 50001
13. Flexibilidad del producto para desarrollos futuros

Con el fin de detallar las especificaciones más importantes que garantizarán el cumplimiento de los requisitos, se desarrolla una matriz de especificaciones QFD. Se suman los totales de forma que podamos detectar si un requisito está suficientemente cubierto y si una especificación está suficientemente justificada.

Relación fuerte ● = 6 Relación media ○ = 3 Relación débil △ = 1	Ajustar precio en el diseño 50% inferior a competidores	Conseguir garantía 100 ppm a proveedores	Test cobertura condiciones adversas -85 dBm	Prototipado y pruebas > a 10 meses en campo	Reuniones trimestrales con cliente tipo final	Aplicar PM basado en la norma del PMI	Consensuar alcance proyecto y requisitos producto	Tests exitoso 95% usuarios LEGOs	Homologaciones prototipo	Dotar al producto de imagen comercial "verde"	Compatibilidad KNX	Interfaz de comunicación para extensión de E/S	Medición de energía trifásica y monofásica	4 salidas de tipo relé y 4 entradas libres de potencial	Instalación en carril DIN. Tamaño reducido (<8).	Creación de informes	Proposición acciones de mejora por IA	Totales
Adecuada recepción wifi		○	●	○					△									13
Estabilidad de la electrónica		●	○			△			○		△	△	○					19
Fiabilidad del software				●		○										○	○	18
Precio ajustado	●	○				○					△	△	○	○				20
Cumplir expectativas clientes	○	○	●	○	●	●	●		○	○	○	○	●	○	○	●	●	71
Buena salida al mercado	●	△	○	○	●	○	○	●	○	●	○	○	●	○	●			61
Cumplimiento de plazos y costes del proyecto	○	△	△	○	△	●	△	△	○		○		○	△		○	○	34
Facilidad puesta en marcha		△	○	△			△	●			△	△	○		●	○	○	35
Potencia suficiente del software					●		●	○		△	△	△				●	●	35
Retorno de inversión por reducción energética < 2 años				●	○			△		△	○	○	●	○		○	○	35
Seguridad producto final	○	○				△			●		△		○	△				20
Adecuación a norma ISO 50001			○	●	△	○	○	○					●	○		●	○	40
Flexibilidad del producto para desarrollos futuros	●						●				●	●						25
<b>Totales</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>39</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	

Tabla 5. Matriz QFD



## 8.2. Definición del alcance

El objetivo de este proyecto es conseguir un prototipo que cumpla con las siguientes especificaciones:

1. Precio ajustado desde el diseño 50% inferior al de los competidores. Esto se traduce en un precio para el prototipo inferior a 100€.
2. Producto altamente fiable con un índice de fallo de 1.000 ppm. Para ello será necesario exigir a los proveedores de equipamiento y montaje del hardware un índice de 100 ppm.
3. El producto debe comunicar correctamente con redes wifi cuyo nivel de señal sea superior a -85 dBm en el exterior del cuadro eléctrico.
4. Las pruebas de funcionamiento en campo (instalación real) no podrán ser inferiores a 10 meses para garantizar el funcionamiento estable del dispositivo.
5. Se deberá seleccionar un cliente con capacidad de compra significativa (100 unidades anuales). Se le hará parte del proyecto y se organizarán reuniones trimestrales para mostrarle los progresos en el producto. Se realimentará el diseño del producto con la información recibida.
6. Su puesta en marcha debe ser lo más sencilla posible. Los test realizados para usuarios con poca experiencia deberán ser superados por el 95% de los usuarios.
7. El producto deberá disponer de una imagen comercial "verde" que favorezca su aceptación comercial. Se valorará mediante encuestas a clientes potenciales.
8. Medición de energía trifásica y monofásica. Deberá al menos ser capaz de obtener datos de potencia, energía, coseno de fi, voltaje e intensidad.
9. 4 salidas de tipo relé y 4 entradas libres de potencial. Se consideran suficientes para poder actuar sobre circuitos y registrar alarmas y estados.
10. Interfaz de comunicación para extensión de E/S. Se desarrollará un interfaz que permita la comunicación con módulos de entradas y salidas adicionales a través de un puerto serie de comunicación.
11. Compatibilidad KNX. Favorecerá su capacidad de actuación y recepción de información.
12. Instalación en carril DIN y tamaño < 8 unidades.
13. Creación de informes: El software del backend deberá ser capaz de crear informes que reduzcan el trabajo de postprocesado de los datos en bruto. Consumos mensuales, trimestrales y anuales y comparativas con la línea base.
14. Proposición de acciones de mejora mediante Inteligencia Artificial: Se realizarán cálculos que permitan detectar consumos no deseados y proponer al usuario acciones que reduzcan el consumo.

Entre los socios existe un gran interés en este proyecto y en sus resultados. Además, existe un gran riesgo en el caso de no mantener el proyecto dentro de sus límites, ya que la financiación externa podría perderse completamente. Por ello, los socios consideran imprescindible aplicar la norma del PMI como herramienta de dirección de proyectos.

### **8.3. Criterios de aceptación del producto**

El producto debe cumplir con todas las especificaciones descritas en el apartado anterior para su aceptación. Las especificaciones 13 y 14 no pueden ser suficientemente especificadas debido a que se trata de innovaciones no presentes en el mercado. Estas especificaciones deberán incorporarse conforme aumente su conocimiento por parte de los socios del proyecto.

Para la incorporación de nuevas especificaciones éstas deberán ser aprobadas por parte de todos los socios del proyecto. A pesar de las posibles modificaciones, el producto final deberá cumplir al menos con las especificaciones descritas en el apartado anterior debido a los compromisos adquiridos por los financiadores del proyecto.

### **8.4. Entregables del proyecto**

Se detallan a continuación los entregables del proyecto:

1. Entregable 1: Estudio y definición de necesidades de los edificios. Deberán cuantificarse los consumos de cada una de las instalaciones de un edificio terciario y un domicilio. Además, contendrá estimaciones de los ahorros que podría producir el producto en condiciones óptimas de programación y potencialidad del software.
2. Entregable 2: Diseño del hardware. Una vez concluido el diseño de la electrónica del aparato se deberá crear un documento con el layout. Además, se deberá incluir los costes de fabricación detallando los distribuidores y comprobando su capacidad de cumplimiento de especificaciones.
3. Entregable 3: Diseño de la aplicación. Se entregará una demo de la aplicación con las funcionalidades principales, incluida la creación de informes y las aplicaciones de inteligencia artificial.
4. Entregable 4: Prototipado y pruebas de campo. Este entregable contendrá un informe resumen de la fabricación de los prototipos, la instalación en campo y el

resultado de las pruebas de funcionamiento de la solución final. Deberá recoger todas las modificaciones propuestas para el hardware y la aplicación software.

5. Entregable 5: Plan de negocio y plan de marketing. Será un informe con el plan de negocio y las acciones a llevar a cabo en relación a la estrategia comercial del producto. Incluirá un resumen de los eventos, las publicaciones y el desarrollo de la imagen comercial del producto.
6. Entregable 6: Cierre y justificación técnica y económica del proyecto. Se documentará el cierre del proyecto con las lecciones aprendidas y la justificación ante el organismo financiador.

## **8.5. Restricciones del proyecto**

Las restricciones de este proyecto se refieren al alcance, el cronograma, el presupuesto y la calidad del mismo. Como se ha comentado anteriormente, el director del proyecto tiene una capacidad limitada en la modificación de las dimensiones del proyecto ya que requiere la aprobación de los socios y la entidad financiadora. Para cada una de las dimensiones del proyecto se detalla el procedimiento a seguir en caso de proponer una modificación:

1. Alcance: Una modificación en el alcance deberá ser propuesta mediante documento interno por uno de los socios y aprobada por el resto del consorcio y el cliente potencial. Una vez obtenida la aprobación deberá proponerse mediante documento oficial a la entidad financiadora obteniendo la aprobación por escrito. Es un procedimiento no deseable que únicamente deberá acometerse en caso de cambio significativo de la tecnología. Puede conllevar una merma o pérdida de la financiación exterior.
2. Cronograma: Si la modificación en el cronograma no afecta a la fecha de fin del proyecto, deberá ser notificada mediante documento interno por el director del proyecto y comunicada al resto de los socios. Si la modificación afecta a la fecha de terminación del proyecto, deberá ser aprobada por los socios del proyecto y comunicada mediante documento oficial obteniendo la aprobación por escrito. Este último, es un procedimiento no deseable que únicamente deberá acometerse cuando existan razones técnicas que justifiquen la modificación. Puede conllevar una merma o pérdida de la financiación exterior.
3. Presupuesto: Podrá modificarse el presupuesto si el importe es inferior al estimado siempre que no se ponga en riesgo la consecución del alcance del proyecto. En este caso, los socios deberán dar su aprobación por escrito ya que esto conllevará una merma en la financiación externa. En el caso en que el

presupuesto se mayor al inicialmente estimado, los socios deberán aprobarlo por consenso. No existe la posibilidad de solicitar una ampliación de la financiación externa, por lo que el incremento deberá ser asumido por el consorcio.

