



Universidad de Valladolid

Gestión de Proyectos de I+D+i: Evaluación comparativa entre enfoques predictivo y adaptativo, y generación de una propuesta híbrida.

Sindy Menéndez Carbo

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



INSISOC
SOCIAL SYSTEMS
ENGINEERING CENTRE
2024



Universidad de Valladolid

Gestión de Proyectos de I+D+i: Evaluación comparativa entre enfoques predictivo y adaptativo, y generación de una propuesta híbrida.

Sindy Menéndez Carbo

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

Valladolid, Julio 2024

Tutor
Fernando Acebes Senovilla

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los docentes del Máster en Dirección de Proyectos de la Universidad de Valladolid por la experiencia y conocimientos compartidos. De manera especial a mi Tutor, por las acotaciones para que este Trabajo de Fin de Máster esté enfocado de tal forma que contribuya al campo profesional al cual ha sido orientado.

RESUMEN

Debido a la apremiante búsqueda por desarrollar, transformar e incorporar nuevos conocimientos en la senda económica, la ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) se ha intensificado gradualmente durante las últimas décadas.

Este tipo de proyecto tiene particularidades específicas, de las cuales destacan el alto nivel de incertidumbre que manejan al no poder garantizar que los resultados obtenidos coincidan con lo esperado. Así también, son proyectos de amplio alcance que se encaminan a desarrollar impactos trascendentales y que requieren de la cooperación de diferentes actores para su puesta en marcha. Los involucrados por lo general tienden a perseguir sus propias metas, por lo que alinear los intereses de cada ente a los objetivos del proyecto se vuelve retador.

Éstos más otros desafíos afectan el escalamiento de los resultados al contexto socioeconómico. Por lo tanto, cada vez se vuelve más imperativo aplicar metodologías de dirección de proyectos que permitan gestionarlos correctamente para así concebir resultados exitosos.

El presente Trabajo de Fin de Máster persigue realizar una revisión teórica de los marcos metodológicos que puedan ser adoptados durante la ejecución de los proyectos de I+D+i. Para ello, se revisan conceptualmente los enfoques predictivos y adaptativos que la literatura ha venido discutiendo para identificar atributos que permitan aplicarlos en las distintas fases de su ciclo de vida.

El objetivo que se persigue es identificar en qué etapa emplear actividades de gestión tradicional y en cuáles otras adoptar ciertas guías ágiles. A partir de ello, se construye una propuesta inédita de gestión híbrida que se alimenta de las buenas prácticas encontradas en la literatura.

Este Trabajo de Fin de Máster se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 9, cuya finalidad es construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación (UN, 2015).

Palabras clave: Dirección de proyectos, proyectos de I+D+i, enfoque predictivo, enfoque adaptativo, enfoque híbrido, PMBOK, P3.express, Scrum, Lean Startup, ODS 9.

ABSTRACT

Because of the necessity of developing, transforming and incorporating new knowledge to the economic path, the execution of research, development and innovation projects (R&D&I) has intensified gradually during the last decades.

This type of project has specific peculiarities such as the high level of uncertainty they handle. Therefore, it is not possible to guarantee that the results obtained will coincide to what was expected. R&D&I are wide-ranging projects which are aimed to develop transcendental impacts and in which are required the cooperation of different actors. Stakeholders involved generally tend

to pursue their own goals, thus it becomes challenging to align the interests of each participant with the goal of the project. Those and other challenges affect the scaling of R&D&I results to the socioeconomic context. Consequently, it is strongly necessary to apply project management methodologies which allow to correct management practices in order to obtain successful results.

The current dissertation seeks to carry out a conceptual review of the methodological frameworks that can be adopted during the execution of R&D&I projects. It begins reviewing the predictive and adaptive approaches that have been discussed in the literature in order to identify some attributes which can be applied along their life cycle.

The main goal of this dissertation is to identify in which stage is affordable to apply traditional management framework and in which other stages is preferable to adopt agile guidelines. Finally, a proposal for hybrid management is built which is based on good practices that were found in the literature.

This dissertation is aligned with the Sustainable Development Goal (SDG) 9, which aims to build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation (UN, 2015).

Keywords: Project management, R&D&I projects, predictive approach, adaptive approach, hybrid approach, PMBOK, P3.express, Scrum, Lean Startup, SDG 9.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 1 Revisiones conceptuales para proyectos de I+D+i | 5 |
| 1.1 Conceptos elementales para la dirección de proyectos | 5 |
| 1.1.1. Conceptualización y caracterización de proyectos | 5 |
| 1.1.2. Dirección de proyectos | 6 |
| 1.1.3. Tipos de proyectos | 7 |
| 1.2 Proyectos de I+D+i..... | 8 |
| 1.2.1. Caracterización de proyectos de I+D+i | 8 |
| 1.2.2. Tipos de proyectos de I+D+i | 9 |
| 1.2.3. Niveles de madurez tecnológica | 10 |
| Capítulo 2 Estándares y metodologías empleadas para la gestión de proyectos de I+D+i | 15 |
| 2.1 Normas UNE 166000:2006, UNE 166001:2006, UNE 166002:2021, UNE 166006:2018 | 15 |
| 2.2 Project Management Body of Knowledge | 16 |
| 2.3 P3.express..... | 19 |
| 2.4 Scrum..... | 20 |
| 2.5 Lean Startup..... | 23 |
| Capítulo 3 Fases a gestionar en los proyectos de I+D+i y particularidades asociadas | 25 |
| 3.1 Fases de los proyectos de I+D+i..... | 25 |
| 3.2 Particularidades y retos de los proyectos de I+D+i..... | 28 |
| Capítulo 4 Comparación de metodologías tradicionales y marcos ágiles ... | 31 |
| 4.1 Ventajas e inconvenientes de las metodologías predictivas y adaptativas | 31 |
| 4.1.1. Ventajas de metodologías predictivas | 32 |
| 4.1.2. Desventajas de metodologías predictivas | 32 |
| 4.1.3. Ventajas de marcos adaptativos..... | 33 |
| 4.1.4. Desventajas de marcos adaptativos | 33 |
| 4.2 Comparativa de metodologías predictivas y adaptativas..... | 34 |
| 4.3 Compatibilidad de las metodologías predictivas y adaptativas ante particularidades de proyectos de I+D+i..... | 39 |
| Capítulo 5 Propuesta metodológica para gestionar proyectos de I+D+i..... | 43 |
| BIBLIOGRAFÍA | 53 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| INDICE DE FIGURAS | 63 |
| INDICE DE TABLAS..... | 65 |

INTRODUCCIÓN

En la era actual, las organizaciones se ven desafiadas a dar respuestas a los cambios constantes y exponenciales que vive el mercado. Estos cambios provienen de la naturaleza de un entorno volátil, incierto, complejo y ambiguo (VUCA) que obligan a los negocios a ofrecer soluciones en base a las necesidades que tiene el mercado (ESTREM, 2020).¹ Es así como las empresas cada vez se encuentran más apremiadas por desarrollar estrategias que las encaminen a ser más competitivas.

Al buscar ser más competitivas, la innovación se vuelve una característica esencial para las organizaciones del siglo XXI, donde el objetivo ya no es solo sobrevivir y liderar mercados, sino agregar valor a las generaciones presentes y futuras. Es así que insta la necesidad por desarrollar una industrialización sostenible. Para lograrlo, las organizaciones requieren generar, transformar y transferir conocimiento, el mismo que se desprende de los esfuerzos en investigación y desarrollo e innovación (I+D+i), alineándose con ello a promover buenas prácticas dentro del marco de la Agenda 2030, específicamente dentro del ODS 9.

Dada la apremiante incorporación del conocimiento en la senda económica, la disponibilidad de recursos para el desarrollo de proyectos de I+D+i ha presentado un incremento progresivo en los últimos años (León, 2010). Si bien, existe mayor predisposición de recursos económicos para financiar la generación, transformación y aplicación de este activo intangible llamado conocimiento, todavía existen varios desafíos de cómo escalarlos exitosamente al contexto socioeconómico. Uno de estos desafíos está relacionado con la forma de gestionar los proyectos de I+D+i.

Por su condición de generar conocimiento, los proyectos de I+D+i tienen una característica que difiere de otros tipos de proyectos y es que el entregable final no necesariamente puede coincidir con lo deseado, por ende, manejan niveles elevados de incertidumbre. Al ser de alto impacto, además, este tipo de proyectos requiere del trabajo conjunto de diferentes actores que no tienen los mismos intereses, habilidades, formas de comunicación, etc. Así también, al estar generalmente financiados por fondos públicos o por organismos multilaterales, estos proyectos deben alinearse a los objetivos y condicionantes de sus aportantes.

Puesto que la gestión de este tipo de proyectos se agudiza no únicamente por las características inherentes de su naturaleza, sino también por satisfacer los requisitos de sus contribuyentes, es imperativo implementar buenas prácticas de dirección de proyectos que los encaminen a resultados satisfactorios. Si bien existen estándares y metodologías para la gestión de proyectos, las sugerencias respecto a la aplicabilidad en los proyectos de I+D+i son limitadas. A través de este Trabajo de Fin de Máster (TFM), se persigue analizar conceptualmente aquellas prácticas de gestión que sean más útiles para el desarrollo de los proyectos de I+D+i según las etapas que comúnmente éstos atraviesan.

Objetivo del Proyecto

El objetivo de este TFM es presentar las características principales y fases de los proyectos de I+D+i, evaluando en qué etapa es más recomendable emplear metodología tradicional y en qué otras son preferibles emplear prácticas de estándares ágiles.

Para el cumplimiento de este objetivo general, se trazan los siguientes objetivos específicos:

¹ González (2011) pone énfasis en el contexto VUCA para orientar el camino que deben enfrentar las organizaciones para su sobrevivencia y continuidad.

- Internalizar la importancia de una correcta gestión de proyectos, especialmente de los proyectos de I+D+i.
- Describir las etapas que atraviesan comúnmente los proyectos de I+D+i, así como los retos que se presentan a lo largo de las fases que éstos comprenden.
- Proporcionar conceptualizaciones relevantes de los proyectos de I+D+i y lineamientos generales de metodologías y marcos de gestión que pueden ser empleados dada las características de este tipo de proyectos.
- Comprender las metodologías y marcos de gestión de proyectos que son más aplicados a este tipo de proyectos, identificando aquellos que son más apropiados de implementar según las fases que atraviesan.

Alcance del Proyecto

Este TFM contempla la revisión de metodologías y marcos de gestión de proyectos que son generalmente empleados, centrándose en los proyectos de I+D+i. Específicamente, estudia el aporte que pueden proporcionar ciertos métodos ágiles y tradicionales sobre dichos proyectos. Debido a la relevancia y riesgo asociado en este tipo de proyectos, el presente TFM abarca la identificación de sus factores representativos, las etapas que atraviesan y los obstáculos que suelen surgir durante la gestión de I+D+i. Así también, comprende la revisión de los fundamentos teóricos de los marcos de trabajo seleccionados, que son comúnmente empleados en este tipo de proyectos, y reconoce el aporte que pueden otorgar sobre las contingencias identificadas en cada etapa de I+D+i. Este documento finalmente contribuye con una propuesta generada a partir de las buenas prácticas revisadas en la literatura, sugiriendo qué procedimientos se recomiendan aplicar para administrar las problemáticas habituales de los proyectos de I+D+i.

Queda fuera del alcance de este TFM elaborar un manual, un modelo de dirección específico, un modelo de sistema de información o un diseño experimental que soporte la gestión de proyectos de I+D+i. De igual forma, no es objeto de este TFM el levantamiento de información para determinar si las actividades recomendadas causan un impacto positivo sobre las contingencias identificadas en I+D+i, ni presentar un caso de estudio sobre la adopción de las mismas. Este tipo de análisis sería interesante de abordar en futuros estudios o investigaciones.

Motivación del Proyecto

Los proyectos de I+D+i se caracterizan por la generación, aplicación, transformación y transferencia de conocimiento, donde los resultados se encaminan a promover impactos sostenidos que dinamicen el entorno. Al ser proyectos de alta incertidumbre, donde su ejecución suele incorporar la cooperación de diferentes interesados tales como la industria, universidades o centros de investigación, sector público, organismos no gubernamentales, entre otros, es fundamental la gestión eficiente de condicionantes como el cronograma, presupuesto, riesgos, expectativas de interesados, entre otras variables que se manejan. Por lo que se requiere que la disciplina de gestión de proyectos sea aplicada para garantizar un lenguaje común en el marco general de este tipo de proyectos, independientemente de las particularidades que tenga cada proyecto en sí.

La dirección de proyectos de I+D+i sigue siendo un reto principalmente por no garantizar resultados que estén alineados a lo requerido inicialmente ya que, por la generación y aplicabilidad de nuevos conocimientos, los resultados pueden diferir de lo planteado. Así también, este tipo de proyectos son desafiantes al vincular a actores con diferentes intereses sobre los resultados, teniendo que decidir sobre la protección o explotación de los mismos. Debido a estas características inciertas, los proyectos de I+D+i son poco referidos en los marcos metodológicos.

Aunque el PMBOK ha sido el estándar más empleado en la gestión de este tipo de proyectos, últimamente se manifiestan recomendaciones de administrarlos bajo una perspectiva flexible y dinámica (Lippe y Vom Brocke, 2010; Riol y Thuiller, 2015; Still, 2017; Todtling et al., 2017; Yordanova, 2017; Souza et al., 2019), causando interrogantes de si lo recomendable es gestionarlos de manera estructurada, adaptativa o incluso bajo un planteamiento híbrido resultante de la combinación de ambos. Ante esta situación surge mi interés de evaluar en qué etapas de los proyectos de I+D+i sería más apropiado incorporar metodologías tradicionales, métodos ágiles o un conjunto de buenas prácticas de ambos enfoques. Puesto que, existe evidencia que la elección del marco metodológico implementado causa un efecto en el éxito de la gestión y resultado final del proyecto (Standish Group, 2018).

Estructura del Documento

Este documento se estructura de la siguiente forma: habiendo presentado el problema de estudio, objetivo, alcance y motivación, en el capítulo 1 se revisan conceptualizaciones elementales de la dirección de proyectos, con especial énfasis en los proyectos de I+D+i. Seguidamente, el capítulo 2 profundiza en las diferentes normas, métodos y metodologías que son empleadas usualmente para coordinar este tipo de proyectos. El capítulo 3 se adentra en la revisión del ciclo de vida que comúnmente siguen los proyectos de I+D+i, identificando los aspectos y retos que suelen presentar.

El capítulo 4 explora comparativamente los enfoques de PMBOK, P3. express, Scrum, y Lean Startup con la finalidad de extraer relaciones, pertinencias o prevenciones de su adopción, y así guiar el grado en que tales estándares de trabajo pueden atender las particularidades de los proyectos de I+D+i. El capítulo 5 expone una propuesta inédita donde se sugieren buenas prácticas de los enfoques predictivos y adaptivos a emplear, según el ciclo de vida de este tipo de proyectos. El presente TFM finaliza con las principales conclusiones halladas, así como con futuras recomendaciones para próximos estudios.

Capítulo 1 Revisiones conceptuales para proyectos de I+D+i

En este capítulo se abordan los conceptos elementales de la gestión de proyectos. Para ello, es necesario introducir la definición de proyectos desde el punto de vista de los estándares reconocidos de manera global tales como Project Management Institute, International Project Management Association, entre otros. De manera continua, se presentan conceptualizaciones relevantes dentro del campo de la dirección de proyectos, así como los tipos de proyectos que se identifican en la literatura.

El mayor contenido de este capítulo se orienta a enfocar las conceptualizaciones que son necesarias de destacar para la gestión de proyectos de I+D+i. Puesto que el presente TFM tiene como objeto de estudio este tipo de proyectos, las secciones expuestas presentan marcos conceptuales respecto a su caracterización.

1.1 Conceptos elementales para la dirección de proyectos

Los siguientes apartados exponen descripciones que son relevantes de identificar respecto a la temática de proyectos. Inicia conceptualizando qué es un proyecto desde el punto de vista de los organismos más relevantes en el ámbito de su gestión, y destaca sus principales características. Seguidamente, entra a definir el campo de la dirección de proyectos y finalmente presenta las diferentes categorías de proyectos que se manejan en la era actual.

1.1.1. Conceptualización y caracterización de proyectos

En este apartado se procederá a revisar las conceptualizaciones o definiciones de la terminología proyecto de acuerdo con los estándares que han generado mayor contribución en el campo de dirección de proyectos.

Según la séptima edición de la guía *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, el proyecto es “*un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*” (Project Management Institute, 2021). Al tener temporalidad, esto implica que los proyectos tienen inicio y fin. Algo interesante de este documento es que resalta la característica de independencia o asociación que pueden tener los proyectos. Es decir, pueden existir proyectos totalmente independientes o proyectos que guardan alguna relación al ser parte de un programa o portafolio que maneje la organización.

La cuarta edición del modelo de competencias *Individual Competence Baseline (ICB 4.0)* define que el proyecto es “*un esfuerzo único, temporal, multidisciplinario y organizado para producir los entregables acordados, cumpliendo con requerimientos y restricciones predefinidos*” (International Project Management Association, 2017). La aportación que brinda este marco de gestión es identificar las competencias individuales que se requieren desarrollar para una efectiva gestión de proyectos.

Por su parte, el marco metodológico *Project Management Methodology (PM²)* visualiza al proyecto como “*una estructura organizativa temporal que se establece para crear un producto o servicio único, bajo una serie de restricciones como tiempo, coste o calidad*” (European Commission, 2020). Si bien esta metodología fundamenta los principios del PMBOK, su agregación de valor recae en tener a la gobernanza como uno de los pilares para la gestión de proyectos.

Finalmente, la norma *ISO 21500* define al proyecto como “*el conjunto único de procesos que consta de actividades coordinadas y controladas, con fechas de inicio y fin, que se llevan a cabo para lograr los objetivos del proyecto*” (International Organization for Standardization, 2012). Mientras que la norma *UNE 157001* sostiene que “*el proyecto es un conjunto de documentos, modelos o maquetas, en soporte físico, lógico u otro, que tiene como objeto la definición y la valoración de las características de un producto, obra, instalación, servicio o software, que se requieren en función de su fin o destino*” (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2014).

A través de las conceptualizaciones expuestas, se puede denotar que hay algunas con una perspectiva más estratégica y otras con una visualización más técnica. Indiferentemente de aquello, es importante destacar que estos marcos conceptuales coinciden en que el desenlace de un proyecto es proveer un fruto o resultado, sea éste tangible o intangible, bajo una condición de temporalidad. Por tanto, un proyecto es algo vivo, que maneja especificaciones únicas para satisfacer necesidades u objetivos particulares.

1.1.2. Dirección de proyectos

En la era actual, las organizaciones están sujetas a una serie de cambios rápidos e inesperados que las mantiene expuestas a escenarios de incertidumbre. Se manifiesta comúnmente que las organizaciones deben adaptarse a este tipo de comportamientos y aprender a gestionarlos. Una forma de gestionar y atender dichos cambios es a través de proyectos. Es por ello por lo que, la dirección de proyectos es una disciplina fundamental que permitirá el cumplimiento de objetivos asegurando la subsistencia y generación de valor de las empresas.

Si los proyectos son medios claves para gestionar cambios y agregar valor, esto significa que los proyectos necesitan estar asociados a la estrategia institucional. He ahí cuando se visualiza la necesidad de contar con una gestión efectiva y eficaz de proyectos. Según criterios expertos, una correcta dirección de proyectos trae mayores ventajas que cualquier otro tipo de gestión porque encaminan a la empresa a adaptarse a la incertidumbre del mercado (PMIDEAS, 2017).

