



Universidad de Valladolid

Desarrollo de una metodología de trabajo para la dirección de grupos de investigación en universidades

Carlos Fontúrbel Mediavilla

MÁSTER EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS
Departamento De Organización De Empresas Y C.I.M.
Universidad De Valladolid
España



INSISOC
SOCIAL SYSTEMS
ENGINEERING CENTRE
2023



Universidad de Valladolid

Desarrollo de una metodología de trabajo para la dirección de grupos de investigación en universidades

Carlos Fontúrbel Mediavilla

MÁSTER EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS
Departamento De Organización De Empresas Y C.I.M.
Universidad De Valladolid

Valladolid, Febrero 2023

Tutor
Fernando Acebes Senovilla

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todo el profesorado del Máster, y en especial a mi tutor, Fernando Acebes, por toda la ayuda prestada para la realización de este trabajo y al Profesor David Poza, por estar siempre disponible.

A mi familia, por haberme apoyado para llegar hasta aquí.

A Julia, por haberme ayudado más que nadie, y por haberme acompañado en este viaje.

RESUMEN

Este trabajo de fin de máster aborda la dirección de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en universidades, con el objetivo de profesionalizar la dirección de estos proyectos.

El alcance del trabajo incluye el estado actual de la investigación pública, la revisión de diferentes metodologías de dirección de proyectos (PMBOK, PM2, PRINCE2, ICB y metodologías ágiles), y la propuesta de una metodología de trabajo estructurada para proyectos de I+D en universidades.

La metodología incluye principios para la gestión del equipo, un marco de trabajo con roles y ciclo de vida del proyecto definidos, la gestión documental del conocimiento generado y la gestión de las competencias del equipo de trabajo, de forma que se da solución a varios de los problemas que existen en la dirección de los proyectos de concurrencia competitiva en universidades.

Palabras Clave

Metodología de trabajo; Investigación en universidades; Sector I+D; Dirección de proyectos en universidades; Enfoque de trabajo híbrido

ABSTRACT

This master's thesis addresses the management of research and development (R&D) projects in universities, intending to professionalize the management of these projects.

The project's scope includes the current state of public research, a review of different project management methodologies (PMBOK, PM2, PRINCE2, ICB, and agile methodologies), and a proposal for a structured work methodology for R&D projects in universities.

The methodology includes principles for team management, a defined framework with roles and project life cycle, management of generated knowledge documentation and management of the team's competencies, thereby addressing several of the problems in the direction of concurrent competitive projects in universities.

Keywords

Project management framework; University research; R&D sector; University project management; Hybrid working approach

INDICE

RESUMEN	I
Palabras Clave	I
ABSTRACT	I
Keywords.....	I
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo del Proyecto	1
Alcance del Proyecto	1
Motivación del Proyecto.....	2
Estructura del Documento	3
Capítulo 1 Estado actual de la Investigación Pública	5
1.1 Perspectivas de futuro.....	5
1.2 Organismos públicos de investigación	7
1.3 Transferencia Universidad-Empresa.....	8
1.4 Política Española de investigación	10
1.5 Programas públicos de investigación.....	11
1.5.1. Horizonte Europa.....	11
1.5.2. Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI).....	12
1.5.3. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.....	13
1.5.4. Investigación en Castilla y León.....	13
1.6 Financiación de los proyectos públicos de I+D	14
Capítulo 2 Aplicación de las metodologías de dirección de proyectos	17
2.1 Problemática en la dirección de equipos de proyectos públicos de I+D.....	17
2.2 PMBOK	19
2.2.1. Análisis	20
2.3 PM2.....	22
2.3.1. Análisis	24
2.4 PRINCE2	25
2.4.1. Análisis	27
2.5 ICB.....	28
2.5.1. Análisis	30
2.6 Metodologías Ágiles.....	31
2.6.1. SCRUM	33
2.6.1.1 Análisis.....	34
2.6.2. KANBAN	35
2.6.2.1 Análisis.....	36
2.7 Soluciones encontradas a los problemas propuestos	37

Capítulo 3 Metodología de trabajo estructurada para proyectos de I+D en entidades públicas	41
3.1 Principios para la gestión del equipo	42
3.2 Marco de trabajo	43
3.2.1. Roles	43
3.2.2. Ciclo de vida del proyecto	44
3.2.3. Control de la ejecución	49
3.2.3.1 Tablero <i>Kanban</i>	50
3.2.3.2 Tarjeta <i>Kanban</i>	51
3.2.3.3 Ejemplo de uso	52
3.3 Gestión documental del conocimiento generado	54
3.3.1. Documentos Técnicos Intermedios (DTI)	55
3.3.2. Documentos Técnicos (DT).....	55
3.3.3. Documentos de Pruebas (DP)	55
3.3.4. Actas de Reuniones (AR)	56
3.4 Gestión de las competencias del equipo de trabajo	56
3.4.1.1 Competencias del equipo	57
3.4.1.2 Investigación	58
3.4.1.3 Capacidad para mantener en funcionamiento el laboratorio.	58
3.4.1.4 Optimizar costes.....	59
3.4.1.5 Creatividad e innovación.....	59
3.4.1.6 Resolución de problemas	60
3.4.1.7 Trabajo en equipo.....	60
3.4.1.8 Habilidades técnicas.....	61
3.4.2. Seguimiento de las competencias del equipo de trabajo.....	61
Capítulo 4 CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXO A: Objetivos del Plan de Transferencia de Conocimiento Universidad - Empresa (TCUE) 2021 – 2023	71
ANEXO B: Plantilla de tablero Kanban	73
ANEXO C: Plantilla para la información de portada de la Documentación Interna	75
ANEXO D: Plantilla para la evaluación de las competencias	77
INDICE DE FIGURAS	79
INDICE DE TABLAS	81

INTRODUCCIÓN

Objetivo del Proyecto

Este Trabajo de Fin de Máster trata de proporcionar a los directores noveles de proyectos de investigación en universidades unos conocimientos básicos sobre el sector en el que comienzan su actividad.

Los conocimientos en dirección de proyectos y la vertebración del sistema público de investigación no son algo que tome especial relevancia durante los estudios universitarios y de doctorado, por lo que se pueden considerar carencias en la formación de los docentes universitarios al comenzar su labor como investigadores principales. En este trabajo de fin de máster se proporcionarán herramientas para solventar estas deficiencias, tanto sobre el entorno financiador y promotor de los proyectos, como sobre la existencia de metodologías y marcos de trabajo dedicados a profesionalizar la dirección de proyectos.

Para ello, en primer lugar, se recoge de forma general el estado actual de la inversión en investigación pública en España. El objetivo final es el de introducir al lector en los principales agentes financiadores, cuyos fondos son regidos por instituciones europeas y nacionales. De esta forma, si bien estos agentes tienen planes y nombres cambiantes, son introducidos al lector de forma estructurada, lo que es fundamental a la hora de conocer qué entidades manejan los recursos y permiten solicitar proyectos de investigación en entidades asociadas al sector público.

En segundo lugar, se ha realizado un análisis de las diferentes metodologías y estándares más extendidos de dirección de proyectos, de forma que los directores de este tipo de proyectos, que por lo general no disponen de formación previa, sean capaces de determinar por sí mismos cuáles de estas se aproximan a las necesidades de este tipo de proyectos. También se ha analizado qué puntos de vista útiles o herramientas pueden utilizar para la gestión de sus proyectos. Mediante esta introducción, se espera que los directores de proyectos noveles interesados en la materia, sean capaces de introducirse en metodologías específicas, si así lo desean.

En tercer lugar, una vez analizados los aspectos que puede aportar cada metodología a este entorno de trabajo, se ha desarrollado un marco de trabajo basado en todas las metodologías analizadas, de forma que un director de proyectos sin experiencia comprenda la relevancia de aspectos alejados de lo técnico. El éxito de este tipo de proyectos implica proporcionar a los investigadores contratados, becarios y técnicos de investigación, de herramientas de comunicación eficientes para mejorar la ejecución de los proyectos y legitimar y enmarcar correctamente el trabajo que deben realizar, siendo conscientes de su condición habitual de personal en formación. Esta condición contrasta con sus funciones en los proyectos, que requieren gran independencia y el manejo de la incertidumbre durante la ejecución del trabajo de cada uno de ellos. Se espera que, gracias a estas herramientas, tanto los gestores principales como los desarrolladores sean capaces de gestionar los recursos disponibles y colaborar de forma eficiente entre sí.

Alcance del Proyecto

El objetivo de este Trabajo de Fin de Máster es el de proporcionar unos conocimientos básicos que nunca ha desarrollado un investigador doctor novel durante su etapa formativa, de forma que sea capaz de enfrentarse a su nueva situación laboral, donde podrá dirigir y gestionar sus propios proyectos. Especialmente, este Trabajo de Fin de Máster trata de lograr que el lector sea capaz de

optimizar el desempeño del personal que forme su equipo de investigación, en el que deberá delegar gran parte de la ejecución de los proyectos, sin importar el tamaño del mismo.

En este Trabajo de Fin de Máster se van a analizar diferentes metodologías y herramientas de dirección de proyectos, de forma que el lector pueda informarse sobre aquellas que se adapten mejor a las circunstancias que rodean este tipo de proyectos, además de realizarse una propuesta propia de metodología de trabajo en este mismo contexto.

Motivación del Proyecto

Durante mi experiencia laboral he formado parte como investigador de un equipo de investigación en el ente público, concretamente en el grupo de investigación en Robótica Médica que forma parte del ITAP (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción), instituto de investigación de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Formar parte de este equipo de trabajo me ha permitido percibir las deficiencias del sistema público de investigación, donde la inestabilidad laboral provoca equipos de trabajo jóvenes e inexpertos y la falta, en numerosas ocasiones, de medios materiales provoca una necesidad de optimizar los recursos tanto personales como materiales.

La dirección de estos equipos es realizada, en el caso del ente público, por doctores expertos en investigación y altamente especializados, lo que implica una general falta de profesionalización en la dirección de los proyectos que les son concedidos. Además, las responsabilidades docentes de esta dirección provocan una dedicación parcial a los proyectos, lo que implica delegar en el personal contratado, que como ya se ha mencionado, es normalmente personal en formación, por lo que la necesidad de establecer marcos de trabajo adquiere una relevancia superior.

Es recurrente en este tipo de proyectos que los recursos tanto personales como profesionales sean escasos, y estos investigadores principales, gestores de los proyectos, si bien destacan en las facetas más técnicas de la materia, en la mayoría de las ocasiones no disponen de conocimientos sobre dirección de proyectos. Esto puede resultar en una baja optimización de los recursos disponibles y en cuellos de botella fácilmente resolubles con unas directrices, estructura y marcos de trabajo claros.

La complejidad de la dirección de los proyectos, en este caso, se debe a la gestión y orientación de la gestión personal que realizan los propios investigadores contratados (iniciados, becarios de doctorado y en formación), los becarios de investigación y los estudiantes de grado y máster que realicen Trabajos de Fin de Grado y Máster. El éxito del proyecto dependerá de la integración de estos elementos y en proporcionarles las herramientas necesarias para el desarrollo personal que realizan en el marco de los diferentes proyectos, coordinar estos trabajos con los de sus compañeros y avanzar en sus trabajos personales.

La motivación de este Trabajo de Fin de Máster es la de abrir la puerta a unas bases y unos conocimientos que permitan profesionalizar la gestión de proyectos en este ambiente de trabajo en específico. Así, se logra formar un entorno de trabajo donde la incertidumbre, la autogestión por parte de los desarrolladores y el control de la ejecución de los proyectos sean afrontados desde un punto de vista profesionalizado y eficiente, transformando un entorno de trabajo históricamente complejo en uno bien gestionado.

Estructura del Documento

Se ha dividido el documento en los 3 grandes capítulos que se han tratado este Trabajo de Fin de Máster.

El primer capítulo trata las generalidades del sector público de la investigación, donde se busca concluir con cómo funciona la financiación de los proyectos. Para ello, es necesario conocer cuáles son los planes de investigación europeos, estatales y regionales y qué organismos son los financiadores, con una primera búsqueda sobre el estado actual y el futuro de la investigación en España. De esta forma, el lector puede conocer cómo solicitar los proyectos y de qué organismos y planes dependerá, a partir de ahora, su carrera profesional en su faceta investigadora.

El segundo capítulo incluye un análisis de varias de las metodologías de dirección de proyectos más extendidas aplicadas a este entorno de trabajo, de forma que un lector poco introducido en estos aspectos permita comprender las posibilidades de cada metodología aplicadas a este entorno. También se pretende que sea didáctico, y que permita comprender estas metodologías y las posibilidades de combinar y tomar todas en cuenta sin una formación previa. Mediante este proceso, se espera que el lector sea capaz de realizar su propio análisis personal sobre cómo aplicar la dirección de proyectos a su entorno de trabajo en específico.

El tercer capítulo utiliza las conclusiones del capítulo anterior, y ciertos aspectos añadidos buscados *ad-hoc* para el desarrollo una metodología de trabajo propia y dedicada para responder a los condicionantes de este tipo de proyectos.

Se incluyen unas conclusiones, a través de las cuales se ha concluido qué aportaciones se realizan en este Trabajo de Fin de Máster y las posibles líneas futuras que puedan surgir de este.

CAPÍTULO 1 ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN PÚBLICA

En este punto se introduce al lector en el entorno de los proyectos públicos de I+D, la inversión actual y las perspectivas de futuro, los principales financiadores de proyectos y los promotores que administran las inversiones económicas realizadas por los diferentes financiadores según los planes actuales en investigación de los diferentes entes públicos. En los últimos tiempos se está tratando de establecer una mayor estabilidad en el entorno científico, con la aprobación de un Real Decreto Ley que facilita la contratación indefinida en el Sistema Público de Ciencia (*Ministerio de Ciencia e Innovación, 2022*). Esto se relaciona con los movimientos políticos en los últimos tiempos a nivel Estatal, y ha sido impulsado en mayor medida a raíz de la crisis sanitaria provocada por la Covid-19, que propició una gran inversión en investigación para el desarrollo del desarrollo de vacunas contra esta enfermedad, despertando un especial interés en revitalizar la investigación en todo el mundo.

La financiación de los grupos de investigación en los entes públicos no deja de ser aún una gran problemática, y es responsabilidad de los Investigadores Principales (IPs) de estos grupos mantener la financiación mediante la solicitud y posterior aprobación de diferentes proyectos asociados a los planes nacionales, regionales y europeos.

Con el objetivo de recoger la estructuración de este sector, se ha recopilado diversa información, que se recoge en los siguientes apartados.

1.1 Perspectivas de futuro

A nivel nacional la inversión realizada en I+D, como ha publicado la Web del Gobierno de España en febrero de 2022 (*La Moncloa. Ciencia e Innovación, 2022*) está siendo incrementada mediante diferentes mecanismos como la inversión en infraestructuras y diversos Planes Complementarios para proyectos de investigación conjuntos.

Estas buenas noticias oficiales para el sector pueden verse reflejadas en un incremento del presupuesto del ministerio de Ciencia e Innovación del 19% (*Ibercampus, 2021*), provocando medidas como el incremento de contratos para doctores en el sector público, con presupuesto para la contratación de alrededor de 2500 doctores entre 2021 y 2023. La ministra de Ciencia e Innovación, D. Morant ha expresado en este mismo año 2022, la necesidad de la participación del sector privado en el I+D, con el objetivo de llegar al 2% del PIB en I+D, como recoge este mismo artículo (*La Moncloa. Ciencia e Innovación, 2022*).

Los datos avalan esta afirmación, ya que la inversión en I+D en España del sector privado es del 0,7%, una inversión inferior a la mitad de la media de los países de la Unión Europea, que se estima en un 1,67% (Ugarte, 2022). Este dato no alcanza al de los principales competidores de Europa, como Estados Unidos (2,05) y Japón (2,60%). Como se puede ver en la Figura 1, los países del norte de Europa sí alcanzan estas cifras, mientras que los países de Europa Central, a pesar de no alcanzar estas cifras, superan a los países del sur.

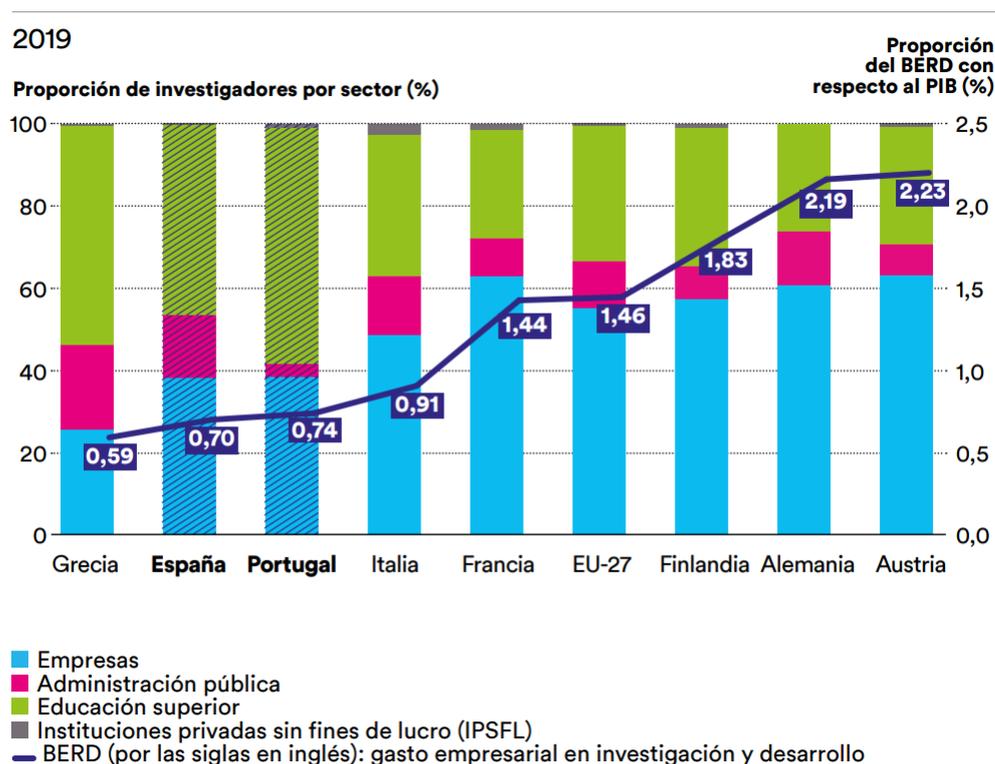


Figura 1: Relación de investigadores en el sector público y privado en Europa. Se constata una brecha entre el sur y el norte de Europa. Fuente: Investigación e innovación en España y Portugal (2022).

El informe del que se ha extraído esta Figura 1 proporciona una buena imagen global sobre esta situación. Esto implica un gran margen de mejora en I+D, especialmente en el sector privado, en el que solo 4 de cada 10 investigadores desempeñan sus funciones. La comparación con los países con mayor gasto en I+D es especialmente negativa en este sentido, ya que el porcentaje de investigadores en el sector privado en países como Alemania es de un 60%. Esto permite contextualizar las palabras de Laura Sanz, del CSIC, que aparecen recogidas por Ugarte (2022):

“España tiene pocos investigadores en relación a su peso económico y población ocupada. Pero en todos los diagnósticos el foco es el sector empresarial, que gasta muy poco en I+D, menos de la mitad que las empresas francesas, y un tercio que las alemanas y austriacas. De cada 10 investigadores solo 4 están en empresas”.

Esto permite visualizar un escenario con una gran capacidad de crecimiento, donde la inversión privada en I+D puede aumentar en los próximos años. El objetivo de la inversión pública creciente en I+D es la de disponer de investigadores, cuyo conocimiento adquirido permita crear *spin offs* y *start ups*, empresas tecnológicas que aspiran a ser tecnológicamente punteras, tratando de aplicar los conocimientos adquiridos en las etapas de investigación, y transfiriendo la inversión realizada por el sector público hacia el privado, y permitiendo ampliar el valor económico del país.

Este proceso tiene lugar a lo largo de años, pero la creciente inversión pública, como ha anunciado el Gobierno (*Ministerio de Ciencia e Innovación, 2021*), permite vislumbrar un futuro para el país con un mayor peso por parte de la tecnología y la innovación.

1.2 Organismos públicos de investigación

Los Organismos Públicos De Investigación, en adelante OPIs, son organismos de la Administración General del Estado creados para la ejecución directa de actividades de investigación científica y técnica, de actividades de prestación de servicios tecnológicos y de aquellas otras actividades de carácter complementario, necesarias para el adecuado progreso científico y tecnológico de la sociedad, que les sean atribuidas por la ley o por sus normas de creación y funcionamiento (*Organismos Públicos de Investigación (OPI)*, 2022). La coordinación de las actuaciones de los OPI es responsabilidad del Ministerio de Ciencia e Innovación.

El objetivo de estos centros es el de la dedicación a actividades de I+D, asistencia técnica o asesoramiento de los diferentes sectores socioeconómicos o científicos (Facal y Sánchez, 1998). Fueron dados forma en el Capítulo II de la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (*Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica.*, 1986). En este documento, dadas las necesidades de la época (década de 1980, inicios de la democracia española) de implementar un sistema público de I+D, se reestructuraron diferentes Institutos y otras entidades, dando lugar a los primeros OPIs (Tabla 1).

Tabla 1. OPIs Existentes en 1998. Fuente: Adaptado de Facal López y Repesa Sánchez (1998).

OPIS Y MINISTERIOS DE DEPENDENCIA		
Nombre del organismo	Siglas	Ministerio de tutela
Centro Superior de Investigaciones Científicas	CSIC	Educación y Cultura
Centro de Inv. Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas	CIEMAT	Industria y energía
Instituto Tecnológico y Geominero de España	ITGME	Medio Ambiente
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial	INTA	Defensa
Instituto Español de Oceanografía	IEO	Agricultura, Pesca y Alimentación
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria	INIA	Agricultura, Pesca y Alimentación
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas	CEDEX	Fomento (y Medio Ambiente)
Instituto de Salud Carlos III	ISC III	Sanidad y Consumo
Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo	CEHIPAR	Defensa
Instituto de Astrofísica de Canarias	IAC	Educación y Cultura (y otros)

En la actualidad, los OPIs existentes son las siguientes (*Organismos Públicos de Investigación (OPI)*, 2022):

- El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) proporciona apoyo a otros centros nacionales de I+D+I, instituciones, universidades y empresas del sector de nuestro país para realizar funciones de transferencia.
- El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la mayor institución pública en España de investigación. La investigación en el CSIC se estructura en tres grandes áreas: sociedad, vida y materia, que cubren la mayor parte del conocimiento humano.

- El Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) es un organismo de referencia nacional e internacional en investigación biomédica y salud pública.
- El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), acreditado por el Gobierno español como "Centro de Excelencia Severo Ochoa", es un organismo público de investigación español que gestiona dos de los mejores observatorios internacionales del mundo, por lo que es un centro de referencia en todos los campos relacionados con Astrofísica.