4. Calidad: La garantía absoluta de la calidad no es posible, pero sí debe garantizarse la utilización de las mejores técnicas disponibles. El director del proyecto será responsable de cumplir y hacer cumplir la norma del PMI sobre la dirección de proyectos (PMBOOK).

## 8.6. EDP

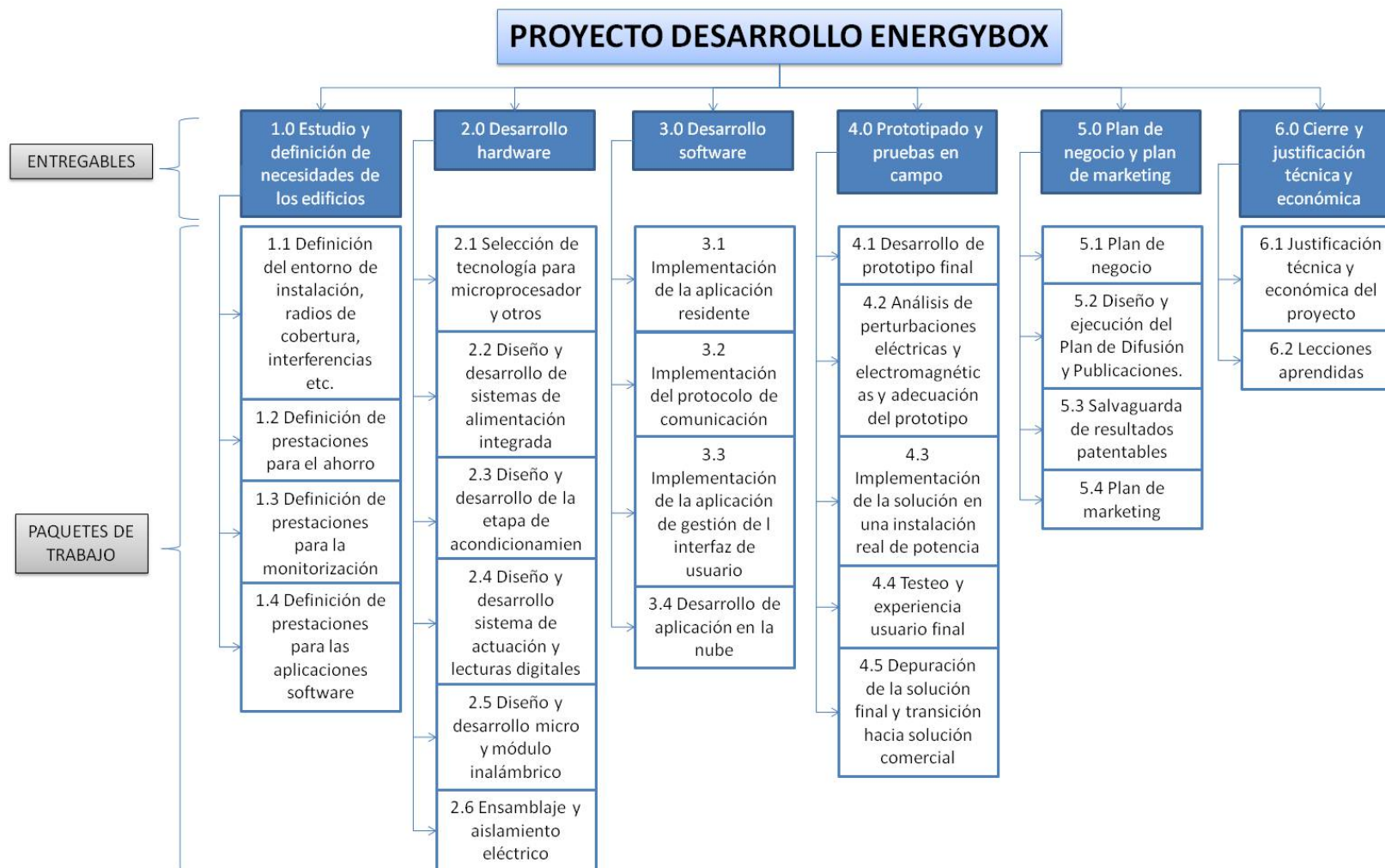


Ilustración 5. EDP

## 8.7. Diccionario de la EDP

A continuación se describen con mayor detalle los diferentes paquetes de trabajo:

1. Entregable 1: Estudio y definición de necesidades de los edificios.
  - 1.1. Definición del entorno de instalación, radios de cobertura, interferencias etc.: Se deberá acometer un estudio técnico minucioso sobre los lugares de instalación más comunes en edificios terciarios y viviendas. Se medirán interferencias electromagnéticas en el entorno de las redes Wifi más extendidas y se realizarán simulaciones.
  - 1.2. Definición de prestaciones para el ahorro: A través de mediciones se detectarán las instalaciones con mayor consumo de los edificios y se realizarán simulaciones para comprobar los posibles ahorros de cada medida. Se identificarán el tipo de señales necesarias.
  - 1.3. Definición de prestaciones para la monitorización: Se tratará de identificar las instalaciones más necesarias para su monitorización y el tipo de señales necesarias.
  - 1.4. Definición de prestaciones para las aplicaciones software: Se realizará una primera propuesta de prestaciones de ahorro mediante inteligencia ambiental. Además, se acometerá un estudio de técnico de la competencia en lo referente a la creación de informes y se presentará una propuesta conjunta para el EnergyBox.
2. Entregable 2: Diseño del hardware.
  - 2.1. Selección de tecnología para el microprocesador y otros componentes electrónicos: Esta tarea requiere de especial atención ya que condicionará las capacidades futuras del equipo. En base a las prestaciones del Entregable 1 y a las especificaciones técnicas ya definidas se deberá escoger la tecnología del equipo.
  - 2.2. Diseño y desarrollo de sistemas de alimentación integrada: Se trata del diseño de los módulos de alimentación del sistema y su interdependencia con el resto de componentes.
  - 2.3. Diseño y desarrollo de la etapa de acondicionamiento de potencia: Se trata del diseño del interfaz que permite al microprocesador registrar datos de la red de baja tensión.
  - 2.4. Diseño y desarrollo sistema de actuación y lecturas digitales: Se acometerán los diferentes interfaces de comunicación con el exterior para la actuación y la monitorización.
  - 2.5. Diseño y desarrollo microcontrolador y módulo inalámbrico: Desarrollo del microprocesador y su comunicación con la red Ethernet y Wifi para la conectividad del equipo.
  - 2.6. Ensamblaje y aislamiento eléctrico de los módulos electrónicos del sistema: Diseño global de la placa PCB, interconexión y aislamiento para el cumplimiento de normativa.

3. Entregable 3: Diseño de la aplicación.
  - 3.1. Implementación del protocolo de comunicación del EnergyBox: Definición del protocolo que permitirá el intercambio de información entre el backend y los equipos distribuidos.
  - 3.2. Implementación de la aplicación residente en el EnergyBox: Programación de la aplicación interna del equipo para la ejecución de todas las funcionalidades esperadas.
  - 3.3. Implementación de la aplicación de gestión para los interfaces de control de usuario: Programación de las aplicaciones multiplataforma que permitirán a los usuarios acceder a los contenidos del Backend.
  - 3.4. Desarrollo de aplicación en la nube: Implementación de la aplicación que gestionará los contenidos del backend y permitirá el almacenamiento, el intercambio, la generación de informes y las aplicaciones de IA.
4. Entregable 4: Prototipado y pruebas de campo.
  - 4.1. Desarrollo de prototipo final: Integración de todas las partes del desarrollo hardware y software para obtener una versión hardware definitiva para su fabricación en pequeñas cantidades de test.
  - 4.2. Análisis de perturbaciones eléctricas y electromagnéticas y adecuación del prototipo: Se realizarán pruebas con el prototipo final para la detección de posibles inconsistencias en términos de medición y comunicación.
  - 4.3. Implementación de la solución EnergyBox en una instalación real: Se colocarán algunos prototipos en la instalación del cliente final. Se realizará la programación y puesta en marcha de los equipos instalados.
  - 4.4. Testeo y experiencia usuario final: Se recogerán los resultados de las pruebas realizadas y los inputs del usuario final.
  - 4.5. Depuración de la solución final y transición hacia solución comercial: Se realizarán todas las modificaciones que resulten en una mejora en la experiencia de los usuarios y de las prestaciones técnicas.
5. Entregable 5: Plan de negocio y plan de marketing.
  - 5.1. Plan de negocio: Al tratarse de un desarrollo comercial, el plan de negocio se realizará a lo largo de la ejecución del proyecto con el fin de condicionar su desarrollo.
  - 5.2. Diseño y ejecución del Plan de Difusión y Publicaciones: Se tratará de dar al proyecto una difusión controlada pero suficiente para facilitar su inserción en el mercado.
  - 5.3. Salvaguarda de resultados patentables: Esta actividad depende de la posibilidad de patente. Por ello, se realizará una reserva de personal que quedará a disposición del director de proyecto en el caso en que ésta no sea necesaria.
  - 5.4. Plan de marketing: Al igual que ocurre con el plan de negocio, se realizarán acciones que permitan orientar el producto hacia su versión más vendible y atractiva.