A través de una correcta dirección y gestión de proyectos se puede garantizar el cumplimiento de los objetivos que se hayan trazado, satisfaciendo a los interesados producto del valor que se genera. Por dicha razón, existen buenas prácticas y marcos metodológicos que sirven de guía durante las distintas fases que atraviesa un proyecto, y que son recomendables de implementar en función del tipo de proyecto que se maneje. Cada uno de estos marcos metodológicos tienen definiciones similares sobre la dirección de proyectos.

La séptima edición del PMBOK conceptualiza la dirección de proyectos como la “*aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo*” (Project Management Institute, 2021). Análogamente, ICB 4.0. sostiene que es “*la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias para lograr determinados objetivos*” (International Project Management Association, 2017). De manera equivalente, PM² manifiesta que es “*la aplicación de procesos, métodos, conocimientos, habilidades y experiencias para alcanzar los objetivos del proyecto*” (European Commission, 2020). *UNE-ISO 21500:2022* la define como “*la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias en la ejecución de un proyecto*” (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2014).

Los conjuntos de documentos mencionados tienen referencias similares de lo que involucra la dirección de proyectos. Esto se resume en conocimiento, procesos, competencias y herramientas que son necesarias de incorporar en todas las fases del proyecto para que los resultados esperados

se materialicen. Cada uno de estos factores tienen diferentes enfoques de gestión y eso dependerá también del tipo de proyecto que se desarrolle.

1.1.3. Tipos de proyectos

Las metodologías y herramientas de gestión a emplear dependen de las características o tipo de proyecto que se maneje. No obstante, no existe una regla específica en la literatura sobre la tipología de los mismos. Lo que efectivamente queda establecido es que todo proyecto persigue atender o dar solución a una necesidad.

Cuando se refiere sobre tipos de proyectos, generalmente ciertas entidades como National Science Foundation (2012), OBS Business School (2021b), entre otras, los organizan en base a los siguientes criterios:

- I. Según su financiación
 - Públicos: Se subvencionan a través de fondos públicos.
 - Privados: Son financiados a través de capital privado.
 - Mixtos: Son aquellos que reciben aportes provenientes tanto de organismos públicos como de organismos privados.
- II. Según su grado de complejidad
 - Simples: De breve duración y nivel de dificultad moderado.
 - Complejos: Suelen ser proyectos de alto impacto que requieren una planificación y gestión considerable.
- III. Según su área de influencia
 - Locales: Se orienta a atender necesidades de comunidades, pueblos, o pequeñas áreas territoriales.
 - Nacionales: Se enfoca a atender las necesidades del territorio nacional. Las normas del proyecto son dadas por un ente central.
 - Multinacionales: Involucra la participación de dos o más territorios nacionales al compartir necesidades u objetivos.
 - Supranacionales: Los interesados no se encuentran únicamente dentro de la misma franja continental, por lo que este tipo de proyectos es de mayor alcance que los anteriormente descritos.
- IV. Según su finalidad
 - Sociales: Tienen como objetivo acrecentar las condiciones de vida de individuos pertenecientes a una localidad, región o nación.
 - Educativos: Tienen como objetivo mejorar la calidad y nivel de educación dado los distintos niveles de escolaridad.
 - Comunitarios: Promueven mejorar las condiciones de la comunidad, al igual que en los proyectos sociales. Sin embargo, se diferencia de los anteriores porque los principales afectados tienen participación en las distintas etapas y actividades del proyecto.
 - De investigación básica: Tienen como objetivo desarrollar nuevos conocimientos teóricos o experimentales en alguna disciplina, para que posteriormente éstos sean difundidos en la literatura académica y contribuir a la ciencia.
 - De investigación aplicada: Buscan desarrollar nuevos conocimientos aplicados o a hacer uso de los resultados de una investigación teórica para atender problemas existentes que se están alineados a objetivos comerciales de productos, servicios o procesos.
 - De investigación y desarrollo: Tienen como objetivo investigar, diseñar y desarrollar pilotos, prototipos funcionales o pruebas de concepto que atiendan la

necesidad por la que se origina el proyecto. No necesariamente demandan que se genere una nueva tecnología.

- De investigación, desarrollo e innovación: Tienen como objetivo aplicar de manera escalada los resultados de una investigación para mejorar u obtener productos, servicios o procesos novedosos, satisfaciendo de forma creativa una necesidad latente, no resuelta, del mercado o la sociedad. Este tipo de proyectos se orientan a la explotación comercial de los resultados obtenidos.

1.2 Proyectos de I+D+i

En los siguientes apartados se especifican las particularidades de los proyectos de I+D+i, así como las categorías en que se fraccionan este tipo de proyectos según los criterios de relación contractual, mecanismos de financiación y otros aspectos formales. Finalmente se revisa el grado de madurez que pueden presentar los proyectos de I+D+i y la importancia de partir conociendo el nivel en que éstos se encuentran.

1.2.1. Caracterización de proyectos de I+D+i

Como se ha referido en la sección introductoria de este TFM, los proyectos de I+D+i llevan a resultados novedosos, que no necesariamente pueden ser los buscados inicialmente. Esto radica en la aplicación del conocimiento durante la fase de investigación, cuyo objetivo es determinar la mejor solución a la necesidad planteada sólo durante la ejecución del proyecto. El hecho de que la solución encontrada al problema que impulsa el proyecto pueda ser distinta, hace que estos proyectos tengan un nivel de incertidumbre considerable. Por tanto, se puede detallar que los proyectos de I+D+i simbolizan un esfuerzo temporal, único, original y creativo.

Siguiendo la conceptualización previa, se permite identificar que las actividades por las que atraviesa un proyecto puntual de I+D+i no necesariamente van a ser similares a las de un proyecto previo, incluso si se tienen especificaciones parecidas. Esta característica se fundamenta en que el *know-how* del equipo participante puede diferir.²

La necesidad de conformar un equipo multidisciplinario es otro atributo de los proyectos de I+D+i. Por el amplio alcance e impacto que representa este tipo de proyectos, es necesaria la cooperación entre empresas, centros tecnológicos y grupos de investigación. Es así como el grupo de trabajo está constituido por perfiles con habilidades científicas, investigativas, técnicas y estratégicas. Cabe la posibilidad de tener que ampliar la colaboración, durante alguna fase del proyecto, con actores externos al equipo establecido siempre que sea necesario absorber conocimiento de otros expertos y que éstos representen agregación de valor (Vicente et al., 2015).

Una singularidad de este tipo de proyectos es que los resultados no cuentan con experiencia comercial, es decir, no están listos para ser lanzados al mercado de manera inmediata (Lippe y Vom Brocke, 2010). Es por ello que el entregable final deberá atravesar una fase de validación comercial previo a su escalamiento industrial, o una fase de validación funcional en caso de ser un proceso.

² *Know-how* es un término empleado para hacer referencia al conocimiento, habilidad, expertise y técnica que diferencia a un individuo o entidad sobre otros.

La posibilidad de ajustes o adaptaciones que se desprenden de dichas validaciones implican períodos o etapas adicionales durante la ejecución del proyecto.

De lo explicado en los párrafos previos, se reconoce la incertidumbre técnica y económica que singularizan a estos proyectos. En función del avance, las necesidades y los entregables pueden irse ajustando, así como los tiempos y costos estimados. Si estas alteraciones impactan los intereses estratégicos de las organizaciones, hay probabilidad de que el proyecto pueda ser desertado. Por ende, el director de proyecto tiene el rol clave de velar en que el proyecto no se desvíe de la necesidad u oportunidad que busca atender, y de motivar a los principales directivos asegurando de que éste se encamina dentro de los intereses estratégicos de la organización (Urstad, et al., 2005).

Una particularidad adicional es que se precisa de un flujo de recursos económicos significativos para la puesta en marcha. Además de los fondos propios de las entidades promotoras, los proyectos de I+D+i pueden estar financiados por programas públicos o de organismos multilaterales (Arroyo et al., 2019). Estos aportantes condicionarán el máximo horizonte temporal y presupuesto, siendo mayores dichas variables cuando el objeto de investigación es lo más desconocido para el mercado.

La incertidumbre en resultados y los riesgos asociados a la extensión de tiempos y costos, a las habilidades multidisciplinarias requeridas en los equipos, y a la necesidad de convencer a los interesados de las variaciones en hitos que se hayan planteado inicialmente dado el curso de la investigación, son factores que pueden influir en el éxito de los proyectos de I+D+i (Gallego, 2003).

Quienes coordinan este tipo de proyectos deben poner énfasis en la gestión del proyecto y en la gestión del entendimiento puesto que implican aprendizaje constante que radica en la creación del nuevo conocimiento. El compromiso por cumplir los objetivos pactados inicialmente no debe considerarse como determinante del éxito del proyecto de I+D+i ya que sus fundamentos subyacen en resolver un problema o necesidad a partir de resultados novedosos.

1.2.2. Tipos de proyectos de I+D+i

De acuerdo con lo referido en la sección anterior, generalmente los proyectos de I+D+i involucran la cooperación entre sector privado, gobierno, academia, organizaciones no gubernamentales e incluso sociedad civil. El grado de cooperación dependerá del marco en que se desarrolle el proyecto específico

Siguiendo a León (2010), los proyectos de I+D+i pueden clasificarse según la relación contractual que se maneje en el esquema cooperativo:

- **Proyectos de I+D+i bajo contrato:** Dentro de los objetivos de esta subclasificación se encuentra la generación y aplicación de nuevo conocimiento. Tiene como característica la participación de uno o más grupos de investigación para atender la necesidad establecida por encargo de una o varias entidades. Por tanto, es fundamental comprender los requerimientos de los principales interesados y acordar la retribución económica, confidencialidad, propiedad y explotación industrial, entre otras variables.
- **Proyectos de I+D+i conjuntos:** Bajo esta subclasificación el proyecto es ejecutado conjuntamente por varios miembros en calidad de co-partícipes, quienes se comprometen a desarrollar ciertas partes en función de su experticia. Estos miembros pueden ser empresas, grupos de investigación, centros tecnológicos, entre otros, quienes deben establecer las responsabilidades, derechos y obligaciones de su participación.
- **Proyectos de asesoramiento técnico:** El alcance y el nivel de riesgo asociado a esta subclasificación es menor al de las anteriores porque los equipos con conocimiento experto son contratados para adherir información tecnológica según la necesidad del demandante.

Bajo esta figura no se solicita la generación de nuevo conocimiento, pero sí se persigue que la adaptación de la tecnología produzca un resultado creativo y diferencial.

- **Proyectos de formación específica:** Se consideran dentro de la subclasificación de proyectos de I+D+i porque los expertos son contratados para transferir conocimientos teóricos, experimental y metodologías existentes a las organizaciones para que éstas puedan absorber dicho conocimiento y aplicarlo posteriormente. A pesar de ser actividades formativas y de desarrollo de equipo, se contemplan como proyectos por el flujo de recursos que significan durante el período que toma la permeabilidad del conocimiento en el equipo organizacional.
- **Licenciamiento y transferencia de conocimiento:** Bajo esta subclasificación, la entidad generadora de conocimiento otorga al contratante el derecho de su explotación comercial por un pago único o por regalías. Habitualmente se contempla que la entidad generadora de conocimiento transfiera el mismo al recurso humano de la organización para que éste pueda implementar la tecnología creada. A esta subclasificación se la suele reconocer como proyecto de transferencia de resultados.

Existen otras clasificaciones en tipologías de I+D+i (CDTI Innovación, 2023). Según los aspectos formales que maneje el propio proyecto, éstos se catalogan en:

- **Proyectos internos:** El objetivo es hallar soluciones novedosas y creativas a los desafíos productivos, de procesos o comerciales que tenga la organización, y que son realizados institucionalmente.
- **Proyectos externos:** Adoptando la figura de relación bajo contrato, la organización encarga a un cuerpo de investigación, centro tecnológico o entidad corporativa, la búsqueda de una solución innovadora al requerimiento planteado.
- **Proyectos cooperativos:** A través de la formalización de un consorcio, varias entidades participantes desarrollan el proyecto de forma conjunta. Bajo este esquema, los proyectos pueden ser de cooperación nacional, regional o internacional.

Adicionalmente, los proyectos de I+D+i pueden organizarse según los mecanismos de financiación de sus actividades (Cámara de Comercio de España, 2014; Gobierno de España, 2014):

- **Financiación directa:** Por medio de préstamos, subvenciones, anticipos reembolsables, etc., entidades de carácter público, privados o no gubernamentales financian las actividades de I+D+i.
- **Financiación indirecta:** A través de deducciones fiscales, se otorga financiación dado el nivel de actividad en I+D+i ejecutado por una entidad.

Cada una de las clasificaciones descritas tiene asociado un grado de riesgo específico. Por tanto, es recomendable identificar las particularidades del tipo de proyecto de I+D+i que se vaya a abordar (Cassanelli, 2012). Esto permitirá orientar de mejor manera los procesos, métodos, técnicas y herramientas de gestión de proyectos.

1.2.3. Niveles de madurez tecnológica

El concepto de niveles de madurez tecnológica (TRLs por sus siglas en inglés) es empleado para evaluar el grado de madurez que tiene una tecnología asociada a un proyecto, desde su fase

temprana hasta su despliegue.³ Esta valoración es de utilidad ya que, además de determinar el grado de avance de la tecnología a implementar, permitirá conocer los riesgos, viabilidad y proximidad de la puesta en marcha (Euro Funding, 2023).

Específicamente para los proyectos de I+D+i, esta herramienta permite identificar el alcance que tendrá el proyecto, el riesgo asociado y la financiación requerida. A nivel general, los proyectos de I+D+i tienen como objetivo desplegar un nuevo producto, servicio o proceso, más que desarrollar una tecnología en sí. Al reconocer el grado de madurez de la tecnología que es necesaria emplear para cumplir con el objetivo del proyecto, se identifica el nivel de incertidumbre al que estará expuesto, así como su magnitud y trascendencia. Esto permitirá tener mejor conocimiento del proyecto, tomar medidas preventivas e incorporar prácticas efectivas de gestión desde las fases tempranas.

La métrica de TRL está compuesta por 9 niveles (Figura 1.1). Estos niveles permiten categorizar a los proyectos de I+D+i dada la condición de desarrollo y de incorporación en mercado que puedan requerir. La Tabla 1.1 sintetiza la descripción de cada TRL, la fase de I+D+i, el estado según nivel, el entorno en que se valida la tecnología por nivel y los resultados esperados por cada nivel.

Para los proyectos de investigación, desarrollo e innovación que se estén realizando, los cuatro primeros niveles corresponden a la investigación teórica que se orientan a pruebas de concepto, los niveles 5 y 6 representan la fase de desarrollo orientadas a prototipos no comercializables, y desde la etapa 7 a la 9 se captura la etapa de innovación y escalamiento industrial.

El instrumento de TRL es provechoso para reconocer desde qué nivel tecnológico se aborda el proyecto de I+D+i, cómo es más idóneo validarlo, y su punto de finalización. A través de este mecanismo se deduce que la valoración de los proyectos de I+D+i no pueden ser semejantes. Es decir, un proyecto que incorpora tecnologías maduras tendrá menor riesgo y menor naturaleza de desarrollo tecnológico, mientras que un proyecto con tecnologías emergentes tendrá mayor riesgo y desarrollo tecnológico (Ibañez, 2014). Por ende, la capacidad de gestionar este tipo de proyectos también diferirá en función del grado de madurez tecnológica con el que cuente.



Figura 1. 1: Nivel de Maduración Tecnológica (TRL). Fuente: Universidad de Caldas (2016)

³ Esta terminología fue propuesta por la NASA para evaluar una misión espacial en los años 70, y disminuir así los riesgos asociados. Según Euro Funding (2023), actualmente es utilizado en diferentes tipos de proyectos tecnológicos (TRL), de preparación empresarial (BRL), de preparación en fabricación (MRL) e incluso de preparación para la sociedad (SRL).

Tabla 1. 1: TRLs en proyectos de I+D+i. Fuente: Euro Funding (2023), Ibañez (2014)

| Nivel | Descripción | Estado | Fase | Resultado esperado | Entorno de validación |
|-------|---|-------------------------|--|--|-----------------------|
| TRL 1 | Nivel de madurez elemental. La idea de investigación científica básica se establece y se da paso a la investigación aplicada | Invención | Investigación | Principios básicos, observados y reportados | Laboratorio |
| TRL 2 | La idea o investigación se ha planteado y los principios científicos han sido orientados a áreas específicas de aplicación | | | Resultados validados en prueba de concepto, con algunas aplicaciones definidas | |
| TRL 3 | Pruebas analíticas y de concepto a escala de laboratorio se ejecutan para demostrar la factibilidad técnica | Validación de concepto | | Lograr resultados a nivel cuantitativo (i.e. datos específicos de la eficiencia y efectividad tecnológica) | |
| TRL 4 | Los componentes integradores han sido identificados. Se busca comprender si dichos componentes, de forma individual, pueden actuar de manera integrada y funcionar conjuntamente en un sistema | Validación de prototipo | Desarrollo | Prototipo a nivel de laboratorio. Se busca medir si puede ser escalable, así como sus ventajas competitivas y comparativas | Simulación |
| TRL 5 | Los elementos básicos de la innovación son integrados para ser usado en la simulación de un entorno real. Se ajustan los modelos técnicos y económicos del diseño inicial. Se establecen aspectos de seguridad, limitaciones ambientales, regulatorios, entre otros | | | El prototipo cuenta con validaciones en ambiente real simulado y se expone los beneficios | |
| TRL 6 | Pruebas de factibilidad en condiciones de operación o funcionamiento real superadas | | La tecnología o prototipo se valida a nivel industrial | | |

| Nivel | Descripción | Estado | Fase | Resultado esperado | Entorno de validación |
|-------|---|----------------------------------|------------|---|-----------------------|
| TRL 7 | La tecnología puede operar a escala pre-comercial. Se avanza a la identificación de factores relacionados con la fabricación, la evaluación del ciclo de vida, y la evaluación económica. Gran parte de las funcionalidades están aptas para comprobaciones | Producción piloto y demostración | Innovación | Tecnología perfeccionada, con datos de valoraciones financieras. Prototipos validados en entorno real y ciclo de vida | Real |
| TRL 8 | Sistemas integrados y testeados en formato final. Desarrollo del sistema ejecutado | | | Prototipo con resultados medibles y operando a nivel piloto. Riesgos asociados a la transferencia han sido limitados | |
| TRL 9 | Innovación en etapa, validada y apta para comercialización y/o producción en serie | Llegada a mercado | | Aliados estratégicos definidos. Tecnología testeada por usuario final | |

Capítulo 2 Estándares y metodologías empleadas para la gestión de proyectos de I+D+i

Este capítulo contrasta las diferentes normas, métodos y metodologías que son empleadas usualmente para coordinar los proyectos de I+D+i. Dado que los proyectos de este tipo deben desplegarse siguiendo metodologías validadas y acreditadas, se desarrollan los principales estándares y marcos metodológicos que los expertos sugieren implementar durante su ciclo de vida.

Es así que se inicia revisando los principales procesos y principios de cuerpos de trabajos como normas UNE, PMBOK, P3.express, para posteriormente inspeccionar los marcos de gestión adaptativos como Scrum y Lean Startup.

El objetivo de este capítulo es brindar al lector una perspectiva de las herramientas que la literatura ha implementado para la gestión de proyectos de I+D+i, estableciendo particularidades de éstas que permitan extraer sus fortalezas y debilidades.