1.3 Transferencia Universidad-Empresa

El término *Transferencia* cada vez se encuentra más presente en el día a día del sistema universitario. Si bien es necesaria la inversión pública en I+D para crear el entorno que permita la innovación, es igualmente importante crear los puentes que transformen los conocimientos generados en innovación. En esto consiste la Transferencia, en la transmisión del conocimiento científico y tecnológico generado en las universidades y centros de investigación al tejido social y productivo ("Nuevos mecanismos de transferencia de tecnología", 2003).

Las universidades españolas se centran cada vez más en este apartado, a raíz de lo cual han nacido entidades como las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) (*Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)*, 2022), cuyo objetivo es el de "*potenciar y difundir el papel de las universidades como elementos esenciales dentro del sistema nacional de innovación*". Existen oficinas de este tipo en cualquier universidad del sistema español, a las que investigadores y profesores universitarios pueden acceder para realizar, con la asistencia de este tipo de instituciones, la creación de *spin offs*, *start ups* o contactar con empresas que puedan utilizar las patentes o desarrollos resultado de sus investigaciones o proyectos exitosos.

Los objetivos de estas son los siguientes:

- Potenciar el desarrollo de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI).
- Fomentar el funcionamiento en red de las OTRI mediante la puesta en marcha de acciones, instrumentos y servicios de interés común.
- Promover la presencia de las Universidades en los programas y actividades de la Unión Europea.
- Asesorar a la Comisión Sectorial de I+D+i en los aspectos asociados a la articulación de la investigación universitaria con otros agentes del Sistema Nacional de Innovación.
- Colaborar con la Administración y con otros agentes sociales y económicos para facilitar las relaciones entre la universidad y la empresa.
- Contribuir al desarrollo e implantación de una imagen de las universidades que reconozca su aportación al desarrollo socioeconómico y al proceso de modernización empresarial.

Álvarez Isabel y Biurrun Antonio (2020) analizan los factores de éxito en los entornos generadores de transferencia de tecnología y ciencia. En el entorno universitario español, queda patente la relevancia de entidades dedicadas a favorecer la transferencia. Si bien este artículo es relevante para comprender estos factores de éxito, las conclusiones son especialmente relevantes:

- El apoyo a los investigadores emprendedores es realizado mediante el fomento de la creación de *spin offs*, así como el establecimiento de procedimientos para la creación de *start ups* académicas. Estos son algunos de los servicios que busca satisfacer la RedOtri. Como evaluación de los resultados de estos emprendimientos, destacan Fuster *et al.* (2019)

la transferencia de conocimiento entre la universidad y la propia *spin off*, así como de esta hacia otros agentes del sector productivo.

- Existen en el contexto español deficiencias en la promoción, comercialización y protección de la tecnología. Reiterativamente se ha propuesto la protección de los descubrimientos e incentivos económicos u académicos para los investigadores. La Transferencia no tiene el suficiente peso en las instituciones, y por tanto es secundaria, debido a la falta de incentivos que esto provoca, para los investigadores.
- La gestión de la propiedad intelectual y las patentes es una de las funciones en las que el sistema español carece de una estructura verdaderamente desarrollada, a pesar de que debería pasar a nivel prioritario en las políticas institucionales.

La conclusión en este informe se centra, por tanto, en la evolución necesaria desde la perspectiva de la protección de los resultados de investigaciones. Desde mi experiencia personal como investigador, coincidiendo con una de las conclusiones de este artículo, esta dificultad para proteger los resultados de investigaciones, así como la falta de incentivos para tratar de explotar los mismos, provoca apatía en este sentido por parte de los investigadores, que no se sienten apoyados o beneficiados para llevarlo a cabo.

El éxito de estas oficinas o entidades dedicadas a la transferencia es relativo. En primer lugar, no se está logrando el objetivo de incrementar la inversión privada en I+D, que como ya se ha mencionado, es el mayor problema del sector. Esto puede tener otros orígenes independientes del esfuerzo de las Universidades en términos de transferencia, si bien la causalidad parece evidente. Moviéndonos en términos objetivos, Sanz Casado et al.(2018) analizan los resultados de los datos recogidos sobre la Transferencia en las universidades públicas madrileñas. Este estudio muestra una colaboración estrecha entre universidades y centros privados a la hora de realizar patentes, indicando este estudio que un 36,41% de las patentes son realizadas conjuntamente junto a empresas, un resultado interesante, al que añadir un 16% de patentes en colaboración con las mismas.

Estos resultados son positivos para las universidades, implicando que colaboran de forma efectiva con instituciones privadas, pero da lugar a la interpretación opuesta. Tan solo el 52% de las patentes producidas en entornos universitarios es realizada en colaboración, lo que implica un 48% de patentes con mayor dificultad de explotación, debido a su dependencia del entorno público, y por tanto su mayor lejanía respecto a entornos industriales o competitivos. Conocida la falta de inversión privada, queda patente que esta colaboración no es la única vía a seguir, ya que es necesaria la aportación privada para mejorar estos resultados, no siendo suficiente esta vía colaborativa.

En términos positivos, la capacidad de estos centros para captar fondos es catalogada como alta, al igual que la actividad en cantidad y número de financiación obtenida por cátedras universidad-empresa, así como la creación de *spin off* y en ingresos por contratos y consultorías.

Por el lado negativo, se considera mejorable el número de publicaciones con la empresa. Resulta claramente mejorable la escasa captación de fondos competitivos de origen privado que obtienen estas universidades, del 1,5%, siendo el 3,7% en el conjunto del Sistema Público de Universidades Españolas, siendo ambas cifras reducidas.

En el contexto autonómico de Castilla y León, al igual que en resto de CCAA, dispone de una oficina específica para la transferencia de conocimientos de la que forman parte las 9 universidades de Castilla y León. La Red TCUE (Transferencia de Conocimiento Universidad-Empresa) tiene

como objetivo potenciar las patentes y la investigación orientada al mercado. La Consejería de Educación ha impulsado diversos planes trianuales de Transferencia de Conocimiento Universidad – Empresa, siendo el último el Plan TCUE 2021-2023 (*Objetivos del Plan TCUE 2021-2023*, 2021).

El Plan TCUE 2021-2023 se estructura en tres grandes pilares:

- Pilar 1 «Transferencia de Conocimiento Universidad-Empresa-Sociedad».
- Pilar 2 «Emprendimiento Universitario Innovador».
- Pilar 3 «Cultura Científica y Difusión de la Ciencia de la Comunidad Autónoma».

En el Anexo A se muestran el contenido completo del Plan de Transferencia de Conocimiento Universidad - Empresa (TCUE) 2021 – 2023.

1.4 Política Española de investigación

La cantidad de la financiación y los criterios de las instituciones para ofertar las diferentes convocatorias son dinámicas. El estado actual es relevante, pero el panorama, como por ejemplo el nombre de las instituciones relevantes puede ser completamente diferente en un futuro. El objetivo, por tanto, de esta búsqueda bibliográfica es comprender la estructuración del sistema de financiación pública. Todo este sistema es dependiente de la política, por lo que la inversión en este tipo de proyectos dependerá de las tendencias políticas europeas, nacionales y regionales de cada gobierno en cada momento, y de la forma en que consideren asignar el presupuesto disponible. De hecho, se han presentado en el último curso cambios importantes en el diseño y orientación de las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), que se recogen en el informe COSCE (de Nó José *et al.*, 2022).

En este documento se incluyen los resultados de la investigación "Financiación pública de la I+D+i: Presupuestos Generales del Estado (PG46) y Fondos Europeos". En el mismo, el lector puede comprobar qué líneas de financiación o líneas de desarrollo están siendo contempladas en los Presupuestos Generales del estado, y por tanto conocer las tendencias en la financiación de proyectos. En él se analizan los Presupuestos Generales del Estado 2022 destinados a la I+D+i (PGE-PG46).

Estas políticas, al ser relativamente novedosas (la ley que dio forma a las estructuras investigadoras públicas data de 1986), son especialmente dinámicas. De hecho, en los PGE-PG46 se menciona el cambio en la estructura de los OPIs, donde el CSIC ha absorbido recientemente a otros centros. Sin embargo, y como dato de mayor interés, todos los OPIs han aumentado su presupuesto con fondos nacionales en el último curso, confirmando la tendencia política de los últimos años dedicada al I+D+I, como ya se mencionó con anterioridad.

El papel de la política en la investigación es muy relevante en varios aspectos. En primer lugar, la administración de los OPIs es dependiente del ministerio dedicado a la investigación en cada momento, por lo que sus recursos dependerán del presupuesto asignado, y de la propia gestión realizada por el mismo. En segundo lugar, la definición de las estrategias, o programas de investigación, tanto europeas, como nacionales, como regionales, como veremos a continuación afectan enormemente a los sectores donde termina el presupuesto asignado a la ejecución de proyectos de investigación aprobados con fondos públicos. Estas estrategias tienen duraciones largas en el tiempo en forma de programas, y permiten conocer qué sectores serán potenciados

mediante financiación en I+D en el siguiente periodo de tiempo, por lo que tienen una gran relevancia en el sector.

1.5 Programas públicos de investigación

Las líneas de investigación que serán estimuladas por el presupuesto público se rigen por unos planes o programas públicos que se prolongan, unos 5-10 años y que determinarán los proyectos que serán aceptados durante su vigencia. El investigador debe ser conocedor de estos programas, para adaptar sus solicitudes de proyecto de forma que logre satisfacer algún objetivo del programa en el que se enmarque el proyecto que solicite.

Estos programas permiten canalizar los fondos destinados por Europa y por los Presupuestos Generales del Estado (PG46) y Fondos Europeos, por lo que determinarán en qué líneas de investigación y temas se destinan los fondos de los Organismos Financiadores que se tratarán posteriormente

Estos programas son tanto europeos, como nacionales, como regionales, y son, en la actualidad, los siguientes.

1.5.1. Horizonte Europa

Horizonte Europa (*Horizonte Europa: nuevo Programa Marco de la UE, 2021*) es el nuevo Programa Marco de la Unión Europea de investigación e innovación (I+I) para el período 2021-2027. El objetivo de este programa es el de elevar el nivel científico, tecnológico, económico y social de la UE mediante inversiones en I+I. Este programa es el instrumento de la UE para llevar a cabo las políticas de I+D+I planeadas en este período de tiempo. Horizonte Europa sucede al programa anterior, Horizonte 2020, que estuvo vigente entre 2014 y 2020. Este programa contó con un presupuesto total, durante la aplicación del mismo, de 76.880M € (*¿Qué es Horizonte 2020?*, 2021), por lo que los 95.517M € de presupuesto para este periodo de 7 años a lo largo de los cuales transcurre el programa, lo convierten en el Programa Marco de mayor presupuesto.

Este Programa se compone de 3 pilares fundamentales, que se muestran en la Figura 2:

- El pilar 1, Ciencia Excelente, será promovido mediante proyectos financiados por el Consejo Europeo de Investigación (ERC). El objetivo de estos proyectos, que serán propuestos y dirigidos por investigadores, será ampliar los límites del conocimiento. Esta línea de proyectos también permitirá formar mediante actividades de movilidad al personal investigador del programa Marie Skłodowska-Curie (MSCA) y mejorar y facilitar el acceso a las Infraestructuras de investigación de más alto nivel.
- El Pilar 2, Desafíos globales y competitividad industrial europea, financiará la investigación sobre los desafíos sociales, fortalecerá las capacidades tecnológicas industriales y permitirá trabajar en los grandes objetivos globales, como lo son la salud, el cambio climático, la movilidad, etc. Además, este Pilar respaldará la creación de asociaciones europeas con los Estados miembros y la industria para llevar a cabo trabajos conjuntos de investigación y desarrollo. También contará con el Centro Común de Investigación (JRC) para ayudar a los gobiernos nacionales y de la UE a tomar decisiones proporcionándoles apoyo técnico y científico.

- El Pilar 3 tiene como objetivo hacer de Europa una comunidad pionera de la innovación del mercado y el desarrollo de PYMES innovadoras a través del Consejo Europeo de Innovación (EIC). Apoyará a los principales innovadores, emprendedores, PYMES e investigadores para alcanzar una escala internacional. Además, el Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT) seguirá fomentando la integración de la investigación, la educación superior y la empresa a través de la Comunidad de Conocimiento e Innovación (KIC).



Figura 2: Relación de investigadores en el sector público y privado en Europa. Fuente: Horizonte Europa: nuevo Programa Marco de la UE (2021).

Los proyectos europeos que se deseen solicitar deberán incluirse dentro de alguno de estos Pilares, por lo que es necesario estar al corriente del Programa Marco actual, siempre que se desee solicitar un proyecto europeo.

1.5.2. Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI)

El Plan Estatal es el principal medio de la Administración General del Estado para desarrollar y alcanzar los objetivos de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación (EECTI) (*Estrategia de especialización inteligente 2021-2027*, 2021). El EECTI 2021-2027 se divide en dos planes estatales, el primero, el IX Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI) 2021-2023 (*Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI)*, 2021), está vigente actualmente, y será sucedido por el Plan Estatal 2024-2027.

El PEICTI 2021-2023 integra 4 programas nacionales que se corresponden con los objetivos de la EECTI 2021-2027, y que se describen en su web de la siguiente manera:

- Programa estatal para afrontar las prioridades de nuestro entorno.
- Programa estatal para impulsar la investigación científico-técnica y su transferencia.
- Programa estatal para desarrollar, atraer y retener talento.

- Programa estatal para catalizar la innovación y el liderazgo empresarial.

Los proyectos lanzados por el Ministerio de Ciencia e Innovación entre 2021 y 2023 responderán a las necesidades y objetivos del PEITCI, por lo que su conocimiento es necesario para lograr la aprobación de proyectos que se enmarquen en el Plan Estatal de I+D, fundamentales para las universidades.

1.5.3. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Es la estrategia española para canalizar fondos europeos cuyo objetivo es el de reparar los daños provocados por la crisis del COVID-19 (Plan De Recuperación, Transformación Y Resiliencia, 2020). Tiene también como objetivo apoyar un futuro sostenible.

España recibirá, en el marco de este Plan, una suma total de 140.000 millones de euros. Esta cantidad incluye 69.528 millones de euros en transferencias no reembolsables, además de más de 70.000 millones de euros en préstamos hasta el 31 de diciembre de 2026.

El Plan se cimenta sobre cuatro pilares:

- Transición ecológica
- Transformación digital
- Cohesión territorial y social
- Igualdad de género

En cuanto a su aportación al I+D, el 1.5.3. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia toca los siguientes aspectos:

- Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial.
- Reforma institucional y fortalecimiento de las capacidades del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación.

1.5.4. Investigación en Castilla y León

A nivel regional, las directrices varían entre las diferentes comunidades autónomas. En el caso de Castilla y León, los diferentes sectores donde se puede enmarcar la investigación son gestionados por diferentes Conserjerías (*Investigación*, 2022). Las Conserjerías con competencias en cada sector deben promover, mediante subvenciones, la investigación, dentro de su alcance y posibilidades. En Castilla y León, por ejemplo, la Conserjería de Educación es la encargada de apoyar la investigación básica, o científica, pero existen otros tipos de investigación dependientes de otras conserjerías, como la Conserjería de Sanidad, con competencias en investigación sanitaria.

Existe un plan definido, sin embargo, para Especialización Inteligente, que podríamos considerar innovación tecnológica (*Estrategia de especialización inteligente 2021-2027*, 2021), estrechamente relacionado con el Programa Marco vigente en el mismo periodo. Esta estrategia permite relacionar las actuaciones regionales, con el programa europeo, lo que puede ser relevante para la solicitud de ciertos proyectos europeos o regionales, dependiendo de cada caso concreto. Es importante, por tanto, conocer su existencia.

1.6 Financiación de los proyectos públicos de I+D

Los centros públicos de investigación reciben financiación a través de convocatorias competitivas de diferentes instituciones como el Consejo de Investigación Europeo (ERC), el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España, la Comunidad Autónoma en la que se encuentren, instituciones privadas, los fondos FEDER y los fondos para el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea. En Instrucción del Sistema de Administración Normalizada de Cuentas Internas en Institutos y Centros del CSIC (SANCI, 2016) se recoge el sistema de Administración de los diferentes Institutos y Centros del CSIC, que, al ser el OPI de mayor tamaño, tiene la mayor cantidad de ingresos.

Conocer de forma general las entidades financiadoras permite facilitar y ampliar la búsqueda de financiación. La lista de financiadores de diferentes centros e institutos de investigación es pública (*Organismos financiadores del Centro Nacional de Biotecnología*, 2022). Existen diferentes organismos financiadores, como los siguientes:

- Financiación del ERC.
- Fondos FEDER.
- Fondos Recuperación, Transición y Resiliencia.
- Financiación del Gobierno de España.
- European Regional Development Fund.

Los organismos financiadores, como los fondos FEDER, aportan fondos a los planes nacionales y europeos, como los proyectos del PEITCI, y a diferentes organismos financiadores de proyectos, como el CDTI. Los proyectos pueden ser cofinanciados por varios fondos o fuentes, lo que aparece en sus bases reguladoras.

Esto queda evidenciado mediante la siguiente sección del PEITCI (*Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI)*, 2021):

“Para la financiación de las ayudas, además de los fondos procedentes de los Presupuestos Generales del Estado (PGE), se podrá contar con otras fuentes de financiación que incluyen los fondos europeos, tales como el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), el Fondo Social Europeo (FSE+), el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP), otros fondos de financiación o cofinanciación de la UE, como Horizonte Europa, el Banco Europeo de Inversiones y los fondos procedentes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.”

Es importante, por tanto, la necesidad de diferenciar entre los fondos y los programas y las entidades públicas que los canalizan, como también se aclara en Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. Las entidades públicas utilizan los fondos para promover los proyectos, siguiendo los objetivos propuestos en los diferentes planes estratégicos. Si bien en ocasiones estos organismos financiadores funcionan como promotores, habitualmente no es así.

Por ejemplo, FEDER es un fondo financiador de proyectos, pero su presupuesto es gestionado por muchas entidades, sin promover proyectos directamente. Algunas de estas entidades con los ya mencionados CDTI, orientados a financiar o subvencionar proyectos de I+D en empresas privadas,

al igual que el Instituto para la Competitividad Empresarial (dependiente de la Junta de Castilla y León). Es posible acceder también a este tipo de proyectos mediante asociaciones con empresas privadas, lo que permite a estas empresas realizar una subcontratación directa de los Institutos públicos, obteniendo estos últimos financiación para medios y para contratación a cambio de realizar una investigación, generando así conocimiento y métodos materiales útiles en el futuro.

De ahí la relevancia de los Planes Marco, PEICTI y planes regionales, ya que de ellos dependerán en qué sectores y líneas de investigación termina el presupuesto de los principales financiadores. Para acceder a la financiación, y por tanto a los fondos, es necesario solicitar proyectos a los diferentes organismos que los promueven, en sus portales web.

CAPÍTULO 2 APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

En este capítulo se va a realizar un análisis de algunas de las principales metodologías o herramientas para la Dirección de Proyectos, especialmente de la idoneidad de cada una para su aplicación en proyectos de I+D públicos, y por tanto no orientados completamente al mercado. Tomando en cuenta el público objetivo de este trabajo de Fin de Máster, investigadores principales en entidades públicas sin conocimientos teóricos en dirección de proyectos, se espera que conozcan las características generales de este tipo de proyectos, pero requieran una iniciación accesible y dirigida hacia las metodologías, estándares y marcos de trabajo existentes. La dirección de proyectos no es algo que se trate en profundidad durante la mayoría de los estudios universitarios, incluidos los estudios de doctorado, por lo que es habitual que no se tengan conocimientos teóricos en la materia al comenzar a dirigir estos proyectos.

El objetivo del análisis realizado en este Capítulo es el de realizar un aprendizaje que permita hallar soluciones a la gestión poco profesionalizada de proyectos de I+D de concurrencia competitiva en centros públicos, especialmente en universidades. El resultado de este análisis permitirá desarrollar, durante el Capítulo 3, una metodología de trabajo para la gestión de varios aspectos problemáticos en la dirección de estos equipos. Estos aspectos determinados como problemáticos

Las metodologías que van a analizarse entran en conflicto en algún punto con las necesidades de este tipo de proyectos, que tienen tanto aspectos predictivos, como ágiles. Las especificaciones finales y los entregables del proyecto son conocidos desde su concesión, por lo que es posible realizar una planificación preventiva. Sin embargo, es necesaria una adaptación al cambio constante debido a la incertidumbre en la duración de las actividades, posibilidades importantes de cambios en el equipo, etc. De ahí nace la necesidad de desarrollar una metodología de trabajo especializada para este entorno, ya que ninguna metodología que trate la generalidad de la dirección de proyectos se adapta a éste fácilmente.

Para realizar este análisis se ha definido, en primer lugar, la problemática a la hora de dirigir estos grupos de trabajo. Una vez definida la problemática, se recorrerán diversas metodologías de dirección de proyectos ampliamente extendidas, cuyo fin es el de introducir a la materia a los Investigadores Principales (IPs) que accedan a este Trabajo de Fin de Máster y que puedan así transmitir los conocimientos adquiridos sobre estas metodologías al equipo de trabajo. En lugar de seguir estas metodologías o herramientas de manera literal, se han seleccionado y adaptado los aspectos o temas relevantes que trate cada una de ellas, para crear un enfoque personalizado y adaptado a las necesidades específicas determinadas en la problemática.

Como base para realizar ambos análisis se ha utilizado la experiencia personal del autor de este Trabajo de Fin de Máster como parte de un equipo de investigación, donde se han podido apreciar diversas dificultades y características intrínsecas al sistema público de investigación actual.

2.1 Problemática en la dirección de equipos de proyectos públicos de I+D

En este punto se realiza un análisis sobre los condicionantes para la dirección de grupos de I+D en el sistema público universitario que resultará en la problemática que se ha resumido en la Tabla 2. Este capítulo busca recoger temas y aspectos tratados por diferentes metodologías de dirección de

proyectos, para dar forma a la problemática que se desea resolver mediante la metodología que será desarrollada ad-hoc en el Capítulo 3.