6. Entregable 6: Cierre y justificación técnica y económica del proyecto.

6.1. Justificación técnica y económica: Se realizará una justificación ante el organismo financiador del proyecto.

6.2. Lecciones aprendidas: Se realizará el cierre del proyecto y se redactarán las lecciones aprendidas.

Se realiza una primera aproximación hacia los costes y los plazos de ejecución. Además, se asignan responsables a cada paquete de trabajo. Los responsables de cada paquete serán los encargados de realizar un estudio minucioso de los costes y la dedicación de personal.



Paquete de trabajo	Empresa / Responsable	Recursos Personal Promotor	Recursos Personal Hardware	Recursos Personal Software	Recursos Materiales	Otros Gastos
1.1	Promotor 1	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Viajes
1.2	Promotor 1	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Viajes
1.3	Promotor 1	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Viajes
1.4	Promotor 1	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Viajes
2.1	Hardware 1	Sí	Sí	No		
2.2	Hardware 1	No	Sí	No	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.3	Hardware 1	No	Sí	No	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.4	Hardware 1	No	Sí	No	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.5	Hardware 1	No	Sí	No	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.6	Hardware 1	No	Sí	No	Equipos de medida y componentes electrónicos	
3.1	Hardware 3	Sí	Sí	No		
3.2	Software 1	Sí	Sí	No		
3.3	Software 1	No	No	Sí		
3.4	Software 1	No	No	Sí	Servidor	Alojamiento Web
4.1	Hardware 3	Sí	Sí	Sí	PCBs y componentes electrónicos	
4.2	Promotor 1	Sí	Sí	Sí	Equipamiento de medida	Subcontratación centro investigación
4.3	Promotor 1	Sí	Sí	Sí		Subcontratación instalación. Viajes
4.4	Promotor 1	Sí	Sí	Sí	Material fungible de oficina	Viajes
4.5	Promotor 1	Sí	Sí	Sí	PCBs y componentes electrónicos	Viajes
5.1	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	
5.2	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	
5.3	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Subcontratación
5.4	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	Viajes
6.1	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	
6.2	Promotor 3	Sí	No	No	Material fungible de oficina	

Tabla 6. Dedicación recursos

## 9. PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

La experiencia de las empresas en el desarrollo de productos y servicios posibilita que, una vez establecidas las actividades y especificaciones del proyecto, éstas puedan realizar los cálculos de dedicación de personal.

### 9.1. Definición de las actividades

Durante la creación de la EDP se detallaron los entregables y los paquetes de trabajo que son los siguientes:

1. Entregable 1: Estudio y definición de necesidades de los edificios.
  - 1.1. Definición del entorno de instalación, radios de cobertura, interferencias etc.
  - 1.2. Definición de prestaciones para el ahorro
  - 1.3. Definición de prestaciones para la monitorización
  - 1.4. Definición de prestaciones para las aplicaciones software
2. Entregable 2: Diseño del hardware.
  - 2.1. Selección de tecnología para el microprocesador y otros componentes electrónicos
  - 2.2. Diseño y desarrollo de sistemas de alimentación integrada
  - 2.3. Diseño y desarrollo de la etapa de acondicionamiento de potencia
  - 2.4. Diseño y desarrollo sistema de actuación y lecturas digitales
  - 2.5. Diseño y desarrollo microcontrolador y módulo inalámbrico
  - 2.6. Ensamblaje y aislamiento eléctrico de los módulos electrónicos del sistema
3. Entregable 3: Diseño de la aplicación.
  - 3.1. Implementación del protocolo de comunicación del EnergyBox
  - 3.2. Implementación de la aplicación residente en el EnergyBox
  - 3.3. Implementación de la aplicación de gestión para los interfaces de control de usuario
  - 3.4. Desarrollo de aplicación en la nube
4. Entregable 4: Prototipado y pruebas de campo.
  - 4.1. Desarrollo de prototipo final
  - 4.2. Análisis de perturbaciones eléctricas y electromagnéticas y adecuación del prototipo
  - 4.3. Implementación de la solución EnergyBox en una instalación real
  - 4.4. Testeo y experiencia usuario final
  - 4.5. Depuración de la solución final y transición hacia solución comercial
5. Entregable 5: Plan de negocio y plan de marketing.
  - 5.1. Plan de negocio
  - 5.2. Diseño y ejecución del Plan de Difusión y Publicaciones

5.3. Salvaguarda de resultados patentables

5.4. Plan de marketing

6. Entregable 6: Cierre y justificación técnica y económica del proyecto.

6.1. Justificación técnica y económica

6.2. Lecciones aprendidas

Durante la creación de la EDP y su diccionario asociado se comentó con los distintos socios del proyecto dicha estructura. Todos consideraron que las actividades tenían un tamaño razonable y que permitía realizar estimaciones bastante fidedignas en términos de recursos necesarios.

Por ello, se considera que el listado de actividades es válido para la obtención de un cronograma fiable.

## 9.2. Secuenciar actividades

El resultado de los grupos de trabajo para la detección de interdependencias entre las diferentes actividades arroja la siguiente tabla:

Paquete de trabajo	Relaciones fin-inicio	Relaciones Inicio-Inicio	Relaciones Fin-Fin	Información adicional
1	2, 3			El entregable 1 debe concluir para poder comenzar los entregables 2 y 3
1.1	2.1			Comienzo de proyecto. Estas actividades pueden ejecutarse simultáneamente. Todas deben concluir para poder acometer la actividad 2.1
1.2				
1.3				
1.4				
2.1	3.1, 3.2	2.2, 2.3, 2.4, 2.5		Deberán ejecutarse aproximadamente 100h de esta actividad para poder continuar con las siguientes. Además condiciona las actividades 3.1 y 3.2 por lo que debe concluir completamente antes de su comienzo
2	4			El entregable 2 debe concluir para poder comenzar el entregable 4 y las actividades 5.3 y 5.4
2.2	2.6			
2.3				
2.4	2.6			
2.5				
2.6				Esta actividad esta completamente condicionada al fin de las actividades 2.2 y 2.4
3	4			El entregable 3 debe concluir para poder comenzar el entregable 4
3.1				
3.2				
3.3			3.4	Las actividades 3.3 y 3.4 son interdependientes por lo que no concluirán hasta que ambas hayan concluido
3.4			3.3	Las actividades 3.3 y 3.4 son interdependientes por lo que no concluirán hasta que ambas hayan concluido
4				El paquete de trabajo 4 debe concluir para poder comenzar el 6
4.1	4.2			
4.2	4.3			
4.3	4.4			
4.4	4.5			
4.5				
5				El paquete de trabajo 5 debe concluir para poder comenzar el 6
5.1				
5.2				
5.3				
5.4				
6				Este entregable supone el fin del proyecto
6.1	6.2			
6.2				

Tabla 7. Dedicación recursos

### **9.3. Estimar recursos de actividades**

Cada uno de los socios realiza una estimación de horas de personal y materiales para los diferentes paquetes de trabajo. El cálculo se realiza en base a la experiencia que las empresas tiene en el desarrollo de las diferentes actividades, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas en proyectos anteriores.

Como norma general se establece que para cada actividad debe crearse una reserva de un 15% en horas de personal. La justificación de esta reserva se encuentra en el plan de gestión de riesgos del proyecto.

De esta manera se obtiene la siguiente tabla con las horas de personal para cada una de las actividades así como una primera aproximación a los recursos materiales necesarios:

Paquete de trabajo	Empresa / Responsable	Recursos Personal Promotor	Recursos Personal Hardware	Recursos Personal Software	Recursos Materiales	Otros Gastos
1.1	Promotor 1	350	0	0	Material fungible de oficina	Viajes
1.2	Promotor 1	350	0	0	Material fungible de oficina	Viajes
1.3	Promotor 1	350	0	0	Material fungible de oficina	Viajes
1.4	Promotor 1	350	0	0	Material fungible de oficina	Viajes
2.1	Hardware 1	80	60	0		
2.2	Hardware 1	0	220	0	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.3	Hardware 1	0	220	0	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.4	Hardware 1	0	220	0	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.5	Hardware 1	0	220	0	Equipos de medida y componentes electrónicos	
2.6	Hardware 1	0	960	0	Equipos de medida y componentes electrónicos	
3.1	Hardware 3	240	960	0		
3.2	Software 1	960	960	0		
3.3	Software 1	0	0	6720		
3.4	Software 1	0	0	960	Servidor	Alojamiento Web
4.1	Hardware 3	720	720	720	PCBs y componentes electrónicos	
4.2	Promotor 1	480	480	480	Equipamiento de medida	Subcontratación centro investigación
4.3	Promotor 1	480	480	480		Subcontratación instalación. Viajes
4.4	Promotor 1	240	240	240	Material fungible de oficina	Viajes
4.5	Promotor 1	240	240	240	PCBs y componentes electrónicos	Viajes
5.1	Promotor 3	1320	0	0	Material fungible de oficina	
5.2	Promotor 3	1320	0	0	Material fungible de oficina	
5.3	Promotor 3	760	0	0	Material fungible de oficina	Subcontratación
5.4	Promotor 3	760	0	0	Material fungible de oficina	Viajes
6.1	Promotor 3	112	0	0	Material fungible de oficina	
6.2	Promotor 3	24	0	0	Material fungible de oficina	

Tabla 8. Dedicación recursos

## **9.4. Desarrollar el calendario**

La creación del calendario debe tener en cuenta los recursos disponibles en cada empresa y la limitación temporal del proyecto. Tal y como se justifica en el plan de riesgos se considera fundamental que la duración del proyecto sea de 30 meses (2 años y medio).