2.1 Normas UNE 166000:2006, UNE 166001:2006, UNE 166002:2021, UNE 166006:2018

Una de las fuentes de consulta y de apoyo para la gestión de la innovación, así como de los proyectos que se ejecutan en torno a este marco, son las normas UNE que pertenecen a la serie 166000. Dada la relevancia que tienen los proyectos de I+D+i a nivel global, y en especial en Europa, el Comité Técnico de Normalización AEN/CTN 166 Actividades de I+D+i ha elaborado un manual aplicable al contexto español cuyo objetivo es “*armonizar y desarrollar la terminología y definiciones que se utilizan en las actividades de I+D+i, con la finalidad de que las partes interesadas en dichas actividades puedan comprenderlas*” (AENOR, 2006a).⁴ Este manual ha experimentado una serie de actualizaciones, estando vigente la nombrada UNE 166000 elaborada en el año 2006.⁵

En el compendio 166000:2006 se presentan definiciones expuestas en los manuales de Frascati y de Oslo, así como conceptos que se suelen utilizar en convocatorias públicas europeas para financiar proyectos de I+D+i.⁶ El principal aporte del escrito es adentrarse en lineamientos para generar conocimiento, desarrollar tecnología o mejorar lo que disponga la organización (Sancho et al., 2008). Dado que este documento únicamente recoge terminologías universales, se establece el manual UNE 166001:2006 donde se definen conceptualizaciones y características necesarias en este tipo de proyectos tales como la gestión, fases y resultados de los proyectos de I+D+i. Así también, se describen los elementos que deben ser incorporados en estos proyectos. Lo constructivo de este manual es que contempla las fases que abarcan desde el inicio al cierre, pero también las actividades de diseminación sugiriendo la creación de un plan de explotación que valore la

⁴ El comité técnico AEN/CTN 166 I+D+i tiene como Secretaría a la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

⁵ La norma UNE 166000:2006 reemplazó a la Norma Experimental UNE 166000 EX que también compilaba definiciones y terminologías relevantes sobre las actividades de I+D+i.

⁶ El manual de Frascati es una guía elaborada por la OECD para comprender conceptos, actividades y datos relacionados a los procesos de investigación y desarrollo experimental. El manual de Oslo emplea la misma lógica, pero relacionada a los procesos de innovación.

invención o, en su defecto, la definición de los medios de protección en función de los intereses de los participantes (AENOR, 2006b; Vicente et al., 2015).

Para plantear herramientas que orienten la ejecución y gestión de las actividades de I+D+i bajo un marco estructurado, se puso a disposición la norma UNE 166002:2006. Esta norma adscrita en el 2006 fue potenciada en el año 2021 al promover el establecimiento de políticas de I+D+i, al fijar directrices que sirvan incluso para planificar y controlar la medición de I+D+i, al impulsar la transversalidad de la I+D+i con las diferentes unidades departamentales, y al sugerir la cuantificación del impacto de I+D+i para demostrar a interesados internos y externos la contribución que representa en la organización en crecimiento y competitividad. Esta norma ha sido diseñada para instar a las empresas a aplicar un enfoque de mejora continua de 4 pasos: 1) planificar los objetivos de I+D+i, 2) definir el método de sistematización de I+D+i, 3) verificar e informar los resultados del I+D+i, 4) mejorar continuamente el proceso de I+D+i (Díaz, 2023).

En la norma UNE 166002 se establece la relevancia de que un sistema de gestión de I+D+i incorpore un proceso de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. A partir de ello, se desarrolla la norma UNE 166006 para establecer dicho proceso y encaminar su coordinación continua (UNE, 2018). Esta guía aconseja sobre la recolección y análisis de la información que acompaña al entorno en donde se desenvuelve la organización, partiendo de entender que los procedimientos de vigilancia e inteligencia permiten comprender no solo temas operativos, sino también cambios y novedades del entorno, de los competidores y de la organización, permitiendo así tomar decisiones con conocimiento.

Lo provechoso de las series de normas previamente referidas es que, al ser orientativas, pueden complementar cualquier tipo de gestión de proyectos que tenga una empresa. Así también, pueden ser adaptadas a organizaciones de diferentes sectores y tamaños, recientemente establecidas o con trayectoria en el mercado. De igual forma, pueden ser aplicadas para proyectos de I+D+i que incorporan innovaciones incrementales o radicales en los productos, servicios, procesos, modelos o métodos que son objeto del esfuerzo creado por la organización.⁷ No obstante, no especifican bajo qué actividades puede desarrollarse la gestión de los proyectos de I+D+i, ni mencionan herramientas o métodos particulares. Es decir, únicamente brindan directrices a nivel genérico.

2.2 Project Management Body of Knowledge

Dada la necesidad por obtener mayores detalles en cómo guiar la gestión de proyectos de I+D+i, otros compendios como el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) han sido habitualmente consultados (Hors, 2012; Valencia, 2013; Arroyo et al., 2019). Este cuerpo de conocimiento se introdujo a partir de los años 80 con el objetivo de proveer lineamientos y buenas prácticas para dirigir y encaminar proyectos de manera efectiva (PMI, 1987). Desarrollado por el Project Management Institute (PMI), organización de expertos en gestión de proyectos, este marco metodológico ha atravesado una serie de actualizaciones debido al avance en el campo de conocimiento (Vicente et al., 2015).

La última versión es la séptima, cuya reciente actualización se dio en el 2021. Sin embargo, la sexta edición es considerada como la guía con mayor robustez puesto que instala las bases técnicas y habilidades que debe tener aquel profesional responsable de proyectos. En la sexta publicación, el PMBOK documenta y estandariza las buenas prácticas de gestión a través de 49 procesos organizados en 5 grupos y 10 áreas de conocimiento. Con ello, se crea una estructura matricial

⁷ Innovación incremental atañe a las modificaciones de algo ya existente; innovación radical representa la creación de algo completamente nuevo (AENOR, 2006b).

donde cada proceso guarda una relación con algún área de conocimiento y grupo de proceso básico. En la Figura 2.1 se exponen los 5 grupos de procesos y las 10 áreas de conocimiento que constituyen el PMBOK sexta edición.

Grupos de procesos

- **Inicio:** Contempla procesos a realizar para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de algún proyecto existente
- **Planificación:** Contempla procesos a realizar para establecer alcance, delinear objetivos y campos de acción para alcanzarlos
- **Ejecución:** Contempla procesos para completar el trabajo definido como plan de acción
- **Monitoreo y control:** Contempla procesos para dar seguimiento, analizar y regular en función de avances del proyecto
- **Cierre:** Contempla procesos para la completitud formal del proyecto

Áreas de conocimiento

- **Gestión de la integración:** Contempla procesos y actividades para encaminar el proyecto de manera coherente
- **Gestión del alcance:** Contempla procesos y actividades que garanticen que el proyecto cumple únicamente con lo requerido
- **Gestión del tiempo:** Contempla procesos y actividades para cumplimiento en finalización
- **Gestión del coste:** Contempla procesos y actividades para cumplimiento de presupuesto
- **Gestión de la calidad:** Contempla procesos y actividades para cumplimiento de requisitos pactados
- **Gestión de los recursos:** Contempla procesos y actividades para administrar los recursos que son necesarios y adecuados
- **Gestión de las comunicaciones:** Contempla procesos y actividades para disponer datos e información necesaria a interesados
- **Gestión de los riesgos:** Contempla procesos y actividades para administrar oportunidades e incertidumbre
- **Gestión de las adquisiciones:** Contempla procesos y actividades para las compras o contrataciones externas requeridas
- **Gestión de los interesados:** Contempla procesos y actividades para gestionar personas y grupos que pueden afectar o ser afectados por el proyecto

Figura 2.1: Estructura de distribución de buenas prácticas según PMBOK sexta edición. Fuente: PMI (2017)

En la séptima edición, el PMBOK modifica su tratamiento orientando las prácticas recomendadas a 12 principios (Tabla 2.1). Así también, presenta una estructura llamada “Sistema de Valor de Entrega” (DVS) cuyo objetivo es poner a conocimiento la agregación de valor para los grupos de interés que debe resultar la entrega de un proyecto. Este DVS está conformado por las 8 áreas de desempeño ilustradas en la Figura 2.2.

De acuerdo con el propio PMBOK, el resultado del esfuerzo temporal llamado proyecto debe ser único (PMI, 2017). Por ende, la aplicación del PMBOK como guía general para orientar la gestión de los proyectos de I+D+i cobra sentido puesto que los resultados de este tipo de proyecto manifiestan ser únicos al derivar de una investigación singular. No obstante, este estándar se fundamenta en las premisas de que los proyectos tienen similitudes básicas, y de que los resultados

esperados, así como el plan de trabajo quedan definidos desde un inicio para satisfacer plazos, presupuesto y alcance pactado (Andersen, 2006).

Tabla 2.1: Principios de Dirección de Proyectos. Fuente: PMI (2021)

| Principios de la Dirección de Proyectos | | | |
|--|--|--|--|
| Ser un administrador diligente, respetuoso y cuidadoso | Crear un entorno colaborativo del equipo | Involucrarse eficazmente con los interesados | Enfocarse en el valor |
| Reconocer, evaluar y responder a las interacciones del sistema | Demostrar conductas de liderazgo | Adaptar con base en el contexto | Incorporar la calidad en los procesos y los entregables |
| Navegar en la complejidad | Optimizar las respuestas a los riesgos | Adoptar la adaptabilidad y la resiliencia | Permitir el cambio para lograr el estado futuro previsto |



Figura 2.2: Dominios de desempeño según PMBOK séptima edición. Fuente: PMI (2021)

Estos fundamentos divergen de las características propias de los proyectos de I+D+i. Como se ha manifestado en el apartado 1.2.1., esta tipología de proyectos obtiene resultados variables y novedosos que se desprenden del descubrimiento arrojado por la investigación. Además, involucra un proceso de búsqueda de múltiples soluciones que pueden abarcar diversas y nuevas etapas a medida que la investigación se ejecuta, por lo que no puede condicionarse a un plan de acción rígido.

El PMBOK es de mucha utilidad para aquellos proyectos estructurados que se pueden controlar para alcanzar los resultados esperados. Para proyectos de I+D+i que tienen alta variabilidad, es cuestionable implementar de forma exhaustiva esta metodología puesto que se requiere cierto grado de flexibilidad o ajustes. La propia guía de la sexta edición, a través del Apéndice X3, sugiere que para aquellos proyectos que experimentan alto grado de cambios, donde se requiere de ambientes dinámicos y de co-creación, los métodos ágiles aportan valor al acelerar el intercambio de información con involucramiento de los interesados (PMI, 2017).

Si bien el estándar del PMBOK contempla de forma general aspectos que pueden aplicarse en la materialidad de los proyectos de I+D+i, este método no se orienta a particularidades que pueden

presentar dichos proyectos (Arroyo et al., 2019). Por tal razón, la literatura ha venido recomendando equilibrar este método tradicional con enfoques ágiles y flexibles para gestionar proyectos que requieren procesos de reajustes y adaptación (Boehm y Turner, 2003; Vom Brock y Lippe, 2010; Riol and y Thuillier, 2015).

2.3 P3.express

P3.express es una guía minimalista de gestión de proyectos, que se orienta a una planificación y ejecución elemental con entregables esenciales. Basado en la licencia *Creative Commons* y cofinanciado por el Programa Erasmus+ de la Unión Europea, su primera versión se difundió en el año 2016.⁸ Años más tarde, en 2018, 2020 y a inicios de 2021, el sistema efectúa revisiones y actualizaciones, publicando su reciente versión en mayo de 2021.

Este marco estructura 33 actividades de gestión a través de 7 grupos. Dos de estos grupos presentan un estilo lineal, el de inicio y el de cierre de proyecto, mientras que los de gestión mensual, semanal y diaria presentan un estilo cíclico por la regularidad y dinamismo que requieren las tareas que los componen (Figura 2.3). Según UOC (2023), la forma de estos grupos guarda similitud con el comportamiento de los métodos tradicionales y ágiles. Por otra parte, se contempla un ciclo de gestión posterior al cierre del proyecto con la intención de evaluar los beneficios resultantes e innovar a partir de las nuevas ideas que se hayan conseguido con el producto final.

P3.express se fundamenta en series de trabajos enlazados iterativamente, que son guiados bajo 6 principios. Dichos principios se alinean a los Principios Casi Universales de los Proyectos (NUPP).⁹ Las actividades propuestas por el proceso P3.express están enfocadas a los principios establecidos y a ciertos propósitos, pero también se ajustan a obstáculos detectados habitualmente en el transcurso de los proyectos. La simplicidad del modelo se sustenta en evitar cantidades abundantes de documentación, considerando únicamente necesarias las de:

01. Descripción del proyecto: Para exponer el proyecto que se ha de desarrollar.
02. Mapa de entregables: Para evidenciar las actividades pendientes con sus respectivos entregables.
03. Registro de seguimientos: Para aglutinar riesgos y oportunidades detectadas, junto con especificaciones de causa, efecto, impacto, respuesta, responsables y fechas.
04. Registro de salud: Para organizar revisiones y observaciones que pares y partes interesadas han realizado a lo largo del proyecto.

El sistema de P3.express es adaptable a proyectos con fases cortas que buscan resultados diligentes, y que por su naturaleza dinámica requieren retroalimentaciones rápidas en cada etapa y la incorporación de mejoras continuas (Valle y Maria, 2023). Por lo tanto, este marco puede ser útil de incorporar en la dirección de proyectos de I+D+i.

De manera adicional, es relevante mencionar que los creadores han propuesto la búsqueda de su adaptación a particularidades de proyectos. Por el momento, se contemplan los de la rama de desarrollo informático y de contexto universitario, los cuales tienen comportamientos equivalentes a los proyectos de I+D+i.

⁸ *Creative Commons* es una organización sin ánimo de lucro que promueve licencias abiertas y otras herramientas legales de uso gratuito.

⁹ NUPP son principios universales aplicados en toda gestión de proyectos, indistintamente de los enfoques que se utilicen.

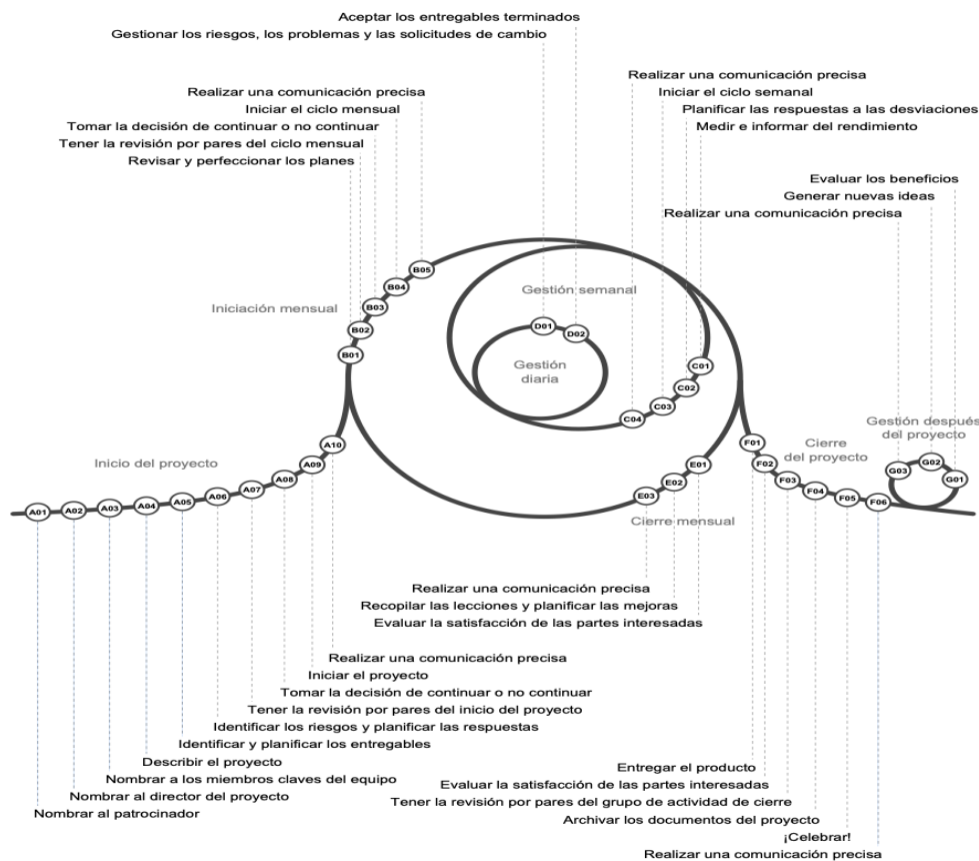


Figura 2.3: Estructura de gestión P3.express. Fuente: Manual P3.express (2021)

2.4 Scrum

En la era actual, los proyectos se desarrollan como respuesta a desafíos provenientes de entornos altamente dinámicos y complejos. Por ende, los proyectos deben adaptarse a los cambios que pueden surgir durante su ejecución en la búsqueda de satisfacer las necesidades de las partes interesadas del mismo. Ante esta situación, los marcos de gestión de las familias de normas UNE y PMBOK previamente revisados, y que son reconocidos como métodos tradicionales, predictivos, cascada o *waterfall*, no suelen ser ideales de implementar dada la falta de capacidad de adaptación y respuesta al cambio (Cockburn, 2002).

Debido a esta limitante y ante la exigencia de implementar marcos que permitan atender exitosamente los proyectos de desarrollos de software que venían en aumento, a finales de los años 90 se introducen métodos ágiles de gestión de proyectos. A través de estos nuevos marcos se buscaba dar respuesta a la rigidez de las metodologías propuestas por PMI, popularizadas en dicha época, ofreciendo procesos más continuos e incrementales basados en principios de adaptabilidad, autonomía y colaboración auto-organizada (Beck et al., 2001). Diecisiete críticos de los modelos planificados que se empleaban para el desarrollo de este tipo de productos tecnológicos se convierten en firmantes del Manifiesto Ágil que se desglosa en los siguientes 4 valores y 12 principios (Figura 2.4).

Valores del Manifiesto Ágil

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas
- Producto funcional sobre documentación extensa
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual
- Respuesta al cambio sobre seguir un plan

Principios

- Satisfacción del cliente mediante la entrega temprana y continua de valor
- Aceptar cambios en los requisitos, incluso tarde en el proyecto
- Entregar productos funcionales con frecuencia
- Colaboración estrecha entre el equipo de proyecto y partes interesadas
- Construir proyectos en torno a individuos motivados y darles el entorno y el apoyo necesario
- La comunicación cara a cara es el método más eficiente y efectivo de transmitir información
- El producto funcional es la principal medida de progreso
- Mantener un ritmo de trabajo sostenible para el equipo
- Buscar la excelencia técnica y el buen diseño
- La simplicidad es esencial
- Los equipos auto-organizados son más propensos a encontrar y ajustar el comportamiento en consecuencia
- Reflexionar sobre cómo ser más eficaz y luego ajustar comportamientos

Figura 2.4: Manifiesto Ágil. Fuente: The Agile Manifesto (2001)

Como se puede discernir del Manifiesto Ágil, la principal filosofía de sus promotores es que la gestión de este tipo de proyectos sea adaptativa. Creyendo con ello que, aquellos resultados parciales presentados en etapas tempranas y mejorables en etapas posteriores son más significativos que un resultado perfecto al final del proyecto (Pirro, 2019).

Uno de los métodos ágiles que se fundamenta en la ideología previamente descrita es Scrum, la cual sostiene que la programación de los proyectos basados en la adaptabilidad incrementa sus posibilidades de éxito (Cohen et al., 2004). La referencia inicial de Scrum se da a través del artículo “*New New Product Development Game*” de Nonaka y Takeuchi (1986), donde se ofrece un nuevo modelo de desarrollo de software. Es así que en dicha publicación se lo define como un modelo de enfoque holístico, que requiere del trabajo en equipo, flexible, autónomo y dinámico, y que sustenta de 6 características: inestabilidad incorporada, equipos de proyecto autoorganizados, fases de desarrollo superpuestas, multiaprendizaje, control sutil y transferencia organizacional del aprendizaje (Senabre, 2019).