La dirección de proyectos en el sistema público universitario enfrenta varios desafíos, entre los que se incluyen los siguientes:

- Disponibilidad parcial de los IPs: Los IPs y otros docentes que puedan formar parte del grupo tienen una dedicación parcial a los proyectos debido a sus responsabilidades docentes, lo que disminuye su disponibilidad. Si ha sido concedido al grupo más de un proyecto de forma simultánea, la disponibilidad para cada proyecto se reduce notablemente.
- Presupuesto limitado: Las limitaciones de presupuesto dificultan la contratación de personal y la adquisición de medios y materiales.
- Personal en formación: Las limitaciones de presupuesto provocan la escasez de personal con estudios de doctorado, lo que afecta al rendimiento del equipo de trabajo, especialmente en lo relativo a la producción científica. Es habitual que el equipo no docente, con disponibilidad completa, esté formado por estudiantes de doctorado becados o investigadores en etapas formativas.
- Incertidumbre en el equipo de trabajo: El equipo de trabajo puede cambiar con frecuencia debido a la finalización de estudios de doctorado y a momentos de bajo presupuesto. Además, participan en los proyectos estudiantes que realizan prácticas o trabajos de fin de grado o máster, lo que aumenta la incertidumbre y la necesidad de adaptación continua.
- Incertidumbre en la duración de las actividades: Asociada a la investigación, lo que resulta agravado en el caso de grupos de trabajo inexpertos.
- Falta de experiencia en la gestión de proyectos: La falta de experiencia y/o falta de conocimientos teóricos en la gestión de proyectos puede dificultar la planificación y la ejecución de proyectos.

Partiendo de estas dificultades se ha elaborado la tabla 2, añadiendo los matices necesarios a cada uno de los aspectos considerados según los efectos que tienen en la gestión de los proyectos. Se ha considerado el doble efecto de la inexperiencia del equipo de trabajo, ya que es necesario tanto dirigir los proyectos considerando esta inexperiencia, como controlar e incentivar el aprendizaje.

Tabla 2. Características buscadas en las diferentes metodologías, condicionadas por el desconocimiento teórico en dirección de proyectos. Esta plantilla será completada a lo largo del capítulo. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución hallada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo	
La elevada incertidumbre que conlleva moverse en los límites del conocimiento	
Dedicación parcial de los IPs, por lo que los IPs contratados delegan parte de la toma de decisiones	
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles	
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios	
Gestión del aprendizaje	
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos	

Para solventar el desconocimiento teórico en dirección de proyectos, se tomarán aspectos concretos de las metodologías que permitan formular de forma clara y simple la metodología que se va a desarrollar en el Capítulo 3. También se anotarán aquellas metodologías cuya consulta sea adecuada para solventar problemas concretos, como metodologías generalistas que se alineen especialmente con este entorno de trabajo.

2.2 PMBOK

El PMBOK, del inglés *Project Management Body of Knowledge* o la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, es una publicación realizada por el Project Management Institute, fundado en 1969 (*About Us | Project Management Institute (PMI), 1969*) en Estados Unidos como una organización sin ánimo de lucro para profesionalizar la dirección de proyectos. Su séptima versión, Project Management Institute (2021b) varía respecto a la versión anterior en varios aspectos, como es el cambio de las 9 áreas del conocimiento a los 8 dominios del desempeño que pueden observarse en la Figura 3. También deja de lado el enfoque predictivo de las versiones anteriores, adaptándose a contextos con mayor agilidad.

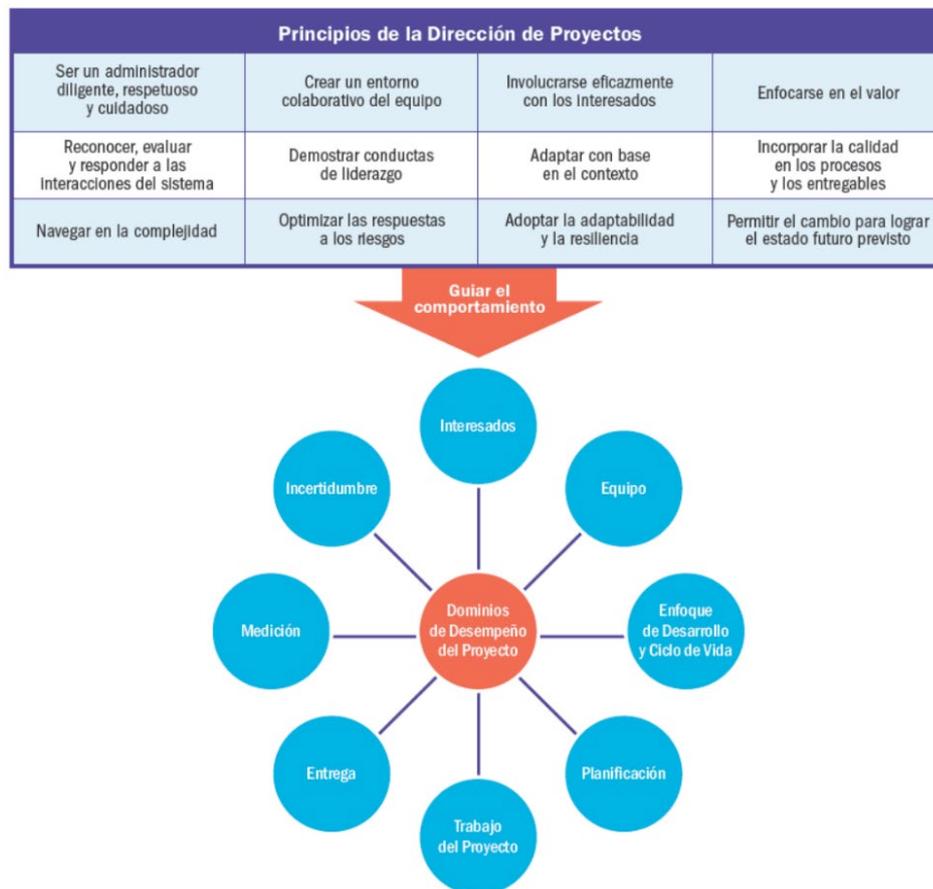


Figura 3: Relación entre los Principios de la dirección de Proyectos y los Dominios del desempeño del proyecto. Fuente: Project Management Institute (2021b).

En la Séptima edición del PMBOK, se han sustituido las anteriores entradas, herramientas y salidas que componían los procesos, por grupos de actividades que forman los dominios de desempeño. Se ha producido un gran cambio en esta versión del PMBOK respecto a las anteriores, ya que en esta última versión se ha pasado de un estándar basado en procesos a otro basado en principios. Existen ocho dominios que esta guía describe como fundamentales para lograr el éxito de los proyectos, y deben ser guiados por los 12 Principios de la Dirección de Proyectos que se encuentran en el Estándar para la Dirección de Proyectos (Project Management Institute, 2021a). Según este estándar, un principio es una norma o valor fundamental. Estos principios proporcionan una guía para el comportamiento de las personas en los proyectos, bajo los cuales es posible lograr el máximo rendimiento.

Esta guía abarca todo el espectro de enfoques de los proyectos, por lo que en ella podemos encontrar numerosos modelos, métodos y herramientas útiles para la dirección de cualquier tipo de proyecto.

2.2.1. Análisis

Como estándar para solventar el desconocimiento teórico en dirección de proyectos, el PMBOK presenta las siguientes características:

- **Generalista:** Este estándar responde a uno de los puntos buscados, ya que, como metodología especialmente generalista, proporciona soluciones concretas y diversas a cada problema que trata. Esto complica que sea utilizada como puerta de entrada para público desconocedor de la materia, pero se trata de un estándar de gran utilidad para una búsqueda de soluciones a problemas concretos, o informarse sobre diferentes aspectos de la dirección de proyectos, como tipos de enfoque para la ejecución de los proyectos (diferentes tipos de ciclos de vida, diferentes metodologías de control, etc.).
- **Adaptabilidad:** PMBOK 7ed se enfoca en la adaptación y la flexibilidad en lugar de la predicción, y proporciona una guía para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y cambio. Esta última versión basada en principios se adapta a una metodología ágil y prevé un enfoque iterativo e incremental para la planificación y la ejecución del proyecto, lo que permite una mejor adaptación a los cambios.

Estas características no hacen este estándar el más idóneo para realizar el aprendizaje deseado en este capítulo, por lo que no se han tomado aspectos específicos. Los principios con los que se trabaja en el PMBOK 7ed son amplios, debido a que trata de abarcar todas las metodologías y formas de trabajo. Esto se debe a que se pretende que esta versión del PMBOK englobe y se adapte al resto de metodologías de dirección de proyectos, permitiendo verla como un paraguas, tal y como muestra Ricardo Vargas en esta infografía (Figura 4). Debido a esto, no es sencillo encontrar los temas a tratar para crear desde cero una metodología propia a partir de esta, ya que existen numerosos elementos que no son de interés, y que por tanto distraerán al lector inexperto.

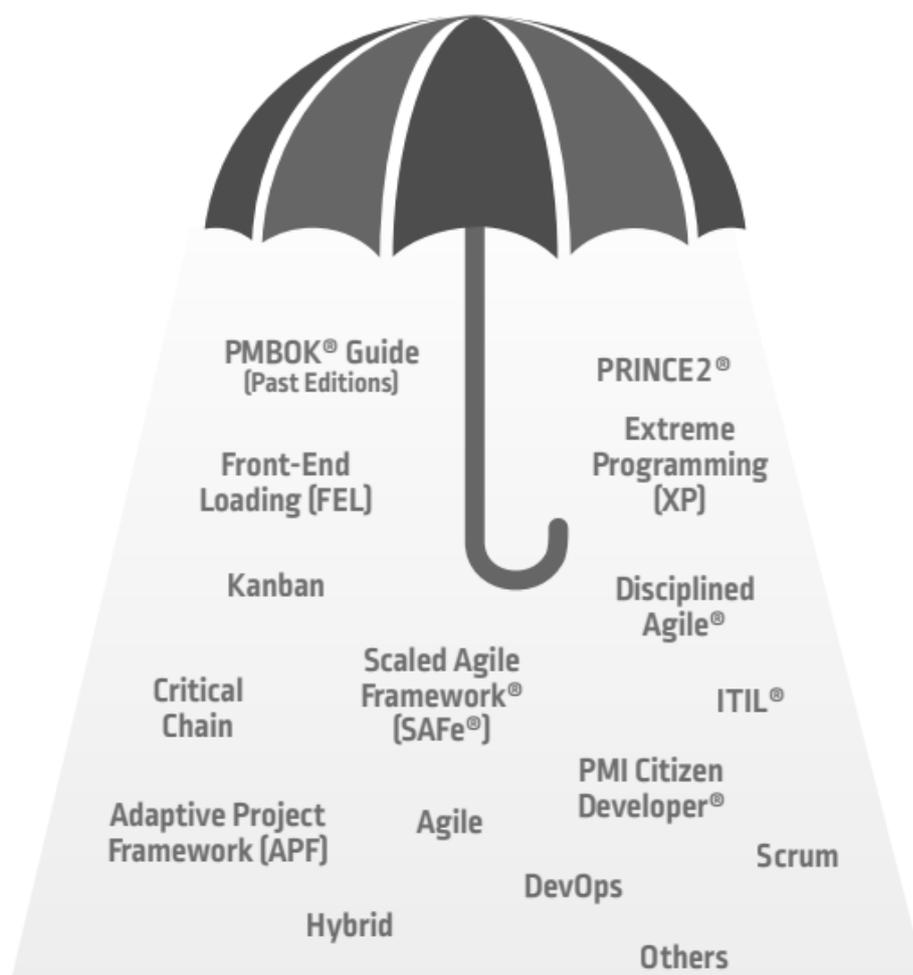


Figura 4: El PMBOK 7 puede complementarse con cualquier otra metodología o marco de trabajo. Fuente: Vargas (2021)

En cambio, en el PMBOK se muestran, por ejemplo, diferentes modalidades de ciclos de vida para el proyecto, o diferentes herramientas y métodos de control visual de las actividades del proyecto; herramientas que sí serán útiles para el gestor de este tipo de proyectos (se desea llegar, entre otros aspectos, a formar un marco de trabajo). Para estos usos o consultas puntuales el PMBOK 7ed, dado su amplio alcance, es una herramienta valiosa.

Por ello, se ha decidido no tomar más aspectos o temáticas de forma directa, ya que se desean buscar metodologías que traten estos aspectos de formas más específicas, o dirigidas, en lugar de buscar la generalidad, de forma que se facilite el aprendizaje. Este estándar, en cambio, resulta valioso para la consulta de aspectos concretos, lo que será necesario para el desarrollo de la metodología desarrollada durante el capítulo 3, ya que se adapta tanto a proyectos predictivos como adaptativos. Este tipo de proyectos tienen elementos predictivos, al conocer los objetivos finales desde su aprobación, y adaptativos, dadas las dificultades que pueden surgir durante los proyectos de I+D.

En la Tabla 3 la utilidad encontrada para esta metodología desde el punto de vista de IPs sin formación específica en esta área.

Tabla 3. El PMBOK se adapta a este tipo de proyectos entre lo predictivo y lo adaptativo, por lo que será consultado frecuentemente en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	
Dedicación parcial de los <u>IPs</u> , por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	
Gestión del aprendizaje.	
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK)

2.3 PM2

Esta metodología ha sido desarrollada por la Comisión Europea, y tiene como objetivo gestionar el trabajo durante el ciclo de vida completo de un proyecto. PM2 (*Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1*, 2021) es una metodología sencilla y fácil de implantar, cuyo objetivo es el de profesionalizar la dirección de proyectos en general, y en Europa en particular.

De ahí que la simplificación sea uno de los rasgos de esta metodología, además de orientarse especialmente a las necesidades de las Administraciones Públicas y de las instituciones europeas. Existe una versión más concisa de esta metodología (*Metodología de Gestión de Proyectos PM2 | Síntesis*, 2017), lo que permite al lector introducirse en ella y comprenderla de forma más accesible.

Esta metodología se sostiene sobre 4 pilares, que son los siguientes y se muestran en la Figura 5:

- Gobernanza, o estructura y roles del equipo de proyecto.
- Ciclo de vida del proyecto.
- Procesos que se llevan a cabo para ejecutar el proyecto.
- Artefactos, o plantillas proporcionadas para facilitar la documentación.

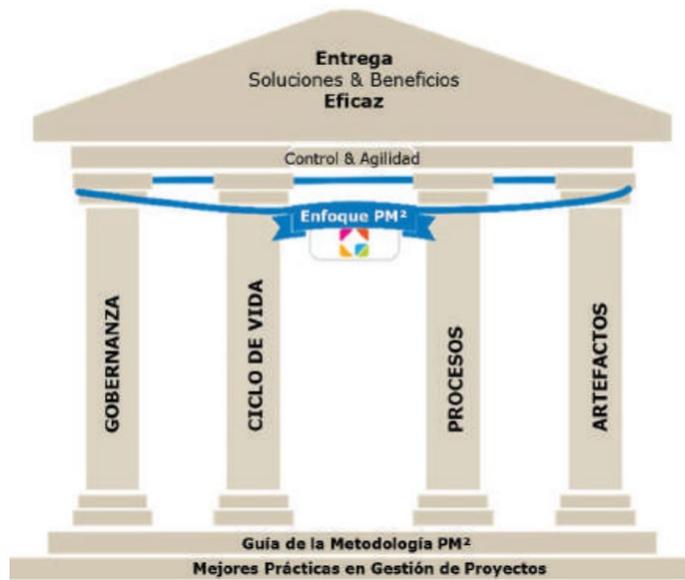


Figura 5: Estructuración de la metodología PM2. Fuente: *Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1* (2021).

Esta metodología no solo propone unas herramientas para satisfacer las diferentes facetas de la dirección de un proyecto, sino que las localiza de forma clara dentro de una etapa del proyecto, contextualizándolo de forma más clara que el resto de las metodologías de dirección de proyectos, respondiendo perfectamente a su objetivo de simplificación.

De hecho, trata de estructurar el proyecto completo dentro del marco que propone elementos predefinidos, como un ciclo de vida en el que incluye los procesos y artefactos para dar soluciones de forma rápida y sencilla a situaciones variadas, sin abogar por la generalización, como otras metodologías, sino en proporcionar un contexto en el que cualquier organización se pueda enmarcar.

Dentro de este planteamiento, el ciclo de vida PM2 se muestra en la Figura 6, donde posteriormente ubica los procesos y artefactos en cada etapa (Figura 7), resultando comprensible para usuarios sin grandes conocimientos teóricos de dirección de proyectos, incluidos directores de proyectos experimentados que no hayan aplicado ningún estándar en el pasado.

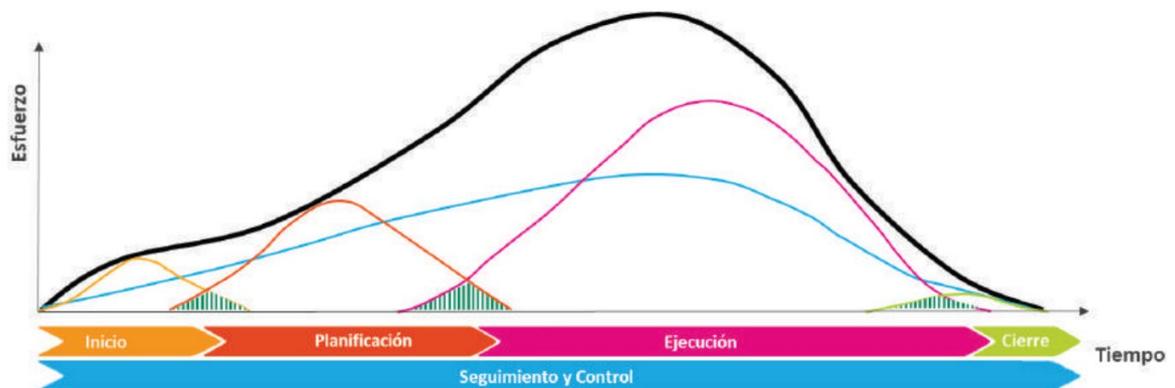


Figura 6: Ciclo de vida del proyecto PM2. Fuente: *Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1* (2021).

Este último grupo de directores de proyectos con experiencia en proyectos reales, pero no en estándares podrá identificar fácilmente sus conocimientos en este ciclo de vida, así como en el gráfico de herramientas y artefactos, y conocer rápidamente cuáles de estos elementos le serán de utilidad.

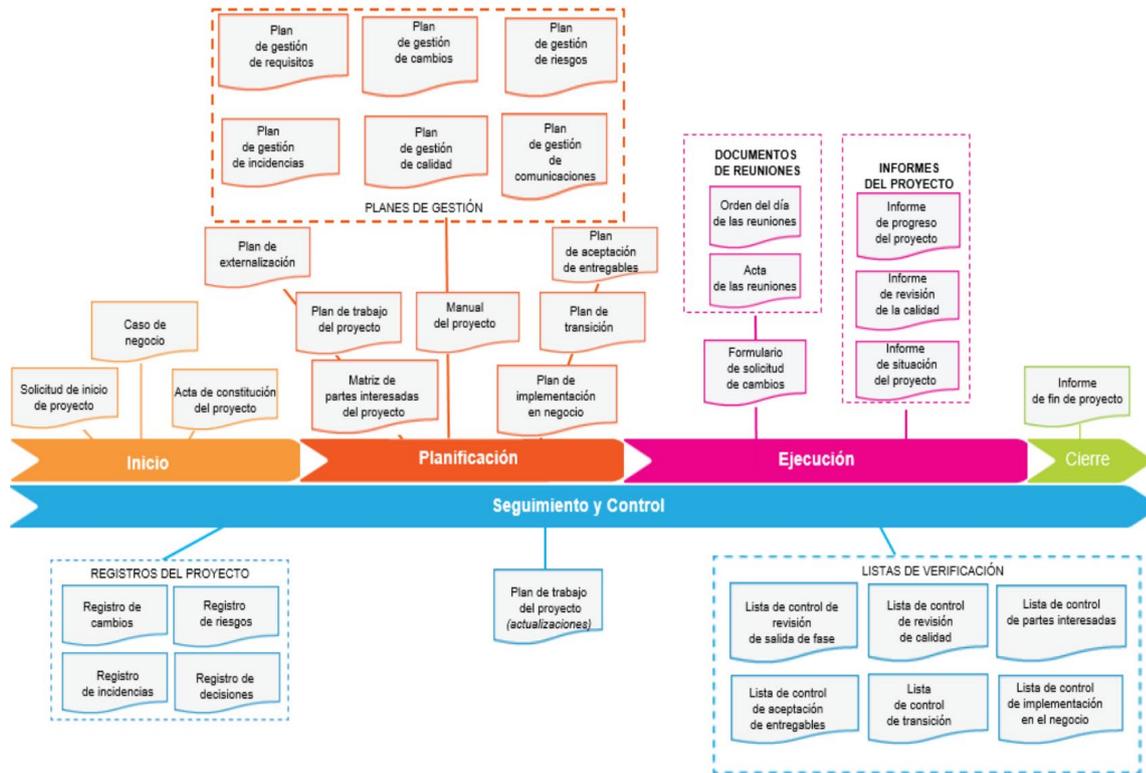


Figura 7: Herramientas que propone la síntesis de PM2 para cada etapa del Proyecto. Fuente: *Metodología de Gestión de Proyectos PM2 | Síntesis* (2017).

2.3.1. Análisis

Como metodología para solventar el desconocimiento teórico en dirección de proyectos, PM2 presenta las siguientes características:

- Simplificación para el aprendizaje: Existe una versión reducida, llamada Síntesis de la metodología PM2, que puede servir como puerta de entrada simplificada, uno de los puntos buscados durante este análisis, y que puede facilitar el aprendizaje del lector en esta materia, especialmente para conocer qué aspectos se consideran importantes en esta área. La versión extendida, al tratarse de una metodología completa, permite un aprendizaje más profundo y enfocado que el PMBOK 7ed, cuyo objetivo es proporcionar herramientas en cualquier entorno, y como tal, el PMBOK 7ed es más abierto.
- Generalista: Esta metodología es generalista, lo que implica que cualquier organización puede adoptarlo y adaptarse a él. Sin embargo, en el caso de directores de proyectos inexpertos, es más conveniente que conozcan la problemática y se adapten a ella. Una vez tengan la experiencia suficiente, serán capaces de adaptarse a cualquier metodología.

Por lo tanto, resulta una metodología adecuada para aprendizaje, tanto la síntesis como la guía de la metodología, ya que sigue un hilo conductor más claro que el PMBOK.

Un elemento particular y característico de PM2 ha sido tomado como temática a considerar para la metodología creada en el capítulo 3, son los artefactos. La idea de los artefactos, como los informes de proyecto e informes de las reuniones se puede adaptar fácilmente a la documentación propia del equipo, incluida la dedicada a la gestión del conocimiento. Otros artefactos que ofrece PM2 para la etapa de ejecución como las listas de verificación, informes y documentos de reuniones podrían adaptarse, pero no han sido tomados al no responder a la principal problemática en la dirección de estos proyectos. Este tipo de controles de la ejecución pueden ser tratados en posibles versiones avanzadas de esta metodología.

Con esta información se ha continuado completando la tabla de problemática en los proyectos de I+D, cuyo contenido actual se muestra en la Tabla 4. Se recoge la síntesis de PM2 como documento ideal para el aprendizaje inicial sobre dirección de proyectos, mientras que la guía de PM2 es un documento adecuado para consulta, especialmente para ampliar los aspectos que se deseen respecto a su síntesis. Se recoge la gestión documental como elemento que permite mantener el conocimiento generado.