El trabajo consiste en cuadrar las interdependencias entre los diferentes paquetes de trabajo, limitar la contratación de nuevo personal en las empresas y conseguir desarrollar el proyecto en el tiempo previsto.

La fecha de comienzo del proyecto es el 15 de octubre de 2012 por lo que la fecha fin debería ser el 14 de abril de 2015. Se realiza un gran esfuerzo para conseguir cuadrar todas las limitaciones descritas anteriormente, obteniéndose una versión del cronograma que no consigue cumplir completamente con la limitación temporal. Por ello, el consorcio se ve obligado a ceder en la fecha fin de proyecto retrasándola hasta el día 19 de mayo de 2015.

Se presenta a continuación una vista del diagrama de Gantt obtenido mediante la herramienta software Microsoft Project. El archivo original se adjunta en la documentación electrónica del proyecto.

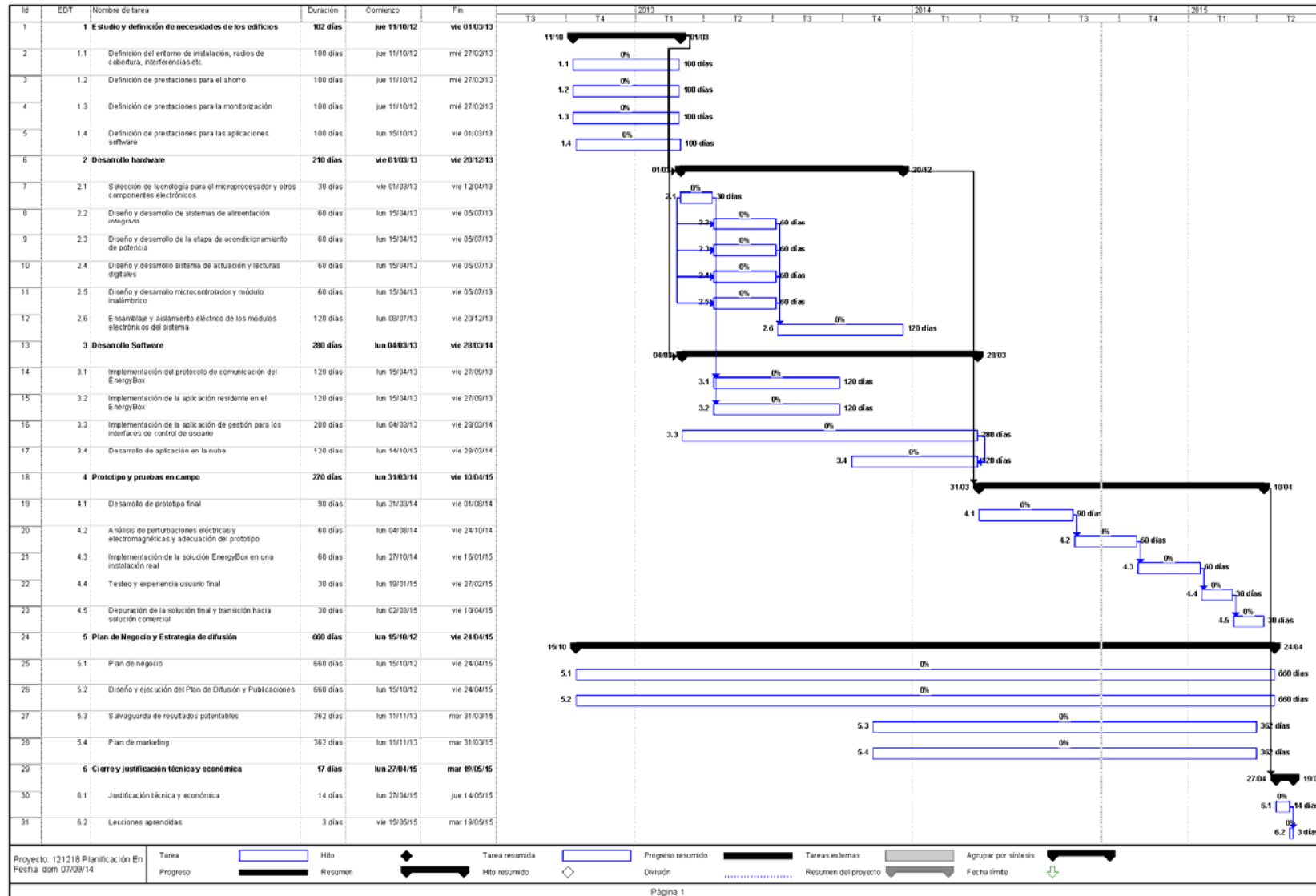


Ilustración 6. Imagen MS Project



## 10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO ENERGYBOX

Con el fin de conseguir una herramienta de control adecuada para el cálculo de coste de personal, se introducen los costes hora de los recursos y se realiza el cálculo directamente mediante la herramienta software Microsoft Project. Se crean también recursos materiales y gastos asociados en el mismo software.

### 10.1. Estimación de costes

El coste más importante en este proyecto con mucha diferencia es el de personal de I+D+i dedicado. La estimación de este coste se realiza fácilmente en base a la estimación de recursos presente en el plan de gestión del cronograma y cruzando dicha información con el coste/hora de cada uno de los recursos.

Recurso	Coste/hora
Promotor 1	20,00 €/hora
Promotor 2	22,00 €/hora
Promotor 3	28,00 €/hora
Hardware 1	22,00 €/hora
Hardware 2	22,00 €/hora
Hardware 3	28,00 €/hora
Software 1	18,00 €/hora
Software 2	18,00 €/hora
Software 3	22,00 €/hora
Software 4	25,00 €/hora

Tabla 9. Costes hora personal

EDT	Descripción	Coste Personal
<b>1</b>	<b>Estudio y definición de necesidades de los edificios</b>	<b>33.358,00 €</b>
1.1	Definición del entorno de instalación, radios de cobertura, interferencias etc.	8.339,50 €
1.2	Definición de prestaciones para el ahorro	8.339,50 €
1.3	Definición de prestaciones para la monitorización	8.339,50 €
1.4	Definición de prestaciones para las aplicaciones software	8.339,50 €
<b>2</b>	<b>Desarrollo hardware</b>	<b>41.184,00 €</b>
2.1	Selección de tecnología para el microprocesador y otros componentes electrónicos	1.056,00 €
2.2	Diseño y desarrollo de sistemas de alimentación integrada	4.752,00 €
2.3	Diseño y desarrollo de la etapa de acondicionamiento de potencia	4.752,00 €
2.4	Diseño y desarrollo sistema de actuación y lecturas digitales	4.752,00 €
2.5	Diseño y desarrollo microcontrolador y módulo inalámbrico	4.752,00 €
2.6	Ensamblaje y aislamiento eléctrico de los módulos electrónicos del sistema	21.120,00 €
<b>3</b>	<b>Desarrollo Software</b>	<b>193.280,00 €</b>
3.1	Implementación del protocolo de comunicación del EnergyBox	27.840,00 €
3.2	Implementación de la aplicación residente en el EnergyBox	11.520,00 €
3.3	Implementación de la aplicación de gestión para los interfaces de control de usuario	129.920,00 €
3.4	Desarrollo de aplicación en la nube	24.000,00 €
<b>4</b>	<b>Prototipo y pruebas en campo</b>	<b>157.680,00 €</b>
4.1	Desarrollo de prototipo final	52.560,00 €
4.2	Análisis de perturbaciones eléctricas y electromagnéticas y adecuación del prototipo	35.040,00 €
4.3	Implementación de la solución EnergyBox en una instalación real	35.040,00 €
4.4	Testeo y experiencia usuario final	17.520,00 €
4.5	Depuración de la solución final y transición hacia solución comercial	17.520,00 €
<b>5</b>	<b>Plan de Negocio y Estrategia de difusión</b>	<b>114.464,00 €</b>
5.1	Plan de negocio	36.960,00 €
5.2	Diseño y ejecución del Plan de Difusión y Publicaciones	36.960,00 €
5.3	Salvaguarda de resultados patentables	20.272,00 €
5.4	Plan de marketing	20.272,00 €
<b>6</b>	<b>Cierre y justificación técnica y económica</b>	<b>3.808,00 €</b>
6.1	Justificación técnica y económica	3.136,00 €
6.2	Lecciones aprendidas	672,00 €

Tabla 10. Costes por tarea

A continuación se cuantifican los costes de los recursos materiales y otros gastos definidos en el plan de gestión del cronograma. Esta tarea requiere de un estudio mucho más detallado y minucioso de los costes, solicitando presupuestos a posibles distribuidores de producto y ajustando al máximo las diferentes partidas.