En las fases de desarrollo de proyectos tipo Scrum, las actividades son fragmentadas en pequeñas tareas o *Sprints* que deben cumplirse en ciclos iterativos de corta duración de aproximadamente 14-20 días (Abrahamsson et al., 2017). Estos *Sprints* arrancan con reuniones de planificación de equipo llamadas *Sprint Planning*, para acordar la lista de tareas que serán realizadas en cada período establecido. Sin embargo, el equipo continúa reuniéndose diariamente y/o semanalmente a través de *Stand-Ups* de corta duración identificados como *Daily Scrum* o *Sprint Review*, para examinar progresos y solucionar novedades presentadas. Al término de cada *Sprint*, se mantiene una reunión conocida como *Sprint Retrospective* para evaluar los desarrollos a lo largo del *Sprint* y mejoras

incrementales, donde además de los involucrados directos también pueden asistir los principales interesados del proyecto (Marcal et al., 2007; Trivedi, 2021).

Una singularidad de Scrum es establecer elementos derivados de la aplicación metodológica conocidos como artefactos. Estos son: *Product Backlog* o inventario de requerimientos a contemplar en el producto, *Sprint Backlog* o visualizador del trabajo a desarrollar en cada *Sprint*, *Product Increment* o resultado incremental del *Sprint* (Deloitte, 2024a). La actividad coordinada del equipo, donde se promueven co-creación, procesos colaborativos y responsabilidad colectiva, es indudablemente otra particularidad de este sistema de gestión (Robinson y Sharp, 2005; West et al., 2010; Hoda et al., 2013). Para ello, la participación del equipo se distribuye de la siguiente manera (Deloitte, 2024b):

- *Product Owner*: Perfil responsable de gestionar el *Product Backlog* y de agregar valor. Es el portavoz con los promotores y *stakeholders* del proyecto, así como el transmisor de las retroalimentaciones y requerimientos del cliente.
- *Scrum Master*: Perfil que gestiona la ejecución del proceso de Scrum, y que da tratamiento a cualquier inconveniente que se presente en el proceso de desarrollo. Es facilitador, mentor y formador.
- *Equipo de desarrollo*: Grupo de expertos conformado por 3-9 miembros, con conocimiento no sólo técnico sino también de la metodología. Gestionan el *Sprint Backlog* por lo que deben auto-organizarse para cumplir con el propósito del desarrollo Scrum.

La Figura 2.5 demuestra el flujo de trabajo que sigue un desarrollo tipo Scrum. Puesto que este marco metodológico iterativo es aplicable a escenarios que manejan procesos variables e incrementales, la literatura recomienda adoptarlos en la gestión de los proyectos de I+D+i (Marchesi et al., 2007; Senabre 2019). Como se ha señalado en secciones anteriores, esta tipología de proyectos evidencia alteraciones durante el desarrollo de la investigación lo que genera variaciones respecto a lo acordado inicialmente. Además de que no necesariamente el proceso se apega al cumplimiento de tareas secuenciales como se pudo haber establecido, por lo tanto, se requiere de flexibilidad y adaptabilidad. Para manejar estos contextos de complejidad e incertidumbre que caracterizan las etapas empíricas de los procesos de I+D+i, Scrum es un marco aconsejable.

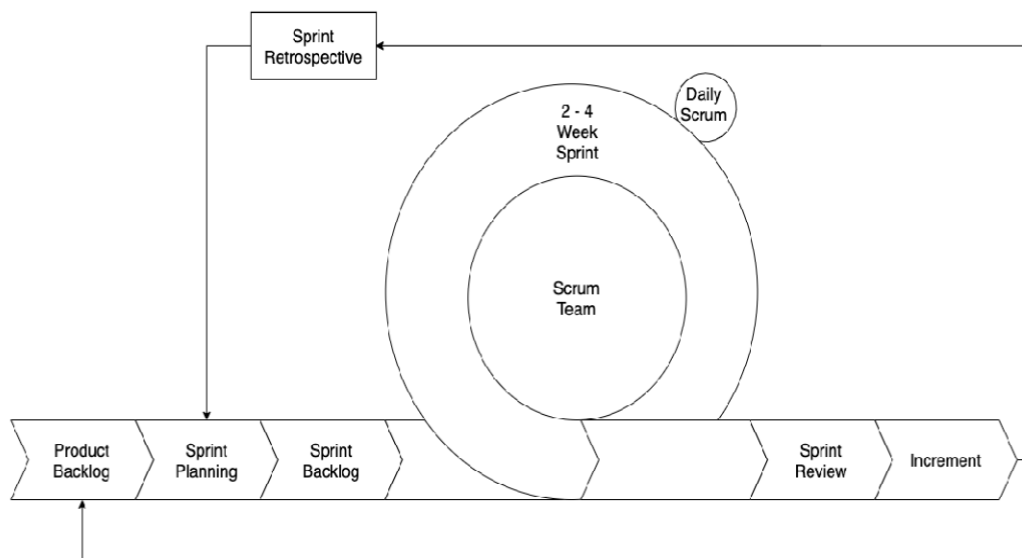


Figura 2.5: Flujo metodológico Scrum. Fuente: Trivedi (2021)

2.5 Lean Startup

Los proyectos de I+D+i se promueven ante la necesidad de ofrecer soluciones a desafíos o necesidades que tiene la sociedad. El resultado de este tipo de proyectos debe desencadenar una serie de productos y servicios que puedan ser colocados en el mercado. Para evitar que las nuevas tecnologías resultantes de este tipo de proyectos no sean aceptadas de manera exitosa por el mercado, y que con ello se hayan desperdiciado recursos de forma considerable, el método de Lean Startup puede ser empleado como un marco de gestión.

El pensamiento de Lean Startup plantea la creación de una nueva empresa o modelo de negocio que surge a partir de un nuevo producto o servicio que es aceptado por un mercado en particular dado que resuelve alguna problemática inminente (Ries, 2011; Maurya, 2012, Hubspot, 2024). Este paradigma originado en 2008, adquiere mayor robustez y años posteriores se populariza a través del libro “*The Lean Startup: How Constant Innovation Creates Radically Successful Businesses*” de Eric Ries (2011). Desde aquella época, Lean Startup ha cobrado interés para ser objeto de análisis en el campo académico, así como de implementación en el marco de emprendimientos, nuevos modelos de negocios y de industrias destacadas (Blank, 2013; Power, 2014; Ganguly y Euchner, 2018; De Cock et al., 2019).

Bajo el enfoque de aprender de los errores rápidamente y de utilizar procesos de iteración continua de corta duración para la validación de hipótesis, Lean Startup se apoya en los métodos de trabajo de *Lean* y de *Desarrollo de clientes*.¹⁰ Toma como base los principios de la filosofía *Lean* al buscar la minimización de desperdicios de recursos con la implementación de desarrollos iterativos e incrementales, y a su vez, adopta las buenas prácticas de *Desarrollo de clientes* al internalizar las necesidades de los usuarios y validar las soluciones que podrían satisfacerlos para reducir los riesgos comerciales (Blank, 2013; Alvarez, 2014). Para lograrlo, este marco metodológico se basa en los siguientes 5 principios (Figura 2.6):



Figura 2.6: Principios de Lean Startup. Fuente: Ries (2011); Yordanoba (2017)

Uno de los planteamientos de Lean Startup es instar desde etapas tempranas la participación del cliente en el modelo de negocio/producto/servicio a construir. Para ello propone el proceso de retroalimentación *Construir-Medir-Aprender* (BML por sus siglas en inglés), el cual se fundamenta en un aprendizaje validado con criterio científico de pruebas de hipótesis. El bucle BML debe gestionarse de manera continua durante las fases de desarrollo (Maurya, 2012). Siguiendo a Souza et al. (2020), a continuación, se detalla cómo funciona el procedimiento BML:

- Empleando técnicas cualitativas como observaciones y entrevistas, se identifica si la visión del producto/servicio/modelo de negocio corresponde a algún desafío o necesidad que el mercado requiere atender.

¹⁰ El método *Lean* proviene del Sistema de Producción Toyota cuya génesis se centra en la maximización del valor para el cliente sujeto a la minimización del desperdicio.

- Si el paso anterior se valida, se crea un producto mínimo viable (MVP), que es una versión barata pero lo suficientemente aceptable del objeto que se busca lanzar al mercado para contrastar las hipótesis que se tengan.¹¹
- Se obtiene retroalimentación de una muestra representativa de clientes potenciales respecto a si el producto/servicio/modelo de negocio agrega valor, así como otras características específicas asociadas al producto/servicio/modelo de negocio.
- Implementando indicadores y métricas, se analizan las retroalimentaciones levantadas y se concluye si validar o rechazar las hipótesis planteadas. De dicho análisis, el emprendedor concluye si pivota (ajusta las características rechazadas y conserva las aprobadas), mantiene o abandona el modelo de negocio.
- Si la decisión del paso previo es pivotar, se repite el proceso hasta que se manifiesten análisis concluyentes de que el producto, servicio o modelo de negocio es considerablemente aceptado por los clientes y poder lanzarlo al mercado con altas posibilidades de éxito.

Del tratamiento especificado en el párrafo anterior, se extrae la premisa metodológica de Lean Startup respecto a que el emprendedor debe *“fracasar rápido, aprender de ello lo antes posible y evitar perseverar obstinadamente en una idea equivocada que puede consumir recursos valiosos”* (Eisenmann et al., 2011). Esto se justifica dado que las ideas no validadas se rechazan rápidamente, permitiendo comprender lo que el cliente busca y necesita para así profundizar en lo que efectivamente agrega valor. Este comportamiento permite tomar control de la incertidumbre que puede provenir de aquellas soluciones diseñadas para problemas específicos, que son escaladas al mercado sin haber sido corroboradas (Rasmussen y Tanev, 2015).

Al interiorizar los fundamentos de Lean Startup, expertos concuerdan en que esta metodología práctica se orienta a la planificación de proyectos estratégicos que son parte de modelos de negocios poco convencionales y manejados en entornos volátiles (Blank, 2013; Frederiksen y Brem, 2017; Souza et al., 2019). Puesto que, al ejecutarse procesos escalables y repetibles, se validan continuamente supuestos, cesando de aquellas actividades que no aportan valor para los clientes y permitiendo mejorar continuamente.

¹¹ Los MVPs pueden ser de diversos tipos: prototipos conceptuales, prototipos funcionales, maquetas, presentaciones.

Capítulo 3 Fases a gestionar en los proyectos de I+D+i y particularidades asociadas

Siguiendo la norma UNE 166001 (AENOR, 2006b), el éxito de un proyecto de I+D+i se fundamenta en el efecto de propagación de los beneficios que representa para la organización, para algún sector económico y/o para la sociedad a corto, medio o largo plazo. Es así que, los resultados de este tipo de proyectos están orientados a ofrecer al mercado mejores productos y servicios que satisfagan lo que éste requiere, desea o necesita, sustentado en un modelo de negocio sostenible (Still, 2017).

El punto de partida de este tipo de proyectos es a través de la identificación de algún reto o desafío que tiene un segmento de la población, y que para solucionarlo, se precisa de un vasto desarrollo de investigación y tecnología (Frost et al., 2005). Dado su amplio alcance, las empresas que son generalmente los entes que conocen las necesidades del mercado, han tenido que externalizar la búsqueda de soluciones a través de la investigación tecnológica. Esta externalización se produce por el requerimiento de desarrollar tecnología fiable de mano de expertos como los que disponen las universidades, institutos de investigación, centros tecnológicos, entre otros actores que pertenecen a los ecosistemas propios de innovación de cada entorno. Es así que durante las últimas décadas, las industrias han venido desarrollando productos modernos a través de un proceso de cooperación con profesionales especialistas externos conocido como innovación abierta (Chesbrough, 2003; Berkhout et al., 2010, BBVA, 2014).

De acuerdo con algunos expertos (Krogh et al. 2007; Berkhout et al., 2010), son proyectos distintivos y destacables aquellos proyectos de I+D+i con explotación comercial proveniente del desarrollo tecnológico resultante de un proceso riguroso de investigación. Y es que, en la medida en que la empresa combine sus capacidades internas de innovación con el conocimiento y tecnología especializada asimilada del exterior, la probabilidad de obtener resultados valiosos es alta (Vicente et al., 2015). Estos esfuerzos se vuelven cada vez más dinámicos, restando importancia y competitividad a aquellos entornos estáticos como los provenientes de desarrollos cerrados ya que se prevé que al tener menos componente de innovación abierta, recaigan en la falta de financiación por tener menor capacidad de atracción.

Del inciso anterior destaca la relevancia que cada vez van adquiriendo los proyectos de I+D+i de tipo externos o cooperativos donde varias entidades desarrollan el proyecto conjuntamente. Si bien bajo este tipo de figura se promueve la colaboración entre organizaciones, es importante destacar que generalmente estas entidades son independientes y aceptan cooperar impulsadas por sus propios intereses estratégicos (Frost et al., 2005). Por lo tanto, habrá una serie de desafíos a enfrentar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Este capítulo busca presentar las etapas que suelen atravesar los proyectos de I+D+i desde el punto de vista general, y exponer los principales retos que suelen encontrarse.

3.1 Fases de los proyectos de I+D+i

En la literatura, existe una serie de descripciones sobre los ciclos que suelen atravesar los proyectos de I+D+i. León (2010) y Shek (2013) valoran que este tipo de proyectos sigue un proceso estándar de arranque, planificación, ejecución y finalización, diferenciándose únicamente por el proceso de seguimiento y control previo al momento de cierre, que adiciona el último autor. Análogamente, Frost et al. (2005) proponen un flujo determinado por una etapa inicial de preparación, negociación, ejecución, y de explotación y cierre (Figura 3.1).

Modelo León (2010)



Modelo Shek (2013)



Modelo Frost et al. (2015)



Figura 3.1: Fases de proyectos de I+D+i. Fuente: León (2010), Shek (2013), Frost et al. (2015)

Cassanelli (2012), por su parte, aprecia la incertidumbre que suelen atravesar este tipo de proyectos por lo que considera que para que la puesta en marcha del resultado sea exitoso, es importante empezar con un período de exploración de planteamientos, y continuar con los ciclos de viabilidad y de refinamiento para finalmente producir a escala del mercado (Figura 3.2).



Figura 3.2: Fases de proyectos de I+D+i. Fuente: Cassanelli (2012)

De manera similar, Still (2017) evalúa la importancia de partir desde la generación de una serie de ideas previo a seleccionar aquella que permita atender la problemática o necesidades del usuario. Es así que toma en cuenta los siguientes momentos: descubrimiento del cliente, descubrimiento de soluciones, descubrimiento de propuesta de valor y descubrimiento del crecimiento (Figura 3.3).



Figura 3.3: Fases de proyectos de I+D+i. Fuente: Still (2017)

Carranza (2020) agrupa en 3 categorías el ciclo de vida de los proyectos de I+D+i. Dichas categorías son de generación de concepto, desarrollo y lanzamiento/comercialización (Figura 3.4).

A estas categorías, están asociadas 5 fases a las cuales corresponden una serie de actividades que se identifican como relevantes para el éxito de los proyectos con enfoque de innovación abierta.¹² A la categoría de generación de concepto se agrupa la fase de generación de ideas que, luego de ser calibradas, dichas ideas pasan a la fase de desarrollo y planeación. La segunda categoría de desarrollo contempla 2 fases que están vinculadas con actividades de ejecución, elaboración de prototipos y pruebas pilotos para validación. Finalmente, la categoría de lanzamiento introduce las actividades relacionadas con la fase de producción y comercialización del producto o servicio testeado.

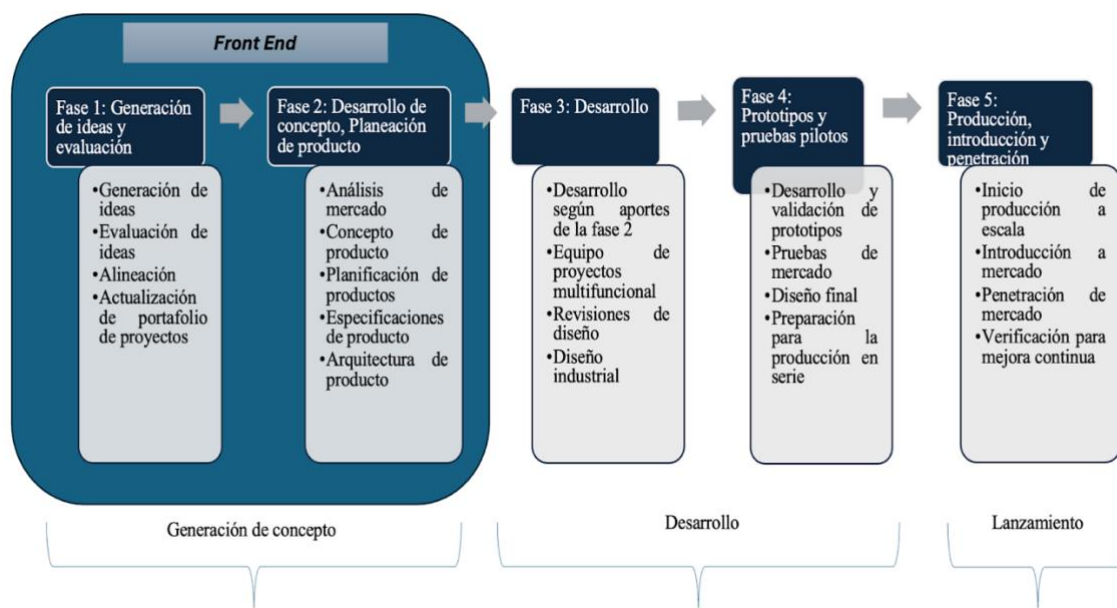


Figura 3.4: Ciclo de proyectos de I+D+i. Fuente: Carranza (2020)

Para Carranza (2020) y otros expertos (Koen et al., 2001; Reid y Brentani, 2004) la etapa inicial de generación, evaluación y planeación de concepto, también conocida como *Front End*, es la más significativa porque es donde se toman las decisiones más importantes sobre el desarrollo del producto que permitirá diferenciar al negocio propiciando mayor impacto sobre el resultado final.¹³ Este autor al igual que Gupta et al. (2000) evidencian que integrar conocimiento exteriorizado a través de procesos de innovación abierta y trabajo en red con actores externos especializados, y no únicamente restringiendo el proceso de aprendizaje y desarrollo a fuentes de la propia empresa, provoca resultados efectivos en I+D+i y crecimientos rentables para las organizaciones. Esto se fundamenta en que “*el conocimiento interno de las empresas ya no es suficiente para seguir innovando y mantener una ventaja competitiva a largo plazo. Además, de que al aplicar la colaboración en red se reduce el riesgo y se acelera el proceso de innovación*” (Carranza, 2020).

Mediante análisis cuantitativos y cualitativos, Carranza (2020) comprueba que una fase *Front End* bien gestionada maximiza la probabilidad de encontrar soluciones de alto impacto en los proyectos

¹² Innovación abierta es una terminología propuesta por Chesbrough (2003) que hace referencia a la adopción de tecnologías desarrolladas externamente. Así también, se contempla la posibilidad de que las tecnologías propias de una organización sean explotadas por terceros (BBVA, 2014).

¹³ *Front End* es la fase que contempla la generación de ideas hasta la aprobación para el desarrollo (Murphy y Kumar, 1997).

de I+D+i. Ante tal demostración, este TFM sostiene que el esquema de la Figura 3.4 resalta aquellas fases que son trascendentes de considerar para la gestión de proyectos de I+D+i. Se juzga como un esquema oportuno puesto que a diferencia de las otras propuestas revisadas, involucra a los clientes desde las actividades de generación de ideas, así como en las fases de validación de prototipos para definir ajustes necesarios. Está científicamente y comercialmente demostrado que adaptar el producto o servicio a los requerimientos del usuario, maximiza el éxito de un proyecto y de su gestión (Martínez y Pérez, 2002; Pérez y Coutín, 2005; Cooper, 2015).