Tabla 4. El PMBOK propone la necesidad de evaluar el aprendizaje del equipo de trabajo, además de proponer diversos aspectos que pueden recuperarse en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	Gestión documental (idea tomada de los artefactos de PM2).
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	
Dedicación parcial de los <u>IPs</u> , por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	
Gestión del aprendizaje.	
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2). Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK, PM2).

2.4 PRINCE2

PRINCE2 es un método estructurado de dirección de proyectos que proporciona reglas, pautas o características que pueden usarse de forma consistente para lograr el éxito de los proyectos. Está diseñada para ser aplicado en cualquier tipo de proyecto, independientemente de su escala y del esquema organizativo de la institución, y que incluso permite adaptarse tanto a entregas ágiles, con

incrementos de funcionalidades como sucede en tecnologías de la información (IT), como a entregas más cerradas. Según su manual *Managing successful projects with PRINCE2* (2017), está destinado a lograr el éxito de los proyectos sin que estos se vean comprometidos por la burocracia.

Prince2 es una metodología basada en principios. Los principios de PM2 cumplen las siguientes características:

- Pueden aplicarse a cada proyecto.
- Han sido probados por experiencias ocurridas a lo largo de años.
- Proporcionan a los organismos e individuos que conozcan y apliquen Prince2 la capacidad de influenciar la dirección de los proyectos.

Los principios de PRINCE2 proporcionan una serie de buenas prácticas a seguir durante la dirección de proyectos, y son los siguientes:

- Justificación comercial continua.
- Aprendizaje de experiencias pasadas.
- Responsabilidades y roles definidos.
- Dirección por fases.
- Dirección por excepciones.
- Centrarse en el producto.
- La planificación debe ser modelada para cada proyecto.

Además de la necesidad de seguir estos principios, PRINCE2 determina la necesidad de seguir mínimos en cuanto a procesos y temas (en inglés *themes*) para considerar que un proyecto sigue la metodología.

Los principios soportan o guían a los temas que trata PRINCE2, que son los siguientes:

- Business Case.
- Cambio.
- Organización.
- Planes.
- Progreso.
- Calidad.
- Riesgo.

Los temas de PRINCE2 son los siete elementos clave que, guiados por los principios, definen y regulan el enfoque de gestión de proyectos de PRINCE2 y garantizando una gestión efectiva y eficiente del proyecto. El ciclo de vida de un proyecto PRINCE2 es ejecutado mediante unos procesos que proporcionan al proyecto una hoja de ruta que permite relacionar temas diferentes, como se puede apreciar en el esquema de la Figura 8.

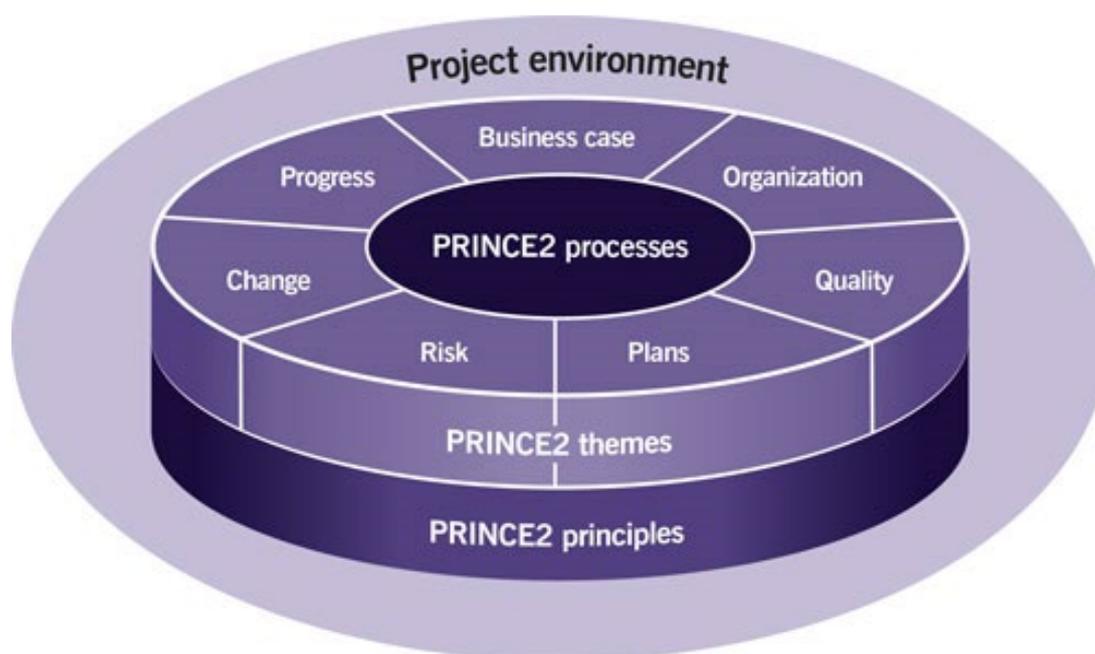


Figura 8: La estructura de PRINCE2. Fuente: *Managing successful projects with PRINCE2* (2017).

Prince2 ha sido específicamente desarrollado para ser genérico, y por tanto trata de ser de utilidad en diferentes tipos de proyectos. Esto lo hace en base a dos puntos.

- Separa la gestión del proyecto del trabajo de los especialistas, algo práctico para proyectos de I+D.
- Se centra en describir el trabajo a realizar, en lugar de definir cómo realizarlo.

El enfoque comercial de este estándar no es aplicable, de forma general, al entorno del I+D público, salvo en proyectos de Desarrollo en centros tecnológicos, pero no podría ser aplicado de forma reiterada por una organización o departamento, lo que entra en conflicto con la filosofía de la metodología.

2.4.1. Análisis

El PMBOK y PM2 ya se han determinado como elementos adecuados para la consulta, y PRINCE2 puede serlo igualmente. Al igual que PM2, tiene unos principios claros y un desarrollo fácil de seguir, pero dada su amplia extensión (más de 400 páginas) se requiere un conocimiento profundo del método para lograr adaptar alguno de los *themes* a este entorno de trabajo concreto.

Un aspecto clave tomado de PRINCE2, es su concepción y principios, que facilitan al lector desarrollar su propio Método de Trabajo Estructurado. Mediante la creación de unos principios es más sencillo condicionar la toma de decisiones para responder a la problemática propuesta, lo que se aplicará en el capítulo 3. Esta adición en la tabla de la problemática se encuentra actualizada en la Tabla 5.

Tabla 5. El enfoque de PRINCE2 ha permitido determinar la utilidad de implementar uso principios claros, que rijan las herramientas que se desarrollarán en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	Gestión documental (idea tomada de los artefactos de PM2).
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	
Dedicación parcial de los <u>IPs</u> , por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	
Gestión del aprendizaje.	
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2, Principios para la creación de un Método de Trabajo Estructurado de PRINCE2). Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK, PM2, PRINCE2)

2.5 ICB

ICB (*Individual Competence Baseline*) es un estándar global desarrollado por IPMA (*International Project Management Association*) que define las competencias que requeridas de los individuos que se desempeñan en el campo de la dirección de proyectos, programas y carteras de proyectos.

Este estándar se basa en competencias, proporciona a los responsables de proyectos que acceden a este documento una serie de indicadores clave del desempeño tanto de gestión personal, propia y ajena, como de gestión de los aspectos técnicos de la dirección, además de una visión del entorno de los proyectos.

La ICB permite desarrollar competencias en estas tres áreas para individuos que desarrollan su actividad en la dirección de proyectos, programas y carteras de proyectos. La ICB4 (*Individual Competence Baseline*) utiliza el Ojo de la Competencia (Figura 9) como metáfora de las áreas de competencias a desarrollar en la dirección de proyectos que necesita el gerente de proyecto de hoy. Dentro de estas áreas existen 29 Elementos de Competencia (EC).



El Ojo de la Competencia representa el universo de competencias para la Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos. Las competencias se dividen en tres áreas: Perspectiva, Personas y Práctica. Las áreas proporcionan un enfoque para los aspectos de la competencia y juntos permiten crear un director de proyectos, programas y carteras de proyectos equilibrado y completo.



Perspectiva



Personas



Práctica

Figura 9: Ojo de la Competencia de la ICB. Fuente: *Base para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos* (2015).

Estas 3 áreas de competencia incluyen 29 elementos de competencia (EC), y son las siguientes:

- 5 competencias de Personas. Los EC de Personas concretan las competencias personales, de relaciones interpersonales y de comunicación requeridas para lograr el éxito en proyectos, programas y carteras de proyectos.
- 10 competencias de Práctica. Los EC de Práctica definen los conocimientos técnicos en la dirección de proyectos, programas y carteras de proyectos.
- 14 competencias de Perspectiva. Los EC de Perspectiva se corresponden con los elementos de competencia necesarios para manejarse en los aspectos que forman el entorno de los proyectos, programas y carteras de proyectos.

Este estándar basado en competencias proporciona al investigador y director de proyectos de investigación una lista de competencias a cuyo dominio se debe aspirar, sin proporcionar las herramientas, para lo cual siempre puede recurrirse a otro estándar que trate estos aspectos de la dirección de proyectos.

Como se muestra en la Figura 10, este estándar considera a los investigadores audiencia objetivo, mencionándolos en los usos posibles de la metodología.

Audiencia	Usos posibles
Investigadores	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo estándar para el desarrollo de la investigación • Base para artículos científicos y conferencias • Plataforma para la investigación basada en equipos

Figura 10: Los investigadores son propuestos por la ICB como audiencia objetivo. Fuente: *Base para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos*, (2015).

2.5.1. Análisis

En cuanto a aprendizaje sobre dirección de proyectos, este estándar no ofrece herramientas, por lo que debe ser combinado con otras metodologías o estándares, lo que es un problema para directores de proyectos con una baja formación en esta materia.

A la hora de buscar algún elemento relacionado con competencias técnicas de dirección de proyectos deberá, en primer lugar, acudir a la ICB para localizar la competencia que debe desarrollar en un determinado momento, examinar las ideas que ofrece, y posteriormente localizar las herramientas que se encuentren en las metodologías basadas en procesos.

No se considera, de forma general, por tanto, a la ICB como un elemento de consulta adecuado en las primeras etapas formativas del IP. Sin embargo, una vez dominada la gestión de este tipo de proyectos, el conocimiento de la ICB mejoraría la actividad del IP como director de proyectos en mayor medida que el resto de las metodologías vistas. En este caso, se tomarán del estándar planteamiento de las competencias, y aquellas que la ICB propone que se consideren relevantes para el control de las competencias fundamentales técnicas y de gestión para este entorno de trabajo concreto.

Se puede considerar que este estándar es en gran medida aplicable a cualquier situación, y los elementos de competencia que propone son determinantes en cualquier entorno de trabajo, especialmente en este, donde el trabajo de cada miembro del equipo es especialmente personal, y las competencias de cada uno de los miembros están en desarrollo. Hacer, por tanto, un seguimiento de las competencias de cada miembro del equipo resultaría beneficioso para el desarrollo del personal.

No se ha considerado este estándar apropiado como fuente de conocimiento inicial en este caso. Sin embargo, este estándar proporciona una respuesta para solventar una de las deficiencias principales en la dirección de grupos de investigación en entidades públicas, que es la gestión del conocimiento, de forma que sea medible, y por lo tanto se puede determinar si el conocimiento del grupo se está perdiendo por los cambios de personal.

El conocimiento de las competencias del equipo, tanto técnicas como no técnicas permite una mejor toma de decisiones, permitiendo determinar si en algún proyecto faltan conocimientos técnicos que puedan redistribuirse mediante la tutorización de un miembro del equipo a otro. Esto permite distribuir el conocimiento generado, y evitar su pérdida a largo plazo. Otro elemento para el que será de utilidad durante el Capítulo 3 son los Indicadores Clave de la Competencia desarrollados para evaluar las competencias del personal, lo que permitirá también determinar el perfil a contratar.

La tabla de la problemática ha sido completada durante este análisis, quedando como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Los Indicadores Clave de la Competencia pueden adaptarse para evaluar los conocimientos técnicos y de gestión que se consideran relevantes en este entorno. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB). Gestión documental (Idea tomada de los artefactos de PM2).
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	
Dedicación parcial de los IPs, por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	
Gestión del aprendizaje.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB).
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2, Principios para la creación de un Método de Trabajo Estructurado de PRINCE2). Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK, PM2, PRINCE2)

2.6 Metodologías Ágiles

El Manifiesto Ágil fue redactado en 2001 por 17 expertos en desarrollo de *software* como una metodología que permitiría desarrollar *software* de un modo diferente a los habituales hasta esa fecha (Tena, 2022).

Los modelos tradicionales, rígidos y estructurados, como el ciclo de vida *Waterfall*, no permitían responder a las necesidades del cliente, que requerían cambios, mejoras y correcciones en las funcionalidades del *software* desarrollado.

Cualquier metodología ágil se basa en los 4 valores propuestos por estos autores, y son los siguientes.

1. Los individuos y sus interacciones deben ser más relevantes que lo procesos y las herramientas.
2. El funcionamiento del código es más relevante que la documentación exhaustiva.

3. La cooperación con el cliente es más importante que los contratos.
4. Flexibilidad sobre planificación.

Estos valores se materializaron en 12 principios propuestos, y definen la forma de trabajar en los proyectos ágiles, siendo estos los siguientes (Durán Graván, 2018):

1. Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de 'software' con valor.
2. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
3. Entregamos 'software' funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, preferentemente en el periodo de tiempo más corto posible.
4. Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
6. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo, y entre los miembros del equipo, es la conversación cara a cara.
7. El 'software' funcionando es la medida principal de progreso.
8. Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la agilidad.
10. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.
12. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

Existen varios marcos de trabajo que siguen estos principios o estrategias cuyo objetivo es lograr que los equipos de desarrollo trabajen siguiendo los principios del Manifiesto *Agile*.

A pesar de que fue ideado para la elaboración de proyectos de tecnologías de la información, muchos conceptos de las metodologías estructuradas que no pueden ser aplicados de forma directa a proyectos de I+D son manejados de forma más aceptable bajo la mentalidad ágil.

De los 4 valores en los que se basan las metodologías ágiles, el primero y el cuarto, en el orden que aparecen en este trabajo, se alinean con exactitud con los valores de los proyectos de investigación. Si bien los otros dos valores no son directamente trasladables, se puede aprender cómo han aplicado este tipo de metodologías ágiles lo respectivo a los dos puntos que sí resultan aplicables, que son los siguientes:

1. Los individuos y sus interacciones deben ser más relevantes que lo procesos y las herramientas.
4. Flexibilidad sobre planificación.

Si bien se enfoca en entornos con alta incertidumbre, concretamente en el desarrollo incremental de *Software*, los condicionantes de los proyectos son muy diferentes. En el caso del I+D público, la relación con el financiador es superficial, y la capacidad de realizar documentación es una parte fundamental de estos proyectos. Documentar lo aprendido para mantener el conocimiento es un aspecto necesario en este entorno, así como la capacidad de desarrollar textos científicos para su publicación en revistas científicas.

Si bien la mentalidad ágil es la indicada para este tipo de proyectos, aplicar el Manifiesto Ágil por completo, o al máximo posible, sería contraproducente, como se mencionará en el análisis de *Scrum*.

2.6.1. SCRUM

Uno de los marcos de trabajo que sigue el manifiesto ágil es *Scrum* (Schwaber *et al.*, 2020). Este permite crear una forma de trabajo que se adapte a la complejidad de los problemas. Se trata de un marco deliberadamente incompleto, de forma que las directrices teóricas de *Scrum* puedan ser implementadas, pero a través de diferentes procesos, técnicas o métodos.

Scrum puede mostrar la eficacia de la gestión actual, mostrando qué prácticas actuales son innecesarias, ya que se puede implementar sin realizar cambios en la gestión, envolviendo las herramientas y procesos actuales.

Se basa en dos aspectos: el empirismo, el aprendizaje de las experiencias pasadas y el pensamiento *Lean*, que reduce el esfuerzo empleado en procesos innecesarios, como puede ser el exceso de documentación.

Esta forma de trabajo requiere el seguimiento de unas competencias personales de los miembros equipo, que son el compromiso, enfoque, apertura, respeto y coraje. Esto se relaciona directamente con la relevancia que implica esta forma de trabajo, con la motivación y el desempeño de los desarrolladores.

En *Scrum* se estructura el equipo de trabajo bajo unos roles definidos, que no implican jerarquías, sino un equipo al mismo nivel con funciones complementarias. Los roles son los siguientes:

- *Scrum Master*, que se encarga de asegurar que el método *Scrum* se aplique correctamente, fomentándolo y liderando el equipo y fomentando su efectividad.
- *Product Owner*, encargado de maximizar el valor entregado al cliente, y que el trabajo resultante sea de la mayor calidad, para lo que desglosa las funciones a desarrollar en un *Product Backlog*.
- Los desarrolladores deben implementar cualquier aspecto que aporte valor en cada *Sprint*, debiendo además crear un plan para los desarrollos realizados en cada *Sprint*.

En *Scrum* existen cuatro eventos que se suceden dentro del evento principal de *Scrum*, el *Sprint*. El *Sprint* es un evento de una duración máxima de un mes, durante el que se planifica el *sprint*, se revisa su avance, se realizan reuniones diarias y se analiza el *Sprint* anterior, siendo estos los cinco eventos.

El *Sprint* tiene una serie de restricciones que deben cumplirse, y son las siguientes:

- Cada modificación en la planificación debe realizarse para aumentar el valor, sin condicionar los objetivos impuestos en cada *Sprint*.
- El valor entregado debe aumentar a cada momento.
- El trabajo pendiente se finaliza según la necesidad.
- El aprendizaje sobre el proyecto modifica el alcance, que debe negociarse con el cliente siempre que sea beneficioso para ambos.

Como ya se ha mencionado, en cada *Sprint* no solo se realiza el desarrollo, sino que se realizan determinados eventos de forma regular, para analizar el rendimiento pasado y planificar el futuro de cada *Sprint*.

2.6.1.1 Análisis

Con algunas modificaciones, los elementos que trata *Scrum* son aplicables a los proyectos de I+D con financiación pública, y a mayor escala en proyectos más cercanos a entornos privados, donde la incertidumbre sea menor debido a la mayor experiencia del personal desarrollador.

A pesar de que parezca atractivo implementar *Scrum* u otros marcos de trabajo ágiles, ya que los desarrollos se deben basar en principios similares, no es posible que el marco de trabajo sea completamente ágil en estos entornos por diversos motivos.

La incertidumbre temporal de cada desarrollo en I+D es máxima, por lo que un planteamiento de trabajo enmarcado en *Scrum* no sería directamente aplicable. El control temporal basado en *Sprints* provocaría un estrés excesivo, que debido a los inevitables retrasos se prolongaría a lo largo de la totalidad del proyecto. Es necesario tener en cuenta, además del entorno de innovación, que parte de los desarrolladores en este tipo de proyectos son estudiantes, especialmente de doctorado, y por tanto se encuentran en formación. Es necesario incluir en la planificación esta incertidumbre temporal debido a la inexperiencia de algunos de los desarrolladores en ciertos aspectos, como puede ser la realización de artículos científicos o incluso aspectos de la técnica, que deberán aprender durante el proyecto.

La solución concreta para la adaptación a los cambios será desarrollada en el capítulo 3, donde el control del trabajo realizado se adaptará a las necesidades de cada miembro del equipo. Se ha recogido la necesidad de contar con un margen para la adaptabilidad en la tabla 7. Se establece por tanto la idea de desarrollar un marco de trabajo adaptable, pero no se tomarán de *Scrum* los eventos temporales, es decir, los *Sprints*.

El equipo desarrollador propuesto por *Scrum* dispone de autonomía, ya que el trabajo debe realizarse en un periodo de tiempo corto y limitado en IT. Extrapolando al caso tratado, la autonomía del equipo se debe a la dedicación parcial por parte del IP. Con la adaptación suficiente, que se realizará en el capítulo 3, es posible desarrollar un marco de trabajo basado en *Scrum* que permita solventar la dificultad en la gestión del trabajo diario. Para ello, basándose en *Scrum*, se definirán unos roles claros para el equipo, lo que permitirá determinar las responsabilidades tanto del IP como del resto del equipo. El conocimiento de roles a ejecutar por parte de todas las partes ayudará a alcanzar un equipo autogestionado y legitimado para la toma de decisiones, pero manteniendo siempre la supervisión del liderazgo del IP. Se ha incluido en la Tabla 7 la necesidad de autogestión del equipo, como elemento a tratar en el capítulo 3.

Estos roles definidos permitirán tener siempre presente la necesidad del IP de guiar al personal en formación, y determinará el desarrollo del marco de trabajo de forma que se pueda adaptar a las necesidades formativas del individuo y a la necesidad del IP de mantener el control de los proyectos. La utilidad de tener roles definidos ha quedado reflejada en la Tabla 7 como solución para equipos formados por personal con diferentes niveles de formación. La definición clara de los roles legitima a los miembros del equipo en la toma de decisiones, además de definir qué funciones debe realizar el IP. La definición de un marco de trabajo donde la toma de decisiones sea ágil, permitirá evitar impases en el proyecto, sin perder el liderazgo por parte del IP. Esto será definido con claridad en el capítulo 3.

La tabla de problemática queda, hasta este punto, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. *Scrum* puede adaptarse en varios aspectos para dar soluciones frente a problemas en la dirección de los proyectos públicos de I+D. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB). Gestión documental (Idea tomada de los artefactos de PM2).
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	Marco de trabajo adaptable, que admita cambios (Idea nacida de Scrum).
Dedicación parcial de los <u>IPs</u> , por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	Marco de trabajo que legitime la autogestión (Idea nacida se Scrum).
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	Marco de trabajo que tome en cuenta la necesidad de liderazgo en el equipo, dejando claras las funciones de cada miembro y el alcance de la toma de decisiones del equipo de trabajo (Idea nacida de Scrum).
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	
Gestión del aprendizaje.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB).
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2, Principios para la creación de un Método de Trabajo Estructurado de PRINCE2). Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK, PM2, PRINCE2).

Se desean evitar los marcos temporales innecesarios, y motivar al equipo de trabajo mediante el aprendizaje y el liderazgo, por lo que, la planificación en base a *Sprints* no será tomada, necesitando otro método de gestión del trabajo, motivo por el que queda espacio en blanco en la Tabla 7.

2.6.2. KANBAN

Kanban es un método para entregar trabajo de forma continua, lo que en entornos técnicos es especialmente útil como método de control de actividades en un entorno colaborativo. En este caso, en proyectos de I+D, se puede concebir como método de control del trabajo realizado, pendiente y en curso, y podría establecerse como un método para conocer las actividades que se encuentran en ejecución o pendientes durante un marco temporal excesivo, de forma que se evite el control temporal estricto.