Se obtiene la siguiente tabla resumida de costes:

Concepto	Coste
Componentes electrónicos	3.640,00 €
Componentes mecánicos	1.310,00 €
Osciloscopio	467,00 €
Estación de soldadura	583,00 €
Alojamiento web	400,00 €
Servidor	2.800,00 €
Materiales auxiliares para actuación en cuadro	5.500,00 €
Materiales auxiliares para medición	2.000,00 €
Tendidos de cableado y conexionado	2.250,00 €
Fungibles	1.500,00 €
Viajes	480,00 €

**Tabla 11. Costes otros conceptos**

Se crean los recursos materiales en el Microsoft Project y se incluyen en las tareas correspondientes según la estimación de recursos realizada en el plan de gestión del cronograma.

De este modo, se obtiene un presupuesto global del proyecto que representará la línea base de control de costes del mismo. Se presenta a continuación la tabla resumen del presupuesto y la curva S del CPTP que permitirá el seguimiento del proyecto mediante el método del valor ganado.

EDT	Descripción	Personal	Material	Total
<b>1</b>	<b>Estudio y definición de necesidades de los edificios</b>	<b>33.358,00 €</b>	<b>600,00 €</b>	<b>33.958,00 €</b>
1.1	Definición del entorno de instalación, radios de cobertura, interferencias etc.	8.339,50 €	150,00 €	8.489,50 €
1.2	Definición de prestaciones para el ahorro	8.339,50 €	150,00 €	8.489,50 €
1.3	Definición de prestaciones para la monitorización	8.339,50 €	150,00 €	8.489,50 €
1.4	Definición de prestaciones para las aplicaciones software	8.339,50 €	150,00 €	8.489,50 €
<b>2</b>	<b>Desarrollo hardware</b>	<b>41.184,00 €</b>	<b>4.180,00 €</b>	<b>45.364,00 €</b>
2.1	Selección de tecnología para el microprocesador y otros componentes electrónicos	1.056,00 €	0,00 €	1.056,00 €
2.2	Diseño y desarrollo de sistemas de alimentación integrada	4.752,00 €	2.287,00 €	7.039,00 €
2.3	Diseño y desarrollo de la etapa de acondicionamiento de potencia	4.752,00 €	0,00 €	4.752,00 €
2.4	Diseño y desarrollo sistema de actuación y lecturas digitales	4.752,00 €	0,00 €	4.752,00 €
2.5	Diseño y desarrollo microcontrolador y módulo inalámbrico	4.752,00 €	0,00 €	4.752,00 €
2.6	Ensamblaje y aislamiento eléctrico de los módulos electrónicos del sistema	21.120,00 €	1.893,00 €	23.013,00 €
<b>3</b>	<b>Desarrollo Software</b>	<b>193.280,00 €</b>	<b>3.200,00 €</b>	<b>196.480,00 €</b>
3.1	Implementación del protocolo de comunicación del EnergyBox	27.840,00 €	0,00 €	27.840,00 €
3.2	Implementación de la aplicación residente en el EnergyBox	11.520,00 €	0,00 €	11.520,00 €
3.3	Implementación de la aplicación de gestión para los interfaces de control de usuario	129.920,00 €	0,00 €	129.920,00 €
3.4	Desarrollo de aplicación en la nube	24.000,00 €	3.200,00 €	27.200,00 €
<b>4</b>	<b>Prototipo y pruebas en campo</b>	<b>157.680,00 €</b>	<b>11.930,00 €</b>	<b>169.610,00 €</b>
4.1	Desarrollo de prototipo final	52.560,00 €	1.820,00 €	54.380,00 €
4.2	Análisis de perturbaciones eléctricas y electromagnéticas y adecuación del prototipo	35.040,00 €	0,00 €	35.040,00 €
4.3	Implementación de la solución EnergyBox en una instalación real	35.040,00 €	9.870,00 €	44.910,00 €
4.4	Testeo y experiencia usuario final	17.520,00 €	120,00 €	17.640,00 €
4.5	Depuración de la solución final y transición hacia solución comercial	17.520,00 €	120,00 €	17.640,00 €
<b>5</b>	<b>Plan de Negocio y Estrategia de difusión</b>	<b>114.464,00 €</b>	<b>720,00 €</b>	<b>115.184,00 €</b>
5.1	Plan de negocio	36.960,00 €	150,00 €	37.110,00 €
5.2	Diseño y ejecución del Plan de Difusión y Publicaciones	36.960,00 €	150,00 €	37.110,00 €
5.3	Salvaguarda de resultados patentables	20.272,00 €	150,00 €	20.422,00 €
5.4	Plan de marketing	20.272,00 €	270,00 €	20.542,00 €
<b>6</b>	<b>Cierre y justificación técnica y económica</b>	<b>3.808,00 €</b>	<b>300,00 €</b>	<b>4.108,00 €</b>
6.1	Justificación técnica y económica	3.136,00 €	150,00 €	3.286,00 €
6.2	Lecciones aprendidas	672,00 €	150,00 €	822,00 €
	<b>TOTAL</b>			<b>564.704,00 €</b>

Tabla 12. Presupuesto completo

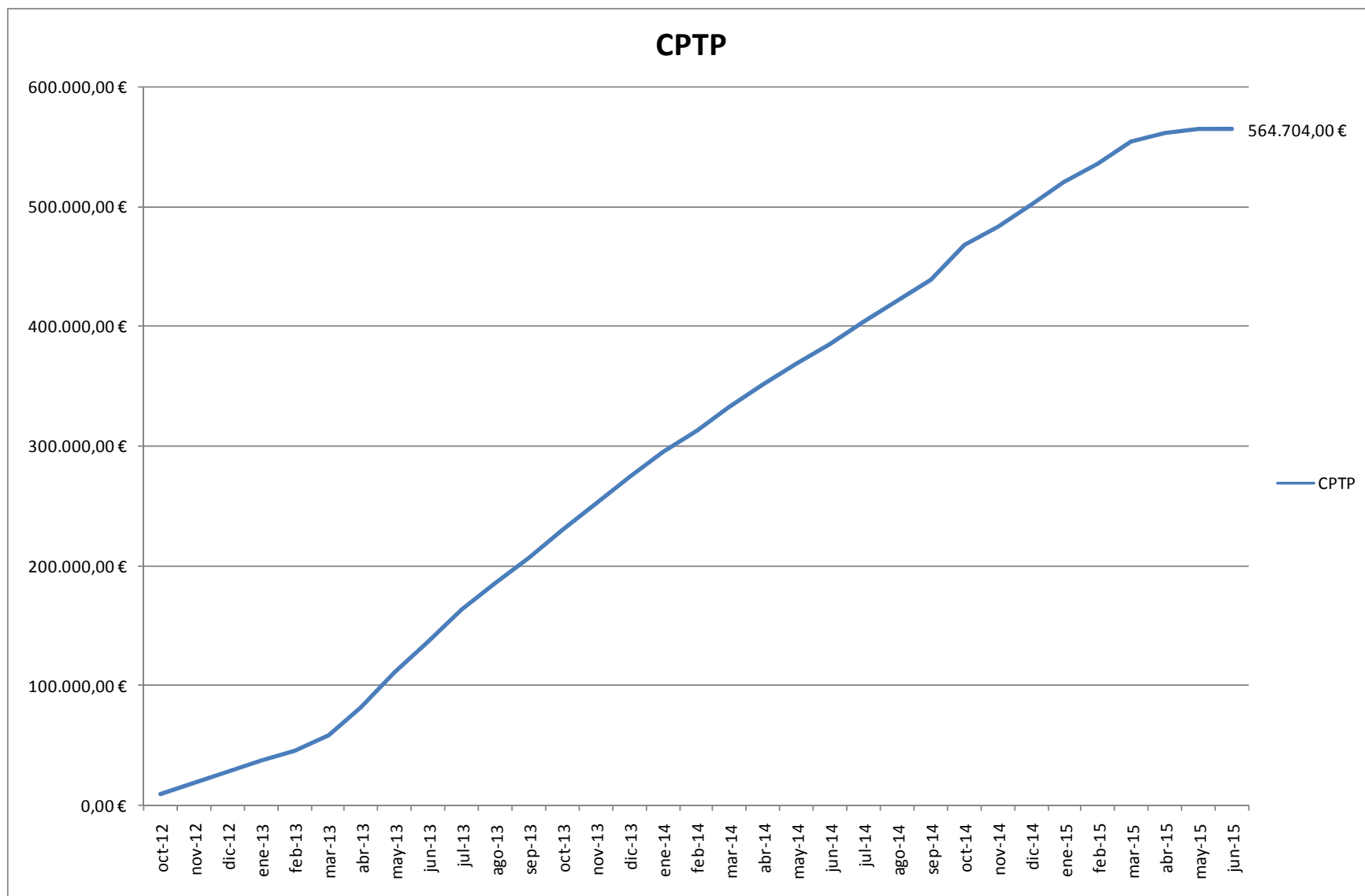


Ilustración 7. Curva S del proyecto

## **11. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO DEL PROYECTO ENERGYBOX**

La metodología utilizada en este apartado es la propuesta en la Guía PMBOK®. A la hora de identificar los riesgos se crea un equipo de trabajo formado por 4 personas, el director del proyecto y una persona de cada una de las empresas.