Cabe mencionar que la Figura 3.4 únicamente manifiesta las fases a contemplar para direccionar los proyectos de I+D+i. No se introduce para revelar algún proceso metodológico recomendado de aplicar. Aquellas sugerencias de la literatura serán examinadas en los siguientes capítulos.

3.2 Particularidades y retos de los proyectos de I+D+i

Los proyectos de I+D+i se encaminan a atender una necesidad real que todavía no ha sido satisfecha y que una vez resuelta, agregará valor. En torno a ese propósito y siguiendo a Arroyo et al. (2019), se estima que todo proyecto de I+D+i persigue un objetivo principal alineado a las siguientes **condicionantes**:

- El objetivo del proyecto debe guardar relación con la estrategia de las organizaciones intervinientes (socios) y, por ende, con alguno de los objetivos estratégicos de dichas partes.
- El objetivo del proyecto debe ser existente. Es decir, debe encaminarse a generar o aplicar conocimiento para atender un desafío, problemática o deseo de la sociedad que sigue insatisfecha.
- El objetivo del proyecto debe enmarcarse a requisitos socioeconómicos, éticos, ambientales, entre otros, de la comunidad en donde será aplicado puesto que así provocará mayor impacto. Esto, incluso, es más atractivo para el levantamiento de fondos y facilita la financiación del proyecto.

Por otra parte, al ser proyectos de amplio alcance generalmente se requiere de la asociación o conformación de consorcios para cumplir con los fines específicos del proyecto. Las **particularidades o desafíos organizacionales** que autores como Sánchez y Pérez (2002) y Frost et al. (2005) han distinguido son:

- Las alianzas se establecen con la finalidad de obtener acceso a la nueva tecnología que se despliegue y así obtener ventajas para el desarrollo de nuevos productos o servicios, construir aliados estratégicos con otras empresas o grupos de investigación de alto impacto. No obstante, cada participante persigue sus propias metas por lo que alinear los intereses de cada ente a los objetivos del proyecto y a la fase de explotación posterior denota gran desafío. Impulsar la cooperación y la confianza de las partes interesadas es trascendental, más aún si no existe interdependencia fuera de la colaboración para el proyecto.
- Los aspectos culturales de las partes pueden ser retadores. Hay proyectos que se establecen con aliados internacionales, por lo que manejar la idiosincrasia de cada miembro se vuelve un desafío.
- Si existe escaso apoyo y compromiso de la alta dirección, la continuidad del proyecto puede verse afectada cuando aparezcan desviaciones de costos y tiempos.
- Los perfiles de los intervinientes se convierten en otra particularidad. Por ejemplo, ciertos participantes tendrán un aporte más académico, otros más ingenieriles y otros más estratégicos. Entablar la mentalidad de cultura de proyecto, trabajo en equipo y habilidades

multifuncionales para lograr sinergia entre perfiles más reactivos con aquellos más proactivos no necesariamente es sencillo.

- La autogestión del aporte de cada socio es otra prevención. Por ejemplo, al no manejar efectivamente las contrariedades que presente alguna de las partes puede significar retrasos o riesgos para el proyecto.
- En línea con el punto anterior, subyace el limitado intercambio de información entre las partes. La falta de comunicación a tiempo puede ser un causal de que los proyectos de este tipo no satisfagan las expectativas.
- No contar con una dirección que desarrolle las estrategias y competencias necesarias para coordinar una gestión efectiva y eficiente de los factores involucrados.

Referente a los **retos** que se visualizan a lo largo del ciclo de vida de este tipo de proyectos, en línea con Martínez y Pérez (2002), Frost et al. (2005) y León (2010), se resaltan:

- Encaminar correctamente la necesidad desde la fase inicial. Si los usuarios no logran transmitir lo que verdaderamente requieren o en su defecto, las empresas tampoco logran capturar lo que la sociedad realmente demanda, esto se convierte en una problemática de gran valor. Si no se precisa la necesidad o se la caracteriza correctamente, la generación del concepto y el conocimiento tecnológico que se produzca, no tendrá el efecto e impacto deseado.
- Si no se logra identificar e interpretar los requerimientos adecuadamente, las actividades de ideación, exploración y evaluación no estarán encaminadas a aportar soluciones que satisfagan las expectativas del mercado. Por tanto las fases 1 y 2 correspondiente al *Front End* tendrán desaciertos.
- Dificultad para priorizar aquellas ideas de solución que puedan tener mayor potencial de desarrollo ante escenarios de alta incertidumbre.
- Procesos poco estructurados para direccionar cómo las ideas serán desarrolladas o escaso soporte con herramientas que permitan medir los riesgos de la definición del nuevo producto.
- Establecer criterios poco transparentes para evaluar objetivamente las ideas de solución que previamente han sido conceptualizadas.
- Escasa participación del usuario o cliente potencial en las etapas iniciales y de desarrollo, permitiendo validar los resultados parciales antes de su puesta en marcha y lanzamiento en mercado.
- No establecer métricas que permitan visualizar el impacto positivo que generará el proyecto para la organización tales como estimaciones de incremento en ventas, retorno de la inversión y ahorro en costes, principalmente.
- Establecer un alcance como base que permita orientar futuras decisiones de ajustes que puedan surgir durante el curso de la investigación.
- Metodología con cronograma de actividades donde correspondan resultados parciales o hitos de las partes participantes. Poder identificar tales precisiones es de utilidad cuando se depende de los resultados de otros para el curso de las actividades y así evitar retrasos.
- Ajustes en presupuestos por estimaciones erróneas como, por ejemplo, no establecer adecuadamente los costes elegibles y permitidos, subestimar o sobreestimar los gastos previstos, no contemplar costes indirectos, entre otros.
- Minimizar los riesgos por desconocimiento del objeto o del contexto de la investigación, así como de las restricciones y limitaciones de cada socio participante.
- No establecer un plan de proyecto adecuado que contemple, entre otros aspectos, mecanismos de seguimiento, coordinación y comunicación entre las partes interesadas, gestión de riesgos y decisiones, monitorización de calidad.

- Controles periódicos que permitan detectar variaciones de lo previsto y dar respuestas de ajustes.
- Cuestionamiento sobre documentar o no las desviaciones presentadas en el curso del proyecto, así como sus causas y correcciones.
- Tratar los temas de explotación de resultados y distribución de potenciales beneficios en la fase final del proyecto, posterior al desarrollo.

Otras **particularidades contextuales** que autores como Cassanelli (2012) y Arroyo et al. (2019) han hallado son:

- Pretender que el ciclo de vida de los proyectos de I+D+i se deben manejar de la misma manera, y no de forma adaptativa en función de la naturaleza y características propias del proyecto.
- Considerar que el nivel de riesgo de los proyectos de I+D+i son similares, que los equipos de trabajo responden de manera semejante, que las partes interesadas tienen comportamientos parecidos, y que los patrocinios deben ser gestionados de forma equivalente.
- La selección de convocatorias para levantar fondos de financiamiento para este tipo de proyectos suele ser crucial en la fase inicial de gestión. Por lo que se debe identificar programas de ayuda que vayan en línea con las condiciones, objetivos, intereses, nivel de riesgo tecnológico, etc., que tiene el proyecto así como sus partes involucradas.
- El marco legal en que se sustentará el proyecto es un criterio que se debe contemplar.

Si bien no existe una receta estándar que determine el éxito de los proyectos de I+D+i, identificar al menos cuáles son aquellas particularidades cruciales permite dotar de un punto de partida que favorezca la gestión de los mismos y aumente las posibilidades de concluirlos de manera favorable. Hay que tener en cuenta que cada proyecto de I+D+i tiene su naturaleza propia, por tanto las medidas que se desarrollen para su gestión dependen de los elementos que lo condicionan, las partes vinculantes, entre otras variables específicas.

Capítulo 4 Comparación de metodologías tradicionales y marcos ágiles

En el momento de tener que escoger alguna metodología o guía de trabajo para gestionar los proyectos, una de las principales interrogantes está orientada a reconocer cuál de los métodos es preferible. No obstante, no existe algún elemento verificador que permita dar respuestas estándar a este cuestionamiento porque, como manifiesta Girón (2021), “ningún modelo es mejor que otro, sino que dependerá del proyecto en sí y del contexto, empresa o grupo de trabajo en el que se va a llevar a cabo”.

Sin embargo, se pueden identificar las particularidades de cada método y así evaluar si en función de las características propias del proyecto, características de la organización o de los involucrados, etc., dicho sistema puede ser empleado para potenciar el plan a desarrollar.

Dado los recursos existentes en la literatura, este capítulo plantea una exploración comparativa basada en características definidas de las metodologías *waterfall* y buenas prácticas ágiles puntualizadas en el capítulo 2. La finalidad de realizar esta práctica es facilitar información que sirva como insumo en caso que, algún lector, requiera identificar metodologías convenientes de adoptar dado ciertos factores característicos en algún proyecto de I+D+i que disponga.

4.1 Ventajas e inconvenientes de las metodologías predictivas y adaptativas

Disponer de un marco de trabajo que esté alineado con las características propias del proyecto, así como con otros elementos diferenciadores de la organización, contexto, involucrados, etc., es de gran utilidad para alcanzar los objetivos y resultados esperados. Hay que destacar que la metodología que se emplee es un conjunto de buenas prácticas y referencias estandarizadas, por tanto no se debe suponer que el aplicar algún tipo de metodología garantizará el éxito del proyecto, incluso si ésta es la más conveniente. Para lograrlo, habrá que adaptar la metodología a las particularidades del proyecto y no figurar que el proyecto debe ajustarse a lo que este sistema sugiera.

Todo líder de proyecto tiene el rol de identificar los aspectos más relevantes de cada marco de trabajo, para así discernir si es conveniente aplicarlo para la gestión del proyecto. Así también, el director de proyecto debe establecer en qué medida agrega valor o genera algún tipo de obstáculo el adaptar alguna práctica metodológica dada las singularidades y condiciones del proyecto que maneja. Por tal razón, es conveniente partir reconociendo las posibles ventajas y contrariedades de las metodologías con las que se dispone.

A continuación, se comentan sobre ciertas cualidades e inconvenientes que se han encontrado desde una perspectiva general respecto a las metodologías predictivas y entornos ágiles. Cabe mencionar que estas ventajas y desventajas se enfocan en lo que impulsa cada marco referencial (Figura 4.1). Por ejemplo, el PMBOK al ser reconocido como un sistema metodológico tradicional predictivo, persigue que, a partir de los requerimientos trazados desde el inicio, se planifiquen acciones secuenciales para cumplir con lo previsto. Por su parte, los marcos adaptativos de P3.express, Scrum y Lean Startup resaltan la importancia del recurso humano, su intervención y comunicación

continua. Además, no concentra sus esfuerzos para generar un producto final como se pudo haber visualizado inicialmente, sino más bien un producto iterado, adaptable y mejorable.¹⁴



Figura 4.1: Comportamientos de las metodologías tradicionales y ágiles. Fuente: López (2018)

4.1.1. Ventajas de metodologías predictivas

Siguiendo a Roger (2012), Figueroa et al. (2015), López (2018), Battoia (2019) y Girón (2021), se plantean como atributos genéricos las siguientes características de los modelos predictivos:

- La totalidad de la ejecución de los proyectos se aprueban y quedan formalizados desde el inicio.
- Los proyectos son planificados íntegramente. Quedan definidas las fases y los roles a seguir para cumplimiento del objetivo del proyecto.
- Cuando existen actividades que no están estrictamente relacionadas entre sí, el equipo puede reprogramar el curso de las mismas dado el escaso impacto que traerá en el curso del proyecto.
- Facilidad para seguimiento, monitorización y control dada la documentación de procesos.
- Se identifican y definen parámetros de calidad.
- Bajo nivel de incertidumbre.
- Aplicación orientada a proyectos de gran alcance, promovido por organizaciones con esquemas tradicionales. Así también, usualmente se requiere aplicar para gestionar proyectos financiados por fondos públicos y/o de cooperación internacional.

4.1.2. Desventajas de metodologías predictivas

Tomando como referencia a Roger (2012), Figueroa et al. (2015), López (2018), Jaramillo (2021) y Girón (2021), se plantean como limitantes genéricas las siguientes características de los modelos predictivos:

- Escasa flexibilidad para modificar o adaptar algún entregable dado que se debe, en principio, seguir conforme a lo planificado. En caso de tener que hacerlo, esto significará altos costes e incomodidad para los involucrados.

¹⁴ En este análisis, a P3.express se lo contempla como entorno ágil por su naturaleza dinámica y de mejoras continuas.

- Poca retroalimentación. Al tener el cliente poca injerencia durante el desarrollo del proyecto, éste puede no quedar satisfecho con el resultado final que se entregue. Lo que puede representar sobre-esfuerzos, sobre-tiempos y/o sobre-costes para reparar cualquier disconformidad.
- Procedimientos extensos, con formalismo y burocracia establecida, por lo que no se vuelve atractivo de implementar en proyectos pequeños.
- Manejo de tiempos restringidos e incluso puede existir presencia de recursos ociosos. No se puede avanzar con las actividades si no se han concluido las que estaban previamente.
- Alta dependencia a la figura del director del proyecto y escasa auto-gestión del equipo.

4.1.3. Ventajas de marcos adaptativos

De acuerdo con Roger (2012), Figueroa et al. (2015), López (2018), Senabre (2019), y Girón (2021), se plantean como beneficios las siguientes características de los marcos adaptativos:

- Visualización del producto por parte del cliente a través de entrega de desarrollos parciales. De esta manera, el cliente puede conocer las funcionalidades del producto, y tomar decisiones de ajustes con antelación.
- Involucramiento del cliente o promotor del proyecto en el proceso, lo que reduce tiempos de respuestas ante solicitudes/aprobaciones y riesgos asociados porque éste se siente parte del equipo.
- Posibilidad de entregar una versión con características elementales de funcionalidad y diseño para que sean exploradas y testeadas temporalmente en mercado con usuarios previo a su escalamiento industrial. Producto de las validaciones en mercado se capturan requerimientos incrementales de mejoras para las iteraciones posteriores.
- El equipo tiene un comportamiento inminente de autoorganización y autogestión. No existe dependencia a otros perfiles para guiar los desarrollos.
- Las reuniones periódicas de actualización facilita que el proyecto fluya sin contrariedades que no hayan sido contempladas previamente.
- Al contar con una línea base de comunicación estructurada y de tareas e hitos, se repercute positivamente en la ejecución del proyecto.

4.1.4. Desventajas de marcos adaptativos

En conformidad con Roger (2012), Figueroa et al. (2015), García (2015), López (2018), Battoia (2019), Senabre (2019), Jaramillo (2021) y Girón (2021), se plantean como desventajas las siguientes características de los marcos adaptativos:

- Dependencia de los miembros del equipo de inicio a fin. Si algún miembro abandona el desarrollo, la productividad en el proyecto puede afectarse.
- Escasa gestión del conocimiento dado que no se documenta. Por tanto, las lecciones aprendidas quedan en los miembros del equipo y no se capitaliza.
- Si el cliente tiene poco interés e involucramiento, el proyecto puede verse afectado. Por ejemplo, el proyecto perderá valor ante retroalimentaciones poco claras y constructivas por parte del cliente.
- Dada la permisividad de modificaciones que admiten estos marcos de gestión, el proyecto puede sufrir desviaciones constantes lo que significa afectaciones en calidad, dilataciones en tiempos e incrementos en costes.
- No se pone a disposición herramientas, técnicas y orientaciones concretas de cómo abordar los desarrollos.

- La rigurosidad de establecer reuniones retrospectivas siguiendo los tiempos establecidos por los marcos metodológicos no necesariamente puede funcionar para todos los tipos de proyectos y todas las partes involucradas.

4.2 Comparativa de metodologías predictivas y adaptativas

Los incisos anteriores permiten apreciar cuáles son los puntos convenientes y disonantes de los dos enfoques generales en que se pueden gestionar cualquier tipo de proyecto, incluido los proyectos de I+D+i. Bajo una perspectiva tradicional, *waterfall* o predictiva, las condicionantes de alcance, tiempo y coste son establecidas desde el inicio y cualquier alteración en alguno de estos factores debe ser gestionada de forma sistemática y diligente. Mientras que, desde una perspectiva adaptativa o *agile*, el alcance se va asentando al comienzo de cada iteración.

Ahora bien, es interesante comparar ambos enfoques (*agile* y *waterfall*) para extraer conocimientos que no se facilitan al detallar de forma individual cada marco de trabajo, tales como similitudes, diferencias, relaciones, pertinencias o prevenciones. Para realizar este tipo de análisis comparativo, es importante establecer bajo qué parámetros se producirá dicha observación.

En línea con Girón (2021) y Riaño (2021), los elementos que son examinados en este TFM están asociados a atributos de relevancia [R], particularidad [P] y aplicabilidad [A] según tipo de proyectos. La Tabla 4.1 contiene en la columna *Ítem* aquellos factores objeto de comparación. Las columnas siguientes nombran los estándares de trabajo bajo los cuales se ha realizado el objeto de análisis.¹⁵ Cabe señalar que la comparación efectuada ha sido producto de una exhaustiva revisión bibliográfica.

Tabla 4.1: Comparativo PMBOK, P3.express, Scrum, Lean Startup. Fuente: Ries (2011), García (2015), PMI (2017); Agudelo y Murillo (2018), López (2018), Orejuela et al. (2019), Múnica et al. (2020), Schwaber y Sutherland (2020), Riaño (2021), Girón (2021), Nader (2023)

| Ítem | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|-------------------|--|---|--|---|
| Marco general [R] | Engloba la planificación, gestión, control y organización del proyecto | Distribuido por fases de inicio y cierre, y ciclos de gestión mensual, semanal y diario | Estructurado por eventos o <i>Sprints</i> : <i>Sprint Planning</i> , <i>Daily Scrum</i> , <i>Sprint Review</i> | Avances iterativos de corta duración para validación de hipótesis y mejoras incrementales |

¹⁵ Siguiendo lo sugerido por López (2018), la familia de normas UNE revisadas en el capítulo 2 no han sido tomadas en consideración en el análisis por ser un sumario orientativo y no un marco metodológico en estricto rigor.

| Ítem | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|-------------------------|---|--|---|---|
| Naturaleza [P] | Tradicional | Híbrido: combina enfoque tradicional y ágiles | Ágil | Ágil |
| Prioridad [R] | Efectuar de lo planificado | Valor del producto sin desorientarse del proceso | Valor del producto | Valor del producto |
| Tipos de proyectos [P] | Todo tipo de proyectos, públicos y privados | Todo tipo de proyectos, públicos y privados | Empleado para la gestión y desarrollo de software, principalmente. Aunque actualmente se lo emplea para otras áreas de proyectos (i.e. seguridad) | Todo tipo de proyectos que está en etapa temprana. Se aplica más en el ámbito privado |
| Tamaño de proyecto [P] | Medianos y prolongados | Pequeños, medianos y prolongados | Pequeños y medianos | Pequeños, medianos y prolongados |
| Enfoque [R] | Por procesos: inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, cierre | Por procesos y grupos | Según la petición del cliente | Según la petición del cliente |
| Valoración [P] | Procesos | Procesos y personas | Personas | Procesos y personas |
| Elemento distintivo [R] | 10 áreas de conocimiento, 49 procesos | 6 principios, 7 grupos, 33 actividades, 4 roles, 4 artefactos, gestión posterior al cierre del proyecto para evaluar beneficios y nuevas ideas | 1 manifiesto, 4 valores, 12 principios, 3 ceremonias, 3 roles, 3 artefactos | 5 principios, proceso iterativo BML <i>Construir-Medir-Aprender</i> , validaciones empleando técnicas de pruebas de hipótesis, creación de MVP, pivotes |

| Ítem | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|---|--|--|--|---|
| Habilitador de inicio de proyecto [P] | Acta de constitución | Plan de alto nivel con consentimiento del patrocinador | Instaurar la visión del proyecto, aprobación de éste y de su financiación | Ideación y lirespectiva validación inicial |
| Nivel de detalles inicial de requisitos [P] | Elevado | Elevado | Bajo, se va alimentando de manera incremental | Elemental, se va alimentando de manera incremental |
| Tipo de estructura [R] | Secuencial | 2 etapas secuenciales (inicio y cierre), y 3 gestiones iterativas (mensual, semanal, diaria) | Iterativo | Experimentación, prueba e iteración |
| Flexibilidad ante cambios [R] | Flexibilidad restringida | Flexible, se administran solicitudes de cambio al término del ciclo mensual | Alta flexibilidad, ajustes se realizan al término de cada ciclo | Alta flexibilidad, ajustes se realizan posterior a cada validación |
| Retroalimentación [P] | Acotada/ limitada | En ciclo mensual se evalúa satisfacción de interesados y se realiza revisión por pares | De manera continua | De manera continua |
| Documentación [P] | Rigurosa, detallada | Simple | Simple y concisa | Simple y concisa |
| Roles y responsabilidades [P] | Director de proyecto y equipo definido | Patrocinador, director de proyecto, líderes de equipos, director de proveedores | <i>Product owner</i> , <i>Scrum Master</i> y miembros de equipos especificados. Responsabilidades establecidas | <i>Product manager</i> , desarrollador, diseñador UX/UI, <i>Customer development</i> , <i>Scrum Master</i> (opcional) |
| Tipo de gestión [R] | Dirigida/ controlada | Dirigida y colaborativa | Colaborativa | Colaborativa y multidisciplinaria |

| Ítem | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|----------------------------------|---|--|--|---|
| Funcionalidad del equipo [P] | Estática | Híbrido | Flexible | Flexible |
| Entregas [P] | Avances al cierre de cada fase establecida con hitos identificados | Entregas parciales al término de cada ciclo mensual | Entregas parciales al término de cada <i>Sprint</i> | Iteraciones y MVPs se realizan semanales o quincenales, el <i>feedback</i> de usuario se entrega luego de cada iteración, reportes de métricas se entregan semanal |
| Solución [R] | Fijada | Adaptada | Adaptada | Adaptada |
| Involucramiento de cliente [P] | En la etapa de inicio y cierre del proyecto | Cliente involucrado durante la ejecución del proyecto | Cliente involucrado durante la ejecución del proyecto | Muestra de clientes potenciales involucrados durante desarrollo |
| Duración [P] | Larga | Mediana | Corta | Corta |
| Variables asociadas al fallo [A] | Proyectos con alcance desconocidos y/o no definidos claramente, modificación de requerimientos, incorrecta planificación, mala estimación de costes, escasa monitorización, deficiente previsión de riesgos, inadecuada gestión de involucrados, mala gestión de comunicaciones | Incomprensión del marco metodológico y proyectos no compatibles, retroalimentación sin agregación de valor, gestión incorrecta de comunicaciones | Incomprensión del marco metodológico y proyectos incompatibles, retroalimentación con escasa agregación de valor | Validaciones de hipótesis equivocadas, incorrecta interpretación de las métricas, retroalimentación de escaso valor, levantar muchas hipótesis, iteraciones lentas, MVPs poco funcionales |

| Ítem | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|---|---------------|--------------|------------|--------------|
| Incertidumbre asociado al proyecto [R] | Bajo | Considerable | Elevado | Elevado |
| Desviaciones en alcance [R] | No permisible | Permisible | Permisible | Permisible |
| Impacto ante errores o cambios [R] | Alto | Mediano | Bajo | Bajo |
| Grado de orientación a resultados innovadores [A] | Bajo-medio | Medio-alto | Alto | Alto |

A través de la Tabla 4.1 se puede extraer información pertinente de unos marcos sobre otros. Se identifica como factores o ítems de relevancia [R] al marco general, prioridad, enfoque, elementos distintivos, tipo de estructura, flexibilidad ante cambios, tipo de gestión, solución, desviaciones en alcance e impacto ante errores o cambios puesto que, al desconocer estas aclaraciones y no tomarlas en consideración para la gestión de los proyectos, pueden tener efectos significativos sobre los mismos. A modo resumen se observa que el estándar tradicional PMBOK sigue un esquema estructurado a diferencia de los marcos P3.express, Scrum y Lean Startup que se organizan de forma dinámica. El comportamiento de este elemento justifica la prioridad que tiene cada estándar: PMBOK de no desviarse de lo que se haya planificado, mientras que Scrum y Lean Startup centran sus esfuerzos en maximizar el valor en el producto porque conocen que las necesidades o expectativas pueden ser cambiantes. Por su parte P3.express se centra en asegurar valor en el entregable final pero sin desviarse de los procesos establecidos.

En relación a cómo enfocan la gestión de los proyectos, PMBOK lo organiza bajo sus 5 macroprocesos o grupos de procesos secuenciales señalados en la Tabla 4.1. P3.express dispone procesos de iniciación y cierre, administrando en el intermedio ciclos mensuales donde se iteran actividades dada las retroalimentaciones recibidas (Roberto, 2022). Por su parte, Scrum y Lean Startup se establecen por iteraciones ajustadas a las necesidades y requerimientos del cliente o usuario. Estos comportamientos denotan la alta flexibilidad y permisión a cambios que administran P3.express, Scrum y Lean Startup frente a la acotada flexibilidad y no permisión a desviaciones que presenta PMBOK. Es que, ante modificaciones durante la ejecución, el impacto sobre el resultado será alto bajo el enfoque de gestión tradicional. Por dicha razón, el nivel de incertidumbre admitido es bajo. A diferencia de los enfoques dinámicos que se constituyen bajo planteamientos adaptativos y donde el nivel de incertidumbre es considerable o elevado.

Con respecto a los *ítems* de particularidad [P] destaca que la metodología tradicional se ha implementado mayoritariamente para gestionar todo tipo de proyectos, de preferencia aquellos de tamaño medianos y extensos, por ser un estándar ampliamente reconocido. Además de que, dada la considerable duración de los proyectos, el nivel de detalle y formalidad es elevado para mantener la confianza de los *stakeholders* que persiguen el éxito del proyecto. Otras particularidades es que

PMBOK sigue una gestión dirigida por un director de proyecto que se soporta en un equipo de trabajo con sus funciones distribuidas, donde se planifican las actividades desde fases tempranas estableciendo hitos y entregables.

De manera opuesta, los métodos ágiles como Scrum y Lean Startup e híbridos como P3.express, son más ideales para gestionar proyectos de menor escala y corta duración por los principios de flexibilidad y adaptabilidad sobre los que se asientan. Estos estándares pueden responder rápidamente a cambios, experimentar, validar e iterar en ciclos cortos, suprimir formalismos y procesos documentales, lo cual es beneficioso para proyectos donde los recursos son limitados. Las técnicas de P3.express, Lean Startup, y especialmente Scrum, valoran el recurso humano puesto que consideran que la interacción, colaboración, comunicación y compromiso de las personas es trascendental para el éxito del proyecto. Es así que promueven una gestión compartida y participativa durante el desarrollo, involucrando activamente a los clientes y usuarios para obtener retroalimentación continua y encaminarse a resultados que cubran sus expectativas.

Concerniente a los *ítems* de aplicabilidad [A], se puede mencionar que dada las características expuestas, los procedimientos tradicionales pueden ser adaptados a proyectos públicos o privados donde el nivel de formalismo, documentación de soporte y la adopción de marco de referencia con reconocimiento internacional sea altamente valorable. En estos ámbitos conservadores la tolerancia al riesgo suele ser menor. Contrariamente, aquellos proyectos con flexibilidad a entornos volátiles y de incertidumbre, que se encuentran en fases tempranas, y orientados a conseguir resultados creativos, innovadores y disruptivos, prefieren implementar buenas prácticas ágiles.

4.3 Compatibilidad de las metodologías predictivas y adaptativas ante particularidades de proyectos de I+D+i

Dadas las características propias de cada marco metodológico resaltadas en la sección anterior, la Tabla 4.2 registra aquellas particularidades de los proyectos de I+D+i expuestas en la sección 3.2. que pueden ser administradas por PMBOK, P3.express, Scrum y Lean Startup.

Por medio de este ejercicio, lo que se presenta es el grado (bajo, medio, alto) en que los cuerpos de conocimientos revisados atienden las particularidades o desafíos que suelen presentarse comúnmente en cualquier proyecto de I+D+i. Es importante señalar que esta práctica se explora de forma cualitativa, en base a lo observado en fuentes documentales de proyectos y los respectivos manuales metodológicos.

Tabla 4.2: Nivel de atención que ofrece PMBOK, P3.express, Scrum y Lean Startup a las particularidades de los proyectos de I+D+i. Fuente: Ries (2011), García (2015), PMI (2017); Agudelo y Murillo (2018), López (2018), Orejuela et al. (2019), Múnera et al. (2020), Schwaber y Sutherland (2020), Riaño (2021), Girón (2021), Nader (2023)

| Particularidad | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|---|------------|------------|-------|--------------|
| Cooperación y confianza de las partes interesadas | Medio-alto | Alto | Alto | Alto |
| Mentalidad de cultura de proyecto, trabajo en equipo y habilidades multifuncionales | Medio-alto | Medio-alto | Alto | Alto |

| Particularidad | PMBOK | P3.express | Scrum | Lean Startup |
|--|-------|------------|-------|--------------|
| Apoyo y compromiso de la alta dirección | Alto | Alto | Alto | Alto |
| Encaminar correctamente la necesidad del cliente o usuario | Bajo | Medio | Alto | Alto |
| Participación activa del usuario o cliente potencial | Bajo | Alto | Alto | Alto |
| Métricas para visualizar el impacto del proyecto | Bajo | Bajo | Bajo | Medio-alto |
| Detectar desviaciones y ajustar | Medio | Medio-alto | Alto | Alto |
| Documentar desviaciones, causas y correcciones | Alto | Alto | Bajo | Medio |

Respecto a la cooperación y confianza de las partes interesadas, los cuatro procedimientos evaluados ofrecen notable grado de atención a los *stakeholders* puesto que reconocen la importancia de su gestión a lo largo del proyecto para alcanzar resultados exitosos. No obstante, P3.express, Scrum y Lean Startup promueven una participación activa y no sólo reactiva ya que, como se ha venido refiriendo, los involucran al revisar conjuntamente progresos, comprender sus necesidades, discutir problemáticas, atender solicitudes de cambios y planificar conjuntamente la respuestas a desviaciones que generalmente se suelen presentar en proyectos de I+D+i.

Para la mentalidad de cultura de proyecto, trabajo en equipo y habilidades multifuncionales que son relevantes en los proyectos de I+D+i, tanto Scrum como Lean Startup destacan expresamente la importancia de trabajar de forma compenetrada con un recurso humano con habilidades combinadas y con competencias técnicas, analíticas y de negocio, para así responder rápidamente a los cambios e incertidumbre que se presente. Por su parte, P3.express y PMBOK no lo describen puntualmente pero reconoce la relevancia de un equipo con capacidades y destrezas para cubrir las áreas de conocimiento que intervienen en el éxito del proyecto.

Las cuatro metodologías consideran como esencial el apoyo y compromiso de la alta dirección, lo cual es crítico en todo proyecto de I+D+i. PMBOK lo refuerza a través de mecanismos como respaldo estratégico y financiero. P3.express por medio de retroalimentaciones en las revisiones mensuales. Scrum con involucramiento continuo dando *feedback*, prestando atención a los impedimentos organizacionales que desentonan la continuidad del proyecto, validando el curso del proyecto y concertando prioridades. Lean Startup lo reafirma con la asignación de recursos para ejecutar los ciclos *Construir-Medir-Aprender* y respaldando al equipo para experimentar, fracasar y aprender de dichos errores.

Referente a la condición de encaminar correctamente la necesidad del cliente, los marcos de gestión de Scrum y Lean Startup predominan puesto que centran su enfoque en el usuario. Desde etapas tempranas involucran la participación del cliente, validando, retroalimentando continuamente y ajustando conforme a los requerimientos que se vayan experimentando, y realizando iteraciones

con entregas incrementales que agreguen valor. Con esto se afianza el proceso para entregar un resultado que satisfaga. Por su parte, P3.express no brinda detalles específicos de cómo se aborda este tema, sin embargo su enfoque simple, pragmático e iterativo lleva a concluir que medianamente puede satisfacer esta condición. A PMBOK se le ha dado una categorización baja puesto que, para cumplir con este requerimiento, se demanda que el cliente conozca de manera precisa la problemática o lo que desea obtener como resultado. Sin embargo, los proyectos de I+D+i pueden partir de una necesidad que no está claramente identificada o en su defecto, como se ha expuesto en la sección 1.2.1., los resultados no necesariamente pueden ser los buscados inicialmente.

De acuerdo con lo descrito en el párrafo anterior, se califica como baja la participación activa del usuario o cliente potencial durante la ejecución del proyecto para el enfoque del PMBOK, y alta para los enfoques de P3.express, Scrum y Lean Startup. Respecto a la detección y ajustes ante desviaciones, los enfoques dinámicos tienen alto grado debido a la rapidez con que las localizan y resuelven ya que por sus principios y métodos de actuación sucede durante los ciclos o experimentos regulares. Contrario a PMBOK, cuyo grado es medio, porque los factores de alteración se identifican durante la etapa de monitoreo y control, y ante ello, hay que activar procesos metódicos de control de cambios para evaluar causas, impacto y acciones correctivas. Es así que este estándar tradicional aplica documentación estructurada y detallada de desviaciones, a diferencia de las prácticas ágiles donde se registran de manera ligera pero pragmática.

Con relación al establecimiento de métricas para visualizar el impacto del proyecto, PMBOK y P3.express sugieren el uso pero no las proporcionan. Por su parte, Scrum ofrece guías para medir el progreso del equipo y del desarrollo. No obstante, para los proyectos de I+D+i es más notable valorar el impacto dada la inversión requerida. En relación a ello, Lean Startup menciona métricas para validación del producto y del mercado tales como margen bruto, retribuciones periódicas, métrica del MVP para evaluar si el producto satisface las necesidades del cliente.

Por medio de esta práctica realizada, se han facilitado insumos para que el lector puede discernir cuál marco metodológico, o qué combinación de métodos, admite implementar para atender las características de su proyecto, satisfacer el objetivo que persigue y encaminarse a obtener resultados exitosos en la gestión de proyectos de I+D+i.

Capítulo 5 Propuesta metodológica para gestionar proyectos de I+D+i

En un contexto global, con alta complejidad e incertidumbre y aguda competencia, las organizaciones buscan desarrollar proyectos no únicamente para mantener satisfecho al mercado, sino para garantizar la sostenibilidad del mismo. Dichas metas son ambiciosas, y a la vez desafiantes, por lo que se requiere generar nuevo conocimiento o transformar alguno para resolver la necesidad latente, ofreciendo productos o servicios creativos, diferenciadores y con agregación de valor.

Para cumplir con dicho propósito, las organizaciones requieren desarrollar proyectos de I+D+i que, como se ha señalado en capítulos anteriores, cada vez son más colaborativos. De por sí gestionar este tipo de proyectos es retador, no obstante cuando se involucra la participación de otros interesados, las dificultades se acentúan. Por tanto, los entes deben compilar un conjunto de buenas prácticas alimentadas en la integración de técnicas y herramientas provenientes de marcos metodológicos que cumplan ciertos criterios establecidos, para así realizar una gestión efectiva que permita alcanzar resultados exitosos que satisfagan a las partes vinculantes.

Si bien el apremio anteriormente era identificar cuál enfoque era más idóneo de aplicar (tradicional o ágil), en la actualidad se considera que una gestión híbrida es favorable. Específicamente para los proyectos de I+D+i, donde el alcance no necesariamente está definido con claridad pero se conoce que el resultado es generar impacto trascendental, este tipo de enfoque está siendo útil porque se vuelve menos costoso de implementar, alcanza resultados de calidad, y se adapta a las especificaciones, procesos y culturas organizacionales (Conforto y Amaral, 2016; Imani et al., 2017; Bianchi et al., 2022; Mirzaei et al., 2023).

Debido a los compromisos sustanciales que se adquieren con diferentes interesados para la ejecución de los mismos, así como la extensión y complejidad que los caracteriza, parece oportuno acoplar la rigurosidad y disciplina del enfoque *waterfall* y la flexibilidad ante cambios del enfoque *agile* (PMI Levante, 2021). Cabe señalar que este enfoque híbrido no implica desarrollar uno nuevo, sino determinar aquellas prácticas de marcos predictivos y adaptativos que son oportunas de implementar en cada fase dada las características del proyecto y la gobernanza de la organización (PMI Levante, 2021).

El valor agregado de este TFM, desplegado por medio de este capítulo, es presentar una propuesta original de enfoque híbrido que combine buenas prácticas de PMBOK, P3.express, Scrum y Lean Startup para gestionar el ciclo de vida de los proyectos de I+D+i propuesto por Carranza (2020), y revisado en la sección 3.1. Este planteamiento es inédito puesto que en la literatura existen ciertas sugerencias de enfoques híbridos pero orientados a proyectos de desarrollo de software compaginando principalmente herramientas de PMBOK y Scrum, Scrum y XP, PMBOK y Lean, y PMBOK, Scrum, Kanban (Besner y Hobbs, 2012; Fernandes et al., 2013; Kyznite et al., 2016; Cristaldo et al., 2019). O en su defecto, proyectos de I+D+i pero únicamente aplicando técnicas generalistas de administración de proyectos o combinando las técnicas de PMBOK y Scrum (Fernandes et al., 2015; Rosenberger y Tick, 2019; Romezani, 2019; Jesemann et al., 2020).

Es fundamental señalar que ésta es una propuesta conceptual que se construye a partir de una revisión de literatura minuciosa. Por tanto, no ha sido aplicada ni validada a través de un entorno real. La intención con la que se propone es para entablar un punto de partida que pueda ser adaptado a las particularidades específicas de proyectos de I+D+i.

La Figura 5.1 presenta la propuesta de enfoque híbrido para gestionar este tipo de proyectos de alto impacto, donde las columnas representan las fases que se atraviesan durante la ejecución. Es importante resaltar que se han adicionado dos etapas al ciclo de vida propuesto por Carranza (2020): una fase de cierre para entregar el resultado final del proyecto antes de ser escalado comercialmente, habiendo éste sido validado a través de pruebas de mercado, y una fase post-proyecto para evaluar los beneficios que ha representado el desarrollo del mismo. Los colores de cada práctica indican el método de trabajo por el cual ésta es sugerida: PMBOK, P3.express, Scrum o Lean Startup. Así también, las acciones están organizadas secuencialmente con la finalidad de exponer concordancia durante las etapas que atraviese la dirección del proyecto.

Según lo expuesto por Carranza (2020), la etapa inicial donde se generan las ideas o *Front End* (Fase 1 y 2) es altamente significativa porque de ella depende lo que se apruebe para el desarrollo. Si lo que se desarrolla no es lo que se solicita, la falencia vendrá explicada en gran medida por una mala gestión de esta etapa. Morris (1997) secunda afirmando que “*las decisiones tomadas en las primeras etapas de definición tienen influencia en el éxito o fracaso del proyecto*”. Por tanto ambos expertos respaldan la necesidad de integrar esta actividad a la gestión de proyectos y de realizarla de la manera más acertada posible. Para minimizar errores, se considera que mayoritariamente los fundamentos de Lean Startup pueden ser provechosos, así como ciertas prácticas de Scrum y PMBOK. Lo esencial en esta etapa, según el procedimiento propuesto, es el involucramiento que tendrá el cliente o usuario para encaminar un resultado que se irá retroalimentando hasta hallar lo que éste necesite.

Para la **Fase 1: Generación y evaluación de ideas** se propone iniciar con praxis de Lean Startup al partir definiendo el problema o necesidad a resolver, contextualizar el mercado al que se dirige el producto o servicio a desarrollar para entender su funcionamiento, y con ello crear una visión preliminar del producto encaminado a solucionar el deseo o necesidad levantada. Habiendo determinado estos elementos base, se considera continuar con actividades de identificación de propósito, objetivo, alcance con requerimientos elementales, involucrados, riesgos y criterios de éxito las mismas que son sugeridas por PMBOK para guiar la ejecución. Consecutivamente, se sugiere impulsar la buena práctica de establecer métricas de validación que permitirán conocer objetivamente si el producto, servicio o proceso que se esté desarrollando satisface lo requerido. Teniendo estas conceptualizaciones, se realiza el nombramiento del líder del proyecto o *Product Owner* que, en línea con Rosenberger y Tick (2019), puede seguir el estilo y la labor de un *Scrum Máster* al influir pasivamente en un equipo de alto talento e impulsar medidas correctivas cuando se amerite. Paralelamente, se efectúan las actividades evocadas por PMBOK como conformar el equipo que, por las características de esta tipología de proyecto, son personas altamente calificadas y multidisciplinarias, con capacidad de autogestión. Así también, se definen las fases principales del proyecto como lo señala PMBOK, pero se propone que la planificación esté orientada al estilo Scrum en concordancia con Rosenberger y Tick (2019). Esto es, grandes fases a nivel macro son estructuradas en la etapa inicial mientras que la descomposición a nivel micro se realizará en los *Sprint* posteriores. De igual manera, se proyecta estimar presupuestos de acuerdo con el enfoque tradicional en base al desarrollo de MVPs funcionales, con la connotación de que las adiciones de diseño, usabilidad, y otras propiedades serán costes agregados en las iteraciones. Con toda esta información preparada, el paso final de esta etapa es formalizar la iniciación del proyecto tal como lo sustenta PMBOK.

Para la **Fase 2: Desarrollo de concepto y planeación de producto** se plantea seguir el marco de Lean Startup y empezar definiendo las hipótesis del mercado objetivo, así como las posibles soluciones a desarrollar a través del proyecto. Seguidamente, se sugiere crear versiones básicas del producto para validar con una muestra de clientes si lo que se pretende desarrollar es lo que éstos

buscan. De dichas validaciones de hipótesis y posibles soluciones, se podrán obtener datos y retroalimentaciones para tomar decisiones de continuar con lo ideado o realizar cambios (pivotar), hasta que finalmente se encuentre un MVP que satisfaga. Dado que los proyectos de I+D+i involucran a varios actores, es estratégicamente recomendable mantener informados a los *stakeholders* para que conozcan avances, no pierdan el interés en el proyecto y respalden su curso (Frost et al., 2005), por tanto se exhorta aplicar lo establecido por P3.express de realizar comunicaciones precisas con información relevante sobre los hallazgos previos. Aprobado el MVP para su desarrollo, se pueden ejecutar las siguientes acciones de Scrum: creación del *Product Backlog* con las funcionalidades y características ya priorizadas, y planificación del primer *Sprint* detallando objetivo y actividades a ejecutar en las semanas siguientes.

La **Fase 3: Desarrollo** se visualiza como un proceso iterativo y se concibe ejecutarla por *Sprints*. De acuerdo con la literatura, hay resultados favorables de desarrollar esta etapa bajo este tipo de esquema porque los proyectos responden dinámicamente (Marchesi et al, 2007; Manamendra et al., 2013; Senabre, 2019; Riaño, 2021). Lo que se sugiere es que las reuniones de *Daily Scrum* sean delimitadas según lo que el equipo experto considere. La frecuencia diaria no suele funcionar para un proyecto de I+D+i puesto que las investigaciones y sus respectivos desarrollos no necesariamente ofrecen avances diarios. Por tanto, habría que ajustar y flexibilizar las duraciones de los eventos de Scrum en función de las particularidades de la propia investigación. Lo esencial de aplicar esta guía de trabajo en este ciclo es alcanzar logros parciales durante el *Sprint Review* para presentar a los promotores/interesados, recibir retroalimentación de valor para mejoras, planificar, ejecutar y entregar incrementos.

La fase previa puede funcionar de manera consecutiva con la **Fase 4: Prototipado y pruebas pilotos** puesto que las entregas en el *Sprint Review* pueden ser modelos o simulaciones del producto. Antes de activar esa tarea, se puede adoptar lo sugerido por PMBOK pero apegado a las figuras de Scrum, es decir, el *Product Owner/Scrum Master* confirma la mejora incremental según las definiciones de hecho (también conocidos como criterios de calidad) previo a ser presentada al cliente para su respectiva valoración. Si en cada evaluación se puede hacer pruebas con usuarios reales para determinar si la solución propuesta está siendo efectiva y observar si realmente satisface, ésto sería altamente beneficioso. En la medida de que el proyecto lo permita, sería interesante aplicar esta práctica de Lean Startup, así como ir midiendo variables de desempeño, satisfacción, adaptabilidad, etc., para tomar decisiones informadas. Puede que no todos los *stakeholders* participen de estas validaciones, eso depende particularmente de las condiciones de cada proyecto, por lo que internalizar lo referido por P3.express de informar concisamente sobre resultados y cambios que se van encontrado es una buena estrategia a seguir. Así también, efectuar como equipo una retrospectiva respecto a desviaciones y posibilidades de mejoras, es un evento Scrum que agrega valor en esta fase. Finalmente, una vez validado el producto se escala al diseño final para avanzar al siguiente ciclo del proyecto.

La **Fase 5: Cierre de investigación y desarrollo** contempla la entrega del resultado final del proyecto investigativo, habiendo satisfecho todas las mejoras incrementales establecidas. El *Product Owner/Scrum Master* confirma que todos los criterios de calidad se satisfagan, así como las expectativas de los *stakeholders* que se han de haber afinado durante cada *Sprint Review*. Siguiendo los lineamientos de PMBOK, se recomienda hacer la entrega formal a través de una presentación de resultados con clientes, y el cierre administrativo. Se considera sustancial evaluar la satisfacción por parte de los *stakeholders*, al menos de aquellos que fueron más influyentes en el proyecto, y archivar la documentación concluyente en caso de ser admitido. Aquí es importante mencionar que aquella documentación que se considere confidencial para el cliente, probablemente pueda que no se permita conservar y deba ser entregada.

La **Fase 6: Producción, introducción y penetración a mercado**, generalmente suele ser realizada por el cliente que solicitó el desarrollo del producto o servicio creativo. Para gestionar efectivamente esta etapa de escalamiento según Lean Startup, se pueden aplicar estrategias comerciales y de marketing, así como ciclos de mejora continua para próximas versiones del producto.

Finalmente, se propone apegarse a las recomendaciones de P3.express y contemplar la **Fase 7: Gestión Post-proyecto** para evaluar el beneficio que ha representado el desarrollo del producto y si ha cumplido el cometido de resolver la necesidad latente, ofreciendo productos o servicios creativos, diferenciadores y con agregación de valor.

Para efectuar cada una de las actividades anteriormente descritas, se puede disponer de varias herramientas que faciliten y vuelvan más interactiva la ejecución de las mismas. En la Tabla 5.1 se señalan ciertas herramientas recomendadas según la etapa del ciclo de vida del proyecto de I+D+i.

Tabla 5.1: Herramientas aplicables según etapas de proyecto. Fuente: Besner y Hobbs (2006), Besner y Hobbs (2012), Fernandes et al. (2015), Kiznyte et al. (2016), Ramezani et al. (2019), Rosenberger y Tick (2019), Hubspot (2023)

| Generación de concepto / <i>Front End</i> | | Desarrollo | | Resultado (cierre) | Lanzamiento | Post- proyecto |
|--|--|---|---|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Fase 1 | Fase 2 | Fase 3 | Fase 4 | Fase 5 | Fase 6 | Fase 7 |
| Reuniones con clientes, Encuestas, Observación directa, Grupo focal, Brainstorming | MVP | Software de gestión de proyectos (i.e. Jira, Trello, Asana, etc.) | Software de gestión de proyectos (i.e. Jira, Trello, Asana, etc.) | FunRetro | Automatización y despliegue | Encuestas |
| Modelo de negocio de Lean Canvas, Mapa de empatía, Propuesta de valor Canvas | Pruebas de división o pruebas de cubo, Representación visual o <i>Wireframes</i> | Tablero Kanban, Monday, Planning Poker, Teamweek, Hubstaff Tasks | Zoom | Retrium | Monitorización de desempeño | Entrevistas |
| Marco de <i>Job to be done</i> , Viaje del cliente | Prototipo de baja fidelidad, Hoja de ruta o <i>Roadmap</i> | VersionOne | Microsoft Teams | Miro | Pruebas y experimentos | Lecciones aprendidas |
| <i>Benchmark</i> , Mapas mentales, Análisis Delphi | Test de concurrencia | Scrumwise | Google Meet | Trello | Captación de clientes | Análisis costo-beneficio |

| Generación de concepto / <i>Front End</i> | | Desarrollo | | Resultado (cierre) | Lanzamiento | Post- proyecto |
|--|---|------------------------------------|---|---|----------------------|------------------------------|
| Fase 1 | Fase 2 | Fase 3 | Fase 4 | Fase 5 | Fase 6 | Fase 7 |
| Diagramas de causa y efecto, Diagramas de influencia | Tablero de estado del proyecto, Tablero Kanban, <i>Planning Poker</i> , <i>Scrumwise</i> , <i>Teamwek</i> , <i>Hubstaff Tasks</i> | Target Process | Miro | Jamboard, Stormboard | Marketing digital | Análisis del caso de negocio |
| Análisis 5 porqués, PESTEL, 5 fuerzas de Porter, Árbol de decisiones | Informe de avances, Reuniones de revisión, Reportes de impacto | Reuniones de revisión | Google Analytics | Hotjar, Concept board | Campaña de Marketing | |
| Caso de negocio, Objetivos SMART, KPIs <i>Dashboard</i> | Presentación ejecutiva, Ciclo de <i>feedback</i> | Ciclo de <i>feedback</i> | Optimizely, Tableau, Kissmetrics, Metricool | <i>Net Promoted Score</i> , Encuestas de satisfacción, Reunión/ entrevista con stakeholders | Canales de venta | |
| Acta de constitución, Análisis de interesados, Análisis de causa raíz, Análisis cualitativos y/o cuantitativos de riesgos, Diagrama de Gantt | Software de gestión de proyectos (i.e. Jira, Trello, Asana, etc.), Herramientas de Google y Microsoft | Herramientas de Google y Microsoft | Pruebas de usuario, Lookback | Google Drive, Microsoft SharePoint, Dropbox, OneDrive, Evernote Business | | |

Por último, es relevante especificar cómo se pretende dar tratamiento a las particularidades y retos que se visualizan a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de I+D+i resaltados en la sección 3.2.

La Tabla 5.2 demuestra el planteamiento.

Tabla 5.2: Retos en proyectos de I+D+i y posibles proposiciones. Fuente: Martínez y Pérez (2002), Frost et al. (2005) y León (2010), Sharma (2017), y Rosenberger y Tick (2019)

| Reto / Particularidad | Tratamiento |
|---|--|
| Escasa participación del usuario o cliente potencial en las etapas iniciales y de desarrollo. No transmitir lo que verdaderamente se requiere o en su defecto, no capturar lo que la sociedad realmente demanda | Encaminar correctamente la necesidad al involucrar al cliente o usuario desde la fase inicial o <i>Front End</i> |
| Dificultad para priorizar aquellas ideas de solución que puedan tener mayor potencial de desarrollo ante escenarios de alta incertidumbre | Aplicar el ciclo BML de Lean Startup: <i>Construir-Medir-Aprender</i> |
| Procesos poco estructurados para direccionar cómo las ideas serán desarrolladas | Desglosar las actividades de gestión a nivel macro y micro |
| Establecer criterios poco transparentes para evaluar objetivamente las ideas de solución que previamente han sido conceptualizadas | De las validaciones con clientes y usuarios, se precisan métricas de desempeño acorde a la particularidad del proyecto |
| No definir un alcance al proyecto | Establecer un alcance base que permita orientar futuras decisiones de ajustes que puedan surgir durante el curso de la investigación |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente TFM se orientó a examinar conceptualmente aquellos estándares predictivos y adaptativos que son más recomendables de implementar para el desarrollo de los proyectos de I+D+i para, en base a ello, efectuar una propuesta híbrida de dirección.

La finalidad de realizar un análisis comparativo metodológico fue resaltar características de cada marco de gestión que permitan contrastarlos e identificar similitudes, diferencias, relaciones y pertinencias. De este ejercicio principalmente se puede extraer que el método tradicional se orienta a enfoques estructurados mientras que los estándares ágiles se alinean a enfoques dinámicos, siendo tolerantes a cualquier desviación que pueda presentarse en el curso del proyecto. Por tanto, las prácticas de Scrum y Lean Startup admiten niveles de incertidumbre adaptándose a ajustes o cambios, y abordándolos a través de ciclos iterativos con mejoras incrementales.

Una de las características inminentes de los proyectos de I+D+i es la imprecisión con la que suelen partir al no existir resultados similares para atender las necesidades que originan el curso de estos proyectos. Dada esta singularidad, se podría generalizar que es más oportuno adoptar guías *agile*. Sin embargo, estos proyectos contemplan otras propiedades como la cooperación de varios *stakeholders* (i.e. empresas, centros tecnológicos, organismos públicos, etc.) para su ejecución, por lo que los resultados deberán encaminarse a especificaciones y requerimientos que confluyan en la satisfacción de expectativas de los grupos de interesados. Es así que, se podría suponer que la formalidad del enfoque *waterfall* sería más oportuno.

Por la complejidad que caracteriza a los proyectos de I+D+i, hoy en día se reconoce la relevancia de acoplar los comportamientos metódicos que brindan enfoques como PMBOK y P3.express, así como la flexibilidad a cambios que admiten los marcos de Scrum y Lean Startup. Partiendo de este entendimiento, el siguiente paso fue reconocer el grado en que dichos marcos pueden atender las particularidades de los proyectos de I+D+i. El valor agregado de este TFM fue elaborar una propuesta inédita con comportamiento híbrido, donde se sugiere la aplicación de ciertas prácticas que admiten cada uno de los estándares abordados y que, según a juicio del autor, puede potenciar la gestión de los proyectos de I+D+i a lo largo de su ciclo de vida.

A manera resumen se evoca que, dada la significancia que tiene la etapa inicial o *Front End* en el curso del proyecto, es recomendable dar mayor peso a la praxis de *Lean Startup* porque involucra a los clientes para definir y validar lo que necesitan y esperan antes de pasar a etapas de desarrollo. En la etapa de desarrollo, las acciones iterativas de *Scrum* facilitan los ajustes y mejoras incrementales que soliciten los clientes. Mientras que en la fase de cierre del proyecto, las formalidades de P3.express y PMBOK podrían aportar valor. Dado que los productos que resulten de la fase de investigación y desarrollo esperan ser escalados a mercado para así activar el comportamiento de innovación, las estrategias de expansión y mejora continua que incorpora Lean Startup pueden servir de guía. Finalmente este estudio se alinea con la invitación de P3.express de gestionar una actividad de post-proyecto para evaluar el impacto que éste ha traído a la sociedad.

Como se ha enfatizado desde el inicio, esta es una propuesta conceptual que se ha alimentado de los hallazgos en la literatura y que no ha sido aplicada en un entorno real. La intención de construirla fue dotar de un punto de partida que sirva como insumo, y que pueda ser adaptada a las particularidades específicas de proyectos de I+D+i que se dispongan. Sería interesante, por tanto, emplear esta propuesta en un caso de estudio particular e identificar si las prácticas sugeridas de abordar en cada etapa causan un impacto positivo en la gestión del proyecto específico.

BIBLIOGRAFÍA

Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J., Warsta, J. (2017) Agile Software Development Methods: Review and Analysis. Cornell University, arXiv preprint:1709.08439. Recuperado el 07 de junio de 2024.

Agudelo, D., Murillo, L. (2018) Análisis comparativo de cuatro estándares internacionales en gerencia de proyectos. *Universidad ICESI*, Trabajo de grado. Recuperado el 17 de junio de 2024.

AENOR. (2006a) Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i. UNE 166000. AENOR, 2006, Madrid: AENOR. Recuperado el 02 de junio de 2024.

AENOR. (2006b) Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i. UNE 166001. AENOR, 2006, Madrid: AENOR. Recuperado el 02 de junio de 2024.

AENOR. (2014) Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. UNE 157001. AENOR, 2014, Madrid: AENOR. Recuperado el 25 de mayo de 2024.

AENOR. (2018) Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia. UNE 166006. AENOR, 2018, Madrid: AENOR. Recuperado el 02 de junio de 2024.

AENOR. (2021) Gestión de la I+D+i: Requisitos del sistema de gestión de I+D+i. UNE 166002. AENOR, 2021, Madrid: AENOR. Recuperado el 02 de junio de 2024.

AENOR. (2022) Gestión de proyectos, programas y carteras de proyectos. Contexto y conceptos. UNE-ISO 21500:2022, Madrid: AENOR. Recuperado el 25 de mayo de 2024.

Alvarez, C. (2014). Lean Customer Development. *O'Reilly Media*, Sebastopol, CA. Recuperado el 09 de junio de 2024.

Andersen, E. (2006) Towards a project management theory for renewal project. *Project Management Journal*, Vol.37, 15-30. Recuperado el 04 de junio de 2024.

Arroyo, M., Ferrer, P., Pacheco, B., Artacho, M. (2019) R&D Projects Management According to UNE-ISO 21.500: Characterization, Specificities and Adaptation Needs. *Universitat Politècnica de Valencia*, Málaga: 23rd International Congress on Project Management and Engineering. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

Asana. (2024). Scrum: conceptos clave y cómo se aplica en la gestión de proyectos. Recuperado el 16 de junio de 2024. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/what-is-scrum>

Ayming. (2022) ¿Qué se considera I+D+I en España?. Recuperado el 24 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.ayming.es/insights-y-noticias/noticias/que-considera-idi-espana/>

Battoia, N. (2019) Innovation in Agile and Waterfall project management: a qualitative analysis. *Universita' Degli Studi di Padova*, Trabajo de fin de máster. Recuperado el 16 de junio de 2024.

Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Kern, J. (2001) Manifesto for Agile Software Development. Recuperado el 07 de junio de 2024. Obtenido de: <http://agilemanifesto.org/>

Berkhout, G., Hartmann, D., Trott, P (2010) Connecting technological capabilities with market needs using a cyclic innovation model, *R&D Management*, Vol. 40(5). Recuperado el 13 de junio de 2024.

Blank, S. (2013) Why the lean start-up changes everything', *Harvard Business Review*, Vol. 11, 1–9. Recuperado el 09 de junio de 2024. Obtenido de: http://host.uniroma3.it/facolta/economia/db/materiali/insegnamenti/611_8959.pdf

Boehm, B., Turner, R. (2003) Using risk to balance agile and plan-driven methods, *IEEE Computer*, Vol. 36(6), pp.57–66. Recuperado el 04 de junio de 2024.

BBVA. (2014) Innovación abierta. Innovar con éxito en el siglo xxi. Recuperado el 13 de junio de 2024. Obtenido de: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/articuloinnovacion-abierta-innovar-con-exito-en-el-siglo-xxi/>

Cámara de Comercio de España. (2014) Financiación del I+D. Recuperado el 27 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.camara.es/innovacion-y-competitividad/como-innovar/financiacion>

Carranza, G. (2020) Modelos de innovación abierta en la gestión de proyectos de I+D+i: contribuciones a la gestión tradicional, *Universidad del País Vasco*, Tesis de doctorado. Recuperado el 13 de junio de 2024.

Cassanelli, A.. (2012) Proyectos de I+D, aplicación de metodologías de gestión de proyectos. Universidad Nacional del Mar de Plata, Argentina: III Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

CDTI Innovación. (2023) Proyectos de I+D. Recuperado el 27 de mayo de 2024. Obtenido de: https://www.cdti.es/sites/default/files/2023-11/id_integrada_20231113.pdf

Chesbrough, H. (2003) Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Watertown, MA: *Harvard Business School Press*. Recuperado el 13 de junio de 2024.

Cockburn, A. (2002) Agile software development joins the “Would-Be” crowd. *Cutter IT Journal*, Vol.15(1), 6-12. Recuperado el 07 de junio de 2024.

Cohen, D., Lindvall, M., Costa, P. (2004) An introduction to agile methods. *Advances in Computer*, Vol. 62(1), 1-66. Recuperado el 07 de junio de 2024.

Cooper, R. (2015) Stage-Gate product innovation system: from idea to launch. *Wiley Encyclopedia of Management*. Recuperado el 14 de junio de 2024.

Creative Commons Attribution 4.0. (s.f.) Atribución-sinderivadas 2.0 España. Recuperado el 05 de junio de 2024. Obtenido de: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/es/deed.es>

Creative Commons Attribution 4.0. (s.f.) Nearly Universal Principles of Projects. Recuperado el 05 de junio de 2024. Obtenido de: <https://nupp.guide/es/nupp-es.pdf>

Creative Commons Attribution 4.0. (2021) P3.expres: El sistema minimalista de gestión de proyectos. Recuperado el 05 de junio de 2024. Obtenido de: <https://p3.express/es/manual/v2/p3.express-manual-es.pdf>

- De Cock, R., Bruneel, J., Bobelyn, A. (2019) Making the Lean start-up method work: the role of prior market knowledge. *Journal of Small Business Management*, Vol. 58(1), 1-21. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Deloitte. (2024a) Artefactos Scrum: las 3 herramientas claves de gestión. Recuperado el 07 de junio de 2024. Obtenido de: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/artefactos-scrum.html>
- Deloitte. (2024b) Scrum: roles y responsabilidades. Recuperado el 07 de junio de 2024. Obtenido de: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/roles-y-responsabilidades-scrum.html>
- Díaz, M. (2023) Desarrollo de un nuevo modelo de gestión de la innovación en la empresa desde el ámbito de una Administración pública. Universidad Católica de Murcia, España: Tesis doctoral. Recuperado el 02 de junio de 2024.
- Eisenmann, T., Ries, E., Dillard, S. (2011). Hypothesis-driven entrepreneurship: the Lean Startup. Harvard Business School Background Note, 812-095. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- ESTREM, M. (2020). VUCA1. Mundo VUCA. Recuperado el 24 de mayo de 2024. Obtenido de <https://www.cambiologos.es/1-mundo-vuca/>
- Euro Funding. (2023) ¿Qué es la escala de madurez tecnológica (TRL)? Recuperado el 27 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://euro-funding.com/es/blog/que-es-la-escala-de-madurez-tecnologica-trl/>
- European Commission. (2020) PM2 Project Management Methodology Guide, 3ra Edición, Bruselas: European Commission. Recuperado el 25 de mayo de 2024.
- FasterCapital. (s.f.) Métricas y análisis para Lean Startups. Recuperado el 18 de junio de 2024. Obtenido de: <https://fastercapital.com/es/tema/m%C3%A9tricas-y-an%C3%A1lisis-para-lean-startups.html>
- Figuroa, R., Solís, C., Cabrera, A. (2015) Metodologías tradicionales vs Metodologías ágiles. *Universidad Técnica Particular de Loja*. Recuperado el 16 de junio de 2024.
- Frederiksen, D., Brem, A. (2017) How do entrepreneurs think they create value? A scientific reflection of Eric Ries' Lean Startup approach". *International Entrepreneurship and Management Journal*, Vol. 13 (1), 169-189. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Frost, J., Davis, K., Horn, G. (2005) Frost in a wheelbarrow? The role and challenges of the Project Manager throughout the life cycle of a European Union funded R&D Project from the proposal to the completion stage. *Paper P03*. Recuperado el 13 de junio de 2024.
- Gallego, J. (2003) El cambio tecnológico y la economía neoclásica. *Cuaderno DYNA*, Vol.70(138), 67-78. Recuperado el 26 de mayo de 2024.
- Ganguly, A., Euchner, J. (2018) Conducting business experiments. *Research-Technology Management*, Vol. 61(2), 27-36. Recuperado el 09 de junio de 2024.

Ganttpro. (2022) ¿Por qué es importante definir los tipos de proyectos para lograr sus objetivos? Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://blog.ganttpro.com/es/por-que-es-importante-definir-los-tipos-de-proyectos-para-lograr-sus-objetivos/>

García, B., Delgado, M., Infante, M. (2014) Metodología para la generación y gestión del conocimiento para proyectos de I+D+i a partir de sus factores críticos. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, Vol. 25(3), 285-302. Recuperado el 14 de junio de 2024.

García, M. (2015) Estudio comparativo entre las metodologías ágiles y las metodologías tradicionales para la gestión de proyectos de software. *Universidad de Oviedo*, Trabajo de fin de máster. Recuperado el 16 de junio de 2024.

Girón, A.. (2021) Metodologías de Gestión de Proyectos. Estudio comparativo y propuesta de guía de elección. *Universidad de Sevilla*, Tesis final de grado. Recuperado el 16 de junio de 2024.

Gobierno de España. (2014) Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Recuperado el 27 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.boe.es/eli/es/o/2014/12/23/ecc2483>

González, S. (2011) Universidad, motor de la innovación empresarial. *Netbiblo*. Recuperado el 24 de mayo de 2024.

Gupta A., Wilemon D., Atuahene-Gima K. (2000) Excelling in R&D. *Research-Technology Management*, Vol.43, 52–58. Recuperado el 14 de junio de 2024.

Hoda, R., Noble, J., Marshall, S. (2013) Self-organizing roles on agile software development teams. *IEEE Transactions on Software Engineer*, Vol. 39(3), 422-444. Recuperado el 07 de junio de 2024.

Hors, C., Goldberg, A., Haroldo, E., Galan, F., Vicente, L. (2012) Application of the enterprise management tools Lean Six Sigma and PMBOK in developing a program of research management. *Health Economics and Management*, Vol. 10(4), 480-490. Recuperado el 04 de junio de 2024.

Hubspot. (2023) 30 herramientas de gestión de proyectos. Recuperado el 14 de junio de 2024. Obtenido de: <https://blog.hubspot.es/sales/metodo-lean-startup>

Hubspot. (2024) ¿Qué es el método Lean Startup? Definición, pasos y ejemplos. Recuperado el 09 de junio de 2024. Obtenido de: <https://blog.hubspot.es/sales/metodo-lean-startup>

Ibañez, J. (2014). Niveles de madurez tecnológica. *Economía industrial*, Vol.393. 165-171. Recuperado el 27 de mayo de 2024.

INE. (s.f.) Concepto seleccionado: Investigación y desarrollo experimental. Recuperado el 27 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.ine.es/DEFIne/es/concepto.htm?c=4730&op=30058&p=1&n=20>

International Organization for Standardization. (2012) *Gestión de proyectos*, Ginebra: International Organization for Standardization. Recuperado el 25 de mayo de 2024.

International Project Management Association. (2017) *Individual Competence Baseline*, 4ta Edición, Zurich: International Project Management Association. Recuperado el 25 de mayo de 2024.

- IPMO Guide. (s.f.) P3.express. Recuperado el 05 de junio de 2024. Obtenido de: <https://ipmoguide.com/p3-express/>
- Jaramillo, A., López, S. (2021) Análisis y comparación de las metodologías de SCRUM y según PMI gestión de proyectos. *Universidad Pontificia Bolivariana*, Tesis final de grado. Recuperado el 16 de junio de 2024.
- Koen, P., Ajamian, G., Clamen, A., Davidson, J., Elkins, C., D'Amore, R., Wagner, K. (2001) Providing Clarity and a Common Language to the 'Fuzzy Front End. *Research Technology Management*, Vol. 44(2), 46-55. Recuperado el 14 de junio de 2024.
- Krogh, E., Kalpazidou, E., Langberg, K. (2007) Dynamic research environments: a development model. *The International Journal of Human Resource Management*, Vol. 16(8), 1498-1511. Recuperado el 13 de junio de 2024.
- Lippe, S., Vom Brocke, J. (2010) Situational Project Management for Collaborative Research Projects. *Project Management Journal*, Vol. 47(1). Recuperado el 24 de mayo de 2024.
- León, R. (2010) Planificación de Proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) en Cooperación. *Perspectivas*, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Vol.25, 203-225. Recuperado el 24 de mayo de 2024.
- López, A. (2018) Estudio comparativo de metodologías tradicionales y ágiles para proyectos de Desarrollo de Software. *Universidad de Valladolid*, Tesis final de grado. Recuperado el 16 de junio de 2024.
- Marcal, A., Soares, F., Belchior, A. (2007) Mapping CMMI project management process areas to SCRUM practices. Washington D.C.: Software Engineering Workshop. Recuperado el 07 de junio de 2024.
- Marchesi, M., Mannaro, K., Uras, S., Franco, M. (2007) Distributed SCRUM in Research Project Management. Cagliari: Conference Paper. Recuperado el 07 de junio de 2024.
- Martínez, A., Pérez, M. (2002). R&D project efficiency management in the Spanish industry. *International Journal of Project Management*, Vol. 20, 545-560. Recuperado el 14 de junio de 2024.
- Maurya, A. (2012) *Running Lean*. Segunda edición, O'Reilly Media, Sebastopol, CA. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Múnera, J., Jimenez, A., Galvis, D. (2020) Factores Críticos de Éxito en la Gerencia de Proyectos. *Revista evolución y tendencias investigativas en Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial*, 98–114. Recuperado el 17 de junio de 2024.
- Murphy, S., Kumar, V. (1997) The Front End of New Product Development: A Canadian survey. *R&D Management*, Vol. 27(1), 5–16. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Nader, K. (2023). *PMBOK® Guide 7, Underneath the Surface*. *Harvard Business School CC-BY*. Recuperado el 17 de junio de 2024.

National Science Foundations. (2012) Science Engineering Indicators. Digest 2012. NSB 12-02. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

Nieto, A. (2023). Manual para la Dirección de Proyectos. *Harvard Business School Publishing Corporation*. Recuperado el 04 de junio de 2024.

Nonaka, I., Takeuchi, H. (1986) New New Product Development Game. *Harvard Business Review*. Recuperado el 07 de junio de 2024.

OBS Business School. (2021a) Qué es un proyecto, una definición básica. Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-proyecto-una-definicion-practica>

OBS Business School. (2021b) Tipos de proyectos y sus principales características. Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.obsbusiness.school/blog/tipos-de-proyectos-y-sus-principales-caracteristica>

OECD. (2018) Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. *OECD Publishing*, Paris/FEYCT, Madrid. Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>.

OECD/Eurostat. (2007) Oslo Manual: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3ª edición. *Tragsa*, Madrid. Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://doi.org/10.1787/9789264065659-es>.

Orejuela, E., Restrepo, T., Rojas, D., Abuchar, A. (2019) El traje nuevo del Emperador: La metodología de desarrollo SCRUM. ¿Por qué falla en proyectos de software? *Revista Avenir*, Vol. 3(1), 28–31. Recuperado el 17 de junio de 2024.

Pérez, Y., Coutín, A. (2005) La gestión del conocimiento: un nuevo enfoque en la gestión empresarial. *ACIMED*, Vol.13(6). Recuperado el 14 de junio de 2024.

Pirro, L. (2019) How Agile Project Management can work for your research. *Nature*, doi: 10.1038/d41586-019-01184-9. Recuperado el 07 de junio de 2024.

Power, B. (2014) How GE applies Lean Startup practices. *Harvard Business Review*, 13-15. Recuperado el 09 de junio de 2024.

Project Management Institute. (1987) Guía del PMBOK®, Pennsylvania: Project Management Institute. Recuperado el 03 de junio de 2024.

Project Management Institute. (2017) A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), 6th Edition, Pennsylvania: Project Management Institute. Recuperado el 04 de junio de 2024.

Project Management Institute. (2021) Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK), 7ma Edición, Pennsylvania: Project Management Institute. Recuperado el 25 de mayo de 2024.

- PMIDEAS. (2017) La importancia estratégica de la Dirección de Proyectos para las empresas. Recuperado el 25 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://pmideas.es/2017/07/la-importancia-de-la-direccion-de-proyectos.html>
- Rasmussen, E., Tanev, S. (2015) The Emergence of the Lean Global Startup as a New Type of Firm. *Technology Innovation Management Review*, Vol. 5(11), 12–19. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Reid, S., Brentani, U. (2004) The fuzzy front end of new product development for discontinuous innovation: a theoretical model. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 21(3), 170–184. Recuperado el 13 de junio de 2024.
- Riaño, N. (2021) Estudio comparativo de metodologías tradicionales y ágiles aplicadas en la gestión de proyectos. *Universidad Pontificia Bolivariana*, Tesis final de grado. Recuperado el 16 de junio de 2024.
- Ries, E. (2008) The Lean Startup. Recuperado el 09 de junio de 2024. Obtenido de: www.startuplessonslearned.com/2008/09/lean-startup.html
- Ries, E. (2011). The Lean Startup, Crown Business, New York, NY. Recuperado el 09 de junio de 2024.
- Riol, H., Thuiller, D. (2015) Project management for academic research projects: balancing structure and flexibility. *International Journal of Project Organisation and Management*, Vol.7(3), 251-269. Recuperado el 24 de mayo de 2024.
- Roberto, J. (2022) Metodologías “Agile, Lean Startup, Design Thinking, entre otras” aplicadas para la creación de una guía para el desarrollo nuevos modelos de negocios en Colombia. *Universidad EAN*, Seminario de Investigación. Recuperado el 17 de junio de 2024.
- Robinson, H., Sharp, H. (2005) The social side of technical practices. *Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering*, Vol. 3556, 100-108. Recuperado el 07 de junio de 2024.
- Roger, H. (2012). Metodologías de desarrollo de software tradicionales vs ágiles. Recuperado el 16 de junio de 2024. Obtenido de <http://masteringenieriasoft.blogspot.com/2012/04/metodologias-de-desarrollo-de-software.html>
- Sancho, M., Fernandez, F., Gonzalez, B. (2008) Herramientas de gestión de la I+D+i: caracterización basadas en las normas UNE 166000. *Universidad, Sociedad y Mercados Globales*, 529-540. Recuperado el 02 de junio de 2024.
- Schwaber, K., Sutherland, J. (2020) The Scrum Guide: The Rules of the Game. *Creative Commons license*. Recuperado el 17 de junio de 2024.
- Senabre, E. (2019) Adapting the scrum framework for agile project management in science: case study of a distributed research initiative. *Heliyon*, Vol.5, 14-47. Recuperado el 07 de junio de 2024.
- Shek, I. (2013) El enfoque de gestión de proyectos en las organizaciones dedicadas a proyectos de investigación. Caso: Grupo de investigación GIRH. *Revista EAN*, Vol.74, 152-161. Recuperado el 13 de junio de 2024.

Souza, D., Ghezzi, A., Barbosa, R., Nogueira, M., Schwengber, C. (2020) Lean Startup, Agile Methodologies and Customer Development for business model innovation. A systematic review and research agenda. *Business Model Innovation*, Vol.26(4), 595-628. Recuperado el 09 de junio de 2024.

Standish Group. (2018) Chaos Report. Recuperado el 23 de mayo de 2024. Obtenido de: <https://www.vitalitychicago.com/>

Still, K. (2017) Accelerating Research Innovation by Adopting the Lean Startup Paradigm. *Technology Innovation Management Review*, Vol.7(5). Recuperado el 24 de mayo de 2024.

Todtling, M., Hegedic, M., Stefanic, N (2017) Managing New Product Development Projects Using Lean Startup Approach. Croatia, *LEAN Spring Summit*. Recuperado el 24 de mayo de 2024.

Trigueros, S. (2023) Aplicación del sistema de gestión de proyectos P3.express a la creación de un museo de Semana Santa en Palencia. Universidad de Valladolid, Tesis final de grado. Recuperado el 05 de junio de 2024.

Trivedi, D. (2021) Agile methodologies. *International Journal of Computer Science & Communication*, Vol.12(2), 91-100. Recuperado el 07 de junio de 2024.

United Nations. (2015) Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Recuperado el 23 de junio de 2024. Obtenido de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

Universidad Autónoma de Madrid. (2014) Tipos de proyectos. Recuperado el 26 de mayo de 2024. Obtenido de: http://arantxa.ii.uam.es/~proyectos/teoria/C3_Tipos%20de%20proyectos.pdf

UOC. (2023) P3.express o como seguir aligerando la gestión de proyectos. Universitat Oberta de Catalunya, Tecnología ++. Recuperado el 05 de junio de 2024. Obtenido de: <https://blogs.uoc.edu/informatica/es/p3-express-gestion-proyectos/>

Urstad, F., Davis, K., Horn, G. (2005) Frogs in a wheelbarrow? The role and challenges of the Project Manager throughout the life cycle of a European funded R&D Project from the proposal to the completion stage. Edinburg: PMI Global Congress EMEA 2005. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

Valencia, J. (2013) Modelo de sistema de información para apoyar la gestión de proyectos de investigación en grupos de investigación. *Scientia et Technica Año XVIII*, Vol.18(4). Recuperado el 03 de junio de 2024.

Vicente, S., Martínez, A., Berges, L. (2015) Gestión de proyectos de I+D y de la necesidad de nuevo conocimiento externo. *Cuaderno DYNA*, Vol.1, 21-25. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

Vom Brocke, J., Lippe, S. (2010) Taking a Project Management Perspective on Design Science Research. Switzerland: 5th International Conference DESRIST. Recuperado el 26 de mayo de 2024.

West, D., Grant, T., Gerush, M., D'silva, D. (2010) Agile development: mainstream adoption has changed agility. *Forrester Research*, Vol. 2(1), 41. Recuperado el 05 de junio de 2024.

Yordanova, Z. (2017) Knowledge transfer from lean startup method to project management for boosting innovation projects' performance. *International Journal of Technological. Learning, Innovation and Development*, Vol. 9(4). Recuperado el 09 de junio de 2024

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 Nivel de Maduración Tecnológica (TRL) _____ | 11 |
| Figura 2.2 Dominios de desempeño según PMBOK séptima edición. _____ | 18 |
| Figura 2.3 Estructura de gestión P3.express. _____ | 20 |
| Figura 2.4 Manifiesto Ágil. _____ | 21 |
| Figura 2.5 Flujo metodológico Scrum _____ | 22 |
| Figura 2.6 Principios de Lean Startup _____ | 23 |
| Figura 3.1 Fases de proyectos de I+D+i _____ | 26 |
| Figura 3.2 Fases de proyectos de I+D+i _____ | 26 |
| Figura 3.3 Fases de proyectos de I+D+i _____ | 26 |
| Figura 3.4 Ciclo de proyectos de I+D+i _____ | 27 |
| Figura 4.1 Comportamientos de las metodologías tradicionales y ágiles. _____ | 32 |
| Figura 5.1 Propuesta de prácticas con enfoque híbrido. _____ | 44 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 TRLs en proyectos de I+D+i.. | 12 |
| Tabla 2.1 Principios de Direccion de Proyectos | 18 |
| Tabla 4.1 Comparativo PMBOK, P3.express, Scrum, Lean Startup. | 34 |
| Tabla 4.2 Nivel de atención que ofrece PMBOK, P3.express, Scrum y Lean Startup a las particularidades de los proyectos de I+D+i | 39 |
| Tabla 5.1 Herramientas aplicables según etapas de proyecto | 47 |
| Tabla 5.2 Retos en proyectos de I+D+i y posibles proposiciones | 49 |