Kanban suele aplicarse junto con *Scrum* u otros marcos de trabajo ágiles. Al contrario que *Scrum*, se trata de un marco prescriptivo, con una serie de métodos o pasos a seguir, sino que se trata de un método de trabajo flexible, que se adapta a las prácticas del equipo de trabajo.

Este método conserva los procesos en marcha, sin alterar responsabilidades, roles y funciones, y permite, de una forma visual, mostrar el flujo de trabajo completo de cada persona, proyecto o equipo de un vistazo, debido a tratarse de un método visual.

El método consiste en crear una pizarra, real o virtual, donde se coloquen diferentes columnas que caractericen el trabajo que se está realizando en función de los parámetros o fases que se consideren. La implementación más básica incluye 3 columnas, que se corresponderían con el trabajo pendiente de inicio, “to do”, en curso, “doing” y terminado, “done”. Sin embargo, se puede implementar según las necesidades, incluyendo niveles intermedios, como el testeado (Figura 11), o implementar diferentes subfases y estados intermedios para cada fase.

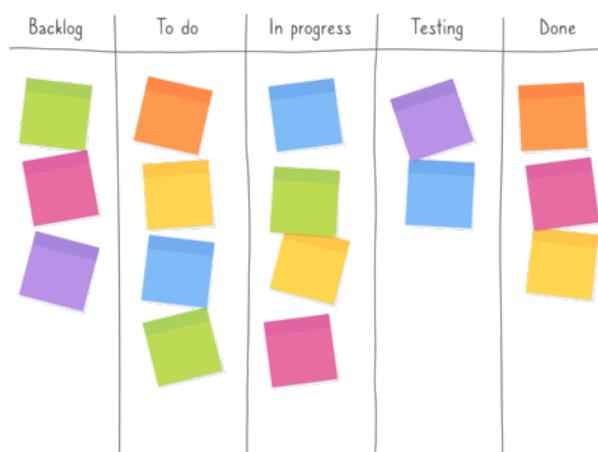


Figura 11: Propuesta de tablero *kanban*. Fuente: Zamora Rubio (2021)

En estas columnas se insertan tarjetas, digitales o físicas con los detalles fundamentales, como lo responsables, a quién afecta cada actividad, el periodo temporal desde que se incluyó en el tablero y el tiempo en la fase actual, así como un código de colores con el significado que se desee, como la prioridad.

2.6.2.1 Análisis

Este método de control de la ejecución permite hacer un seguimiento del trabajo del equipo reduciendo las reuniones, ya que no es necesario que todo el mundo esté presente en cada momento para realizar el seguimiento de un desarrollador o empleado. Las actividades recogidas en cada tarjeta pueden revisarse junto a los responsables o afectados por cada actividad, facilitando el seguimiento y simplificando las reuniones, pudiendo subdividirlas por equipos de trabajo o individuos y pedir *feedback* puntual a los interesados en un tema concreto.

Las tarjetas permiten visualizar el avance en los temas prioritarios, y detectar cuellos de botella dada la facilidad que proporciona para hacer un seguimiento de todas las actividades.

Es totalmente flexible y se enlaza con el método *Scrum* a la hora de otorgar todo el poder que se desee a los desarrolladores. Esto será lo que se utilizará a la hora de realizar el seguimiento de las

actividades en el capítulo 3. Al no depender de marcos temporales, permite simplemente visualizar el estado de las actividades desde el último control, lo que proporciona un complemento adecuado a las deficiencias de *Scrum* en este tipo de proyectos. Esto permitirá al IP supervisar el proyecto de forma eficiente, ya que podrá visualizar cuánto tiempo pasa una actividad en un mismo estado, en lugar de solicitar su finalización para una fecha determinada. Esto mantiene el liderazgo del IP y se complementa con la autogestión que se desea alcanzar.

Como inconveniente, esta metodología de trabajo puede resultar abrumadora si no se controla la cantidad de información que se muestra en el tablero, anulando completamente la eficacia del método. En el capítulo 3 se abordan las condiciones del tablero *Kanban* que se desea implementar, mientras que la Tabla 8 se ha actualizado para contener a qué problemática se asocia.

Tabla 8. Un tablero Kanban permite visualizar el espacio temporal que una actividad se mantiene sin avances, evitando el control por periodos temporales. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución buscada en las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB). Gestión documental (Idea tomada de los artefactos de PM2).
La elevada incertidumbre debe de ser gestionada como parte del trabajo diario.	Marco de trabajo adaptable, que admita cambios (Idea nacida de Scrum).
Dedicación parcial de los IPs, por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	Marco de trabajo que legitime la autogestión (Idea nacida de Scrum).
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	Marco de trabajo que tome en cuenta la necesidad de liderazgo en el equipo, dejando claras las funciones de cada miembro y el alcance de la toma de decisiones del equipo de trabajo (Idea nacida de Scrum).
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	Seguimiento adecuado de la ejecución de las tareas, evitando marcos temporales para tareas sin fecha límite (Idea nacida de Kanban).
Gestión del aprendizaje.	Evaluación de las competencias (Idea nacida de la ICB).
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2, Principios para la creación de un Método de Trabajo Estructurado de PRINCE2). Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (PMBOK, PM2, PRINCE2).

2.7 Soluciones encontradas a los problemas propuestos

El análisis realizado ha permitido encontrar soluciones que podrían resolver, con la adaptación necesaria, la problemática presentada en el punto 2.1. De los estándares y metodologías visitadas, algunas, como el PMBOK, servirán para solventar problemas concretos durante el desarrollo de la

metodología, mientras que otras, como Scrum, será adaptada completamente a las necesidades de este tipo de proyectos, diferentes a los proyectos de IT para los que fue desarrollada.

Se han definido, gracias a esta búsqueda, 4 áreas de gestión, que formarán la metodología de trabajo que se desarrollará en el Capítulo 3.

- **Gestión documental del conocimiento generado.**
- **Marco de trabajo** que permita acotar las funciones del equipo y otorgar al equipo legitimidad para la toma de decisiones y la autogestión.
- **Gestión de las competencias técnicas y de gestión del equipo de trabajo**, o gestión de recursos humanos.
- **Seguimiento de la ejecución de las tareas** compatible con el marco de trabajo y que permita evitar la planificación temporal siempre que sea posible.

En la Tabla 9, se ha aplicado un código de colores que permita asociar las soluciones halladas a estas áreas de gestión. Se incluyen la idea de Método de Trabajo Estructurado y el uso de principios, ambos aspectos tomados de PRINCE2 (a pesar de que aparezcan en otras metodologías). Al tratarse más aspectos que solo un marco de trabajo, un Método de Trabajo Estructurado es una definición adecuada para lo que se quiere lograr en el capítulo 3, además de la adopción de unos principios propios que permitirán guiar cada aspecto que dé forma al método de trabajo estructurado.

Tabla 9. Las soluciones surgidas del estudio de las metodologías se pueden agrupar en 4 aspectos o áreas clave para la gestión de este tipo de equipos. Fuente: Elaboración propia.

Problemática de los proyectos públicos de I+D.	Solución surgida de las metodologías
Temporalidad del equipo de trabajo, contratado con cargo a proyecto. Posible pérdida del conocimiento generado por abandonos del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión documental del conocimiento (idea nacida de PM2). - Seguimiento de las competencias del equipo de trabajo (idea nacida de la ICB), para trasladar el conocimiento a otros miembros cuando se acerque el periodo final de un miembro en el equipo, o complementarlo con nuevos miembros (idea nacida del PMBOK)
La elevada incertidumbre que conlleva moverse en los límites del conocimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Marco de trabajo adaptable, que permita ejecutar cambios (Idea nacida de Scrum).
Dedicación parcial de los <u>IPs</u> , por lo que los investigadores contratados delegan parte de la toma de decisiones.	<ul style="list-style-type: none"> - Marco de trabajo que legitime la autogestión (Idea nacida de Scrum).
Equipo de trabajo formado por personal en formación a diferentes niveles.	<ul style="list-style-type: none"> - Marco de trabajo que tome en cuenta la necesidad de liderazgo en el equipo, dejando claras las funciones de cada miembro y el alcance de la toma de decisiones del equipo de trabajo (Idea nacida de Scrum).
Plazos temporales grandes. Es necesario no diluir la urgencia, ni provocar picos de estrés innecesarios.	<ul style="list-style-type: none"> - Seguimiento adecuado de la ejecución de las tareas, evitando marcos temporales para tareas sin fecha límite (Idea nacida de Kanban).
Gestión del aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la evolución en competencias consideradas básicas para este tipo de equipos, como la autogestión y el liderazgo (Idea nacida de la ICB). - Plantear objetivos en competencias técnicas y de gestión (Idea nacida de la ICB).
Desconocimiento teórico en dirección de proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> - Metodologías que ayuden a introducirse en la materia por su naturaleza didáctica (Síntesis de PM2, Método de Trabajo Estructurado y Principios nacidos de PRINCE2). - Metodologías generalistas, cuya consulta permita solventar problemas concretos (Especialmente PMBOK. También PM2 y Prince2)

Queda reflejado el PMBOK 7ed como estándar que más soluciones se espera que proporcione, dada su adaptabilidad, a la hora de matizar las soluciones halladas en este capítulo, aunque PM2, PRINCE2 o cualquier metodología que proporcione información valiosa será utilizada.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA DE TRABAJO ESTRUCTURADA PARA PROYECTOS DE I+D EN ENTIDADES PÚBLICAS

Se han tratado durante el Capítulo 2 las características de diferentes metodologías y estándares que podrían ayudar a solventar problemas intrínsecos en la dirección de grupos de trabajo asociados a proyectos de investigación públicos. En el Capítulo 3 van a utilizarse las ideas tomadas con anterioridad, así como los conocimientos adquiridos, para desarrollar una metodología de trabajo adaptada a este tipo concreto de proyectos.

La metodología propuesta puede ser completada o modificada para cumplir los requisitos de cada director de proyectos o situación particular del equipo de trabajo, si bien se ha tratado de dar solución a problemas comunes en la gestión de este tipo de proyectos.

Tratando sobre equipos de investigación y el reto que suponen, Alfaro Rodríguez *et al.* (2010) recogen las palabras de Hackman sobre las condiciones que debe cumplir un equipo para que sea exitoso:

- Un objetivo que se preste al trabajo en equipo.
- Una dirección clara y atractiva.
- Una estructura que promueva un trabajo en equipo competente.
- Algunas recompensas, sistemas de educación e información adaptados.
- Un entrenamiento para ayudar a los miembros a aprovechar las circunstancias favorables.

Citando de nuevo a Alfaro Rodríguez *et al.* (2010), en su análisis sobre los equipos de investigación:

“Se establece que, además de estos aspectos exitosos, el equipo de investigación debe tener un líder empoderado en las metas de trabajo, con apertura a la diversidad de criterios académicos y con una visión compartida de los valores propios del equipo. La interdependencia, el alto nivel de confianza y la participación de cada miembro, hacen que el equipo se estructure como una unidad inteligente”

Como recoge este autor, el IP debe de ser un líder, tanto en aspectos técnicos, como en los aspectos relacionados con la capacidad de realizar investigación. También debe generar un entorno de trabajo en el que se cumplan el resto de las condiciones para el éxito del equipo.

Para lograr un equipo exitoso mientras se da respuesta a la problemática definida en el Capítulo 2, se ha tomado el aprendizaje previo sobre diferentes metodologías para desarrollar, en el presente capítulo, una metodología de trabajo propia y específica para investigación en organismos públicos, especialmente universidades.

Esta metodología será guiada por principios cuya idea surge de PRINCE2. Estos principios permitirán enfocar las herramientas propuestas por esta metodología, de forma que respondan con claridad a la problemática definida en el Capítulo 2. Por ejemplo, el planteamiento de un tablero Kanban por cada miembro del equipo como solución para el seguimiento del proyecto será definido por la necesidad de formar al personal del equipo que forme parte del equipo de trabajo.

Los principios, por tanto, permitirán acotar el problema y guiarlo, para lograr resolver todos los aspectos propuestos en situaciones donde el equipo requiera un liderazgo y una formación.

Los aspectos de la gestión que se desean profesionalizar nacen de la problemática analizada durante el Capítulo 2. Las soluciones halladas se resumieron en 4 áreas de gestión, cuyo desarrollo va a formar la metodología de trabajo que se presenta en el Capítulo 3, y son las siguientes:

- Marco de trabajo que permita acotar las responsabilidades de los miembros del equipo y otorgar al equipo legitimidad para la toma de decisiones y la autogestión.
- Seguimiento y control de la ejecución de las tareas que facilite el liderazgo del IP. Debe de ser compatible con el marco de trabajo, y tener como objetivo evitar la imposición de fechas límite para las tareas siempre que sea posible, dada la incertidumbre de las actividades propias de la investigación.
- Gestión documental del conocimiento generado.
- Gestión de las competencias técnicas y de gestión del equipo de trabajo.

La gestión correcta en estas áreas permite crear un equipo de trabajo que cumpla las condiciones de éxito propuesta por Hackman, además de crear situaciones de interacción entre el IP y el resto de los miembros del equipo que le permitirán ejercer el liderazgo.

El objetivo de este Capítulo es el de proponer una metodología de trabajo que sea capaz de formar un equipo de trabajo exitoso bajo unas reglas claras y simples, partiendo de las lecciones aprendidas durante el Capítulo 2. A continuación, se presentan, en primer lugar, los principios bajo los que se regirá la metodología de trabajo, y posteriormente se desarrollará el contenido de las 4 áreas de gestión que se han considerado.

3.1 Principios para la gestión del equipo

En base a las lecciones aprendidas durante el análisis de algunas de las metodologías más relevantes en dirección de proyectos, se ha optado por plantear una serie de principios sobre los que cimentar el marco de trabajo desarrollado. Esta idea surge de los principios de PRINCE2, que proporcionan una serie de buenas prácticas para la gestión de proyectos.

Adoptar unos principios para la metodología de trabajo ayuda a acotar y a guiar las estrategias presentadas para la dirección del equipo. Los principios propuestos para la dirección del equipo de investigación son los siguientes:

- Priorizar el éxito de los proyectos.
- Producir publicaciones científicas, patentes y propiedades intelectuales (según aplique a cada equipo).
- Mantener el conocimiento generado.
- Liderazgo del investigador principal.
- Desarrollo continuo de los investigadores.
- Promover un equipo de trabajo autogestionado.

Estos principios deben de ser adoptados durante la ejecución de los proyectos, con el objetivo de mantener un equipo de trabajo exitoso en el tiempo.

3.2 Marco de trabajo

Cada aspecto del marco de trabajo que se va a desarrollar buscará cumplir los principios propuestos, y evitará guiar al equipo en contra de alguno de ellos. Este marco trata los siguientes aspectos:

- Roles del equipo de trabajo.
- Ciclo de vida del proyecto.
- Control de la ejecución.

El éxito de los proyectos y la realización de publicaciones científicas son una consecuencia de un equipo competente y correctamente dirigido, por lo que un marco de trabajo adecuado acercará al grupo a sus objetivos. Una vez el marco de trabajo permita desarrollar un ambiente de trabajo autogestionado, pueden añadirse a este marco aspectos enfocados específicamente en maximizar el desarrollo científico por parte del grupo.

Para desarrollar este marco de trabajo, se tendrán en cuenta los roles y la agilidad que permite *Scrum*, pero se dividirá el trabajo a realizar mediante un ciclo de vida híbrido, o parcialmente predictivo, ya que los objetivos son conocidos desde el inicio del proyecto.

También se omitirá el control por eventos de las propuestas ágiles como *Scrum*, ya que en este tipo de proyectos las actividades tienen duraciones variadas y un elevado grado de incertidumbre. La búsqueda continua de incrementos de valor en estos proyectos provocaría un estrés continuo, debido a la incertidumbre en la duración de las actividades, que podría provocar retrasos, o incluso el retroceso de parte del trabajo realizado.

Se utilizará *Kanban* como método de control, que será actualizado por el investigador y revisado por el IP mediante una interacción que quedará determinada por sus responsabilidades. Las columnas del *Kanban* se corresponderán con un ciclo de vida híbrido que será desarrollado *ad-hoc*. El control de la ejecución será realizado en base a objetivos, evitando, en la medida de lo posible, los controles temporales.

Este marco de trabajo buscará, mediante la gestión y control del tablero *Kanban*, seguir 3 de los principios de la metodología: establecer el liderazgo del IP, promover el desarrollo continuo de los investigadores y disponer de herramientas para la autogestión del equipo.

Se utilizarán el PMBOK 7ed, PM2 o PRINCE2 como fuente de información para modificar las propuestas de *Scrum* y *Kanban* que no se adecúen a la realidad de estos proyectos. Se revisará cualquier otra fuente que ofrezca una respuesta satisfactoria a las consultas puntuales.

3.2.1. Roles

Con *Scrum* como referencia, donde se presentan 3 roles diferenciados, que son el *Product Owner*, el *Scrum Master* y el equipo de desarrollo, estas funciones pueden ser extrapolables al equipo de trabajo en proyectos de investigación.

- La función de *Scrum Master* puede y debe ser ejecutada por el investigador principal del proyecto, liderando la ejecución y extendiendo su experiencia al resto del equipo.
- Los desarrolladores serán el equipo de trabajo.

- La función de Product Owner debe de ser compartida entre el investigador principal y el equipo investigador. Sin embargo, qué funciones se reparten entre el equipo de trabajo debe ser explícito, para facilitar el trabajo de los investigadores.

Esta división de responsabilidades queda de la siguiente forma:

- Backlog inicial: el investigador principal debe crear unas especificaciones, u objetivos finales para el proyecto durante la fase de planificación y solicitud. Este será el punto de partida para el equipo de trabajo del proyecto, y determinará los principales hitos del proyecto. Este debe ser dividido en cada fase, o hito principal, del proyecto.
- Modificaciones del backlog: dada la dedicación parcial de los IPs, es necesario un planteamiento ágil para la ejecución diaria del proyecto, permitiendo evitar situaciones de espera por parte del investigador. Al conocer en profundidad las necesidades del proyecto, deben tener la legitimidad de realizar modificaciones en sus actividades, como nuevas pruebas, siempre que esto permita acercarse a la consecución de un hito del proyecto o a la producción científica del trabajo realizado. Decisiones sobre el alcance del proyecto, como una compra de material o el cambio de rumbo de una subfase, deben ser aprobadas por la dirección del proyecto, que adquiere una función de liderazgo, apoyo y guía.

No todos los investigadores deberán tener el mismo grado de autogestión. En el caso de investigadores en formación, el IP debe solicitar la realización de las tareas que considere adecuadas, manteniendo siempre su liderazgo. El método de control propuesto, *Kanban*, permitirá tanto al IP como al investigador definir esta relación y será el desarrollo natural del investigador lo que le permita llegar a ejercer la autogestión. Sin embargo, el investigador debe tener como objetivo desarrollar la capacidad de realizar modificaciones en las actividades que debe ejecutar. Alcanzar esta responsabilidad permitirá tanto evitar puntos muertos durante la ejecución del proyecto, como un desarrollo adecuado del investigador.

Por tanto, se pueden diferenciar los roles del proyecto en 2 niveles. Los desarrolladores, becarios o investigadores contratados, deben contar con el apoyo y la dirección del investigador principal del proyecto como guía técnica y como líder para el correcto desempeño del equipo de trabajo. Los investigadores en formación apenas tomarán decisiones sobre modificaciones en el Backlog sin supervisión. Con el paso del tiempo, comenzará a tomar mayores decisiones sin autorización previa, que serán registradas en un tablero *Kanban* y revisadas con posterioridad. Esto favorecerá un entorno de trabajo ágil, mientras es ejercido el liderazgo por parte del IP.

La revisión del *Kanban* junto al IP permite un espacio para el intercambio de ideas que facilite el aprendizaje del investigador en formación. El uso del tablero *Kanban* permite que el control de las actividades a ejecutar pase de forma orgánica y natural del IP al investigador, incentivando también su aprendizaje.

3.2.2. Ciclo de vida del proyecto

La gestión del ciclo de vida de un proyecto puede realizarse de diferentes formas. El PMBOK 7ed (Project Management Institute, 2021b) propone 3 diferentes enfoques para el desarrollo, el enfoque predictivo, el enfoque adaptativo y el enfoque híbrido, que tiene elementos de ambos.

El enfoque predictivo, o en cascada, se implementa en proyectos cuyo alcance, cronograma, recursos y demás aspectos quedan definidos en las etapas iniciales del proyecto. Este enfoque no

permite la adaptabilidad necesaria para los proyectos de I+D. El objetivo del enfoque predictivo es eliminar cierto grado de incertidumbre al comienzo de un proyecto, sin embargo, este tipo de proyectos requieren un fuerte grado de tolerancia al cambio. Es necesario adaptarse a las oportunidades que puedan surgir durante el proyecto, y tener la flexibilidad para realizar cambios de rumbo del trabajo. Será necesario, en ocasiones, reiniciar una parte del desarrollo y replantearse los medios para lograr cumplir los objetivos del proyecto. Por ello, un enfoque totalmente secuencial no se ajusta a las necesidades de estos proyectos

Los enfoques ágiles, como el que enmarca Scrum, son considerados adaptativos. Este tipo de enfoques se implementan si es necesaria la adaptación constante para planificar las actividades a realizar en el futuro cercano. Esto se puede deber a posibles cambios en las especificaciones por parte del cliente, por lo que son especialmente vistos en proyectos de tecnologías de la comunicación (IT), como en el desarrollo de aplicaciones.

Los plazos temporales de 1 a 3 semanas que propone Scrum para planificar y ejecutar una iteración no son aplicables directamente al I+D. En proyectos de investigación es necesario conocer y estudiar el estado del arte, realizar desarrollos que pueden obtener resultados negativos, y realizar actividades que no terminen aportando valor al proyecto. Las actividades de proyectos de I+D que no obtengan resultados positivos, pueden llegar a tener una duración mayor a un Sprint de Scrum, lo que provocaría unos niveles de estrés excesivos si estos proyectos fueran dirigidos bajo este marco. Especialmente en el entorno público, donde los medios son fijos, y no pueden adaptarse a las necesidades del proyecto. Además, al contrario que en proyectos de IT, los requisitos en los proyectos de investigación son conocidos al producirse la concesión del proyecto. Por estos motivos, si bien es importante la adaptabilidad en proyectos de I+D, no debe regir hasta tal punto el ciclo de vida.

A pesar de que la agilidad es necesaria para la toma de decisiones, existen fases claramente definibles en este tipo de proyectos. Debe tenerse siempre como objetivo inmediato alcanzar un objetivo clave del proyecto. Esto es beneficioso en dos aspectos:

- En primer lugar, un error de planteamiento que sea necesario rectificar, puede provocar retroceder hasta una etapa anterior, pero nunca más que hasta una gran funcionalidad ya implementada.
- En segundo lugar, permite aumentar la calidad de la investigación realizada, donde una nueva característica desarrollada para el proyecto incluya las características innovadoras previa.

El ciclo de vida necesario es híbrido, ya que muestra elementos predictivos y adaptativos, puede concluirse como un proyecto cuyas subfases se llevan a cabo de forma secuencial, y quedan definidas claramente desde sus etapas iniciales. El interior de las subfases debe de ser adaptativo, y estar preparado para el cambio.

Esto indica que es adecuado implementar un ciclo de vida híbrido, donde elementos adaptativos y predictivos coexistan. El tipo de proyecto planteado puede identificarse con un enfoque de desarrollo incremental con diferentes etapas que pueden identificarse desde su etapa de solicitud, quedando el trabajo a realizar de forma similar a la que se muestra en la Figura 12.

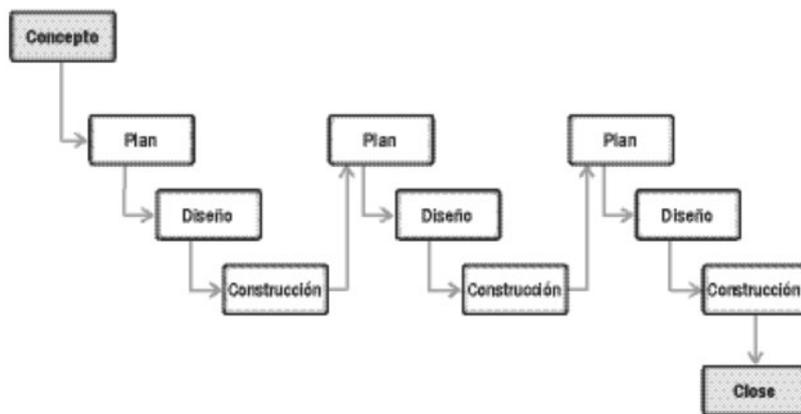


Figura 12: Ejemplo de Enfoque de Desarrollo Incremental. Fuente: Project Management Institute (2021a).

Esto implica una variación en la carga de trabajo respecto al ciclo de vida del proyecto predictivo tradicional, como el proyecto PM2 (Figura 6), o el ejemplo de ciclo de vida tradicional como ejemplo en el PMBOK 6 (Project Management Institute, 2017), adaptado en la figura 13.

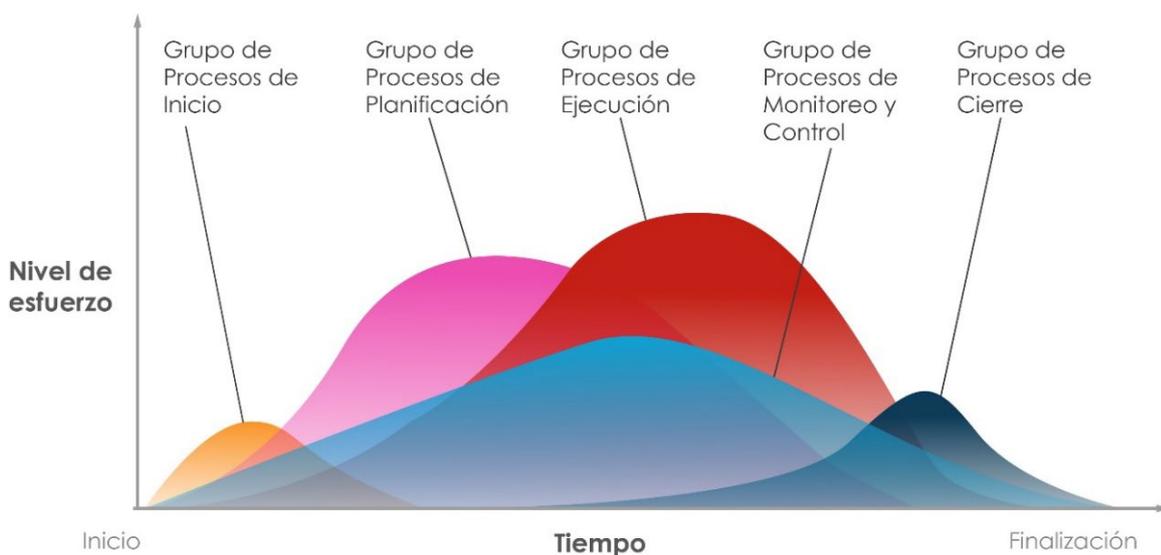


Figura 13: Ejemplo de Interacciones entre los Grupos de Procesos dentro de un Proyecto o Fase. Fuente: Adaptado de Project Management Institute (2017).

El nivel de esfuerzo dedicado a cada grupo de actividades, por tanto, difiere de los enfoques predictivos tradicionales, como se muestra en la Figura 14.

El ciclo de vida adaptado a las necesidades de los proyectos públicos de I+D queda definido por unas actividades de inicio y de planificación al comienzo de cada subfase. Durante estas etapas, se define cómo se va a alcanzar el objetivo de la subfase, investigándose el estado del arte y las soluciones disponibles, tratando de plantear una solución innovadora al problema propuesto.

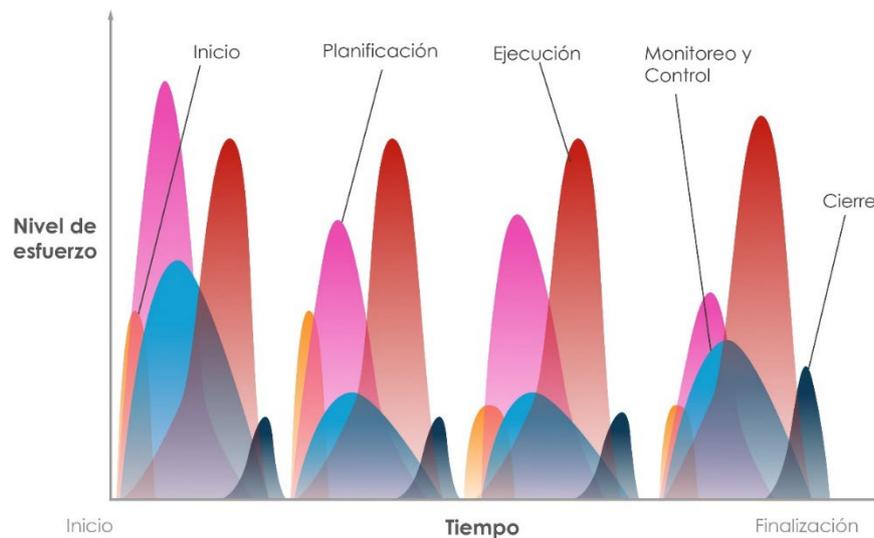


Figura 14: Ejemplo de Interacciones entre los Grupos de Procesos dentro de un Proyecto o Fase.
Fuente: Adaptado de Project Management Institute (2017).

Las subfases se corresponderán directamente con los paquetes de trabajo (*Working Packages*) definidos durante la planificación realizada para la solicitud del proyecto. Cada objetivo a cumplir, encuadrado en un paquete de trabajo, forma una subfase del proyecto. Las actividades definidas en cada paquete de trabajo del proyecto, ampliadas y perfiladas durante las fases de inicio y planificación de cada subfase forman el *Backlog Inicial* de cada una de estas subfases. En la Figura 15 se muestra un paquete de trabajo de un proyecto real, facilitado por el grupo de investigación ITAP (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción) Robótica Médica.

Working package 9 - Control, coordination and supervision of the execution of tasks by a surgical multi-robot system	
Start and end date: M16 – M26	Participants: JCFM, EFL, JPT, BFV
Associated specific objectives: SO9	
Prerequisites: Working Packages 1 and 8	
Tasks:	
<p>T9.1. Development and implementation of control strategies in a dynamic environment for the execution of collaborative tasks by means of a surgical multi-robot system. This information will be used for coordinating the cooperative functioning of two or more robots, as well as for ensuring the integrity of the tissues in touch with the surgical tools.</p> <p>T9.2. Identification of the most adequate coordination strategies, depending on the requisites and specifications made in WP1. Classical coordination techniques in multi-robot system will be adapted to the specific characteristics to the surgical scenario.</p> <p>T9.3. Integration of the image processing and haptic data treatment algorithms for the supervision of tasks execution and the early detection of possible problematic situations. During the execution of the different activities, the control module must ensure a safe functioning and the capacity to quickly identify any risk situation.</p> <p>T9.4. Development of response strategies for simple problems, which can be solved without involving the high-level planner. The solution may be provided, depending on each case, by the control environment or in collaboration with the activities scheduler.</p> <p>T9.5. Implementation and experimental validation of the developed strategies. The results of this validation must be later checked in the whole system, after the integration of the different components from the sub-projects.</p>	

Figura 15: Ejemplo de *Working Package* en un proyecto real del Plan Nacional de I+D. Fuente: ITAP Robótica Médica (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción)

Las actividades del paquete de trabajo permiten crear el *Backlog* inicial. En este caso, se partirían de 5 actividades entendidas como grandes actividades de la subfase, que se deberán subdividir como el investigador y el IP determinen durante el desarrollo de la subfase, de forma que se facilite el seguimiento.

Una vez logrados todos los objetivos del paquete de trabajo, es posible avanzar a la siguiente subfase del proyecto sin riesgo a un futuro fracaso. Este ciclo de vida incremental permite ejecutar cada paquete de trabajo con un estado del arte actualizado, lo que facilita la producción científica.

Cualquier subfase puede dividirse en etapas de investigación más pequeñas, cuyo objetivo es favorecer desarrollos secuenciales con un alto componente innovador. En la Figura 16 se muestra un ejemplo de la sucesión de etapas en una subfase de un proyecto. Cada actividad del marco de trabajo debería resolverse mediante un ciclo de investigación, planificación, desarrollo y experimentación (o demostración). Al finalizar una subfase, es necesario realizar una etapa de implementación, para combinar el trabajo realizado con los desarrollos o resultados de otras subfases.

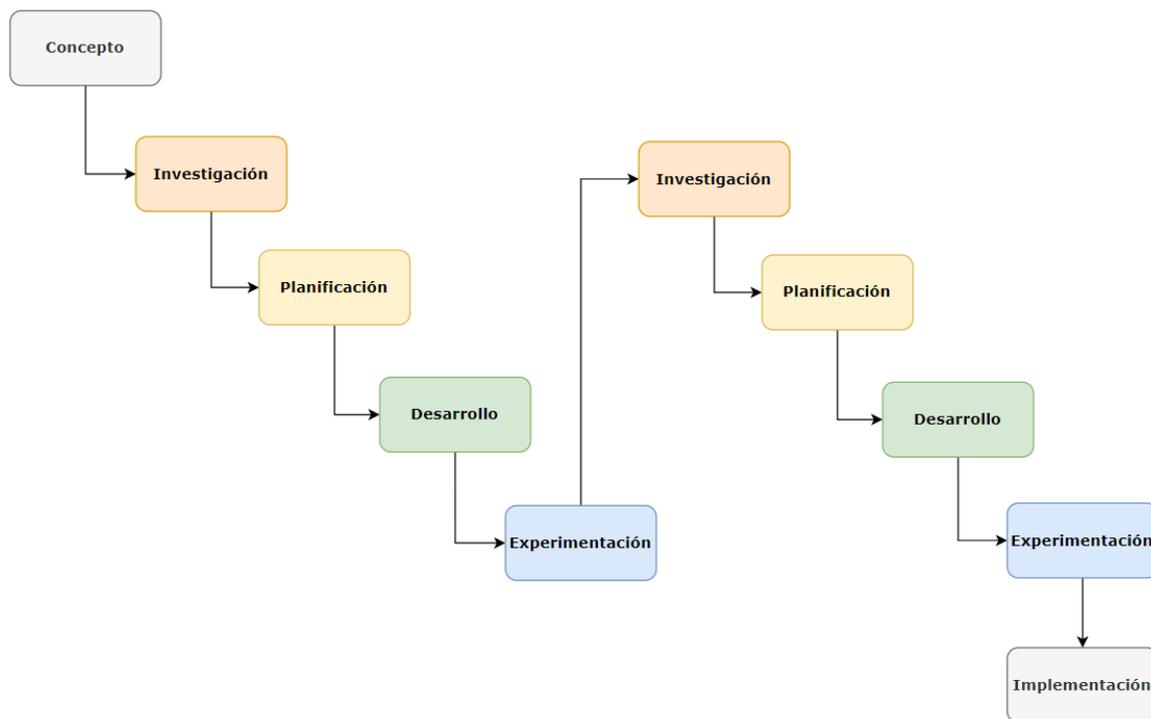


Figura 16: Ejemplo de ciclo de vida realista para una subfase en un proyecto real de I+D. Fuente: Elaboración propia.

A la hora de preparar los entregables, la existencia de una planificación predictiva y una lista de tareas visualmente estructurada en un *Kanban* permite interrumpir la ejecución regular del proyecto, para retomarlo de forma sencilla cuando sea posible. El *Kanban* proporciona información relevante de cada actividad, representando con mayor detalle el conjunto del proyecto en cada instante. Esto facilita los cambios de actividad y el seguimiento del proyecto.

3.2.3. Control de la ejecución

El control de la ejecución de los proyectos se realizará mediante dos reuniones, una reunión de equipo y una reunión personal entre el IP y cada investigador. Pueden establecerse de la siguiente manera:

- Reuniones de equipo: Se realizarán reuniones de equipo semanales, para comentar las novedades en los proyectos. serán de carácter grupal y multidireccional, con aportaciones del IP y de cada miembro del equipo. De esta forma, se aprovechan las competencias técnicas y personales de cada miembro.
- Reuniones personales: Estas reuniones serán entre el IP y cada investigador en periodos de 7 a 10 días, para controlar que la ejecución de las actividades se ejecute de forma óptima, y aportar realimentación, conocimientos y liderazgo al investigador.

En las reuniones semanales del equipo, todas las partes deben comunicar las principales novedades en el estado actual de los proyectos, y en qué afectan a los miembros del equipo. En ellas, el IP debe asignar las nuevas tareas que determine necesarias para cada proyecto, así como sus responsables y posibles colaboradores del equipo. Si un investigador requiere una acción por parte del IP, como la aprobación de la compra de material costoso o la revisión de un documento que haya elaborado sobre estado del arte, debe comunicarlo en estas reuniones.

La reunión individual para el control de las actividades que realizan los investigadores debe de realizarse en periodos de 7 a 10 días, siempre que las obligaciones del IP lo permitan. Estas serán reuniones personales de 10-30 minutos, en función de las necesidades. Los miembros experimentados del equipo necesitarán discutir la ejecución de menos actividades con el IP, por lo que sus reuniones personales serán de menor duración.

Es de utilidad para ambos roles proveer al investigador de herramientas que permitan visualizar la evolución de su capacidad resolutive. Para ello, se propone el desarrollo de un tablero *Kanban*, que actualice en vistas a las reuniones personales. Esto permitirá consultar o informar de forma rápida sobre una actividad, o ratificar decisiones que haya tomado desde la última reunión personal. Estas reuniones personales permiten tanto ejercer el liderazgo por parte del IP, como la transferencia de su conocimiento hacia el investigador. Por su parte, éste recibe el conocimiento por parte del IP de tantos asuntos como requiera, además de tratar todas las actividades de forma individual.

Con este planteamiento se busca que el investigador realice cada vez menos consultas al IP, y, con el tiempo, se centre en informar y solicitar la aprobación de sus propias decisiones, reduciendo el número de actividades a consultar al IP. Este método de seguimiento, por tanto, proporciona una solución que sigue los principios del equipo de trabajo, y que se basa en los roles asignados al IP y a los investigadores.

Con la experiencia ganada por parte del investigador, se verá recompensada su autogestión con reuniones personales cortas y satisfactorias para ambas partes, donde su desempeño y el valor de sus decisiones quedará patente.

3.2.3.1 Tablero *Kanban*

Durante la etapa conceptual o de inicio de una subfase, se toman los paquetes de trabajo, y sus tareas para formar el *Backlog* Inicial. Este será el punto de partida del tablero *Kanban*. Serán añadidas al *Kanban* las tareas que el investigador contratado considere durante su trabajo diario que es necesario realizar para el avance del proyecto, supervisado por las adiciones y correcciones que el IP determine durante cualquiera de las reuniones.

Existirá un tablero *Kanban* por subfase o paquete de trabajo para evitar incluir información no relacionada en un tablero, lo que produciría un exceso visual de información. Además, esto evita que si existen actividades en curso de varias subfases la información se diluya debido a su inconexión. De forma puedan coexistir tantos tableros como sea necesario sin ocupar espacio, se propone que estos tableros sean virtuales, pudiendo utilizarse un software de *Kanban* online, o tomarse como plantilla digital el tablero que se muestra en la Figura 17, que se encuentra a tamaño A3 en el Anexo B.

Las divisiones del tablero *Kanban* serán las subfases del ciclo de vida del proyecto, permitiendo así estructurar claramente el trabajo del investigador contratado, que se considera, según los principios tomados, en su mayoría como personal en formación. No es necesaria esta consideración para justificar la utilidad de este método de control, ya que investigadores experimentados podrán tener siempre el control de la ejecución del proyecto mediante este sistema. La existencia de este *Kanban* permite al investigador llevar un sencillo control de su actividad, y al IP controlar la ejecución del trabajo mediante la asistencia de un *input* visual.

Backlog	Investigación	Planificación	Desarrollo		Experimentación		Terminado	
			Etapa inicial	Etapa avanzada	Etapa inicial	Etapa avanzada	Terminado	Descartado

Figura 17: Propuesta de tablero *Kanban*, se puede encontrar a tamaño A3 en el Anexo B. Fuente: Elaboración propia.

Se han subdividido las actividades de mayor duración posible en dos etapas. Este número elevado de divisiones fomenta una evolución constante de las actividades, y permite comprobar si una actividad excede un tiempo prudencial sin evolución.

Según la experiencia del equipo de trabajo, puede realizarse un *Kanban* por persona y subfase, o por equipo y proyecto. En este caso, al plantearse la necesidad de aprendizaje por parte de los miembros del equipo, se recomienda realizar *Kanban* personales y reuniones. Los equipos más experimentados pueden sustituir estas reuniones personales por reuniones grupales dedicadas al seguimiento de cada proyecto, y realizar un solo *Kanban* por proyecto, obteniendo así retroalimentación de todo el equipo de proyecto. Si los investigadores no tienen esta capacidad de

retroalimentación (debido a la inexperiencia o a una alta especialización), las reuniones individuales permiten liberar al equipo del proyecto e incluir puntualmente a cualquier miembro del grupo que pueda contribuir.

Este tablero debe de ser actualizado por el investigador cada vez que una actividad cambie de estado. En situaciones de picos de trabajo, no existe inconveniente en actualizar el tablero durante la reunión personal con el IP, ya que lo más importante es el tiempo que cada actividad se mantenga sin cambios. Esto permite localizar los cuellos de botella y discutir posibles soluciones.

Esto permite también que quede constancia de las actividades que realiza un investigador, de forma que, frente a cambios de personal, las actividades pueden redistribuirse entre el personal restante del equipo, ser tomadas por un nuevo miembro o una combinación de ambos.

3.2.3.2 Tarjeta *Kanban*

Una vez el trabajo comienza, el investigador contratado debe incluir el estado del desarrollo de cualquier funcionalidad que considere pertinente, mediante un código de colores que represente 3 casos:

- **Aprobar:** si se desea confirmar una decisión previa realizada por el investigador contratado.
- **Informar:** sobre una actividad nueva, si un tema ha sido cerrado, o si no es necesario *feedback* para una actividad.
- **Controlar:** si se trata de un tema complejo, que puede requerir un tiempo mayor del estimado, un seguimiento cercano o asistencia por parte del IP. Este es el color para solicitar *feedback* sobre esta actividad al IP.
- **Negro:** En el caso de actividades cuya finalización ha sido aprobada y no es necesario realizar consultas posteriores.

En la tarjeta *Kanban* se debe incluir toda la información relevante que afecte a una funcionalidad, especialmente si resulta una novedad a tratar en la próxima reunión personal con el IP. Si se realizan varias actividades simultáneamente relacionadas estrechamente, conviene separarlas en diferentes tarjetas, para tratar cada una individualmente. Si una actividad tiene diferentes subtareas que se deben ejecutar en un periodo menor al periodo de control, pueden añadirse en una misma tarea.

Por ejemplo: se debe considerar como subtarea si el desarrollo de una actividad ha llevado 4 días de trabajo, como la instalación y aprendizaje de un software. Reflejar estas actividades facilita el seguimiento del trabajo realizado entre reuniones. En cambio, si la fase experimental de un desarrollo consiste en probar 2 funcionalidades simultáneamente durante 2 semanas, deben ubicarse en diferentes tarjetas, para poder tratar cada una de forma independiente.

En la Figura 18 se muestra una propuesta de tarjeta *Kanban*. Además del nombre de la tarea, se incluye la fecha del último cambio de sección de la actividad en el *Kanban*, la lista de subtareas que implica, una sección de comentarios y los interesados del equipo a los que implica, de forma que puedan participar en la discusión.

El diagrama muestra una tarjeta Kanban con un fondo azul claro y un borde azul más oscuro. La tarjeta está dividida en cinco secciones:

- Actividad:** Una sección rectangular en la parte superior izquierda.
- Subtareas:** Una sección rectangular que ocupa la parte inferior izquierda y central de la tarjeta.
- Fecha U. Cambio:** Una sección rectangular en la parte superior derecha.
- Otros interesados:** Una sección rectangular que ocupa la parte central derecha de la tarjeta.
- Comentarios:** Una sección rectangular que ocupa la parte inferior derecha de la tarjeta.

Figura 18: Ejemplo de tarjeta *Kanban* que contenga la información relevante de la actividad.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.3 Ejemplo de uso

Al inicio de un proyecto las actividades registradas en la columna *Backlog* pueden ser para informar o para controlar, según el investigador contratado necesite un *feedback* inicial sobre ellas. Debe consensuarse cuáles comenzar a investigar en primer lugar. Una vez realizada la etapa de investigación y búsqueda del estado del arte y extraído conclusiones por parte del investigador, una funcionalidad puede descartarse, o continuar a una fase de planificación.

Si el investigador tiene suficiente experiencia, puede tomar una decisión de forma independiente y solicitar su futura aprobación, por lo que colocaría una tarjeta de color naranja (aprobación) donde corresponda según sus conclusiones, como se puede observar en la Figura 19. En este caso, ha decidido continuar con la planificación de un desarrollo, descartando otro. Si requiere asistencia inmediata sobre un tema, puede contactar con su superior en cualquier momento y decidir con su supervisión sobre la actividad, colocando una tarjeta azul (informar), según la decisión tomada. Las tarjetas moradas se utilizan cuando un tema aún abierto requiere una discusión particularizada, como se puede observar en la Figura 19. En el ejemplo mostrado en la figura, se debe elegir cómo continuar un desarrollo cuando existen dos soluciones investigadas que son viables.

Backlog	Investigación	Planificación	Desarrollo		Experimentación		Terminado	
			Etapa inicial	Etapa avanzada	Etapa inicial	Etapa avanzada	Terminado	Descartado

Figura 19: Ejemplo de tablero *Kanban* en una etapa inicial de una subfase. Fuente: Elaboración propia.

En un inicio un investigador novel solicitará asistencia inmediata y control de casi todas las actividades. Con el paso del tiempo, aspirará a utilizar las tarjetas azules, que simbolizan que desea tan solo informar de la situación de las actividades, y las tarjetas naranjas, que le legitiman para tomar sus propias decisiones, que serán aprobadas a posteriori. De esta forma, se incentiva la autogestión por parte del investigador contratado, sin omitir el liderazgo y el control por parte del IP.

En la Figura 20 se muestra un estado posterior de un proyecto, donde las actividades que se muestran en negro ya han finalizado y no serán revisadas de nuevo. En la próxima reunión de seguimiento el investigador informará, en la siguiente reunión personal, de los siguientes aspectos:

- Dar por finalizado el desarrollo de dos actividades, del que solicitará aprobación posteriormente (tarjetas naranjas en la columna terminado).
- Tiene que realizar dos consultas sobre experimentos en etapas avanzadas.
- Ha tomado dos decisiones más sobre experimentación y desarrollo de dos actividades.
- Desea informar de dos nuevas situaciones.

Backlog	Investigación	Planificación	Desarrollo		Experimentación		Terminado	
			Etapa inicial	Etapa avanzada	Etapa inicial	Etapa avanzada	Terminado	Descartado

Figura 20: Ejemplo de tablero *Kanban* en una etapa avanzada de una subfase. Fuente: Elaboración propia.

El investigador de este ejemplo en particular se encontraría en una etapa intermedia de su formación, siendo parcialmente autosuficiente, pero necesitando asistencia clave en varios aspectos por parte del IP. Los roles definidos para el IP y para el investigador/desarrollador son beneficiosos

para ambos, y permiten al IP liderar con eficacia, a pesar de no tener una dedicación temporal plena, y al investigador/desarrollador desarrollar sus competencias técnicas y de autogestión con un liderazgo eficaz.

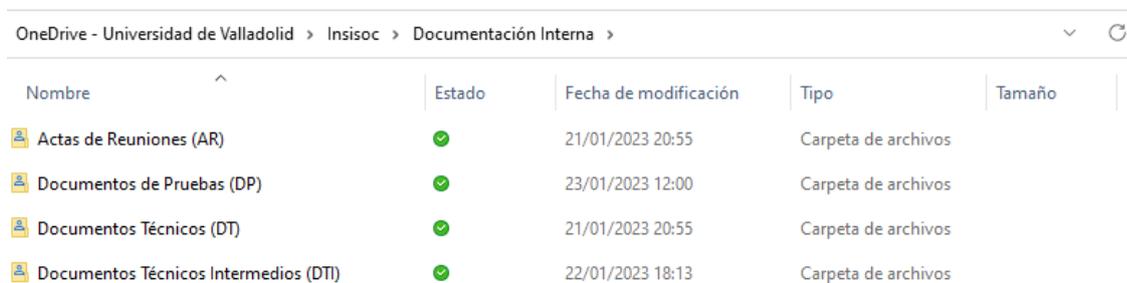
3.3 Gestión documental del conocimiento generado

Uno de los principales requisitos para el éxito del grupo, es una gestión documental adecuada del conocimiento generado en los proyectos. Para realizar una gestión adecuada, se utilizan dos estrategias: la gestión de las competencias, que se desarrollará posteriormente, y la gestión documental del conocimiento.

Es importante conocer la importancia de la creación de documentos que recojan las principales lecciones aprendidas, pero es necesario evitar realizar informes y documentos de forma continua, ya que paralizan los desarrollos.

En este apartado se presentan varias propuestas de tipos de documentación interna. El más relevante de los documentos propuestos, los Documentos Técnicos Intermedios (DTI), permiten recoger toda la experiencia ganada en una subfase y documentarla, utilizando como base el estado final del *Kanban*. Cualquier información que deba documentarse en un momento cercano al final de una subfase, deberá incluirse en su DTI, en lugar de realizar un documento propio. Este será el documento de lecciones aprendidas de cada paquete de trabajo.

Los documentos pueden alojarse en la nube del equipo de trabajo, en una carpeta dedicada a la documentación interna. En su interior, los documentos se dividirán en el interior de carpetas denominadas como cada tipo de documento, como se muestra en la Figura 21.



Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
Actas de Reuniones (AR)	✓	21/01/2023 20:55	Carpeta de archivos	
Documentos de Pruebas (DP)	✓	23/01/2023 12:00	Carpeta de archivos	
Documentos Técnicos (DT)	✓	21/01/2023 20:55	Carpeta de archivos	
Documentos Técnicos Intermedios (DTI)	✓	22/01/2023 18:13	Carpeta de archivos	

Figura 21: Ejemplo de carpeta de Documentación Interna que podría asumir el grupo de investigación INSISOC. Fuente: Elaboración propia.

Debe normalizarse la nomenclatura de la documentación, con la información necesaria en los títulos de los documentos para encontrarlos por varios aspectos característicos en un futuro.

El título del documento puede componerse de los siguientes aspectos:

- Iniciales únicas del autor, por ejemplo: CF.
- Iniciales del tipo de documento, por ejemplo: DTI.
- Número del documento (dentro del tipo de documento), por ejemplo: 1.
- Temática tratada en el documento, puede relacionarse con el paquete de en el que enmarca, por ejemplo: Aguja automática de sutura.
- Fecha, por ejemplo: 19012023.

- Información ampliada del documento; en el caso de un acta de reunión, aclara algunas características que identifiquen la reunión, por ejemplo: VisitaCentroMédicoLaPasión.

Pueden crearse tantos tipos de documento como se considere necesario. No se recomienda realizar diferentes carpetas para cada subfase, sino una sola carpeta de “Documentación Interna” para todo el proyecto, subdividida por tipo de documento. En un futuro, el equipo puede haber cambiado drásticamente, y no conocer las subfases de un proyecto, pero sí la temática o el autor de un documento.

En el Anexo C se ha incluido una plantilla con la información que debe contener la portada de cualquiera de estos tipos de documento. Para su elaboración se ha tomado como base la portada de un artefacto de PM2.

3.3.1. Documentos Técnicos Intermedios (DTI)

Una vez logrados unos objetivos, y terminada una subfase, existe una lista de actividades terminadas y descartadas. Es fundamental justificar, mediante un documento específico, las lecciones aprendidas durante la subfase, revisitando las actividades terminadas y descartadas y justificando todas las decisiones tomadas durante la subfase.

Este documento es el más importante, ya que permite documentar por completo las lecciones aprendidas en cada subfase recurriendo a la revisión del *Kanban*. Además, los intervalos de tiempo que se manejarían entre este tipo de documentos serían razonables, realizando uno cada 6-12 meses, en función de la duración de un proyecto y el número de paquetes de trabajo (o subfases).

Un ejemplo de nomenclatura para un Documento Técnico Intermedio (DTI) sería el siguiente: CF_DTI_1_CoordinacionMultirrobotLaparoscopia_19012023_LeccionesAprendidas.pdf.

3.3.2. Documentos Técnicos (DT)

Un Documento Técnico tiene como objetivo justificar una decisión o recoger el trabajo de una investigación de cara a un colaborador del proyecto. También podría recogerse en él el conocimiento aprendido relevante sobre una actividad o temática, sin abarcar de forma estricta un paquete de trabajo.

Un ejemplo de nomenclatura para un Documento Técnico (DT) sería el siguiente: CF_DT_5_CoordinacionMultirrobotLaparoscopia_03102022_EstadoDelArte.pdf.

3.3.3. Documentos de Pruebas (DP)

Un Documento de Pruebas permite documentar el desarrollo de una prueba relevante, siempre que esta no vaya a formar parte en un futuro inmediato de un Documento Técnico Intermedio.

Un ejemplo de nomenclatura para un Documento de Pruebas (DP) sería el siguiente: CF_DP_5_CoordinacionMultirrobotLaparoscopia_03102022_TestColisiones2robots.pdf.

3.3.4. Actas de Reuniones (AR)

Un Acta de Reunión debe gestionarse como conocimiento generado, siempre que se realice en el marco de un paquete de trabajo. Debe incluirse la institución o persona en la información ampliada con quien se produjo la reunión.

Un ejemplo de nomenclatura para un Acta de Reunión (AR) sería el siguiente: CF_AR_2_CoordinacionMultirrobotLaparoscopia_03102022_VisitaDrPerez.pdf.

3.4 Gestión de las competencias del equipo de trabajo

Uno de los puntos centrales de esta metodología de trabajo es el control de las competencias del equipo. Este control se corresponde con 3 de los principios presentados en el punto 3.1:

- Mantener el conocimiento generado, y por tanto no perder conocimiento en áreas en los que se considera experto el grupo de investigación.
- Asegurar la formación de sus miembros, y por tanto la mejora de sus competencias técnicas y de autogestión.
- Garantizar el éxito de los proyectos determinando un nivel mínimo en cada una de las competencias técnicas que conlleva cada proyecto.

Para ello, se ha tomado la evaluación de las competencias que propone la ICB. La ICB presenta para cada una de las competencias de perspectiva, personas y práctica una serie de Indicadores Clave de Competencia (ICCs). Dentro de estos ICCs, se presentan uno o varios Indicadores Clave de Desempeño (ICD).

Se ha simplificado la gestión de las competencias que realiza la ICB, de modo que sea fácilmente aplicable a cualquier competencia que el IP desee controlar. Las competencias presentadas serán definidas, se tratará su propósito y se introducirán unos ICD que el IP pueda considerar como guía para medir la destreza de un miembro del equipo en este aspecto.

Se proponen en este punto una serie de competencias a controlar. Si bien la ICB propone numerosas competencias, se han definido unas competencias propias para este entorno y relacionadas con este marco de trabajo. El lector que lo desee puede complementar estas competencias como considere, añadiendo competencias propias o tomar las competencias de la ICB sobre perspectiva, práctica y personas que considere que pueden permitirle determinar qué acciones tomar para guiar al equipo de trabajo.

El conocimiento de las competencias individuales del equipo permite mejorar la toma de decisiones en la gestión de los recursos humanos. En primer lugar, las competencias de los individuos del equipo de investigación deben complementarse, y mantener un nivel en ciertos aspectos clave, como la experiencia manteniendo el estado del arte, además de medir los conocimientos de sus miembros en una determinada área. En segundo lugar, permite saber si en un determinado proyecto se requiere ampliar las competencias técnicas. En caso afirmativo, el conocimiento del problema permite definir una estrategia, que dependerá de las posibilidades de contratación, o de si existen un miembro del equipo que puedan tutorizar a otro sobre la competencia técnica que se necesite.

3.4.1.1 Competencias del equipo

El libro de estudio sobre dirección de proyectos de I+D (Mikulskienė, 2014), incluye la siguiente lista de actividades que debe realizar un equipo de I+D:

- Investigación básica/aplicada.
- Conocimiento del estado del arte.
- Habilidad para hacer pronósticos sobre el avance de la técnica.
- Laboratorios bien equipados.
- Conocimiento técnico propio.
- Entorno innovador y creativo.
- Capacidad de I+D ofensiva.
- Capacidad de I+D defensiva.
- Capacidad de optimizar costes manteniendo las especificaciones.

Estas capacidades, o las de mayor interés para el grupo, entidad o centro de investigación, deben ser atribuibles a los grupos de trabajo que se formen y desarrollen bajo la dirección de los IPs.

En el entorno público la capacidad de realizar I+D defensivo u ofensivo no es relevante, ya que su objetivo es mantener o mejorar la posición en el mercado de una compañía. La capacidad de realizar pronósticos tecnológicos, si bien es valorable, no es una competencia exigible para el personal en formación, siendo por tanto competencia del IP. Se deben pormenorizar las competencias técnicas que forman el conocimiento técnico propio del equipo, para conocer si en un momento faltan determinados conocimientos para el éxito de un proyecto. El resto de las actividades pueden medirse según las competencias que impliquen, siguiendo la estrategia propuesta por la ICB

Se deben añadir, a esta lista de competencias, las competencias personales que permitirán medir la autogestión y el trabajo en equipo, tal y como pretende el marco de trabajo propuesto.

Las competencias que tenga en cuenta el IP de cada equipo pueden variar según sus intereses, por lo que la lista de competencias presentada puede modificarse según las necesidades de cada IP. En este caso, en base a la lista de actividades atribuibles al I+D y a los objetivos del marco de trabajo se proponen las siguientes competencias, cuyo nivel de competencia será medido mediante una simplificación del tratamiento de las competencias que realiza la ICB:

- Investigación (incluye el conocimiento del estado del arte).
- Capacidad para mantener en funcionamiento el laboratorio.
- Habilidades técnicas.
- Optimizar costes.
- Creatividad e innovación.
- Resolución de problemas.
- Trabajo en equipo.

La eficiencia de la autogestión del grupo se medirá en la resolución de problemas y el trabajo en equipo de cada individuo. Este enfoque permite comprobar la gestión tanto de sí mismo, analizando su destreza en la resolución de problemas, como la gestión que realiza del trabajo en equipo. Un equipo autogestionado tiene que estar formado por miembros que colaboren, pero que sean capaces de resolver sus problemas de forma óptima.

A continuación, se presentan las competencias, con su definición y propósito, y los indicadores clave de desempeño que permiten analizar un grado del desempeño bajo, medio o alto de cada individuo en cada competencia.

3.4.1.2 Investigación

Definición

La capacidad de investigar es la habilidad de llevar a cabo una investigación, ya sea de forma independiente o en colaboración con otros. Consiste en la habilidad de planificar, diseñar y llevar a cabo la búsqueda de conocimientos sobre un tema específico, además de realizar las comprobaciones y experimentación necesarias para ratificar o demostrar la falsedad de las investigaciones realizadas.

Propósito

Esta competencia debe de ser aportada por los miembros veteranos del equipo. Permite evaluar que existan personas en el equipo que sean capaces de realizar las labores del investigador, como plantear experimentos, o saber cuándo analizar el estado del arte y qué trabajos son científicamente publicables. Esta es la competencia más crítica. Un grupo de trabajo joven deberá desarrollarse simultáneamente en esta competencia, lo que dificultará la gestión del equipo. Que exista experiencia en labores de investigación es fundamental para el equipo.

Indicadores clave de desempeño

- No realiza numerosas consultas al investigador principal.
- No requiere de supervisión en sus tareas.
- Es capaz de aportar su experiencia a los otros.
- Es capaz de desarrollar el estado del arte.
- Propone soluciones óptimas para la problemática.
- Conoce con profundidad los temas que trata.
- Ha tenido en cuenta las alternativas.
- Es capaz de desarrollar la parte experimental.
- Es capaz de realizar producción científica.
- Realiza una documentación técnica adecuada.

3.4.1.3 Capacidad para mantener en funcionamiento el laboratorio.

Definición

Esta competencia determinará si los miembros del equipo disponen de la capacidad técnica aplicada suficiente para maximizar el uso del equipo disponible.

Propósito

En función de las líneas de investigación del equipo, esta competencia puede permitir medir las competencias técnicas no relacionadas con su ámbito de la investigación. En otras palabras, permite medir las competencias técnicas aplicadas del equipo de trabajo. En equipos dedicados a la ingeniería, este aspecto mide si el personal es capaz de realizar el montaje apropiado para los

escenarios de prueba, o para utilizar el conjunto del material disponible en el laboratorio. En otros ámbitos, puede medir los conocimientos adquiridos en experiencias externas a la investigación que permitan encontrar soluciones a los problemas diarios del equipo.

Indicadores clave de desempeño

Dependerán del área del equipo de investigación. Aplicado a la ingeniería, podrían ponerse varios ejemplos:

- Conocimientos técnicos aplicados de áreas en la que el individuo no es especialista.
- Capacidad para realizar el montaje de escenarios de prueba satisfactorios.
- Solución de problemas técnicos.

3.4.1.4 Optimizar costes

Definición

Esta competencia mide la capacidad de un miembro del equipo para optimizar el rendimiento de los resultados de un proyecto minimizando el gasto.

Propósito

Los recursos son limitados, por lo que es necesario tratar los costes en cada acción tomada. No siempre es posible escatimar en gastos, pero sí es importante que sea un tema que siempre sea tenido en cuenta por los miembros del equipo con la importancia que merece.

Indicadores clave de desempeño

- Trabaja buscando varias opciones de precio y especificaciones para una necesidad.
- Asegura que las compras sean efectivas.
- Trata el coste de las nuevas compras al mismo nivel de relevancia que las especificaciones.

3.4.1.5 Creatividad e innovación

Definición

Se trata de la capacidad de los miembros del equipo para proponer planteamientos alternativos y soluciones creativas, especialmente en las etapas iniciales de un proyecto o de una subfase.

Propósito

Uno de los principales objetivos del estudio de trabajo es la innovación, y la búsqueda de soluciones novedosas, tanto para los proyectos en curso, como para plantear ideas novedosas en proyectos futuros.

Indicadores clave de desempeño

- El individuo propone ideas para nuevos proyectos.

- Las ideas que propone suelen ser innovadoras, y no recurre únicamente a la revisión del estado del arte.
- Comprueba que sus planteamientos tengan un espacio para la publicación.
- Propone soluciones para problemas tangenciales, que pueden dar lugar a nuevos proyectos o artículos científicos.

3.4.1.6 Resolución de problemas

Definición

Capacidad del individuo para tomar acción y resolver los problemas que surjan durante el proyecto de forma autónoma.

Propósito

Determinar la capacidad del individuo de resolver problemas que surjan durante la ejecución de las actividades. Un individuo resolutivo permitirá resolver problemas de forma ágil, sin la actuación de su supervisor, ganando con ello tiempo de trabajo efectivo para ejecutar el proyecto. El objetivo es medir la capacidad de autogestión de un individuo.

Indicadores clave de desempeño

- No realiza numerosas consultas a su IP.
- Toma decisiones que son aprobadas por el IP durante las reuniones personales.
- Sus tareas no se demoran de forma regular.
- Tiene la habilidad para manejar diferentes soluciones.

3.4.1.7 Trabajo en equipo

Definición

Capacidad de un individuo para el equipo de cooperar con el resto, compartiendo sus conocimientos y solicitando asistencia al resto del equipo cuando sea necesario.

Propósito

Mantener el conocimiento generado por el equipo es una parte crítica de la gestión de equipos de investigación. Los miembros formados en áreas clave, así como los miembros con mayor experiencia deben transmitir sus conocimientos. Aquellos miembros noveles deben tener la capacidad de saber cuándo preguntar y solicitar asistencia, sin interrumpir a sus compañeros cuando estos realicen labores urgentes.

Indicadores clave de desempeño

- Menciona en las reuniones que ha sido asistido con relativa frecuencia (especialmente al inicio de sus labores).
- Da valor en las reuniones a los individuos que le han asistido.
- Sabe cuándo consultar a sus compañeros.
- Se interesa por los conocimientos de sus compañeros, para saber quiénes pueden asistirle.

- Ayuda a sus compañeros siempre que es posible.

3.4.1.8 Habilidades técnicas

Definición

Conocimientos avanzados del individuo en un cambio de investigación del grupo. Deben pormenorizarse para cada proyecto, desarrollando una competencia propia y unos indicadores de competencia por cada habilidad técnica básica que se deba desarrollar en un proyecto. Cualquier competencia técnica que sea necesaria para el desarrollo de un proyecto será analizada individualmente. Por ejemplo: “Robótica”, “Mecánica”, “Programación de microprocesadores”.

Propósito

Determinar si se tienen las competencias para lograr el éxito en un proyecto eliminando de la ecuación la capacidad de investigación, y por tanto la aportación científica. Si se tienen los conocimientos técnicos, deberían cumplirse los objetivos del proyecto. Si no se tienen estos conocimientos, se debe asignar un individuo responsable de adquirirlos, y serán evaluados en la siguiente revisión de competencias.

Indicadores clave de desempeño

Tratando, como ejemplo, con la robótica como una habilidad técnica necesaria para un proyecto, se proponen los siguientes indicadores clave de desempeño.

- Es capaz de desenvolverse en programación de robots.
- Conocimientos de C++.
- Conocimientos de ROS (Robotic Operative System).

3.4.2. Seguimiento de las competencias del equipo de trabajo

El IP debe analizar las competencias de los miembros del equipo cada 6 meses, ya que es una forma de predecir el éxito de los proyectos. Solicitará su opinión a cada miembro del equipo sobre su nivel de competencia en los ICD que el IP desconozca. En la Tabla 10 se muestra un ejemplo para la evaluación de una competencia técnica. La plantilla para la evaluación de las competencias se encuentra en el Anexo D.

Este análisis debe ser utilizado también para comprobar el grado de mejora del investigador desde su última evaluación de competencias. Esto permite proponer objetivos de mejora de competencias, tanto técnicas como no técnicas y solicitarle su opinión sobre la dinámica del equipo y las reuniones, y determinar por qué ha cumplido o no los objetivos de competencia marcados.

Tabla 10. Ejemplo de evaluación para una habilidad técnica. Fuente: Elaboración propia.

Robótica	NULO	BAJO	MEDIO	ALTO	PUNTUACIÓN
	0	1	2	3	
Es capaz de determinar la cinemática directa e inversa del robot.					
Planifica y ejecuta trayectorias complejas.					
Evita las singularidades.					
Logra evitar accidentes.					
Programación en C++.					
PUNTUACIÓN TOTAL:					
PUNTUACIÓN MEDIA:					

Conocer estos parámetros permitirá mejorar la toma de decisiones y el liderazgo del IP, ya que conocerá las necesidades del equipo.

Este conocimiento permite clarificar varias situaciones, que no son fácilmente controlables en un equipo con recursos limitados, como sucede en los grupos de investigación. El alto nivel en las competencias técnicas es un aspecto básico para el éxito de un proyecto. Si las competencias técnicas necesarias para ejecutar un proyecto no se encuentran presentes en el equipo de trabajo del proyecto, pueden tomarse varias medidas:

- Si existe una competencia técnica dentro del grupo, aunque en otro equipo de proyecto, la persona con este conocimiento puede tutorizar a un miembro del proyecto, manteniendo y redistribuyendo el conocimiento generado en el pasado.
- Si una competencia técnica no es dominada por ningún miembro del equipo y no puede contratarse un perfil adecuado, un miembro del equipo del proyecto puede encargarse de obtenerla, haciendo un seguimiento de su avance, y favoreciendo su aprendizaje.
- Si una competencia no existe en el grupo y puede realizarse una nueva contratación, este recurso permite compensar las competencias técnicas deficientes, pero también las no técnicas, pudiendo buscar un perfil complementario al equipo.

Las competencias no técnicas permitirán mantener el éxito del equipo en el futuro, y pueden ser medidas a nivel de equipo de investigación, y no solo por proyecto. Las competencias no técnicas serán las que permitirán explotar las competencias técnicas del equipo para desarrollar una producción científica prolífica y de calidad, lo que es fundamental para la concesión futura de proyectos. Estas competencias permiten analizar el progreso personal del investigador y comprobar si un miembro del equipo no mejora lo suficiente en alguna de estas competencias, pudiendo establecer medidas como un mayor apoyo, o centrar sus esfuerzos en sus virtudes. En la Tabla 11 se muestra un ejemplo para la evaluación de la competencia de Investigación.

Tabla 11. Ejemplo de evaluación de la competencia de investigación. Fuente: Elaboración propia.

INVESTIGACIÓN	NULO	BAJO	MODE- RADO	ALTO	PUNTUACIÓN
	0	1	2	3	
No realiza numerosas consultas al investigador principal.					
No requiere de supervisión en sus tareas.					
Es capaz de aportar su experiencia a los otros.					
Es capaz de desarrollar el estado del arte.					
Propone soluciones óptimas para la problemática.					
Conoce con profundidad los temas que trata.					
Ha tenido en cuenta las alternativas.					
Es capaz de desarrollar la parte experimental.					
Es capaz de realizar producción científica.					
Realiza una documentación técnica adecuada.					
PUNTUACIÓN TOTAL:					
PUNTUACIÓN MEDIA:					

Un equipo autogestionado realizará sus funciones con mayor agilidad, debido a no necesitar una supervisión continua, lo que será medido por la capacidad de resolución de problemas. Un individuo válido, que aporte competencias clave al equipo, pero que tienda al bloqueo frente a las dificultades, necesitará un mayor apoyo y liderazgo.

Un equipo capaz de mantener el laboratorio usará de forma eficiente todos los recursos materiales.

Un equipo con investigadores formados realizará una gestión documental y producción científica de mayor calidad, además de formar a los investigadores noveles.

A la hora de contratar, las competencias no técnicas definirán el perfil que debe contratarse. Este recurso permitirá no solo complementar las competencias técnicas, sino corregir una deficiencia en el equipo, como la falta de personal que permita mantener el laboratorio en funcionamiento, o la falta de experiencia investigadora.

El conocimiento real del desempeño del equipo en todas sus áreas, tanto técnicas como personales, permitirá tomar decisiones que afecten al éxito de los proyectos y al desarrollo personal de los investigadores. Además, permite perfilar el perfil a contratar o el aprendizaje que debe realizar el equipo existente, si se aprecia la pérdida de nivel en algún aspecto, tanto técnico como de experiencia.

CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES

Durante este Trabajo de Fin de Máster se ha buscado proporcionar a los estudiantes de doctorado y doctores de reciente finalización de su tesis unas bases de conocimiento que serán necesarias para su desempeño futuro como investigadores principales de proyectos de concurrencia competitiva.

Para ello, se ha analizado el estado actual de la investigación en España, pudiendo concluirse que la inversión privada en I+D es deficiente. Para tratar de solucionarlo desde la política, se está incrementando la inversión pública en I+D y se está comenzando a incentivar la transferencia entre la universidad y la empresa, de forma que se termine estimulando la inversión privada.

También se introduce al lector en la estructura del sector, donde se distinguen los fondos de financiación de los organismos promotores de los proyectos, que canalizan estos fondos según los diferentes planes nacionales, europeos y regionales.

En segundo lugar, se ha analizado la problemática en la dirección de proyectos de concurrencia competitiva en universidades, donde es necesario sobreponerse a la gestión poco profesionalizada, a las limitaciones de financiación y a la dedicación parcial de los investigadores principales, también docentes.

Para lograrlo, se ha estudiado en qué afectan estos condicionantes para la correcta ejecución de los proyectos y se ha buscado su tratamiento en algunas de las metodologías más relevantes en dirección de proyectos, tomando ideas para realizar una metodología propia. Al tratarse de proyectos con elementos tanto predictivos como ágiles, ha sido necesario recorrer numerosas metodologías hasta encontrar temáticas que den respuesta frente a todos los aspectos buscados.

Se ha decidido utilizar para este fin algunas de las metodologías más extendidas de forma que se realice un recorrido que pueda seguir una persona sin conocimientos previos en dirección de proyectos.

Una vez definidas las ideas o temas que van a formar la metodología propia, se ha trabajado para combinar aspectos tanto predictivos como ágiles de las diferentes metodologías vistas, de forma que ha resultado en una metodología de trabajo que se espera que sea capaz de dar solución a los problemas definidos en primer lugar.

Es posible concluir que, a pesar de la complejidad de la problemática, ha sido posible utilizar diferentes herramientas y transformarlas por completo para adaptarlas a las necesidades específicas de este entorno, una lección valiosa para directores de proyectos que quieran introducirse en la materia.

La metodología creada puede probarse y mejorarse, pudiéndose crear versiones mejoradas, como aspectos dedicados a maximizar la producción científica, mejorar y ampliar las competencias propuestas o ampliar la gestión del conocimiento generado.

También podría revisarse el procedimiento realizado para la toma de ideas, como línea de investigación futura, realizándose una búsqueda de los métodos a aplicar en diferentes metodologías, en lugar de tomar solo los conceptos generales, maximizando así el planteamiento actual.

Los aspectos tratados en este Trabajo de Fin de Máster no son habitualmente tomados en cuenta a la hora de realizar unos estudios de doctorado, por lo que pueden ser de utilidad para este tipo de estudiantes, aportando valor a futuros investigadores principales, y por tanto directores de proyectos.

La metodología de trabajo que ha resultado de este Trabajo de Fin de Máster es sencilla de seguir, ampliar e implementar, además de resolver algunos de los aspectos más problemáticos en este tipo de proyectos, por lo que a pesar de que queda mucho por mejorar y probar, se puede considerar una primera iteración interesante.

BIBLIOGRAFÍA

About Us | Project Management Institute (PMI) (1969) Project Management Institute (PMI). Disponible en: <https://www.pmi.org/about> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Alfaro Rodríguez, M., Gamboa Jiménez, A., Jiménez Sánchez, S. I., Martín Pérez, J. R., Ramírez González, A., Vargas Dengo, M. C. y Quirós Meneses, E. (2010) "El equipo de investigación: un reto y una realidad", *Revista Electrónica Educare, ISSN-e 1409-4258, Vol. 14, N.º. 1, 2010, págs. 169-177.* Universidad Nacional, Costa Rica, 14(1), pp. 169-177. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4780949&info=resumen&idioma=ENG> (Accedido: 5 de enero de 2023).

Álvarez Isabel y Biurrun Antonio (2020) *Factores determinantes del éxito en los entornos generadores de transferencia de ciencia y tecnología.* Disponible en: <https://www.actasanitaria.com/uploads/s1/15/61/26/8/e86197b85172dba1f32795120e456c30.pdf#page=12> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Base para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos (2015). IPMA.

Durán Graván, A. (2018) *Manifiesto Agile, ¿qué es?, BBVA | Transformación Digital.* Disponible en: <https://www.bbva.com/es/agile-manifiesto-que-es/> (Accedido: 5 de enero de 2023).

Estrategia de especialización inteligente 2021-2027 (2021) *Junta de Castilla y León.* Disponible en: <https://cienciaytecnologia.jcyl.es/web/es/estrategia-especializacion/estrategia-inteligente-2021-2027.html> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Estrategia de especialización inteligente 2021-2027 (sin fecha) *Junta de Castilla y León.* Disponible en: <https://cienciaytecnologia.jcyl.es/web/es/estrategia-especializacion/estrategia-inteligente-2021-2027.html> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Facal, A. L. y Sánchez, D. R. (1998) "The Public Organisms of Investigation (OPIS)", *Arbor.* CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 160(629), pp. 1-33. doi:10.3989/ARBOR.1998.I629.1751.

Facal López, J. y Repesa Sánchez, D. (1998) "Los Organismos Públicos de Investigación (OPIS)", *Arbor*, pp. 1-33.

Fuster, E., Padilla-Meléndez, A., Lockett, N. y del-Águila-Obra, A. R. (2019) "The emerging role of university spin-off companies in developing regional entrepreneurial university ecosystems: The case of Andalusia", *Technological Forecasting and Social Change.* North-Holland, 141, pp. 219-231. doi:10.1016/J.TECHFORE.2018.10.020.

Horizonte Europa: nuevo Programa Marco de la UE (2021) *Horizonte Europa.* Disponible en: <https://www.horizonteeuropa.es/que-es> (Accedido: 3 de enero de 2023).

Ibercampus (2021) "Ciencia e Innovación luce su presupuesto 2022 de 3.843 millones, un 19% superior a 2021", 14 octubre. Disponible en: <https://www.ibercampus.es/ciencia-e-innovacion-luce-su-presupuesto-2022-de-3-843-millones-un-19-superior-a-2021.htm> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Instrucción del Sistema de Administración Normalizada de Cuentas Internas en Institutos y Centros del CSIC (SANCI) (2016) Ministerio de Economía y Competitividad. Disponible en: https://delegacion.madrid.csic.es/wp-content/uploads/2021/03/SGAAE_Sistema-de-administracio%CC%81n-normalizada-de-cuentas-internas-10.02.2016.pdf (Accedido: 3 de enero de 2023).

Investigación (2022) *Junta de Castilla y León*. Disponible en: <https://cienciaytecnologia.jcyl.es/web/es/investigacion.html> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Investigación e innovación en España y Portugal (2022). Disponible en: <https://elobservatoriosocial.fundacionlacaixa.org/documents/22890/521210/Investigacion%20e%20innovacion%20en%20Espana%20y%20Portugal.pdf/d220eaf9-8f4f-75ee-a2c5-e5550d131455> (Accedido: 2 de enero de 2023).

La Moncloa. Ciencia e Innovación (2022) "Morant apuesta por la I+D+I para crear nuevas oportunidades en las comunidades autónomas y reforzar la cohesión territorial en España", 21 febrero. Disponible en: <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/ciencia-e-innovacion/Paginas/2022/210222-morant.aspx> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) (2022). Disponible en: <http://www.redotriuniversidades.net/index.php/presentacion?id=272> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica. (1986). Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1986-9479> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Managing successful projects with PRINCE2 (2017). AXELOS.

Metodología de Gestión de Proyectos PM2 | Síntesis (2017). Comisión Europea.

Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1 (2021). Comisión Europea.

Mikulskienė, B. (2014) "Research and development project management". Disponible en: <https://repository.mruni.eu/handle/007/16948> (Accedido: 18 de enero de 2023).

Ministerio de Ciencia e Innovación (2021) "El Ministerio de Ciencia e Innovación destina el incremento de sus recursos a mejorar las condiciones del personal investigador, reforzar las infraestructuras y financiar más proyectos", 30 diciembre. Disponible en: <https://www.ciencia.gob.es/ca/Noticias/2021/Diciembre/El-Ministerio-de-Ciencia-e-Innovacion-destina-el-incremento-de-sus-recursos-a-mejorar-las-condiciones-del-personal-investigador-reforzar-las-infraestructuras-y-financiar-mas-proyectos.html> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Ministerio de Ciencia e Innovación (2022) "El Gobierno aprueba un Real Decreto Ley que facilita la contratación indefinida en el Sistema Público de Ciencia", 5 abril. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/Noticias/2022/Abril/El_Gobierno_aprueba_un_Real_Decreto_Ley_que_facilita_la_contratacion_indefinida_en_el_Sistema_Publico_de_Ciencia.html (Accedido: 2 de enero de 2023).

de Nó José, Molero José, Fernández-Zubieta Ana y Serranía Ismael (2022) *Financiación pública de la I+D+i: Presupuestos Generales del Estado (PG46) y Fondos Europeos*.

"Nuevos mecanismos de transferencia de tecnología" (2003) en *Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica*. Madrid, p. 49.

Objetivos del Plan TCUE 2021-2023 (2021). Disponible en: <https://www.redtcue.es/tcue/objetivos-21-23> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Organismos financiadores del Centro Nacional de Biotecnología (2022). Disponible en: <http://www.cnb.csic.es/index.php/es/el-cnb/financiacion> (Accedido: 3 de enero de 2023).

Organismos Públicos de Investigación (OPI) (2022). Disponible en: <https://www.ciencia.gob.es/Organismos-y-Centros/Organismos-Publicos-de-Investigacion-OPI.html> (Accedido: 2 de enero de 2023).

PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA (2020). Madrid.

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España (sin fecha). Disponible en: <https://planderecuperacion.gob.es/> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación (PEICTI) (2021) Ministerio de Ciencia e Innovación. Disponible en: <https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Planes-y-programas/PEICTI.htm> (Accedido: 4 de enero de 2023).

Project Management Institute (2017) *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Sexta edición*.

Project Management Institute (2021a) *El Estándar para la Dirección de Proyectos*.

Project Management Institute (2021b) *Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Séptima edición*.

¿Qué es Horizonte 2020? (2021) *Horizonte Europa*. Disponible en: <https://www.horizonteeuropa.es/antiores-programas/h2020> (Accedido: 3 de enero de 2023).

Sanz Casado, E., de Filippo, D., Casani Fernández de Navarrete, F., Barrada, M. J. y Martínez Arca, S. (2018) *Análisis de la actividad de transferencia y transmisión de conocimiento científico-tecnológico de las universidades públicas madrileñas*.

Schwaber, K., Sutherland, J. y Definitiva, L. G. (2020) "La Guía Scrum".

Tena, M. (2022) *¿Qué es la metodología «agile»?*, BBVA | *Transformación Digital*. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/metodologia-agile-la-revolucion-las-formas-trabajo/> (Accedido: 5 de enero de 2023).

Ugarte, I. (2022) "La inversión empresarial en I+D en España supone el 0,7% del PIB, la mitad de la UE | Economía | EL PAÍS", *El País. Economía*, 22 abril. Disponible en: <https://elpais.com/economia/2022-04-22/la-inversion-empresarial-en-id-en-espana-supone-el-07-del-pib-la-mitad-de-la-ue.html> (Accedido: 2 de enero de 2023).

Vargas, R. (2021) *RICARDO VARGAS EXPLAINS THE PMBOK® GUIDE 7TH EDITION*.

Zamora Rubio, S. E. (2021) *Kanban, ¿Qué es?*, *SCRUM MÉXICO*. Disponible en: <https://scrum.mx/informate/kanban/que-es> (Accedido: 5 de enero de 2023).

ANEXO A: Objetivos del Plan de Transferencia de Conocimiento Universidad - Empresa (TCUE) 2021 – 2023

PILAR	MEDIDA	OBJETIVO						
		A	B	C	D	E	F	G
		Generalizar las actividades de transferencia de conocimiento hacia sociedad y empresas en las universidades de Castilla y León implicando a personal investigador y docente de todas las ramas de conocimiento y en relación a todos los niveles de madurez tecnológica	Establecer nuevos espacios de creación y la expansión de la actividad de los laboratorios de fabricación e innovación o Fab-Labs a todos los campus de la comunidad	Incrementar la participación conjunta de universidades, empresas y sociedad en iniciativas dirigidas a la solución de retos globales con especial atención a las relacionadas con el reto demográfico y aquellos que promueven la cooperación transfronteriza con Portugal	Propiciar la movilidad de estudiantes, investigadores y profesionales y la formación de perfiles más atractivos para atender a las necesidades del entorno productivo, incluyendo el autoempleo	Incorporar el emprendimiento social innovador como modelo de emprendimiento universitario, basado en el fomento de la cooperación, el progreso social y el crecimiento sostenible, sin perder de vista la rentabilidad empresarial	Establecer nuevos canales de comunicación y participación de la sociedad en la actividad científica y el fomento de la sociedad del conocimiento	Incrementar la participación de la mujer y de la niña en la ciencia y la promoción de la curiosidad científica desde la infancia
Pilar 1. Transferencia de Conocimiento Universidad-Empresa-Sociedad	Medida 1. Actualización de los planes estratégicos	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye
	Medida 2. Implementación de planes de formación integral	Contribuye			Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye
	Medida 3. Iniciativas dirigidas a la exploración de los resultados de investigación	Contribuye	Contribuye		Contribuye			Contribuye
	Medida 4. Espacios para la innovación y experimentación multidisciplinar	Contribuye	Contribuye	Contribuye				
	Medida 5. Participación en redes, plataformas y proyectos conjuntos	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye			
	Medida 6. Desafío Universidad-Empresa y Lanzadera Universitaria de Proyectos	Contribuye		Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye
Pilar 2. Emprendimiento Universitario Innovador	Medida 7. Talleres de emprendimiento innovador y creación de empresas	Contribuye	Contribuye	Contribuye				
	Medida 8. Emprendimiento social, identificación de retos relacionados con los ODS y participación en redes	Contribuye			Contribuye	Contribuye		
	Medida 9. Programas de movilidad y formación dual	Contribuye		Contribuye	Contribuye	Contribuye		
	Medida 10. Campus Emprendedor, Vivero de Promotores Empresariales y Bolsas de Proyectos Interdisciplinares	Contribuye		Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye	
Pilar 3. Cultura Científica y Difusión de la Ciencia de la Comunidad Autónoma	Medida 11. Red de Unidades de Cultura Científica		Contribuye				Contribuye	Contribuye
	Medida 12. Divulgación de la ciencia autónoma y promoción de vocaciones científicas en niveles preuniversitarios		Contribuye		Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye
	Medida 13. Difusión y gestión de la transferencia en la comunidad universitaria	Contribuye	Contribuye	Contribuye	Contribuye		Contribuye	Contribuye
	Medida 14. Ciencia abierta	Contribuye		Contribuye			Contribuye	Contribuye

ANEXO B: Plantilla de tablero Kanban

Backlog	Investigación	Planificación	Desarrollo		Experimentación		Terminado	
			Etapa inicial	Etapa avanzada	Etapa inicial	Etapa avanzada	Terminado	Descartado

ANEXO C: Plantilla para la información de portada de la Documentación Interna

LOGO

Organización <Nombre>

Grupo <Nombre>

<Tema>

<Información ampliada>

Autor: <Autor>

Fecha: <Fecha>

Información	Dato
Autor:	
Tipo de Documento:	
Tema:	
Fecha:	
Información ampliada:	
Fecha:	
Versión:	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relación de investigadores en el sector público y privado en Europa. Se constata una brecha entre el sur y el norte de Europa. Fuente: Investigación e innovación en España y Portugal (2022).	6
Figura 2: Relación de investigadores en el sector público y privado en Europa. Fuente: Horizonte Europa: nuevo Programa Marco de la UE (2021).	12
Figura 3: Relación entre los Principios de la dirección de Proyectos y los Dominios del desempeño del proyecto. Fuente: Project Management Institute (2021b).	19
Figura 4: El PMBOK 7 puede complementarse con cualquier otra metodología o marco de trabajo. Fuente: Vargas (2021)	21
Figura 5: Estructuración de la metodología PM2. Fuente: <i>Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1</i> (2021).	23
Figura 6: Ciclo de vida del proyecto PM2. Fuente: <i>Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Guía 3.0.1</i> (2021).	23
Figura 7: Herramientas que propone la síntesis de PM2 para cada etapa del Proyecto. Fuente: <i>Metodología de Gestión de Proyectos PM2 Síntesis</i> (2017).	24
Figura 8: La estructura de PRINCE2. Fuente: <i>Managing successful projects with PRINCE2</i> (2017).	27
Figura 9: Ojo de la Competencia de la ICB. Fuente: <i>Base para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos</i> (2015).	29
Figura 10: Los investigadores son propuestos por la ICB como audiencia objetivo. Fuente: <i>Base para la Competencia Individual en Dirección de Proyectos, Programas y Carteras de Proyectos</i> , (2015).	30
Figura 11: Propuesta de tablero <i>kanban</i> . Fuente: Zamora Rubio (2021)	36
Figura 12: Ejemplo de Enfoque de Desarrollo Incremental. Fuente: Project Management Institute (2021a).	46
Figura 13: Ejemplo de Interacciones entre los Grupos de Procesos dentro de un Proyecto o Fase. Fuente: Adaptado de Project Management Institute (2017).	46
Figura 14: Ejemplo de Interacciones entre los Grupos de Procesos dentro de un Proyecto o Fase. Fuente: Adaptado de Project Management Institute (2017).	47
Figura 15: Ejemplo de <i>Working Package</i> en un proyecto real del Plan Nacional de I+D. Fuente: ITAP Robótica Médica (Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción)	47
Figura 16: Ejemplo de ciclo de vida realista para una subfase en un proyecto real de I+D. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 17: Propuesta de tablero <i>Kanban</i> , se puede encontrar a tamaño A3 en el Anexo B. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 18: Ejemplo de tarjeta <i>Kanban</i> que contenga la información relevante de la actividad. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 19: Ejemplo de tablero <i>Kanban</i> en una etapa inicial de una subfase. Fuente: Elaboración propia... ..	53
Figura 20: Ejemplo de tablero <i>Kanban</i> en una etapa avanzada de una subfase. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 21: Ejemplo de carpeta de Documentación Interna que podría asumir el grupo de investigación INSISOC. Fuente: Elaboración propia.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. OPIs Existentes en 1998. Fuente: Adaptado de Facal López y Repesa Sánchez (1998).....	7
Tabla 2. Características buscadas en las diferentes metodologías, condicionadas por el desconocimiento teórico en dirección de proyectos. Esta plantilla será completada a lo largo del capítulo. Fuente: Elaboración propia.....	18
Tabla 3. El PMBOK se adapta a este tipo de proyectos entre lo predictivo y lo adaptativo, por lo que será consultado frecuentemente en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 4. El PMBOK propone la necesidad de evaluar el aprendizaje del equipo de trabajo, además de proponer diversos aspectos que pueden recuperarse en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 5. El enfoque de PRINCE2 ha permitido determinar la utilidad de implementar uso principios claros, que rijan las herramientas que se desarrollarán en el Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 6. Los Indicadores Clave de la Competencia pueden adaptarse para evaluar los conocimientos técnicos y de gestión que se consideran relevantes en este entorno. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 7. <i>Scrum</i> puede adaptarse en varios aspectos para dar soluciones frente a problemas en la dirección de los proyectos públicos de I+D. Fuente: Elaboración propia.....	35
Tabla 8. Un tablero Kanban permite visualizar el espacio temporal que una actividad se mantiene sin avances, evitando el control por periodos temporales. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 9. Las soluciones surgidas del estudio de las metodologías se pueden agrupar en 4 aspectos o áreas clave para la gestión de este tipo de equipos. Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 10. Ejemplo de evaluación para una habilidad técnica. Fuente: Elaboración propia.....	62
Tabla 11. Ejemplo de evaluación de la competencia de investigación. Fuente: Elaboración propia.....	63