### **11.1. Factores ambientales**

La situación económica global es muy complicada lo cual dificulta en gran medida la ejecución de este proyecto. Existen grandes indeterminaciones en términos de financiación del mismo, ya que las ayudas económicas para la I+D+i se encuentran en entredicho en el momento de la constitución.

La propia tipología del proyecto hace que los riesgos ambientales le afecten especialmente. En un proyecto con un único promotor, la influencia de estos riesgos se centra en éste de una forma mucho más severa que en las posibles subcontratas. El promotor tiene la posibilidad de sustituir a una subcontrata si considera que existe un riesgo cierto para el proyecto. Sin embargo, en un proyecto colaborativo de I+D+i los socios son fijos, no pueden modificarse debido a las condiciones de financiación pública del proyecto. Por ello, los riesgos asociados a cada uno de los socios afectan de forma directa al proyecto adicionándose.

Las experiencias previas de los socios en proyectos de I+D+i no han sido plenamente satisfactorias. Es muy habitual que los objetivos individuales de cada uno de los socios integrantes en estos proyectos sean muy diferentes y les lleven incluso a competir entre ellos. Uno de los motivos más habituales es que los objetivos no se encuentran claramente especificados desde un principio y los papeles de los socios no están convenientemente delimitados.

Además, las tres empresas que componen el proyecto se encuentran en un mercado sumamente cambiante. Los avances tecnológicos en sus respectivos entornos se producen a una gran velocidad lo que les obliga a estar siempre a la última. En este caso, los socios son muy proactivos y han demostrado a lo largo de su trayectoria que se adaptan a estos cambios rápidamente y con gran facilidad.

### **11.2. Metodología**

La identificación de riesgos se basa en el juicio experto y las lecciones aprendidas de cada una de las organizaciones participantes en el proyecto. Cada integrante valora internamente los

riesgos existentes en las actividades de las que es responsable y se ponen en común a través de un grupo de trabajo. El objetivo de este proceso es obtener una Estructura de Desglose del Riesgo (RBS) suficientemente representativa y al mismo tiempo abarcable.

Una vez obtenida dicha RBS se procede a valorar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de cada uno de los riesgos planteados. La RBS contará con 3 niveles de profundidad cuyos niveles principales serán:

1. Riesgos ambientales
2. Riesgos tecnológicos
3. Riesgos del proyecto

El responsable de la gestión de riesgos será el director del proyecto y contará con el apoyo de un miembro de cada una de las empresas por lo que el equipo encargado de crear el plan de gestión de riesgos será:

Nombre	Rol
Director de proyecto (D1)	Responsable plan de riesgos
Promotor 1 (P1)	Apoyo riesgos de proyecto
Hardware 1 (H1)	Riesgos empresa hardware
Software 1 (S1)	Riesgos empresa software

**Tabla 13. Asignación de equipo gestión de riesgos**

La matriz de probabilidad e impacto se creará a partir de las probabilidades de ocurrencia y el impacto de cada uno de los riesgos identificados. Para ello se utilizarán los siguientes valores numéricos asociados a la probabilidad de ocurrencia:

	Nivel	Probabilidad de ocurrencia
AA (Muy Alto)	0,9	Ocurrirá varias veces en el proyecto
A (Alto)	0,7	Ocurrirá en el proyecto
M (Medio)	0,5	Ha ocurrido en proyectos similares
B (Bajo)	0,3	Ha ocurrido en alguna ocasión
BB (Muy Bajo)	0,1	No ha ocurrido anteriormente

**Tabla 14. Probabilidades ocurrencia**

Con respecto al impacto en el proyecto se valorará la influencia del riesgo sobre cualquiera de las 4 dimensiones principales del proyecto (coste, plazo, alcance y calidad).

	Nivel	Coste	Plazo	Alcance	Calidad
AA (Muy Alto)	0,9	Incremento >10%	Incremento >20%	Producto inutilizable	Producto inutilizable
A (Alto)	0,7	Incremento 5-10%	Incremento 10-20%	Producto pierde interés comercial	Reducción de calidad inaceptable
M (Medio)	0,5	Incremento 2-5%	Incremento 5-10%	Afectadas cualidades importantes	Reducción de calidad importante
B (Bajo)	0,3	Incremento <2%	Incremento <5%	Afectadas cualidades poco importantes	Reducción de calidad apreciable
BB (Muy Bajo)	0,1	Incremento insignificante	Incremento insignificante	Reducción insignificante	Reducción insignificante

Tabla 15. Impacto en restricciones

### 11.3. Identificación de riesgos

Como resultado de las reuniones mantenidas dentro del grupo de trabajo y siguiendo la estructura establecida se consigue un listado de los riesgos principales del proyecto. Se procede a su enumeración y descripción cualitativa:

1. **Riesgos ambientales:** Se refiere a riesgos procedentes del entorno del proyecto que pueden afectar al mismo. Estos riesgos pueden ser internos de las organizaciones o externos a las mismas.
  - o **Organización:** Las empresas integrantes del proyecto dedicarán parte de sus recursos propios a la obtención del resultado común. Sin embargo, deben seguir con su actividad productiva diaria y ésta puede afectar al proyecto.
    - *Los recursos no están disponibles a tiempo:* Existe una tendencia muy marcada en las empresas tecnológicas y es que la dedicación de recursos a los proyectos es difícil de prever con exactitud. El mayor riesgo es dedicar en exceso recursos a los proyectos productivos y no priorizar los de I+D+i llegando a
    - *Problemas económicos socios:* Los problemas económicos en un socio pueden poner en riesgo su capacidad de cumplir con los trabajos encomendados. En los proyectos de I+D+i este riesgo tiene un gran impacto ya que es muy difícil sustituir a un socio sin perder la financiación externa del proyecto.
    - *Pérdida personal clave:* Se debe tener mucho cuidado a la hora de



distribuir la capacidad de desarrollo del personal y evitar la dependencia excesiva de determinados recursos que puedan poner en riesgo al proyecto con su marcha.

- *Financiación insuficiente*: El equilibrio entre la financiación propia y la financiación externa es importantísimo a nivel organizativo en estos proyectos. La empresa debe asumir las condiciones de financiación con anterioridad de forma que no se replantee la rentabilidad del proyecto durante la ejecución del mismo.
  - **Financiación externa**: La financiación a través de recursos públicos de la administración tiene una serie de consecuencias que es importante prever para evitar problemas durante el transcurso del proyecto.
    - *Retraso en el pago de subvenciones*: La forma de pago de la administración es muy variable en estos tiempos y los plazos pueden alargarse en exceso haciendo que las empresas sufran a nivel financiero.
    - *Retraso en la revisión del proyecto*: Las condiciones de la administración a la hora de conceder las subvenciones son muy estrictas. No obstante, los tiempos de revisión de los proyectos pueden alargarse en exceso, complicando el cobro, la incorporación nuevos proyectos y aumentando el riesgo financiero de las empresas.
    - *Impago*: En la situación global no es descabellado pensar en el que la administración incumpla sus compromisos con los socios.
  - **Otros**
    - *Pérdida proveedor*: La pérdida de un proveedor clave puede poner en riesgo la viabilidad del proyecto y del producto final.
    - *Pérdida de interés comercial*: Lo que en el comienzo del proyecto se considera un producto con un gran interés comercial puede ir perdiéndolo por muchos motivos (tecnológicos, modas, coste energético etc.).
    - *Aparición de nueva competencia*: Se debe estar vigilante ante nuevos desarrollos del exterior que puedan desplazar al producto del proyecto.
    - *Empeoramiento situación macroeconómica*: Partiendo desde un punto tan débil de la economía un empeoramiento puede dificultar aún más el desarrollo del proyecto y la comercialización.
2. **Riesgos tecnológicos**: Se refiere a los riesgos puramente técnicos del proyecto

que puedan afectar a la consecución del alcance técnico del mismo.

○ **Hardware**

- *Incremento costes fabricación:* El precio objetivo del producto es muy ajustado lo cual lo diferencia en el mercado pero pone en riesgo su viabilidad.
- *Inestabilidad firmware:* Los entornos de instalación son hostiles y el producto es muy versátil y configurable. Estos ingredientes hacen que se ponga en riesgo la estabilidad del programa del microprocesador incrementando las probabilidades de fallo.
- *Interferencias etapa de potencia:* El entorno de instalación es hostil también para la etapa de potencia del producto. Debe tenerse en cuenta que la comunicación será mayormente inalámbrica por lo que las interferencias internas del producto podrían inutilizarlo.
- *Problemas de cobertura:* No existen precedentes conocidos de transmisión RF desde el interior de cuadros eléctricos y éste es uno de los mayores hándicaps del producto.
- *Obtención de homologaciones:* Es imprescindible conseguir la homologación del equipo por lo que deberá considerarse en el apartado de diseño para evitar sobrecostes futuros.

○ **Software**

- *Inestabilidad backend:* La recolección de información desde muchos dispositivos distribuidos geográficamente y la complejidad de la aplicación final puede hacer inestable el backend.
- *Exceso de complejidad IA:* La obtención de ahorros energéticos significativos depende en cierta medida de la capacidad e inteligencia artificial de la aplicación final. Un exceso de complejidad en esta solución puede disparar los recursos dedicados y hacer inviable su desarrollo.
- *Problemas de comunicación:* La comunicación desde el exterior al interior de las instalaciones es complicada debido a que cada proveedor de servicios y cada sistema informático utiliza sus propias herramientas de seguridad. Se deberá idear un sistema que permita la comunicación transparente.
- *Falta de seguridad:* La información recopilada es privada y deberán considerarse las herramientas necesarias para garantizar la solución de la aplicación final.

3. **Riesgos del proyecto:** Se refiere a riesgos internos del propio proyecto.
- **Comunicación interna**
    - *Conflicto entre socios:* Las relaciones interpersonales son complicadas y pueden ser causa de problemas internos en el proyecto que deberán atajarse.
    - *Duplicar esfuerzos:* La indeterminación y falta de concreción propia de los proyectos de este tipo hace que las responsabilidades en determinadas tareas queden diluidas.
  - **Dirección de proyecto**
    - *Control inadecuado del proyecto:* Un control ineficiente puede echar a perder los esfuerzos realizados en la planificación y provocar desviaciones en cualquiera de las 4 dimensiones del proyecto.
    - *Planificación errónea:* La planificación no deja de ser una estimación a pesar de que esté basada en datos objetivos. Una planificación errónea puede incluso hacer inviable el proyecto.
    - *Cambios en el alcance:* Uno de los riesgos más habituales en los proyectos tecnológicos en general y en los de I+D+i en particular es las modificaciones en las especificaciones del producto. Estos cambios pueden ocasionar graves alteraciones en el proyecto.
  - **Otros:**
    - *Incumplimiento compromisos y obligaciones:* Los socios tienen una serie de compromisos y obligaciones adquiridos en el proyecto que deben aceptar y respetar. Es posible que las condiciones de financiación varíen o que los esfuerzos a realizar se incrementen, lo cual puede reducir el interés en el producto final vaya decreciendo con el transcurso del proyecto,
    - *Incumplimiento justificación:* El tipo de financiación externa obliga a cada socio a cumplir con las condiciones de la misma en términos de plazos y de justificación de gastos. Un incumplimiento de uno de los socios pone en riesgo la financiación completa del proyecto.

### 11.4. Creación de la RBS

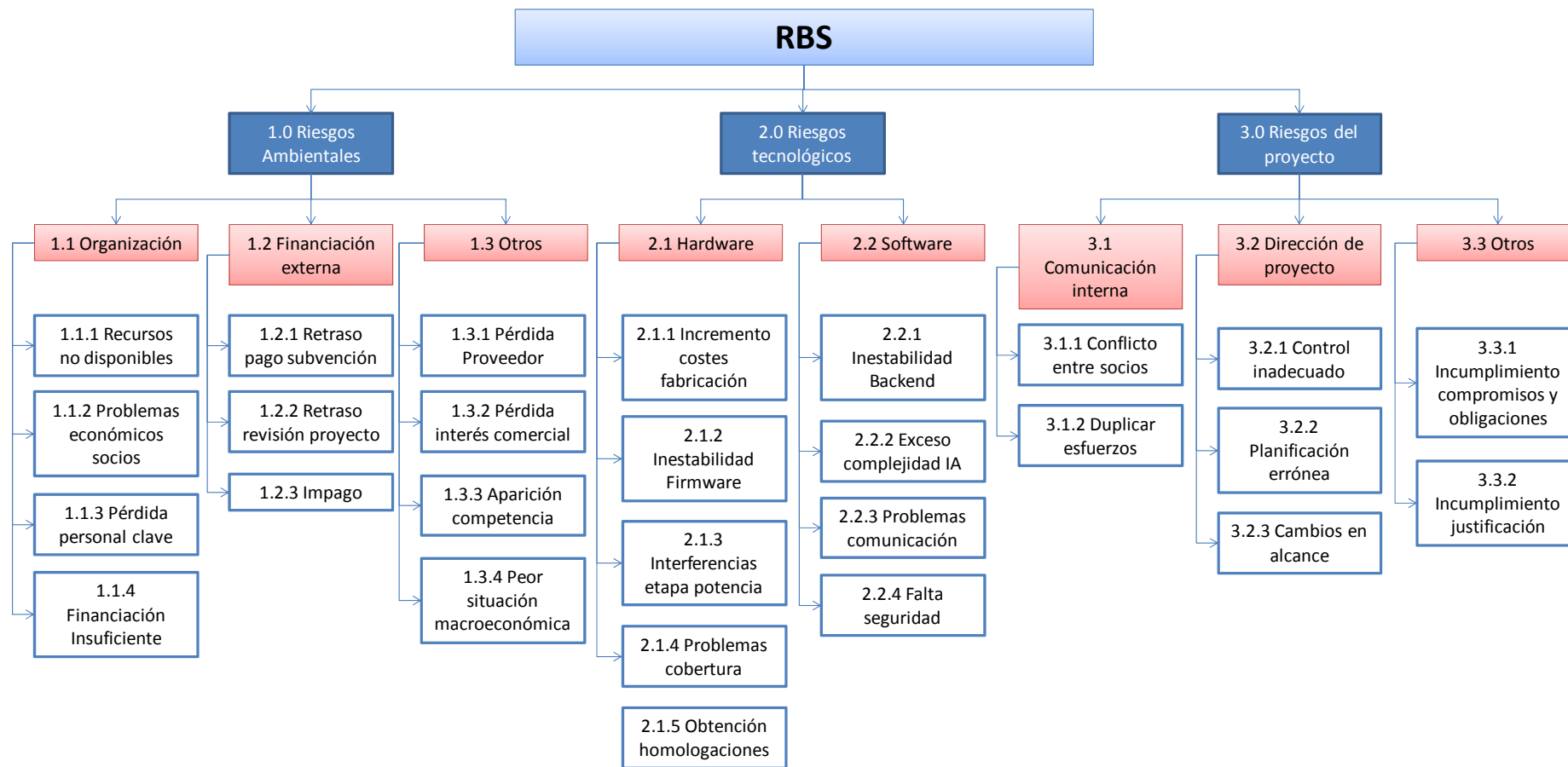


Ilustración 8. Risk Breakdown Structure

## 11.5. Matriz de probabilidad e impacto

Se procede a la creación de la matriz de probabilidad de impacto. Los valores de dicha matriz son los siguientes:

		BB (Muy Bajo)	B (Bajo)	M (Medio)	A (Alto)	AA (Muy Alto)
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
AA (Muy Alto)	0,9	0,09	0,27	0,45	0,63	0,81
A (Alto)	0,7	0,07	0,21	0,35	0,49	0,63
M (Medio)	0,5	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45
B (Bajo)	0,3	0,03	0,09	0,15	0,21	0,27
BB (Muy Bajo)	0,1	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09

Tabla 16. Matriz de probabilidad e impacto

			Código	Probabilidad	Impacto	PxI
Riesgos ambientales	Organización	Recursos no disponibles	1.1.1	0,9	0,7	0,63
		Problemas económicos socios	1.1.2	0,7	0,5	0,35
		Pérdida personal clave	1.1.3	0,5	0,9	0,45
		Financiación insuficiente	1.1.4	0,3	0,9	0,27
	Financiación Externa	Retraso pago subvención	1.2.1	0,7	0,5	0,35
		Retraso revisión proyecto	1.2.2	0,7	0,5	0,35
		Impago	1.2.3	0,1	0,9	0,09
	Otros	Pérdida proveedor	1.3.1	0,3	0,7	0,21
		Pérdida interés comercial	1.3.2	0,3	0,7	0,21
		Aparición competencia	1.3.3	0,3	0,7	0,21
		Peor situación macroeconómica	1.3.4	0,3	0,9	0,27
	Riesgos tecnológicos	Hardware	Incremento costes fabricación	2.1.1	0,3	0,9
Inestabilidad Firmware			2.1.2	0,5	0,7	0,35
Interferencias etapa potencia			2.1.3	0,5	0,9	0,45
Problemas cobertura			2.1.4	0,3	0,9	0,27
Obtención homologaciones			2.1.5	0,3	0,9	0,27
Software		Inestabilidad Backend	2.2.1	0,5	0,7	0,35
		Exceso complejidad IA	2.2.2	0,3	0,7	0,21
		Problemas comunicación	2.2.3	0,5	0,7	0,35
		Falta seguridad	2.2.4	0,3	0,5	0,15
Riesgos Proyecto		Comunicación Interna	Conflicto entre socios	3.1.1	0,3	0,9
	Duplicar esfuerzos		3.1.2	0,5	0,7	0,35
	Dirección de proyectos	Control inadecuado	3.2.1	0,3	0,9	0,27
		Planificación Errónea	3.2.2	0,3	0,9	0,27
		Cambios en alcance	3.2.3	0,7	0,7	0,49
	Otros	Incumplimiento compromisos y obligaciones	3.3.1	0,5	0,9	0,45
Incumplimiento justificación		3.3.2	0,3	0,9	0,27	
					Riesgo Medio	0,31

Tabla 17. Tabla de riesgos

## **11.6. Medidas para la reducción del riesgo**

Se proponen medidas que persiguen reducir el nivel global de riesgo aumentando las posibilidades de consecución satisfactoria del proyecto. Para ello, se designan responsables de para cada una de dichas medidas y se valora su capacidad de:

1. Mitigar (M): Reducción en probabilidad o impacto.
2. Transferir (T): Trasladar a un tercero parte o todas las consecuencias negativas.
3. Evitar (E): Reducción hasta casi eliminar la probabilidad o impacto
4. Aceptar (A): Asumir el riesgo sin modificar la planificación por estar fuera del alcance su reducción de probabilidad o impacto.

Una vez establecidas las medidas se vuelve a calcular la probabilidad e impacto resultante para cada riesgo. Las medidas aceptadas por los responsables del proyecto se incluyen en la definición de alcance, la planificación de las tareas, los tiempos de dedicación y los costes del proyecto. De hecho, este plan introduce modificaciones en todos los planes subsidiarios del proyecto.

Se presenta a continuación la matriz de probabilidad e impacto, medidas correctoras y responsables que servirá de guía para el control del riesgo del proyecto. Las medidas de reducción del riesgo tendrán una periodicidad determinada (única, mensual o semestral). Como puede observarse, se calcula que la aplicación de las medidas correctoras reducirá a la mitad el nivel de riesgo global del proyecto.

Código	Responsable	Tipo	Medida	Periodicidad	Probabilidad	Impacto	Pxl
1.1.1	D1, P1, H1, S1	M	Reserva anticipada de recursos firmada por jefes de departamento.	Mensual	0,7	0,3	0,21
1.1.2	D1	MA	Anticipar los problemas para mitigar las consecuencias en el proyecto	Semestral	0,7	0,3	0,21
1.1.3	D1, P1, H1, S1	M	Documentación adecuada y reuniones transferencia periódicas	Mensual	0,5	0,3	0,15
1.1.4	D1	E	Intruducción de reserva de 15% en dedicación de personal	Única	0,1	0,9	0,09
1.2.1	D1	M	Solicitud de anticipos para aquellos socios que observen riesgo financiero	Semestral	0,3	0,5	0,15
1.2.2	D1	A	No existen medidas correctoras		0,7	0,5	0,35
1.2.3	D1	A	No existen medidas correctoras		0,1	0,9	0,09
1.3.1	D1, H1, S1	E	Utilización de productos con varios posibles proveedores	Única	0,1	0,7	0,07
1.3.2	D1, P1	M	Estudios de mercado semestrales. Incluir cliente final	Semestral	0,3	0,5	0,15
1.3.3	D1, P1	M	Estudios de mercado semestrales para incluir aplicaciones clave	Semestral	0,3	0,5	0,15
1.3.4	D1	A	No existen medidas correctoras		0,3	0,9	0,27
2.1.1	D1, P1, H1, S1	M	Negociación de compra por volumen. Simplificación solución final	Única	0,3	0,5	0,15
2.1.2	H1	E	Pruebas en campo de duración > 10 meses	Única	0,3	0,3	0,09
2.1.3	H1	E	Aislamiento eléctrico, diseño independiente	Única	0,1	0,9	0,09
2.1.4	H1	M	Pruebas en campo de duración > 10 meses. Test cobertura > -85dBm	Única	0,1	0,9	0,09
2.1.5	H1	E	Diseño en base a normativa vigente	Única	0,1	0,9	0,09
2.2.1	S1	E	Pruebas en campo de duración > 10 meses	Única	0,3	0,5	0,15
2.2.2	S1	M	Pruebas en campo de duración > 10 meses	Única	0,3	0,5	0,15
2.2.3	S1	M	Priorizar durante la fase de diseño de protocolo de comunicación	Única	0,5	0,3	0,15
2.2.4	S1	M	Priorizar durante la fase de diseño de protocolo de comunicación	Única	0,3	0,3	0,09
3.1.1	D1	M	Capacidad de negociación y resolución de problemas del director	Única	0,3	0,5	0,15
3.1.2	D1	E	Capacidad de comunicación, planificación y control del director	Única	0,3	0,3	0,09
3.2.1	D1	E	Selección adecuada director, PMBOK, responsabilidad y motivación	Única	0,1	0,9	0,09
3.2.2	D1, P1, H1, S1	E	Utilización de PMBOK. Implicación equipo completo. Experiencia	Única	0,3	0,3	0,09
3.2.3	D1	M	Selección adecuada director, PMBOK, responsabilidad y motivación. Reservas	Mensual	0,5	0,5	0,25
3.3.1	D1, P1, H1, S1	MT	Creación de compromisos internos, implicación direcciones	Única	0,3	0,9	0,27
3.3.2	D1, P1, H1, S1	MT	Aplicar penalizaciones o creación de avales bancarios	Única	0,3	0,3	0,09
						Riesgo Medio	0,15

Tabla 18. Tabla de riesgos reducidos



## 12. CONCLUSIONES

La primera conclusión es que es posible aplicar la Guía PMBOK a este proyecto de I+D+i. El disponer de una guía obliga a realizar un esfuerzo mayor en la fase de planificación del proyecto, permitiendo realizar una planificación más completa, más profunda y más realista del proyecto.

Este esfuerzo realizado requiere de una dedicación importante por parte del director del proyecto pero también obliga a otros componentes a participar de forma activa. Por ello, es muy importante que los socios del proyecto entiendan la necesidad de aplicar la Guía PMBOK y se muestren comprometidos con la misma, dedicando los recursos y esfuerzos suficientes a esta parte del proceso.

Una de las claves para la correcta aplicación de la guía es conseguir un nivel de detalle suficiente a la hora de definir los requisitos y especificaciones del producto del proyecto. En este caso ha ayudado mucho el uso de la matriz QFD. En esta fase resulta inevitable tener que adelantar una pequeña parte del trabajo del proyecto relacionado con el desarrollo del producto.

Una definición correcta del alcance permite orientar los esfuerzos hacia un objetivo común compartido, reduciendo los conflictos de intereses y los malentendidos y aumentando significativamente la productividad con respecto a experiencias anteriores en proyectos similares.

Es muy importante que exista cohesión entre los diferentes planes subsidiarios. Por ello, los planes deben quedar abiertos a modificaciones originadas durante la creación de otros planes. Un ejemplo de esto es el plan de riesgos, el cual modifica a todos los demás planes subsidiarios del proyecto.

De hecho, uno de los planes más interesantes es el de gestión del riesgo. Como ya se ha comentado muchas veces los proyectos de I+D+i tienen un componente de riesgo mayor de lo habitual. La planificación de recursos y de costos en base a esa valoración del riesgo resulta muy interesante. Esta acción permite reducir significativamente el riesgo global del proyecto y reducir el impacto de los imprevistos.

Aplicar la Guía PMBOK a un proyecto de I+D+i de pequeño tamaño es una muy buena práctica. Una parte de los esfuerzos realizados únicamente resultan haberse anticipado en el tiempo, por lo que no suponen un sobrecoste como tal. Los procesos que sí suponen un

esfuerzo añadido como el plan de riesgos parecen imprescindibles si se desea contener el riesgo del proyecto. Se considera probada la hipótesis planteada en la fase de definición de este trabajo final de máster:

*“Es posible planificar un proyecto de I+D+i colaborativo de pequeño tamaño aplicando la Guía PMBOK para reducir los riesgos y aumentar el control sobre el mismo”*

## **BIBLIOGRAFÍA**

FRANKE, U. Factors Affecting Successful Project Management of Technology-Intense Projects. 2010

PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) - Fourth Edition

RUSSELL, L. I wish I'd known that from the start: scenario planning for project management. 1999

SODERHOLM, A. Project management of unexpected events. 2008

THAMHAIN, H. Managing Risks in Complex Projects. 2013.

OCDE. Manual de Frascati. Propuesta de Norma Práctica para encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. 1963.

OCDE. Manual Oslo. Medición de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica.