

MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE PROYECTOS / PROJECT MANAGEMENT

Trabajo Fin de Máster

ANÁLISIS SOBRE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ÁGILES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presentado por:

Dirigido por:

15 de septiembre de 2022

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado: *“Análisis sobre la Aplicación de Metodologías Ágiles en la Gestión de Proyectos en Ingeniería Industrial”*

Ha sido realizado bajo mi dirección por el alumno:

Valencia, a 15 de septiembre de 2022

CONFIRMACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. , con nº de expediente. Estudiante de Máster Universitario en Gestión de Proyectos / Project Management por la Universidad Europea de Valencia,

CONFIRMA que el Trabajo Fin de Máster titulado “*Análisis sobre la Aplicación de Metodologías Ágiles en la Gestión de Proyectos en Ingeniería Industrial*”, es fruto exclusivamente de su esfuerzo intelectual, y que no ha empleado para su realización medios ilícitos, ni ha incluido en él material publicado o escrito por otra persona, sin mencionar la correspondiente autoría. En este sentido, confirma específicamente que las fuentes que haya podido emplear para la realización de dicho trabajo, si las hubiera, están correctamente referenciadas en el cuerpo del texto, en forma de cita, y en la bibliografía final.

Asimismo, declaro conocer y aceptar que de acuerdo a la Normativa de la Universidad Europea, el plagio del Trabajo Fin de Máster entendido como la presentación de un trabajo ajeno o la copia de textos sin citar su procedencia y considerándolos como de elaboración propia, conllevará automáticamente la calificación de “suspense” (0) tanto en convocatoria ordinaria como extraordinaria, así como la pérdida de la condición de estudiante y la imposibilidad de volver a matricular la asignatura hasta que no transcurra un curso académico.

Valencia, a 15 de septiembre de 2022

Los datos consignados en esta confirmación serán tratados por el responsable del tratamiento, UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA, S.L.U., con la finalidad de gestión del Trabajo Fin de Grado/Máster del titular de los datos. La base para el tratamiento de los datos personales facilitados al amparo de la presente solicitud se encuentra en el desarrollo y ejecución de la relación formalizada con el titular de estos, así como en el cumplimiento de obligaciones legales de UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA, S.L.U. y el consentimiento inequívoco del titular de los datos. Los datos facilitados en virtud de la presente solicitud se incluirán en un fichero automatizado y mixto cuyo responsable es UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA, S.L.U., con domicilio en Paseo de la Alameda 7, 46010 Valencia. Asimismo, de no manifestar fehacientemente lo contrario, el titular consiente expresamente el tratamiento automatizado total o parcial de dichos datos por el tiempo que sea necesario para cumplir con los fines indicados. El titular de los datos tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, limitar su tratamiento, oponerse al tratamiento y ejercer su derecho a la portabilidad de los datos de carácter personal, todo ello de forma gratuita, tal como se detalla en la información completa sobre protección de datos en el enlace <https://universidadeuropea.es/politica-de-privacidad>.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la dirección del máster y a todo el profesorado por haberme dado la oportunidad de aprender tanto sobre la gestión de proyectos. En especial al director de este TFM, por su ayuda y consejos a lo largo de todo el camino.

Gracias también a mi familia por haberme apoyado a la hora de seguir estudiando y, sobre todo, a Gisela, por animarme a dar lo mejor de mí.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Contextualización | 1 |
| 1.2. Definición y Objetivos del TFM | 2 |
| 1.3. Metodologías del TFM | 4 |
| 1.3.1. <i>Metodología de Investigación</i> | <i>4</i> |
| 1.3.2. <i>Metodología para la Gestión del Trabajo</i> | <i>5</i> |
| 1.4. Estructura del Documento..... | 6 |
| CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE | 9 |
| 2.1. Planificación | 9 |
| 2.1.1. <i>Preguntas de Investigación</i> | <i>9</i> |
| 2.1.2. <i>Estrategia de Búsqueda.....</i> | <i>10</i> |
| 2.1.3. <i>Criterios de Selección de los Estudios Primarios.....</i> | <i>11</i> |
| 2.1.4. <i>Criterios de Evaluación de Calidad</i> | <i>11</i> |
| 2.1.5. <i>Estrategia de Extracción de Datos.....</i> | <i>12</i> |
| 2.1.6. <i>Métodos de Síntesis.....</i> | <i>13</i> |
| 2.2. Ejecución | 13 |
| 2.3. Resultados..... | 13 |
| 2.3.1. <i>Pregunta P1. ¿Qué Estudios Existen sobre la Utilización de Metodologías Ágiles en Proyectos Industriales?.....</i> | <i>14</i> |
| 2.3.2. <i>Pregunta P2. ¿Cuáles son las Metodologías Ágiles más Utilizadas en la Gestión de Proyectos Industriales?.....</i> | <i>14</i> |
| 2.3.3. <i>Pregunta P3. ¿Cuáles son las Características Clave de los Proyectos Industriales Gestionados con Metodologías Ágiles?</i> | <i>15</i> |
| 2.3.4. <i>Pregunta P4. ¿Cuáles son las Tipologías de Proyecto, dentro de la Ingeniería Industrial, que más se han Gestionado con Metodologías Ágiles?.....</i> | <i>16</i> |
| 2.3.5. <i>Pregunta P5. ¿Qué Áreas Específicas de la Ingeniería Industrial se Gestionan más con Metodologías Ágiles?</i> | <i>17</i> |
| 2.3.6. <i>Resultados Generales del SMS</i> | <i>17</i> |
| 2.4. Discusión | 18 |
| 2.4.1. <i>Hallazgos Principales.....</i> | <i>18</i> |
| 2.4.2. <i>Trascendencia para la Investigación y la Práctica.....</i> | <i>19</i> |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 3.1. Introducción | 21 |
| 3.2. Características Ágiles en Ingeniería Industrial | 22 |
| 3.3. Propuesta para la Adopción de Metodologías Ágiles | 23 |
| CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES..... | 25 |
| 4.1. Resumen General..... | 25 |
| 4.2. Análisis de la Consecución de los Objetivos del TFM..... | 26 |
| 4.3. Principales Contribuciones e Implicaciones..... | 27 |
| 4.4. Análisis de la Gestión del Tiempo | 27 |
| 4.5. Líneas de Trabajo Futuro..... | 29 |
| 4.6. Lecciones Aprendidas..... | 30 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 33 |
| APÉNDICE A. REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS | 35 |
| APÉNDICE B. TEMÁTICAS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS | 39 |
| APÉNDICE C. GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS | 43 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Funciones de la Ingeniería Industrial (Meza, 2015) | 2 |
| Figura 2. Diagrama de Gantt para la Gestión del TFM | 5 |
| Figura 3. Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) del TFM | 6 |
| Figura 4. Diagrama para la Adopción de Metodologías Ágiles en Proyectos Industriales | 23 |
| Figura 5. Diagrama de Gantt Final tras la Realización del TFM | 29 |
| Figura 6. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 1 | 43 |
| Figura 7. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 2 | 43 |
| Figura 8. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 3 | 44 |
| Figura 9. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 4 | 44 |
| Figura 10. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 5 | 45 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Preguntas de Investigación del SMS | 9 |
| Tabla 2. Cadena de Búsqueda | 10 |
| Tabla 3. Criterios de Evaluación de Calidad | 11 |
| Tabla 4. Estrategia de Extracción de Datos del SMS | 12 |
| Tabla 5. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P1 | 14 |
| Tabla 6. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P2 | 14 |
| Tabla 7. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P3 | 15 |
| Tabla 8. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P4 | 16 |
| Tabla 9. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P5 | 17 |
| Tabla 10. Análisis de la Gestión del Tiempo | 28 |
| Tabla 11. Información sobre las Referencias de los Estudios Primarios del SMS..... | 35 |
| Tabla 12. Información sobre las Temáticas de los Estudios Primarios del SMS | 39 |

ACRÓNIMOS

| | |
|-------------|--|
| EDT | Estructura de Desglose de Trabajo |
| MVP | <i>Minimum Viable Product</i> (Producto Mínimo Viable) |
| S.I. | Sin Información |
| SMS | <i>Systematic Mapping Study</i> (Mapeo Sistemático de la Literatura) |
| TFM | Trabajo Fin de Máster |

RESUMEN

Las metodologías ágiles en la gestión de proyectos han gozado de una gran popularidad en los últimos años, principalmente en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Este tipo de metodologías se orientan principalmente hacia la gestión de proyectos poniendo foco en el desarrollo incremental de un producto, para lo cual se trabaja mediante iteraciones que generan valor tras cada una de estas. Ello permite avanzar en la ejecución del proyecto de manera más ágil, estando abierto a cambios e implementándolos de una manera más eficaz y eficiente, así como involucrando al cliente o usuario final durante el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, la popularidad de este tipo de metodologías no ha sido tan grande en la gestión de proyectos de ingeniería industrial, bien sea por las características de este tipo de proyectos o porque no se ha investigado lo suficiente al respecto, de manera que puedan aplicarse los conceptos ágiles con éxito a este respecto.

Es por ello por lo que el presente proyecto de investigación pretende arrojar luz sobre la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos industriales. Para ello, se ha realizado una exhaustiva revisión de la literatura (a través de un mapeo sistemático de la literatura), analizando cuáles son las técnicas ágiles más utilizadas actualmente en la gestión de este tipo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial.

A través de los resultados obtenidos de la revisión de la literatura, se han identificado las características más relevantes que se deben tener en consideración a este respecto, desarrollando de esta manera una propuesta de investigación con la que poder contribuir al sector de la gestión de proyectos de ingeniería industrial. Esta propuesta pretende guiar a los profesionales en esta área a la hora de decidir si un proyecto de ingeniería industrial debe seguir o no una metodología ágil, así como identificar los beneficios y aspectos que pueden ser aprovechados de la utilización de metodologías ágiles en el sector de la ingeniería industrial.

Palabras clave – Metodologías Ágiles, Gestión de Proyectos, Ingeniería Industrial, Análisis de la Literatura.

ABSTRACT

Agile methodologies in Project Management have been very popular in recent years, mainly in the management of software development projects. This type of methodologies is oriented towards project management with a focus on an incremental product development, working in iterations and generating value after each of these. This allows to advance nimbly in the project execution, being open to changes and implementing them in a more effective and efficient way, as well as involving the client or end user throughout the project development.

However, the popularity of this type of methodologies has not been so important in the management of industrial engineering projects, either because of the characteristics of this type of projects or because there has not been enough research in this regard, so that agile concepts can be successfully applied in this regard.

That is why this research project aims to shed light on the use of agile methodologies in the management of industrial projects. To do this, an exhaustive review of the literature has been performed (through a Systematic Mapping Study), analyzing which are the most used agile techniques in the management of this type of projects in the field of industrial engineering.

Based in the obtained results, the most relevant characteristics that must be considered in this regard have been identified, thus developing a research proposal with which to contribute to the project management in the industrial engineering sector. This proposal aims to guide professionals in this area when deciding whether an industrial engineering project should follow an agile methodology, as well as to identify the benefits and aspects that can be exploited from the use of agile methodologies in the field of industrial engineering.

Keywords – Agile, Project Management, Industrial Engineering, Literature Review.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) de investigación pretende profundizar en el conocimiento actual en cuanto a la aplicación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos en el ámbito de ingeniería industrial.

El concepto de metodologías ágiles nace en 2001 con el “Agile Manifesto” (Beck et al., 2001), con el fin de definir nuevas maneras de gestionar proyectos de desarrollo de software. Sin embargo, actualmente este tipo de metodologías son aplicables a cualquier tipo de proyecto, siendo cada vez más utilizados y demandados en la gestión de proyectos industriales (Leite & Braz, 2016).

Se entiende por metodologías ágiles aquellas metodologías que permiten adaptar la forma de trabajo a las condiciones del proyecto, buscando y consiguiendo con ello flexibilidad e inmediatez en la respuesta para adaptar el proyecto y su ejecución a las circunstancias específicas del entorno. Los hallazgos en la implementación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos contribuyen a la coordinación y mejor trabajo en equipo durante el desarrollo del proyecto. Un análisis de la comunicación regular sugiere que los métodos ágiles pueden ayudar a equilibrar la flexibilidad con la coordinación estructurada en equipos de investigación heterogéneos (Senabre Hidalgo, 2018).

Es por ello por lo que en el TFM se lleva a cabo un análisis de distintos estudios en los que se ha trabajado siguiendo una metodología ágil, pudiendo con ello determinar el modo en el que se ha desarrollado la gestión del proyecto, y definiendo las ventajas e inconvenientes que ha significado en cada caso concreto la utilización de este tipo de metodologías. Es importante destacar que existe una gran variedad de metodologías de este tipo, entre las cuales las más utilizadas son las metodologías Scrum, Kanban y Lean (Espírito Santo, 2022).

Con todo ello, se presentan una serie de resultados y discusión de este análisis que sirven de base para, a continuación, realizar una propuesta original en la que se presentan recomendaciones y riesgos a la hora de utilizar un tipo de metodología ágil, o bien un método de trabajo concreto, en función de distintas características de un proyecto a ejecutar.

En este sentido, se pretende que este proyecto sirva de apoyo en la gestión de proyectos futuros mediante metodologías ágiles, aportando una serie de consideraciones, recomendaciones y aspectos a considerar a la hora de definir el método de gestión del proyecto en el ámbito de la ingeniería industrial.

Se define la ingeniería industrial como el *“área del conocimiento humano, que forma profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar, eficientemente, organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información, con la finalidad de asegurar el mejor desempeño, de los sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios”* (Meza, 2015). El ingeniero industrial ha de ser capaz de diseñar, rediseñar, especificar, montar y administrar los sistemas de producción; pudiendo

mejorar el funcionamiento y/o procesos específicos de empresas de producción, de bienes y/o servicios. Entre las actividades reconocidas de la ingeniería industrial destacan: desarrollo de sistemas de control de costos, desarrollo de producto, diseño y/o mejora de los sistemas de control, investigación y desarrollo y mejora y optimización de procesos. En la **Figura 1** se muestran las principales funciones de la ingeniería industrial.

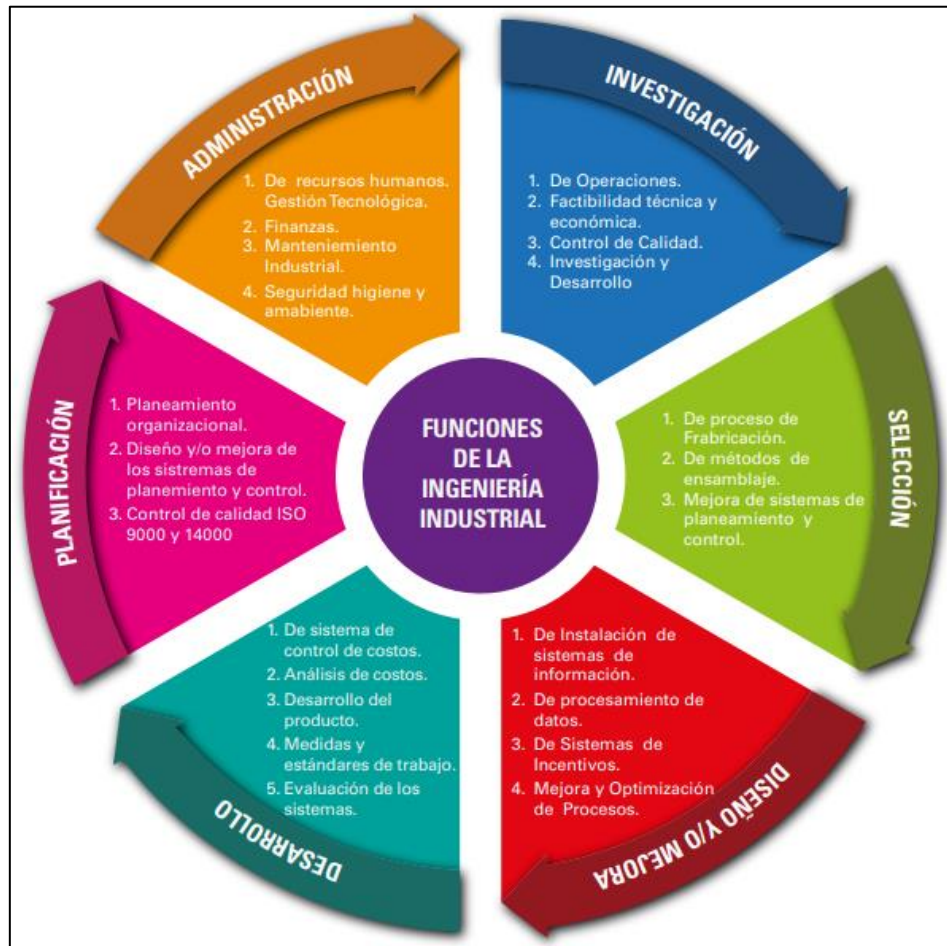


Figura 1. Funciones de la Ingeniería Industrial (Meza, 2015)

Vista la gran diversidad de actuaciones propias de la ingeniería industrial, así como de metodologías ágiles existentes, se presentan distintas vías de investigación a realizar que se consideran relevantes con el objetivo de enriquecer el trabajo realizado en el presente proyecto de investigación, de manera que pueda llegar a tenerse una serie de pautas, cada vez más completa, a la hora de definir el método de gestión de proyectos en este contexto.

1.2. Definición y Objetivos del TFM

Habiendo sido demostradas las ventajas que la utilización de metodologías ágiles puede aportar a la gestión de ciertos proyectos, se observa que, si bien este tipo de metodologías son de habitual aplicación en el sector del desarrollo de software, no se tienen unas bases para su aplicación en proyectos específicos de ingeniería industrial.

Por ello, se considera de relevante interés establecer ciertos principios, así como analizar proyectos pasados, que orienten a los profesionales de la gestión de proyectos a la hora de abordar un nuevo proyecto de carácter industrial, con el objetivo final de, poco a poco, ir haciendo más habitual la práctica de metodologías ágiles en este tipo de proyectos.

Este interés por acercar los proyectos de ingeniería industrial a las metodologías ágiles, buscando aprovechar las ventajas que estas pueden aportar, es la principal motivación de este TFM, que se centra en analizar todo lo realizado en este ámbito hasta la fecha para poder plantear una propuesta que pueda ser de utilidad.

Mediante el análisis de los diversos estudios que se han realizado históricamente en este contexto, se pretende alcanzar el principal objetivo del proyecto, el cual consiste en facilitar la definición de qué técnicas, propias de las metodologías ágiles, pueden ser interesantes de aplicar en proyectos de ingeniería industrial.

Así pues, para lograr este objetivo final, se definen una serie de objetivos secundarios, cuya consecución comportará la consecución del objetivo final. Estos objetivos secundarios son:

- **Revisión de la literatura** para definir los estudios que puedan aportar valor para la propuesta a plantear y la obtención de hallazgos y conclusiones.
- **Obtención de resultados** de los estudios de interés, definiendo, tras la revisión en detalle de estos, qué aspectos son más representativos y habituales en las prácticas llevadas a cabo en cada estudio. Estos resultados servirán de base para la posterior discusión y obtención de hallazgos.
- **Análisis en detalle de los estudios de interés y de los resultados obtenidos**, pudiendo de este modo sacar estadísticas que pongan de manifiesto las prácticas más habituales en la gestión de proyectos de ingeniería industrial con metodologías ágiles.
- **Definición de una propuesta de investigación** que, de alguna manera, pueda utilizar todos los resultados y conclusiones obtenidos para facilitar la aplicación de metodologías ágiles a la hora de definir qué técnicas de gestión pueden ser más ventajosas al dar comienzo un nuevo proyecto de ingeniería industrial.

Considerando la poca información que se tiene sobre la aplicación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería industrial, así como la falta de una serie de principios que sirvan de guía para su aplicación en este ámbito, también se tiene como objetivo que el presente TFM pueda servir de inspiración y apoyo en trabajos futuros que persigan este mismo objetivo, pudiendo poco a poco enriquecer toda la información histórica, los análisis y las conclusiones que, en conjunto, permitan establecer una guía de aplicación de metodologías ágiles en proyectos de ingeniería industrial.

1.3. Metodologías del TFM

1.3.1. Metodología de Investigación

Para poder realizar el presente TFM, es fundamental llevar a cabo un proceso de investigación con el que determinar cuáles han sido las metodologías ágiles utilizadas hasta la fecha en proyectos de carácter industrial, así como qué procedimientos y/o características han resultado ser los más exitosos a este respecto.

En concreto, la metodología de investigación que se ha seguido es el mapeo sistemático de la literatura (SMS, del inglés *Systematic Mapping Study*). Los SMSs son utilizados en casos en los que se tiene muy poca evidencia disponible o el tema a tratar es muy amplio (Kitchenham, 2007). Un SMS permite estructurar la evidencia de un tema con un alto nivel de granularidad, lo cual permite la identificación de grupos de evidencia y vacíos de evidencia para dirigir el enfoque de futuras revisiones e identificar áreas para realizar más estudios (Kitchenham, 2007).

Dicho de otra manera, el principal objetivo de un SMS es proporcionar una visión global sobre un tema de interés, así como identificar la cantidad y tipo de investigación y resultados disponibles sobre este (Genero et al., 2015). Esto permite identificar temas en los que la evidencia empírica es escasa y es necesario realizar más estudios.

En concreto, para realizar el presente SMS se han seguido cuatro fases: planificación, ejecución, resultados y discusión. En la primera fase de planificación se identifica el área a analizar y se establece el protocolo de revisión. En la fase de ejecución se realiza la búsqueda de estudios primarios, extrayendo y sintetizando los datos relevantes, así como evaluando su calidad. En la tercera fase del SMS se detallan los resultados obtenidos de cada una de las cuestiones de investigación planteadas. Y, por último, en la fase de discusión se analizan con mayor detalle y se discuten los hallazgos obtenidos a través de los resultados del SMS.

Así pues, la estructura planteada para el desarrollo del SMS es:

- **Planificación:**
 - Preguntas de investigación: se plantean una serie de preguntas que guían la investigación, con las que se pretende definir el estado actual del tema a tratar.
 - Estrategia de búsqueda: se define la estrategia a seguir en la investigación detallando, por ejemplo, de dónde obtener respuesta a las preguntas planteadas o el modo en el que se lleva a cabo la búsqueda.
 - Criterios de selección de los estudios primarios: se definen ciertos criterios con los que determinar si la información obtenida tiene la suficiente fiabilidad para ser tomada en consideración.
 - Criterios de evaluación de la calidad: se definen los criterios para determinar la calidad de los estudios a analizar, permitiendo así definir cuáles son los más representativos y relevantes (sobre todo a la hora de futuras investigaciones).
 - Estrategia de extracción de datos: se plantea una serie de posibles respuestas a las preguntas de investigación.

- **Métodos de síntesis:** se define el modo en el que se sintetizará la información obtenida, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo.
- **Ejecución:** en esta fase se lleva a cabo el SMS en base a los criterios establecidos en la fase de planificación.
- **Resultados:** se muestran los resultados obtenidos tras la ejecución del SMS.
- **Discusión:** se discute sobre los hallazgos obtenidos tras la ejecución del SMS, así como sobre cualquier aspecto que se considere relevante observado durante la ejecución.

En el **Capítulo 2** del presente documento se lleva a cabo el SMS siguiendo la estructura aquí mostrada, detallándose también las características de cada una de las fases mencionadas.

1.3.2. Metodología para la Gestión del Trabajo

Para la realización y gestión del presente TFM se ha definido el cronograma que se muestra en la **Figura 2**, el cual se ha desarrollado en las fases iniciales del proyecto y ha servido de guía durante todo el proceso de elaboración del TFM.

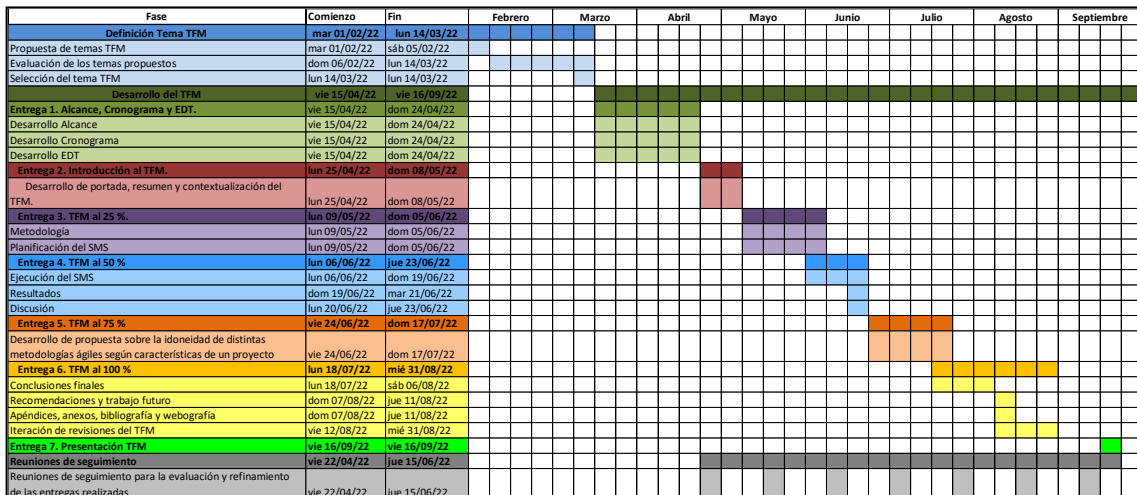


Figura 2. Diagrama de Gantt para la Gestión del TFM

Asimismo, también se ha llevado a cabo la definición de una Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), tal y como se muestra en la **Figura 3**. La EDT de un proyecto es una agrupación de elementos de trabajo del proyecto que organiza y define el alcance total del proyecto (Burghate, 2018). Se trata de un gráfico multinivel que organiza y representa cada elemento mostrando el trabajo a acometer en una relación lógica. Es la estructura que integra y relaciona todo el trabajo del proyecto y se utiliza a lo largo del ciclo de vida de un proyecto para identificar, asignar y realizar un seguimiento de los ámbitos de trabajo específicos.

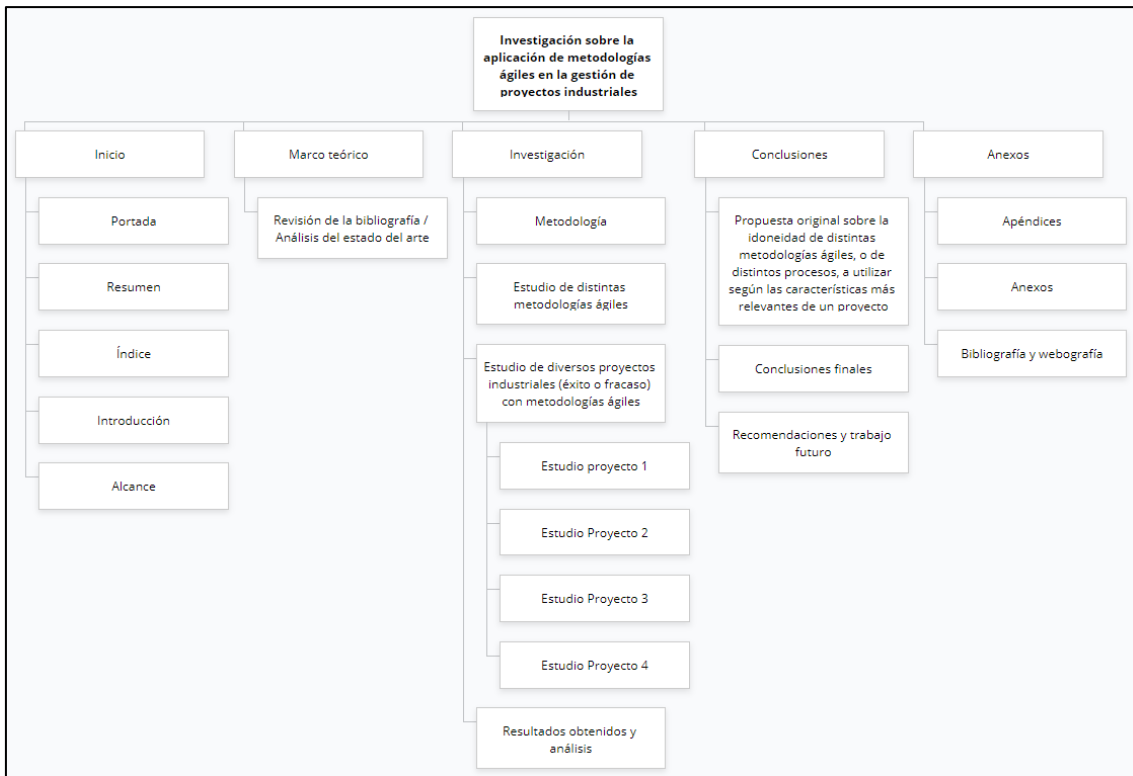


Figura 3. Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) del TFM

1.4. Estructura del Documento

El presente documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

- **Capítulo 1. Introducción**

En este primer capítulo se plantea la incertidumbre ante la gestión de proyectos de ingeniería industrial mediante metodologías ágiles. Del mismo modo, se define y delimita el alcance del presente proyecto, así como se enuncian los objetivos principales que motivan la realización de la investigación presentada.
- **Capítulo 2. Estado del Arte**

En este capítulo se analiza la situación actual en cuanto a la gestión de proyectos de ingeniería industrial con metodologías ágiles. En concreto, se lleva a cabo un mapeo sistemático de la literatura, identificando y documentando las principales prácticas asociadas a la gestión de este tipo en los proyectos de carácter industrial. Los resultados obtenidos a este respecto representan la base para diseñar la posterior propuesta.
- **Capítulo 3. Propuesta de Investigación**

El tercer capítulo presenta la aplicación de los principales hallazgos del mapeo sistemático de la literatura, llevando a cabo una propuesta de investigación que se presenta como un conjunto de buenas prácticas a aplicar a la hora de establecer la idoneidad de un nuevo proyecto de ingeniería industrial para ser gestionado mediante metodologías ágiles.

- **Capítulo 4. Conclusiones**

En este capítulo final se realiza un resumen de los objetivos logrados, limitaciones a superar y se plantean posibles líneas de trabajo futuro en relación con el contexto del presente TFM y la investigación realizada.

Asimismo, también se incluye el **Apéndice A**, en el que se presentan las referencias de los estudios primarios identificados a través del mapeo sistemático de la literatura, el **Apéndice B**, en el que se incluyen las descripciones sobre las temáticas sobre las que tratan cada uno de estos estudios primarios, y el **Apéndice C**, en el que se presentan, de manera gráfica, los resultados obtenidos a las preguntas de investigación planteadas en el SMS.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Para realizar el análisis del estado del arte se ha elegido la metodología de mapeo sistemático de la literatura (SMS, del inglés *Systematic Mapping Study*). Los SMS son diseñados para ofrecer una visión general de un área de investigación a través de la clasificación y el conteo de contribuciones en relación con las categorías de esa clasificación (Petersen et al., 2015). Esto conlleva la búsqueda de literatura, y dónde esta ha sido publicada. Actualmente, los SMS son utilizados por gran cantidad de investigadores de cualquier área, utilizando diferentes métodos.

Para realizar el presente SMS, como se ha comentado anteriormente, se han seguido cuatro fases: planificación, ejecución, resultados y discusión. Se detalla a continuación cada una de ellas.

2.1. Planificación

En esta primera fase de planificación del SMS se establecen las preguntas de investigación que servirán de guía para definir qué es lo que quiere investigarse. Se define también la estrategia de búsqueda, estableciendo el modo en el que se llevará a cabo la búsqueda de estudios que permitan dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

Por otro lado, se establecen también en esta fase los criterios de selección de los estudios primarios, así como los criterios de la evaluación de la calidad.

2.1.1. Preguntas de Investigación

A través de las preguntas de investigación se pretende examinar en detalle, en este caso, el estado actual de la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos en ingeniería industrial. Para ello, en la **Tabla 1** se muestran las preguntas de investigación definidas a este respecto.

Tabla 1. Preguntas de Investigación del SMS

| Pregunta de Investigación | Motivación |
|---|--|
| P1. ¿Qué estudios existen sobre la utilización de metodologías ágiles en proyectos industriales? | Definir el número de publicaciones actuales, así como la tendencia de los últimos años en relación con el campo del estudio. |
| P2. ¿Cuáles son las metodologías ágiles más utilizadas en la gestión de proyectos industriales? | Determinar cuáles son las principales metodologías ágiles que se utilizan en los últimos años en la gestión de proyectos industriales. |

| Pregunta de Investigación | Motivación |
|---|---|
| P3. ¿Cuáles son las características clave de los proyectos industriales gestionados con metodologías ágiles? | Determinar las características de los proyectos industriales gestionados con metodologías ágiles. |
| P4. ¿Cuáles son las tipologías de proyecto, dentro de la ingeniería industrial, que más se han gestionado con metodologías ágiles? | Determinar qué tipos de proyectos industriales se han gestionado con metodologías ágiles. |
| P5. ¿Qué áreas específicas de la ingeniería industrial son las más gestionadas con metodologías ágiles? | Determinar en qué áreas de la ingeniería industrial se han gestionado más proyectos con prácticas ágiles. |

2.1.2. Estrategia de Búsqueda

Se pretende utilizar la base de datos *Scopus* para llevar a cabo la búsqueda de información automatizada. En ella, se introducirá la cadena de búsqueda mostrada en la **Tabla 2**. Para una mejor comprensión, esta cadena de búsqueda se muestra dividida en tres partes, que representan, por un lado, el ámbito de la gestión de proyectos, por otro lado, el ámbito de los proyectos industriales y, por último, el de las metodologías de gestión ágiles. Para la búsqueda de cada uno de los ámbitos mencionados, se utiliza el booleano OR entre varios conceptos de interés y, además, se utiliza el booleano AND para acotar la búsqueda a resultados que únicamente incluyan información de los dos ámbitos.

Tabla 2. Cadena de Búsqueda

| Concepto | Términos Alternativos y Sinónimos | |
|------------------------|--|-----|
| Metodologías Ágiles | (Agile* OR Scrum OR Kanban OR Lean) | AND |
| Proyectos Industriales | ((Industr* AND Engine*) OR (Mechanic* OR Hydraulic* OR Automati* OR "Industry 4.0")) | |
| Gestión de proyectos | (Project* OR Program* OR Manag*) | |

La búsqueda inicial se llevará a cabo aplicando la cadena de búsqueda sobre el título, resumen y palabras clave de cada estudio. Asimismo, se va a considerar toda la información publicada en la última década (2012 – 2022). Se establece este periodo puesto que el concepto de metodologías ágiles es bastante reciente, apareciendo por primera vez en 2001. Además, su utilización en proyectos industriales ha crecido exponencialmente en los últimos años, por lo que se considera este periodo de tiempo ideal para el estudio, identificando de este modo los estudios más recientes y relevantes al respecto.

2.1.3. Criterios de Selección de los Estudios Primarios

La información recopilada en la búsqueda automatizada se evaluará con el objetivo de determinar si dicho estudio va a ser incluido o no. Se incluirán aquellos estudios que cumplan con los siguientes criterios:

- **I1:** estudios en inglés que se refieran a la utilización de metodologías ágiles en proyectos de ingeniería industrial.
- **I2:** estudios completos publicados entre 2012 y 2022 en revistas o conferencias/congresos de prestigio revisados por pares.

Por otro lado, cualquier estudio que cumpla con alguno de los siguientes criterios de exclusión no será tenido en cuenta:

- **E1:** tipos de estudios de debate o de opinión, o disponibles solo en forma de resúmenes o presentaciones.
- **E2:** estudios duplicados, considerando siempre el más completo y reciente.

2.1.4. Criterios de Evaluación de Calidad

La medición de la calidad de los estudios ayuda a determinar cuáles son los más representativos y relevantes, lo cual permite además obtener mejores resultados e identificar posibles líneas de trabajo futuro.

Para llevar a cabo esta medición de la calidad, se utilizará un cuestionario con un sistema de puntuación de tres valores (-1, 0 y +1). El cuestionario está formado por las cuestiones que se muestran en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Criterios de Evaluación de Calidad

| ID | Criterio de Evaluación de Calidad | Sí | S.I. | No |
|----|---|----|------|----|
| 1 | El estudio presenta una descripción y guía detallada sobre la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería industrial. | +1 | 0 | -1 |
| 2 | El estudio basa sus resultados en una aplicación / validación empírica de la idea sobre la aplicación de una metodología ágil que defiende. | +1 | 0 | -1 |
| 3 | El estudio expone de manera clara y detallada los resultados obtenidos tras aplicar la idea de gestión de proyectos mediante metodología ágil que defiende. | +1 | 0 | -1 |
| 4 | El estudio ha sido publicado en una revista o conferencia relevante. | +1 | 0 | -1 |
| 5 | El estudio ha sido citado por otros autores. | +1 | 0 | -1 |

S.I. – Sin Información

La suma de la puntuación de todas las cuestiones dará un resultado comprendido entre -5 y +5, que servirá para evaluar la calidad final del estudio en cuestión. Este método permitirá establecer una prioridad entre los documentos definiendo el grado de rigor académico y técnico.

2.1.5. Estrategia de Extracción de Datos

La estrategia de extracción de datos se basa en una serie de posibles respuestas para cada una de las preguntas planteadas, lo que permite aplicar los mismos criterios de extracción de datos a todos los estudios y clasificarlos en función de dichas respuestas, tal y como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Estrategia de Extracción de Datos del SMS

| Pregunta de Investigación | Respuestas |
|---|--|
| P1. ¿Qué estudios existen sobre la utilización de metodologías ágiles en proyectos industriales? | a) Revisión de la literatura b) Propuesta c) Caso de estudio d) Otros |
| P2. ¿Cuáles son las metodologías ágiles más utilizadas en la gestión de proyectos industriales? | a) Scrum b) Kanban c) Lean d) Otros |
| P3. ¿Cuáles son las características clave de los proyectos industriales gestionados con metodologías ágiles? | a) Tamaño del equipo b) Equipo multidisciplinar c) Prototipos / MVP d) Comunicación e) Paquetes de trabajo f) Participación del cliente g) Otros |
| P4. ¿Cuáles son las tipologías de proyecto, dentro de la ingeniería industrial, que más se han gestionado con metodologías ágiles? | a) Optimización de un proceso b) Desarrollo de un nuevo producto c) Otros |
| P5. ¿Qué áreas específicas de la ingeniería industrial se gestionan más con metodologías ágiles? | a) Industria b) Construcción c) Aeroespacial d) Automatización e) Petroquímica f) Energética g) Otros |

2.1.6. Métodos de Síntesis

Se llevará a cabo tanto una síntesis de datos cuantitativa como cualitativa, respecto a las respuestas a cada una de las preguntas de investigación, así como de las evaluaciones de calidad realizadas. Para ello, esta síntesis se representará a través de tablas y/o gráficos que mostrarán el número y/o porcentaje de los resultados obtenidos a este respecto.

2.2. Ejecución

En esta etapa de ejecución, se ha llevado a cabo el SMS en base a las directrices establecidas anteriormente. Para ello, se distinguen tres fases:

1. En la primera fase se ha aplicado la cadena de búsqueda indicada en la **Tabla 2** sobre la base de datos *Scopus*, obteniéndose como resultado un total de 4.468 documentos, de los que, tras aplicar los criterios de selección sobre el resumen o *abstract*, se han obtenido un total de 77 estudios potenciales.
2. En la segunda fase, se ha realizado de nuevo la aplicación de los criterios de selección sobre los 77 estudios potenciales, pero en este caso revisando la totalidad del estudio. Tras esta revisión, se han obtenido un total de 16 estudios primarios.
3. En la tercera fase, se ha llevado a cabo una evaluación final de la calidad de los estudios primarios, así como la extracción de las respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

2.3. Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos tras la realización del SMS, en base a cada una de las preguntas de investigación planteadas anteriormente. Asimismo, el **Apéndice A** incluye las referencias sobre los estudios primarios seleccionados, entre los que se incluye el identificador utilizado para referenciarlos a través de la representación de los resultados, así como el **Apéndice B** contiene un breve resumen sobre las temáticas tratadas en cada uno de estos estudios primarios y el **Apéndice C** presenta distintos gráficos representando los resultados obtenidos.

Cabe destacar el reducido número de estudios que han podido ser utilizados como estudios primarios, siendo el número final de 16. Esto pone en evidencia el poco estudio de la utilización de metodologías ágiles, que tan populares son en el desarrollo de software, dentro del mundo de la ingeniería industrial.

También es importante remarcar que el estudio A04 utiliza una metodología de gestión del proyecto derivada del modelo en V que, si bien es originalmente un método en cascada, en el estudio presentado muestra características similares a las metodologías ágiles, tales como el desarrollo del proyecto mediante iteraciones. Por este motivo, y dado el escaso número de estudios primarios encontrados, se ha considerado conveniente tener este estudio en consideración a la hora de extraer los resultados y conclusiones.

2.3.1. Pregunta P1. ¿Qué Estudios Existen sobre la Utilización de Metodologías Ágiles en Proyectos Industriales?

De los 16 estudios primarios analizados, se han distinguido estudios consistentes en casos de estudio, propuestas y revisiones de la literatura. En concreto, la clasificación es la que se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P1

| Tipo de estudio | Número | Porcentaje | Estudios |
|---------------------------|--------|------------|--|
| Caso de estudio | 12 | 75 % | A01, A03, A04, A05, A08, A09, A11, A12, A13, A14, A15, A16 |
| Propuesta | 3 | 18,75 % | A02, A07, A10 |
| Revisión de la literatura | 1 | 6,25 % | A06 |

2.3.2. Pregunta P2. ¿Cuáles son las Metodologías Ágiles más Utilizadas en la Gestión de Proyectos Industriales?

En este punto es conveniente destacar que, al ser las metodologías ágiles ideadas inicialmente para su utilización en la gestión de proyectos de desarrollo de software, en el ámbito de los proyectos industriales, y a la vista de los resultados obtenidos, lo habitual no es la aplicación de una metodología en concreto, sino más bien la utilización de ciertas técnicas de una metodología. En este sentido, como resultados a esta pregunta se muestran las metodologías sobre las que se han basado cada uno de los estudios (tal y como se muestra en la **Tabla 6**) englobando bajo el concepto de “Otros” aquellos estudios que no indican en qué metodología concreta se basan, sino que simplemente usan técnicas propias de la gestión ágil.

Tabla 6. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P2

| Metodología | Número | Porcentaje | Estudios |
|-------------------|--------|------------|-----------------------------------|
| Scrum | 7 | 43,75 % | A02, A03, A05, A08, A12, A13, A14 |
| Otros | 5 | 31,25 % | A06, A09, A11, A15, A16 |
| Lean | 1 | 6,25 % | A01 |
| V-Cycle | 1 | 6,25 % | A04 |
| Kanban | 1 | 6,25 % | A07 |
| Hybrid Lean-Agile | 1 | 6,25 % | A10 |

Así pues, de los resultados se observa que la metodología Scrum, la más utilizada tradicionalmente en desarrollo de software, es también la más utilizada en la gestión de proyectos de carácter industrial, por lo que se considera que esta debería ser la base sobre la que inspirarse a la hora de definir las técnicas a utilizar en la gestión de un proyecto industrial.

2.3.3. Pregunta P3. ¿Cuáles son las Características Clave de los Proyectos Industriales Gestionados con Metodologías Ágiles?

En este punto se han tenido en cuenta aquellas características, típicas de las metodologías ágiles, que más se han identificado durante el análisis de los 16 estudios primarios, así como características propias de cada uno de los estudios analizados, tales como el tamaño del equipo o la duración de cada proyecto. Estas características son las siguientes:

- **Duración:** indica la duración del proyecto estudiado.
- **Prototipos / MVP:** indica el desarrollo de prototipos o MVP (producto mínimo viable) durante la ejecución del proyecto.
- **Equipo multidisciplinar:** indica si el equipo participante en el proyecto es un equipo multidisciplinar.
- **Tamaño del equipo:** Indica el tamaño del equipo de proyecto.
- **Paquetes de trabajo:** Indica si en cada estudio se menciona el hecho de haber desglosado en pequeños paquetes de trabajo el alcance total del proyecto.
- **Comunicación fluida:** indica si en cada estudio se hace referencia a un estilo de comunicación fluida entre todas las partes.
- **Cliente involucrado:** indica si en el estudio se hace referencia a la participación del cliente o usuario final en el desarrollo del proyecto.

En la **Tabla 7**, se muestra el resultado del análisis de las características planteadas en cada uno de los estudios primarios.

Tabla 7. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P3

| Característica | A01 | A02 | A03 | A04 | A05 | A06 | A07 | A08 | A09 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | % |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| Duración (meses) | 1,5 | | | 7 | 2 | | | | 7 | | | 6 | 4 | 8 | | | - |
| Prototipos / MVP | X | | | X | | | | | | X | X | X | | X | X | X | 50,00% |
| Equipo multidisciplinar | X | X | X | | | X | | X | | X | X | X | | | X | X | 62,50% |
| Tamaño de equipo | 250 | | 15 | | | | | | | | | 5 | 5 | 4 | | | - |
| Paquetes de trabajo | | X | X | | | | | X | X | | | X | | X | X | | 43,75% |
| Comunicación fluida | | X | | | | X | X | X | X | X | X | | X | | | X | 56,25% |
| Cliente involucrado | X | X | | | | X | | X | X | | X | | X | | | | 43,75% |

En cuanto a las características propias de cada proyecto susceptible de ser gestionado mediante metodologías ágiles, ha de tenerse en consideración la posibilidad de ciertos aspectos, tales como la posibilidad de desglosar el proyecto en pequeños paquetes de trabajo, trabajar de manera iterativa o la posibilidad de ir generando prototipos durante la ejecución. Estos aspectos pueden indicar, a priori, la idoneidad del proyecto para ser gestionado de una manera u otra.

Además, puede también conocerse cuáles pueden ser las técnicas, propias de los proyectos industriales gestionados históricamente mediante metodologías ágiles, que más beneficios pueden aportar, tales como contar con un equipo multidisciplinar, establecer métodos de comunicación entre las partes que garanticen una comunicación fluida o lograr la involucración del cliente y los interesados en el proyecto.

Por ejemplo, en caso de tratarse de un proyecto de desarrollo de un nuevo producto, en el que se tiene la posibilidad de trabajar mediante iteraciones y de generar prototipos, en base a los resultados obtenidos, sería interesante plantearse la gestión de este desde un enfoque ágil, dando valor a las características de gestión vistas en esta pregunta de investigación P3. En cualquier caso, más adelante se profundiza sobre la idoneidad de un proyecto industrial a la hora de gestionarlo de manera ágil, así como se proponen recomendaciones sobre distintas técnicas a aplicar en función del tipo de proyecto.

2.3.4. Pregunta P4. ¿Cuáles son las Tipologías de Proyecto, dentro de la Ingeniería Industrial, que más se han Gestionado con Metodologías Ágiles?

Del total de 16 estudios analizados, se ha identificado principalmente dos tipologías de proyectos: “Desarrollo de un nuevo producto” y “Optimización de un proceso”. En la **Tabla 8** tabla se detalla esta clasificación junto con el resto de los resultados obtenidos a este respecto.

Tabla 8. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P4

| Tipología | Número | Porcentaje | Estudios |
|---------------------------------|--------|------------|---|
| Desarrollo de un nuevo producto | 11 | 68,75 % | A01, A03, A04, A06, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16 |
| Optimización de un proceso | 3 | 18,75 % | A05, A07, A08 |
| Otros | 2 | 1,25 % | A02, A09 |

Es importante destacar que dos de los estudios se han clasificado como “Otros” al no encajar con las respuestas planteadas a la pregunta de investigación. En concreto estos dos proyectos tratan sobre el desarrollo de infraestructuras y pozos petrolíferos.

Así pues, puede afirmarse que, dentro de los proyectos industriales, los que tienen por objetivo el desarrollo de un nuevo producto son los que más beneficios tienen a la hora de ser gestionados mediante metodologías ágiles, seguidos de los que persiguen la optimización de un proceso industrial.

2.3.5. Pregunta P5. ¿Qué Áreas Específicas de la Ingeniería Industrial se Gestionan más con Metodologías Ágiles?

En esta última pregunta de investigación se han identificado seis áreas de la ingeniería industrial que se gestionan con metodologías ágiles, tal y como se muestra en **Tabla 9**.

Tabla 9. Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación P5

| Área | Número | Porcentaje | Estudios |
|----------------|--------|------------|--|
| Industria | 10 | 62,5 % | A01, A04, A06, A07, A10, A12, A13, A14, A15, A16 |
| Automatización | 2 | 12,5 % | A05, A08 |
| Petroquímica | 1 | 6,25 % | A09 |
| Aeroespacial | 1 | 6,25 % | A03 |
| Construcción | 1 | 6,25 % | A02 |
| Energética | 1 | 6,25 % | A11 |

2.3.6. Resultados Generales del SMS

Tras el análisis de los resultados mostrados, fruto de las respuestas a las preguntas de investigación planteadas, pueden destacarse los siguientes aspectos como resultados generales del SMS:

- La gran mayoría de los estudios primarios, el 75 %, consisten en casos de estudio. Estos estudios llevan a cabo la gestión de proyectos de carácter industrial de mayor o menor envergadura aplicando técnicas propias de las metodologías ágiles.
- Los estudios primarios no aplican directamente una metodología ágil en concreto, sino que utilizan técnicas propias de la gestión ágil basándose, en muchos casos, en una u otra metodología concreta. La metodología Scrum, igual que ocurre con los proyectos de desarrollo de software, ha resultado ser la más habitual en los estudios primarios analizados, representando el 43,75 %.
- El hecho de contar con un equipo multidisciplinar se menciona en 10 de los 16 estudios analizados, lo cual representa el 62,5 % de los estudios. Asimismo, cabe destacar que, si bien el desarrollo de prototipos se da en 8 de los 16 estudios analizados, este tipo de característica solo tiene sentido en la tipología de proyecto de “Desarrollo de un nuevo producto”, por lo que, si se observa el resultado en únicamente este tipo de proyecto, se tiene que se da en el 73 % de los casos.
- La tipología de proyecto que más se repite en los estudios primarios analizados, con diferencia, es el desarrollo de un nuevo producto o dispositivo industrial, lo cual representa el 68,75 %. El 18,75 % de los estudios se corresponden con la optimización de un proceso.

- El área llamada “Industria” es la que más representación tiene, al aparecer en el 62,5 % de todos los estudios primarios analizados. Se engloban bajo este concepto aquellos estudios que tratan sobre el desarrollo de nuevos dispositivos o máquinas electromecánicas, así como un estudio en concreto (A07) que discute sobre la aplicación de metodologías ágiles en la industria manufacturera como parte de la Industria 4.0.

2.4. Discusión

2.4.1. Hallazgos Principales

El SMS realizado tiene como principal objetivo el de conocer qué tipo de metodologías ágiles, o incluso únicamente que técnicas propias de las metodologías ágiles han sido las más utilizadas, hasta la fecha, en la gestión de proyectos de carácter industrial.

Una vez analizados los resultados obtenidos en los anteriores apartados, es posible realizar las siguientes afirmaciones:

- Gran porcentaje de estudios primarios se corresponden con casos de estudio. Sin embargo, sería conveniente que se llevaran a cabo más estudios que versen sobre propuestas para la gestión de proyectos industriales mediante metodologías ágiles y que contaran con validaciones. Este hecho enriquecería el conocimiento sobre la materia y permitiría a los profesionales contar con un mayor abanico de posibilidades.
- Entre las metodologías ágiles identificadas, la más habitual es la Scrum. Cabe destacar que todas las metodologías, con el paso del tiempo, se han orientado hacia la gestión de proyectos de desarrollo de software, siendo lo más ventajoso utilizar ciertas técnicas ágiles de una metodología. En este sentido, sería interesante poder establecer unos principios comunes para la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos industriales.
- Entre las características más habituales y provechosas de los proyectos de carácter industrial gestionados con metodologías ágiles destacan la formación de equipos multidisciplinares, el establecimiento de una comunicación fluida entre las partes, la involucración del cliente y el desglose de la totalidad del proyecto en pequeños paquetes de trabajo.
- En cuanto a la comunicación fluida, tradicionalmente se ha considerado más beneficioso las reuniones periódicas mantenidas cara a cara. Sin embargo, y en especial tras el periodo de cuarentena causado por la pandemia del Covid-19, se han impulsado y optimizado las reuniones telemáticas, mencionándose en uno de los estudios primarios la utilización de este tipo de reuniones.
- Destaca el desarrollo de un producto mínimo viable o de prototipos durante el transcurso del proyecto en casos de proyectos de desarrollo de nuevos productos o dispositivos. Esta característica es sencilla de cumplir en proyectos de desarrollo de software, puesto que el entregable simplemente es código. Sin embargo, en proyectos de ingeniería industrial puede resultar complejo y costoso entregar un prototipo físico

de un producto en cada iteración. En este sentido, se propone tener en especial consideración el uso de programas informáticos de modelado en 3D, con los que es posible generar modelos virtuales del prototipo, simular su movimiento y analizar incluso su resistencia y ciertas propiedades mecánicas en función del material a utilizar.

- Los proyectos que más se han gestionado históricamente con metodologías ágiles son los de tipo desarrollo de nuevo producto o dispositivo. Este hecho se debe, principalmente, a que una de las características típicas de los proyectos ágiles es trabajar mediante iteraciones, generando un avance en el objetivo del proyecto tras cada iteración, que pueda ser mostrado y evaluado junto con el cliente. Este hecho resulta más práctico y simple de realizar con el desarrollo de un nuevo producto, pudiendo contar con prototipo cada vez más sofisticado.

2.4.2. Trascendencia para la Investigación y la Práctica

Las metodologías ágiles son, actualmente, las más utilizadas en la gestión de proyectos del ámbito de desarrollo de software, habiendo aportado multitud de ventajas y beneficios; destacando principalmente la agilidad con la que se lleva a cabo el proyecto, recortando el tiempo de ejecución de este, etc. Por este motivo, se considera interesante, y conveniente, llevar a cabo un SMS como el aquí realizado, que pueda poner de manifiesto las características de gestión de los proyectos de carácter industrial con metodologías ágiles.

Gracias al desarrollo del presente estudio, puede tenerse recopilada en un mismo lugar la información sobre la aplicación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de carácter industrial, con el objetivo final de poder contribuir a mejorar la gestión de este tipo de proyectos. De este modo, desde el punto de vista de la práctica, se hace posible que cualquier Project Manager pueda contar con una herramienta de cara a analizar y definir la mejor manera de gestionar un nuevo proyecto. Asimismo, desde el punto de vista de la investigación, ayuda a que los investigadores conozcan el estado del arte actual de este campo en concreto y puedan identificar posibles gaps o desventajas que existen actualmente, con el fin de desarrollar futuras líneas de trabajo al respecto.

CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Introducción

Históricamente, los proyectos de ingeniería industrial han sido gestionados mediante metodologías secuenciales o en cascada, con las que la duración de los proyectos suele dilatarse en el tiempo más de lo previsto y los costos suelen ser mayores de los inicialmente presupuestados.

A partir de la publicación en 2001 del “Agile Manifesto” (Beck et al., 2001), en el que se establecen una serie de principios para la gestión de proyectos que buscan una mayor agilidad en su ejecución, estas metodologías ágiles han tenido un gran impacto en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Actualmente, prácticamente la totalidad de los proyectos de desarrollo de software son gestionados siguiendo estos principios, gracias a lo cual se han logrado una serie de ventajas, entre las que destacan un tiempo y costos finales más acertados en realización a los planificado inicialmente para el proyecto, una entrega de valor más temprana y una metodología abierta a cambios en cualquier fase del proyecto.

Sin embargo, pese al auge de este tipo de gestión en los proyectos de desarrollo de software, todavía no es tan común ver su aplicación en la gestión de otros tipos de proyectos, como los de carácter industrial.

Con la realización del presente proyecto se ha llevado a cabo un mapeo sistemático de la literatura (SMS) (**Capítulo 2**), a través del cual se pretende poner de manifiesto las características de los proyectos industriales gestionados en los últimos años mediante metodologías ágiles, así como las buenas prácticas de gestión que se utilizan a este respecto y que ayudan al éxito del proyecto.

Los resultados obtenidos mediante el SMS, así como los hallazgos a los que se ha llegado tras la discusión de estos, suponen la base de la propuesta de investigación que se presenta en este capítulo.

En este sentido, la presente propuesta plantea un método para poder establecer un criterio que ayude a definir la idoneidad de un nuevo proyecto industrial a la hora de decidir si es conveniente su gestión mediante metodologías ágiles, así como las técnicas o prácticas de gestión que se deberían considerar al respecto. Cabe destacar que la propuesta aquí descrita se realiza en base únicamente a los resultados obtenidos tras el análisis de los 16 estudios primarios obtenidos a través del SMS, por lo cual no es una guía definitiva y puede sufrir cambios debido a nuevas características que puedan surgir tanto en los proyectos industriales como en las metodologías ágiles. Asimismo, también es importante destacar que dicha propuesta no está validada, representa únicamente una primera prueba de concepto, por lo que sería interesante realizar validaciones de esta propuesta como líneas de trabajo futuro.

3.2. Características Ágiles en Ingeniería Industrial

Para poder conocer la idoneidad de utilizar metodologías ágiles en la gestión de un proyecto de ingeniería industrial, y en base al análisis del estado del arte realizado, es conveniente conocer ciertos aspectos del proyecto.

En primer lugar, se ha visto que la única característica que se repite en todos los estudios primarios analizados es el trabajo mediante iteraciones. Se trata una de una característica indispensable en la gestión de proyectos mediante metodologías ágiles, por lo que se considera esta la condición más importante, siendo necesario que el nuevo proyecto sea susceptible de ser ejecutado mediante iteraciones.

En segundo lugar, en cuanto a la tipología de proyectos de ingeniería industrial que más se han gestionado con metodologías ágiles, de entre los estudios primarios analizados se tiene el desarrollo de un nuevo producto como el tipo más habitual, seguido de optimización de un proceso. En este sentido, se considerará como el escenario ideal el hecho de que el nuevo proyecto sea de tipo desarrollo de un nuevo producto, mientras que será un escenario ventajoso si es de tipo optimización de un proceso y, por último, indiferente en el caso de que no sea de ninguno de estos dos tipos.

En tercer lugar, en parte de los estudios primarios analizados se ha identificado la realización de prototipos o MVP durante la ejecución del proyecto, definiendo así este método de trabajo como una de las metodologías ágiles más convenientes de utilizar en la gestión de proyectos de ingeniería industrial. Así pues, en la presente propuesta de investigación se considera como beneficioso el hecho de que en el proyecto a realizar pueda llevarse a cabo el desarrollo de prototipos durante su ejecución. Dada la dificultad que puede suponer la realización de prototipos de un nuevo producto físico tras cada iteración, lo cual aumentaría el tiempo y el coste del proyecto, se recomienda la realización de prototipos mediante programas informáticos de modelado 3D, realizando de este modo prototipos virtuales, con los que poder evaluar prácticamente cualquier aspecto del nuevo producto.

En cuarto lugar, en cuanto a la participación del cliente e interesados, se observa en los estudios primarios que es una de las características típicas, puesto que la participación de estos puede dar la retroalimentación o *feedback* necesario para que el proyecto avance según lo deseado, permitiendo la aceptación a cambios y actuar de manera rápida ante imprevistos. Es por ello por lo que también se considera un factor para tener en cuenta a la hora de definir la idoneidad del nuevo proyecto para ser gestionado con metodologías ágiles.

Por último, otra de las características más mencionadas en los estudios primarios es el desglose del proyecto en pequeños paquetes de trabajo, que se van trabajando en cada iteración de manera que se va completando la totalidad del alcance mediante estos pequeños desarrollos. Se tiene en cuenta en esta propuesta la posibilidad de desglosar el proyecto a gestionar en pequeños paquetes de trabajo, considerando esta posibilidad como un punto a favor para considerarlo susceptible de gestión con metodologías ágiles.

3.3. Propuesta para la Adopción de Metodologías Ágiles

En la **Figura 4** se muestra el diagrama desarrollado para la presente propuesta, en el que se proponen varios pasos antes del inicio de un nuevo proyecto de ingeniería industrial.

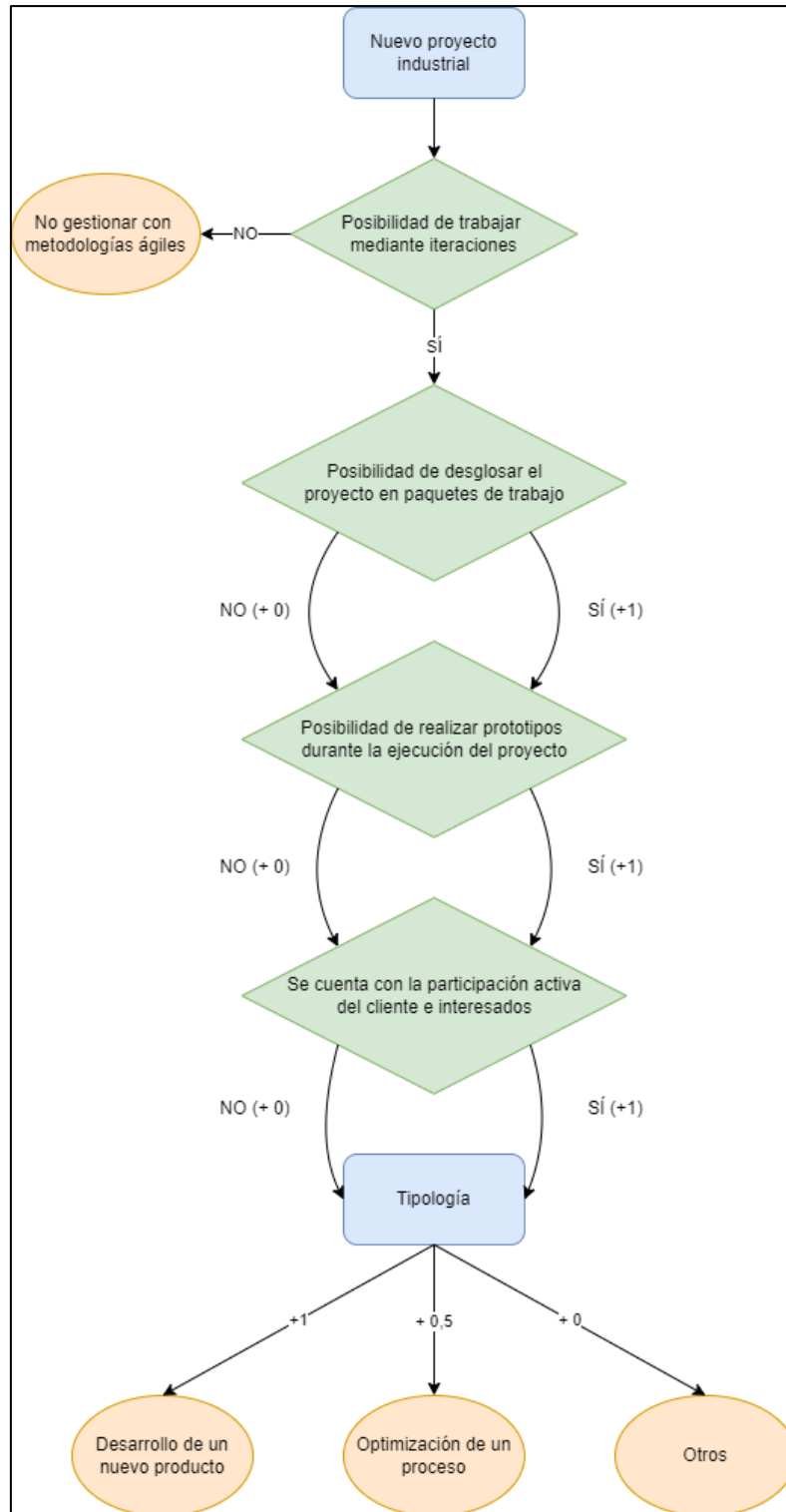


Figura 4. Diagrama para la Adopción de Metodologías Ágiles en Proyectos Industriales

El primer paso del diagrama es evaluar la posibilidad de que el proyecto a gestionar pueda llevarse a cabo mediante iteraciones. Se trata de la principal característica de las metodologías ágiles, identificada en el 100 % de los estudios primarios, por lo que se plantea como una condición necesaria, proponiéndose no gestionar el proyecto mediante metodologías ágiles en caso de que no pueda cumplirse.

Los siguientes tres pasos, siguiendo con las características más relevantes, son la posibilidad de desglosar el proyecto en paquetes de trabajo, generar prototipos durante el desarrollo de este y contar con la participación del cliente e interesados. Por cada respuesta afirmativa a estas tres opciones se suma un punto (+1) a la valoración total, o no se suma nada en caso de respuesta negativa (más adelante se explicará la razón de estas puntuaciones).

Por último, se evalúa la idoneidad de utilización de metodologías ágiles en función del tipo de proyecto. Como se ha comentado en secciones anteriores, la tipología más habitual es la de desarrollo de producto, por lo que en caso de que esta sea la tipología del nuevo proyecto se suma un punto a la valoración total (+1). En el caso de ser un proyecto relacionado con la optimización de un proceso, la segunda tipología más habitual, se suma medio punto (+0,5). O en el caso de ser cualquier otra tipología, no se suma ningún punto a la valoración total.

De este modo, tras seguir el diagrama y obtener la valoración final, puede obtenerse hasta un máximo de 4 puntos, considerándose relevante y casi indispensable la aplicación de metodologías ágiles cuanto más alta sea esta puntuación.

En caso de decantarse por la aplicación de metodologías ágiles en la gestión de un nuevo proyecto en el ámbito de la ingeniería industrial, además de los aspectos tenidos en cuenta en el diagrama propuesto, cabe destacar la importancia de aplicar y seguir las buenas prácticas identificadas en los estudios primarios y destacadas con anterioridad, gracias a las cuales se aumentarán las probabilidades de éxito del proyecto. Entre estas buenas prácticas se encuentran las siguientes:

- **Equipo multidisciplinar.** El conocimiento y experiencia de un equipo multidisciplinar en las distintas áreas del proyecto hará que el propio equipo sea capaz de actuar con paso firme en el desarrollo del proyecto y rapidez ante los cambios inesperados, aportando ideas y soluciones eficientes y eficaces gracias al amplio abanico de habilidades y competencias de diferentes disciplinas.
- **Comunicación fluida.** Es de gran importancia contar con una comunicación adecuada y fluida entre el equipo y el cliente (así como ciertos *stakeholders*), siendo una práctica habitual la programación de reuniones entre estos de manera periódica y frecuente, a través de las cuales se obtenga retroalimentación (o *feedback*) que ayude, entre otras cosas, a identificar de manera temprana posibles riesgos o desviaciones en el proyecto.
- **Involucración del cliente y *stakeholders*.** Para poder avanzar en la ejecución de manera eficiente y, además, tener la capacidad de poder implementar los cambios oportunos en el momento adecuado, es indispensable contar con la participación activa del cliente e interesados (o *stakeholders*) durante la ejecución del proyecto. Tras cada iteración, es importante contrastar con estos el avance del proyecto, confirmando su conformidad y atendiendo a los posibles cambios que se planteen.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES

4.1. Resumen General

El presente TFM pone de manifiesto que, pese a que las metodologías ágiles son ampliamente utilizadas hoy en día en la gestión de proyectos de desarrollo de software, todavía no tienen la misma importancia en proyectos de ingeniería industrial. Mediante la realización del mapeo sistemático de la literatura (SMS) se ha obtenido un número bastante escaso de estudios que traten sobre esta temática, evidenciando que en los proyectos de ingeniería industrial todavía no se ha podido aplicar, de manera habitual, la práctica de gestión ágil.

Como ya se ha comentado, las metodologías ágiles de gestión de proyectos están orientadas principalmente a la gestión de proyectos de desarrollo de software, por lo que, tras el análisis de los resultados obtenidos, se considera complejo y poco práctico tratar de aplicar una metodología concreta a la gestión de proyectos de ingeniería industrial.

Sin embargo, sí que se considera interesante y beneficioso, una vez comprendidos los conceptos de la gestión de proyectos mediante metodologías ágiles, tratar de aplicar esta idea en la gestión de proyectos de ingeniería industrial. Por ejemplo, la metodología Scrum es la más utilizada (Srivastava, A. et al. 2017) entre este tipo de metodologías y, además, la que más se menciona en los estudios primarios analizados en el presente TFM.

No obstante, lo que se plantea no es aplicar la metodología Scrum en la gestión de proyectos industriales, sino tratar de estudiar cuáles son las técnicas, propias de esta metodología, que se utilizan en la actualidad (identificadas a través del análisis de los estudios primarios), y a partir de lo cual se propone aplicar unas u otras en función de las características del proyecto. Por ejemplo, en caso de tratarse de un proyecto industrial de desarrollo de un nuevo producto, se concluye que el factor más habitual, y que contribuye al éxito del proyecto, es la realización de prototipos durante la realización del proyecto.

Así pues, tras haber realizado el SMS, haber definido y estructurado los resultados, y su posterior análisis y discusión, se han obtenido las herramientas necesarias para poder plantear una propuesta con la que poder establecer unos principios que sirvan de ayuda a la hora de, primero, identificar si un nuevo proyecto de ingeniería industrial puede ser gestionado mediante metodologías ágiles y, segundo, definir qué técnicas pueden resultar prácticas cuando se da comienzo a dicho proyecto.

Por último, cabe destacar que la propuesta se ha realizado únicamente en base a los resultados obtenidos tras el análisis de los 16 estudios primarios, lo cual aporta cierto grado de confianza al contar con información histórica de proyectos exitosos. En este sentido, conforme se tenga más información acerca de proyectos gestionados con metodologías ágiles, estos resultados pueden enriquecerse y, con ello, enriquecer la propuesta planteada.

4.2. Análisis de la Consecución de los Objetivos del TFM

Tras el desarrollo del TFM, a continuación, se aborda la consecución de los objetivos definidos y planteados en el apartado “1.2 Definición y Objetivos del TFM”:

- Se ha realizado con éxito una revisión exhaustiva de la literatura con la que identificar los estudios que puedan aportar valor en relación con el tema tratado. Tras la revisión de un total de 4.468 estudios publicados en los últimos 10 años, se han seleccionado 16 estudios primarios con información valiosa sobre la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos industriales. Esta revisión, además de ser necesaria para la realización del presente TFM, puede servir de punto de partida para futuros proyectos que requieran esta misma información, pudiendo así ayudar a nuevas investigaciones y a la realización de nuevas propuestas de gestión de proyectos en este ámbito.
- Se ha obtenido una serie de resultados en base al análisis de los estudios primarios, pudiendo así definir los aspectos más representativos de cada uno de los estudios analizados. De este modo, se ha logrado tener una base sólida sobre la que poder llevar a cabo la discusión y posterior propuesta de investigación.
- Se han sintetizado y plasmado con éxito, y de una manera sencilla y entendible, los resultados obtenidos tras la ejecución del SMS, obteniendo distintas tablas y estadísticas. Asimismo, esta información se ha utilizado para la elaboración de la propuesta de investigación planteada en el presente TFM.
- Se ha planteado una propuesta de investigación en base a los resultados obtenidos tras la ejecución del SMS. Tras un proceso de análisis y discusión de estos resultados y los hallazgos, se ha planteado una propuesta de investigación con la que se pretende prestar apoyo en futuros proyectos de ingeniería industrial, sirviendo de guía a la hora de identificar si las metodologías ágiles son de aplicación y definir qué técnicas ágiles son las más convenientes. Cabe destacar que esta propuesta de investigación se ha llevado a cabo únicamente en base a los resultados obtenidos tras el análisis de los 16 estudios primarios encontrados, por lo que, en un futuro, sería posible enriquecerla al contar con un mayor número de estudios.

Por ello, se considera que el TFM en su conjunto ha alcanzado los resultados planteados. Sin embargo, cabe destacar que es realmente complejo valorar la idoneidad de la propuesta de investigación planteada a todo tipo de proyectos de ingeniería industrial debido a los muchos factores que afectan a este tipo de proyectos, haciendo que cada proyecto sea único. Como ya se ha comentado, esta propuesta se ha hecho en base a los 16 estudios primarios seleccionados, quedando abierta a futuras revisiones y validaciones con el objetivo de optimizarla.

Sin embargo, y dada la poca información que se tiene hasta la fecha en cuanto a la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería industrial, se considera que este proyecto puede suponer un punto de partida en cuanto a la investigación en este ámbito, sirviendo de base e inspiración para futuras investigaciones. Por ello, se considera que el proyecto resulta interesante, puesto que se ha logrado empezar a investigar sobre un tema del que hasta la fecha no se tiene mucha información.

4.3. Principales Contribuciones e Implicaciones

Tras la realización del presente TFM, se consideran varias las contribuciones que este puede aportar.

En primer lugar, la propuesta de investigación planteada se considera una contribución al mundo de la gestión de proyectos de manera que, cualquier Project Manager, pueda consultarlo a la hora de dar comienzo a un nuevo proyecto. Dicha propuesta planteada puede servir de guía en el momento en el que se definen qué técnicas, propias de las metodologías ágiles, pueden ser interesantes de aplicar en un nuevo proyecto de ingeniería industrial. Además, al haber realizado la propuesta de investigación en base a estudios reales, todo el TFM en general puede resultar de utilidad, permitiendo analizar los resultados obtenidos, las discusiones presentadas y las conclusiones extraídas. Asimismo, los estudios primarios utilizados están incluidos y referenciados, por lo que también puede ser de interés su consulta en caso de necesidad, de manera que cualquiera puede obtener sus propias conclusiones y centrarse en aquello que realmente pueda afectar a un proyecto en concreto por sus características.

Por otro lado, la utilización de metodologías ágiles en la gestión de proyectos es algo relativamente novedoso, y más en el ámbito de proyectos de ingeniería industrial. En este sentido, cabe destacar que la propuesta aquí planteada se ha llevado a cabo en base a estudios de los últimos 10 años. Cada vez las metodologías ágiles van teniendo mayor popularidad en la gestión de proyectos de cualquier tipo, por lo que es muy probable que, en un futuro muy próximo, el número de estudios de interés crezca exponencialmente, pudiendo así este TFM servir como punto de partida y, además de plantear nuevas propuestas, enriquecer la que aquí se presenta.

Por último, es importante tener en consideración que, si bien se sabe que las metodologías ágiles han traído grandes beneficios en la gestión de proyectos, principalmente de desarrollo de software, no ha sido, hasta la fecha, tan habitual su utilización en proyectos de ingeniería industrial. Es por ello por lo que, pese a seguir las directrices planteadas, y debido a un proceso de aprendizaje progresivo, puedan cometerse, en un primer momento, errores en la gestión de proyectos de este tipo con metodologías ágiles que aquí no hayan podido contemplarse por falta de documentación histórica.

4.4. Análisis de la Gestión del Tiempo

En cuanto al análisis de la gestión del tiempo, cabe destacar que el tiempo planeado para la realización de cada una de las partes que componen el proyecto, el cual se detalla en el apartado “**1.3.2 Metodología para la Gestión del Trabajo**”, ha sufrido variaciones. A continuación, la **Tabla 10** muestra la planificación inicial y el tiempo que finalmente se ha invertido en cada fase.

Tabla 10. Análisis de la Gestión del Tiempo

| ID | Actividad | Duración Planeada | | | Duración Real | | | Estado |
|----|--|-------------------|----------|----------|---------------|----------|----------|--------|
| | | Días | Inicio | Fin | Días | Inicio | Fin | |
| 1 | Propuesta de temas | 4 | 01/02/22 | 05/02/22 | 4 | 01/02/22 | 05/02/22 | 0 |
| 2 | Evaluación de los temas propuestos | 36 | 06/02/22 | 14/03/22 | 36 | 06/02/22 | 14/03/22 | 0 |
| 3 | Selección del tema | 0 | 14/03/22 | 14/03/22 | 0 | 14/03/22 | 14/03/22 | 0 |
| 4 | Desarrollo Alcance | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 0 |
| 5 | Desarrollo Cronograma | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 0 |
| 6 | Desarrollo EDT | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 9 | 15/04/22 | 24/04/22 | 0 |
| 7 | Desarrollo de portada, resumen y contextualización | 13 | 25/04/22 | 08/05/22 | 13 | 25/04/22 | 08/05/22 | 0 |
| 8 | Metodología | 27 | 09/05/22 | 05/06/22 | 11 | 09/05/22 | 20/05/22 | -16 |
| 9 | Planificación del SMS | 27 | 09/05/22 | 05/06/22 | 11 | 15/05/22 | 26/05/22 | -16 |
| 10 | Ejecución del SMS | 13 | 06/06/22 | 19/06/22 | 50 | 27/05/22 | 16/07/22 | 37 |
| 11 | Resultados SMS | 2 | 19/06/22 | 21/06/22 | 2 | 17/07/22 | 19/07/22 | 0 |
| 12 | Discusión SMS | 3 | 20/06/22 | 23/06/22 | 3 | 20/07/22 | 23/07/22 | 0 |
| 13 | Desarrollo de la propuesta | 23 | 24/06/22 | 17/07/22 | 18 | 24/07/22 | 11/08/22 | -5 |
| 14 | Conclusiones | 36 | 01/07/22 | 06/08/22 | 5 | 12/08/22 | 17/08/22 | -31 |
| 15 | Recomendaciones y trabajo futuro | 4 | 07/08/22 | 11/08/22 | 5 | 18/08/22 | 23/08/22 | 1 |
| 16 | Apéndices, anexos, bibliografía y webografía | 24 | 07/08/22 | 31/08/22 | 4 | 24/08/22 | 28/08/22 | 0 |
| 17 | Iteración de revisiones del TFM | 19 | 12/08/22 | 31/08/22 | 17 | 29/08/22 | 15/09/22 | -2 |
| 18 | Entrega TFM | 0 | 16/09/22 | 16/09/22 | 0 | 15/09/22 | 15/09/22 | 0 |

Se observa que las primeras desviaciones respecto a lo planificado se tienen en las fases de elaboración de la metodología y planificación del SMS, las cuales se llevaron a cabo en un total de 11 días frente a los 27 días planificados inicialmente.

La siguiente desviación, y la más significativa, se tiene en la fase de ejecución del SMS, la cual se estimó en 13 días y finalmente se ha realizado en 50 días. Esto es debido principalmente a la gran cantidad de estudios que se han analizado hasta seleccionar los estudios primarios, lo cual hizo de esta una tarea larga y tediosa.

Otra de las desviaciones más llamativas se tiene en el desarrollo de las conclusiones, que se planificó hacer en 36 días y finalmente se ha realizado en 5 días. Esta desviación se debe a un sobredimensionamiento a la hora de planificar y, por otra parte, a la hora de elaborar las conclusiones, las cuales se fueron teniendo claras conforme se avanzaba en la realización del TFM, por lo que, a la hora de elaborarlas, simplemente hubo que plasmar en el texto las ideas que ya se tenían.

También existen desviaciones en las fases de desarrollo de la propuesta, recomendaciones y trabajo futuro e iteración de revisiones del TFM. Sin embargo, se consideran poco significativas al no desviarse en exceso respecto a lo planificado.

La **Figura 5** muestra el cronograma final de la realización del presente TFM.

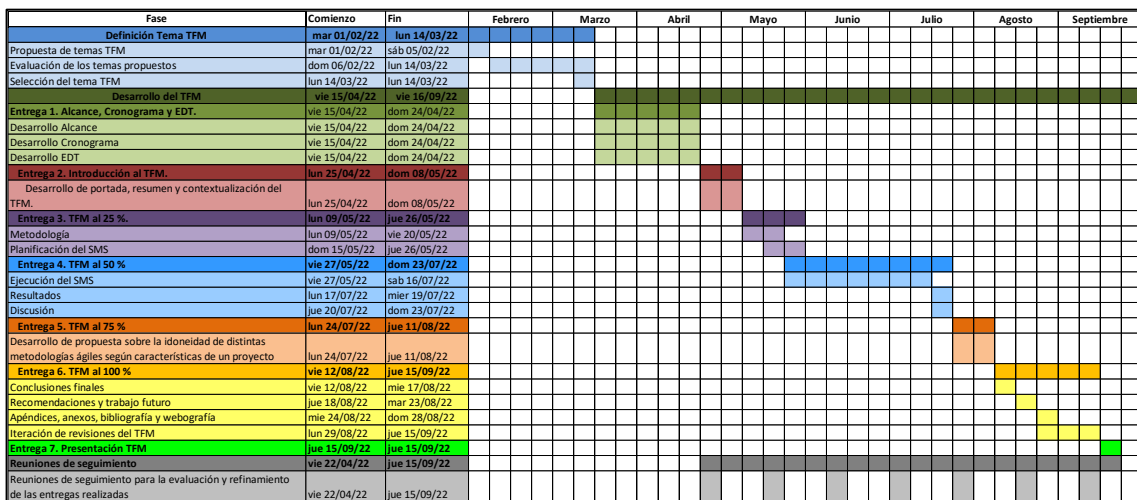


Figura 5. Diagrama de Gantt Final tras la Realización del TFM

4.5. Líneas de Trabajo Futuro

Con el desarrollo del presente TFM se pretende, además de alcanzar los objetivos planteados en el apartado “**1.2 Definición y Objetivos del TFM**”, hacer una contribución al sector de la gestión de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial. Para ello, se ha llevado a cabo la propuesta de investigación y, además, se ha generado nuevo conocimiento gracias a la ejecución del SMS, pudiendo así poner en evidencia las mejores prácticas ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería industrial.

En este sentido, cabe destacar que este proyecto no se considera el punto final sobre la investigación de la aplicación de metodologías ágiles en proyectos industriales, sino más bien lo contrario, abriendo un abanico de posibles líneas de trabajo futuro. En concreto, las principales líneas de trabajo futuro identificadas son las siguientes:

- Se pretende servir de punto de partida en la investigación sobre la aplicación óptima de metodologías ágiles en la gestión de proyectos de ingeniería industrial, llevando a cabo nuevas investigaciones al respecto. Por ejemplo, realizar una investigación y propuesta sobre qué tipo de entregables, que aporten valor tras cada iteración, puede ser interesantes incluir en función de las características del proyecto en cuestión.

- Como ya se ha comentado, el SMS realizado en este proyecto se ha llevado a cabo analizando los estudios publicados en los últimos 10 años, obteniendo finalmente 16 estudios primarios. Así pues, se propone, en un futuro, volver a realizar un SMS con los criterios de búsqueda aquí utilizados, de manera que se actualice el número de estudios primarios y, así, poder enriquecer la propuesta planteada, haciéndola más completa y fiable, siendo de este modo más útil para su utilización en la práctica.
- Tras la realización del SMS y la obtención de los resultados y hallazgos, se considera que sería interesante gestionar mediante metodologías ágiles más proyectos de ingeniería industrial cuya tipología sea la de optimizar un proceso, puesto que este tipo es uno de los principales de la ingeniería industrial y únicamente representa el 18,75 % de los estudios primarios seleccionados. El hecho de que se gestionen de este modo más proyectos de este tipo podría generar más información sobre la gestión óptima de este tipo de proyecto, pudiendo así mejorar la propuesta planteada y abriendo nuevos caminos de investigación.

Asimismo, es importante destacar que debido a que las metodologías ágiles, actualmente, todavía no son muy populares en proyectos industriales, se pueden cometer errores a la hora de gestionar este tipo de proyectos siguiendo dichas metodologías. Por ello se considera conveniente documentar con detalle cada proyecto industrial gestionado de esta manera, para poder, poco a poco, tener un mayor conocimiento y optimizar la gestión de proyectos de carácter industrial.

Al fin y al cabo, uno de los objetivos que se persiguen con este proyecto es servir de motivación e inspiración para que más investigadores realicen estudios sobre este tema, proponiendo nuevos métodos y nuevas ideas, así como más profesionales dentro del ámbito de la ingeniería industrial se decidan a aplicar metodologías ágiles. Con todo ello, se espera que, en un futuro, la gestión de los proyectos industriales pueda optimizarse igual que ya lo ha hecho la gestión de proyectos de desarrollo de software.

4.6. Lecciones Aprendidas

Tras la realización del presente TFM, se considera interesante incluir una serie de recomendaciones a modo de lecciones aprendidas por el autor, de manera que estas puedan ser de utilidad para futuros proyectos de investigación, en especial aquellos que incluyan la realización de un SMS.

Una vez definido el tema que quiere abordarse, sobre el cual conseguir información y poder obtener resultados interesantes, es de gran importancia elaborar en detalle las distintas preguntas de investigación a las que poder dar respuesta mediante la realización del SMS, así como posibles respuestas a estas. Estas preguntas son las que guiarán la investigación, cuyas respuestas formarán los resultados sobre los que poder extraer conclusiones que aporten valor al estado del arte actual, por lo tanto, es crítico conocer cuanto antes qué es lo que se quiere hacer y qué es lo que se pretende conseguir.

Tras la redacción de las preguntas de investigación es de vital importancia elaborar concienzudamente la cadena de búsqueda a emplear en la ejecución del SMS de manera que esta incluya en la búsqueda todos aquellos detalles que puedan ser de relevancia para la investigación. Para ello, es conveniente dedicar el tiempo necesario hasta que se considere que está optimizada y no deje fuera ningún supuesto. La revisión de todos los estudios que se obtienen de aplicar la cadena de búsqueda es la tarea, en este tipo de proyectos, que más tiempo lleva, por lo que es importante comenzarla una vez la cadena de búsqueda está perfectamente planteada. En caso de que se comience a revisar los estudios y se identifique que, debido a una cadena de búsqueda defectuosa, algún tipo de estudio queda fuera de su alcance, sería necesario modificarla y comenzar de nuevo la revisión, haciendo retrabajo y retrasando en gran medida el avance de la investigación.

En cuanto a la ejecución del SMS, se recomienda, tal y como se ha hecho en este TFM, hacer una primera revisión de todos los estudios, que resultan de aplicar la cadena de búsqueda planteada, de manera que analizando el título y el resumen de cada uno pueden descartarse gran parte de ellos, puesto que la cadena de búsqueda ha de estar formulada de forma que muestre más estudios de los que se utilizarán con el fin de no dejar fuera ninguno de interés.

Mientras se realiza esta primera revisión, se recomienda configurar un listado de estudios potenciales, los cuales, únicamente tras el análisis del título y resumen, son considerados susceptibles de aportar valor en la investigación. Se considera conveniente, en este punto, no ser excesivamente exigente en la idoneidad de los estudios a la hora de catalogarlos como potenciales, pues es preferible analizar en detalle más estudios potenciales en lugar de quedarse corto.

Una vez definidos cuáles son los estudios potenciales, se deben leer en profundidad cada uno de ellos con el objetivo de obtener finalmente los estudios primarios. En este punto, y habiendo leído la totalidad de cada uno de los estudios, sí que es recomendable ser crítico a la hora de incluirlos como estudios primarios, pues estos serán los estudios en los que se basarán los resultados, hallazgos y conclusiones. Asimismo, es interesante, mientras se analizan los estudios potenciales, elaborar una tabla en la que, durante la revisión de los estudios, ir incluyendo las respuestas que los estudios identificados como primarios dan a cada una de las preguntas de investigación, así como incluir una serie de notas o breve resumen que ayude a identificar rápidamente la temática de cada estudio.

Por otro lado, es importante leer con detenimiento los estudios potenciales, pues en muchas ocasiones estos incluyen información que, si bien pueden no encajar a la perfección con la investigación planteada, sí que tratan sobre temas relacionados a esta, lo cual hace que el autor pueda adquirir conocimientos que resulten valiosos a la hora de elaborar, con un mayor conocimiento sobre el tema, una discusión sobre los resultados obtenidos del SMS.

Como ya se ha comentado, la ejecución del SMS que se lleva a cabo revisando la literatura encontrada es la tarea más tediosa y que más tiempo lleva en este tipo de proyectos, por lo que resulta realmente interesante establecer un ritmo de trabajo. Por ejemplo, fijar un número diario de estudios a analizar en la primera revisión. Esto hará que pueda tenerse un mayor control del tiempo y del avance del proyecto, evitando desviaciones exageradas en el cronograma.

BIBLIOGRAFÍA

- Beck, K., Beedle, M., Van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ..., & Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Agile Alliance.
- Burghate, M. (2018). Work Breakdown Structure: Simplifying Project Management. *International Journal of Commerce and Management*, 3(2), 453-461.
- Espírito Santo, D. (2022). *Top 5 Main Agile Methodologies: Advantages and Disadvantages*. Xpand-it.
- Genero Bocco, M., Cruz-Lemus, J. A., & Piattini Velthuis, M. G. (2015). *Métodos de investigación en ingeniería del software*. Ra-Ma.
- Kitchenham, B. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering (Version 2.3)*. EBSE Technical Report, Keele University.
- Leite, M., & Braz, V. (2016). Agile manufacturing practices for new product development: industrial case studies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(4), 560-576.
- Meza, F. G. (2015). *Introducción a la Ingeniería Industrial (1ª Edición)*. Universidad Continental.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, 64, 1-18.
- Senabre Hidalgo, E. (2018). Management of a Multidisciplinary Research Project: A Case Study on Adopting Agile Methods. *Journal of Research Practice*, 14(1), P1.
- Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017, May). SCRUM Model for Agile Methodology. In *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA 2017)* (pp. 864-869). IEEE.

APÉNDICE A. REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS

Tabla 11. Información sobre las Referencias de los Estudios Primarios del SMS

| ID | Autor | Título | Lugar de publicación | Año |
|-----|---|--|---|------|
| A01 | Di Guardo, M. C., Marku, E., Bonivento, W. M., Castriotta, M., Ferroni, F., Galbiati, C., ..., & Loi, M. | When nothing is certain, anything is possible: open innovation and lean approach at MVM | <i>R&D Management</i> , 52(2), 165-177 | 2022 |
| A02 | Erian, N., & Halleman, B. | Transforming Infrastructure Projects Using Agile | In <i>International Road Federation World Meeting & Exhibition (IRF 2021)</i> (pp. 357-364). Springer, Cham | 2022 |
| A03 | Álvarez, J. M., & Roibás-Millán, E. | Agile methodologies applied to Integrated Concurrent Engineering for spacecraft design | <i>Research in Engineering Design</i> , 32(4), 431-450 | 2021 |
| A04 | Nalla, S. K. K., Pattar, N. M., Mehta, P., Purushothamhanthi, N. P., Tripuraneni, S. S. V. M., Surabathula, S. M., ..., & Uppapalli, S. | Systems Engineering V - Cycle approach for Design and Development of Autonomous Underwater Vehicle | In <i>OCEANS 2021</i> (pp. 1-6). IEEE | 2021 |
| A05 | Franco, W. F., & Behrens, F. H. | Agile Project Implementation Methodology for Introducing New Technologies in Industry 4.0 | In <i>5th Brazilian Technology Symposium</i> (pp. 469-477). Springer | 2019 |
| A06 | Steireif, N., Schirmer, M., Schnitzler, M., & Mütze-Niewöhner, S. | Towards an Extended Team Model for Agile Development of Complex Products | In <i>2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2020)</i> (pp. 280-284). IEEE | 2020 |

| ID | Autor | Título | Lugar de publicación | Año |
|-----|---|--|---|------|
| A07 | Kovalev, I. A., Kvashnin, D. Y., Chervonnova, N. Y., & Nikich, A. N. | Application of agile methodology at industrial manufacturing as part of the Industry 4.0 | <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> , 971(5), 052034 | 2020 |
| A08 | Fireteanu, V. V. | Agile Methodology Advantages when delivering Internet of Things projects | In <i>12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI 2020)</i> (pp. 1-5). IEEE | 2020 |
| A09 | Al Rumaithi, E., Adi, M. B., Al Obeidli, I., & Akhtar, M. | An Agile Approach to Achieve Early Oil Production by Adopting Alternative Strategy | In <i>Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference</i> . OnePetro | 2020 |
| A10 | Glazkova, N., Fortin, C., & Podladchikova, T. | Application of Lean-Agile Approach for Medical Wearable Device Development | In <i>14th Annual Conference System of Systems Engineering (SoSE 2019)</i> (pp. 75-80). IEEE | 2019 |
| A11 | AlMarar, M. S. | EPC Strategies for a Successful Project Execution | In <i>SPE Gas & Oil Technology Showcase and Conference</i> . OnePetro | 2019 |
| A12 | Goevert, K., Schweigert-Recksiek, S., Tariq, B., Krischer, L., & Lindemann, U. | Agile Development of a Microtiter Plate in an Interdisciplinary Project Team | <i>Design Society: International Conference on Engineering Design</i> , 1(1), 2139-2148 | 2019 |
| A13 | Böhmer, A. I., Hugger, P., & Lindemann, U. | Scrum within Hardware Development: Insights of the Application of Scrum for the Development of a Passive Exoskeleton | In <i>2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC 2017)</i> (pp. 790-798). IEEE | 2017 |
| A14 | Böhmer, A. I., Schweigert, S., Devecka, J., Grauvogl, C., Becerril, L., Bahrouni, Z., & Lindemann, U. | Towards Agile Development of Physical Products: A Startup Case Study | In <i>2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC 2017)</i> (pp. 78-85). IEEE | 2017 |

| ID | Autor | Título | Lugar de publicación | Año |
|-----|---|---|---|------|
| A15 | Edwards Jr, T. V. | Application of Agile Methodology to Electromechanical Design: A Case Study | In <i>International Annual Conference of the American Society for Engineering Management (ASEM 2017)</i> (pp. 1-5). American Society for Engineering Management | 2017 |
| A16 | Schuh, G., Gartzen, T., Soucy-Bouchard, S., & Basse, F. | Enabling Agility in Product Development through an Adaptive Engineering Change Management | <i>Procedia CIRP</i> , 63, 342-347 | 2017 |

APÉNDICE B. TEMÁTICAS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS

Tabla 12. Información sobre las Temáticas de los Estudios Primarios del SMS

| ID | Descripción |
|-----|--|
| A01 | <p>En este estudio se expone el caso del “Mechanical Ventilator Milano”, un proyecto internacional con el objetivo de diseñar y desarrollar un ventilador mecánico para su producción en masa en tan solo seis semanas, como respuesta a la pandemia causada por el COVID-19. El MVM es un ventilador mecánico fiable, seguro y fácil de utilizar que puede ser producido rápidamente a gran escala, en base a la disponibilidad de los elementos. El éxito del caso MVM es único, puesto que adopta prácticas de innovación abierta para generar innovación tecnológica, además de una perspectiva lean.</p> <p>Se trata de un proyecto clasificado como orientado al desarrollo de un nuevo producto o dispositivo. Resulta de interés para el presente SMS puesto que detalla la utilización de técnicas propias de las metodologías ágiles, tales como la creación de prototipos y MVP, la multidisciplinariedad del equipo o la realización de reuniones frecuentes, en este caso online debido al confinamiento.</p> |
| A02 | <p>Se investiga en este estudio cómo los proyectos de infraestructuras de carreteras, históricamente gestionados de manera tradicional, pueden obtener beneficios al aplicar los principios y métodos ágiles.</p> <p>Se propone una serie de ideas y principios para tratar de transformar la gestión de proyectos de construcción de carreteras utilizando Agile.</p> <p>Se hace hincapié en aspectos como equipos multidisciplinares y autoorganizados, la utilización de iteraciones y el hecho de estar abierto a cambios durante la ejecución del proyecto.</p> |
| A03 | <p>Los proyectos espaciales han evolucionado en los últimos años a proyectos rápidos y más variables. La metodología de Ingeniería Concurrente (CE) ha sido recientemente adoptada por la industria espacial para el diseño preliminar de naves y otros sistemas. En este proyecto se propone una variación de la CE aplicando metodologías ágiles. Se propone un método con el que utilizar técnicas propias de las metodologías ágiles en las fases iniciales de diseño de una nave espacial. De este modo, se propone la formación de equipos multidisciplinares, que trabajen de manera iterativa con el objetivo de ir generando prototipos de los subsistemas que componen el producto final. Además, se lleva a cabo en el estudio una validación de la propuesta mediante un caso práctico.</p> |

| ID | Descripción |
|-----|---|
| A04 | <p>Se lleva a cabo en este estudio un caso práctico en el que se diseña y desarrolla un vehículo autónomo submarino para la recolección de datos y monitorización. Se trata de una competición de estudiantes en la que, resulta necesario utilizar la gestión ágil de proyectos para desarrollar el producto final dentro del tiempo límite. En este estudio, que muestra el proceso de gestión y ejecución de un proyecto de desarrollo de un nuevo dispositivo, puede observarse cómo se utilizan metodologías ágiles para lograr el éxito del proyecto.</p> <p>En concreto, destaca el desarrollo de prototipos durante todo el proyecto, llevándose a cabo estos prototipos en distintas iteraciones.</p> |
| A05 | <p>Con el objetivo de una implementación exitosa de la Industria 4.0. en las empresas, es necesario la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos productivos, que permitan y transformen la manera de producir y gestionar.</p> <p>Este estudio trata de demostrar cómo las metodologías ágiles pueden ser utilizadas en la gestión de proyectos para la introducción de nuevas tecnologías, con una rápida respuesta, proveyendo su eficiencia y aplicabilidad en el contexto de modernización industrial requerido por la Industria 4.0.</p> <p>Se describe y analiza un caso real de estudio, un proyecto para la introducción de un robot colaborativo en la línea de producción para el empaquetado de productos.</p> <p>Se aplica la metodología SCRUM para ilustrar la aplicación de metodologías ágiles en un Sprint para la definición de la herramienta de agarre para el robot colaborativo.</p> <p>Se demuestra que la implementación de una nueva tecnología para proyectos relativos a la Industria 4.0., utilizando metodologías ágiles, resulta exitosa. Siendo los resultados satisfactorios en el experimento de despliegue de un robot colaborativo en la fase de empaquetado de producto.</p> |
| A06 | <p>Se presenta en este estudio una explicación robusta y transdisciplinar de la agilidad para el desarrollo de un producto complejo.</p> <p>Se lleva a cabo para ello una revisión de la literatura y una evaluación empírica.</p> <p>En este estudio se ponen de manifiesto algunas de las técnicas de gestión ágiles más exitosas en los proyectos de desarrollo de un nuevo producto.</p> |
| A07 | <p>Se discute en este estudio sobre la aplicación de metodologías ágiles sobre distintos aspectos en cuanto a la realización de proyectos relativos a la Industria 4.0. Este estudio aporta conocimiento sobre la aplicación de técnicas ágiles, desde distintos enfoques, en cuanto a la ejecución de proyectos de Industria 4.0.</p> |

| ID | Descripción |
|-----|---|
| A08 | <p>Se lleva a cabo este estudio con el fin de explicar por qué ciertas metodologías software pueden ser recomendables para la realización de proyectos relativos al Internet de las Cosas. El principal método detallado está relacionado con las metodologías ágiles y cómo pueden ser aplicadas al desarrollar proyectos de este tipo.</p> <p>Se lleva a cabo un caso de estudio sobre un proyecto de automatización de una casa. Se demuestra que, en proyectos de automatización, gestionados tradicionalmente con otras metodologías, puede ser interesante tratar de incluir técnicas de gestión ágiles.</p> <p>Se trabaja en iteraciones, de manera abierta a cambios y generando valor tras cada iteración, entre otros.</p> |
| A09 | <p>Tras el retraso en la ejecución de un proyecto dedicado al desarrollo de pozos petrolíferos, se decide, en el mes número doce de proyecto, comenzar a aplicar ciertas metodologías ágiles para acelerar el proyecto. Muestra los beneficios que puede aportar la correcta aplicación de metodologías ágiles. Se hace hincapié en aspectos relevantes identificados en el SMS, tales como dividir el alcance del proyecto en paquetes de trabajo o cooperación y reuniones frecuentes.</p> |
| A10 | <p>La industria médica sufre actualmente cambios disruptivos que hacen que el diseño de productos médicos requiera mucha más velocidad, flexibilidad e interconectividad, así como una intensiva colaboración de equipos multidisciplinares. Este estudio presenta un enfoque híbrido Lean – Agile para el desarrollo de dispositivos médicos portátiles. El estudio se enfoca en la propuesta de distintas técnicas ágiles a aplicar en el desarrollo de un nuevo producto. Se da importancia al desarrollo de prototipos, a la utilización de equipos multidisciplinares y a la comunicación del equipo, todos ellos aspectos identificados en el SMS.</p> |
| A11 | <p>A medida que la industria del petróleo y el gas avanza hacia megaproyectos con ideas innovadoras de recuperación de reservas, el sector está experimentando una mayor utilidad de los métodos ágiles de gestión de proyectos. Todo el proceso de innovación tiene un gran potencial para reducir el tiempo de desarrollo del proyecto y aumentar la tasa de éxito de los proyectos Greenfield o Brownfield. Este estudio describe cómo métodos ágiles, como Scrum, se puede utilizar como una metodología innovadora estructurada con hitos y puntos de decisión y beneficios para las partes interesadas del proyecto. Este estudio pone de manifiesto ciertas técnicas propias de las metodologías ágiles, utilizadas en un proyecto industrial, que contribuyen al éxito de este. Destacar la entrega frecuente de producto funcional, la participación del cliente o las reuniones periódicas del equipo del proyecto.</p> |
| A12 | <p>Este estudio presenta los resultados de investigación en cuanto al desarrollo ágil de un nuevo producto, consistente en microplacas realizadas con fabricación aditiva, en lugar de por inyección. Como la mayoría de los proyectos orientados al desarrollo de un nuevo producto identificados, se indica aquí la conveniencia, entre otros, de generar prototipos durante la ejecución del proyecto o contar con un equipo multidisciplinar.</p> |

| ID | Descripción |
|-----|---|
| A13 | Dada la poca evidencia en cuanto al éxito de la utilización de Scrum en la gestión de proyectos de desarrollo hardware, se utiliza en este estudio, con el objetivo de investigar el potencial de Scrum en este tipo de proyectos, el enfoque ágil para el desarrollo de un exoesqueleto en una gran empresa de la industria del automóvil. Se trabaja mediante iteraciones en el desarrollo del nuevo producto, poniendo de manifiesto la importancia de la generación de valor tras cada iteración, así como la comunicación fluida entre el equipo y la participación del cliente. |
| A14 | Se examina el proceso de desarrollo de productos mecatrónicos en una start-up, especializada en el desarrollo de nuevo productos y una cooperación flexible. Se propone una metodología que incluye la perspectiva de desarrollo ágil. El objetivo del proyecto presentado como caso de estudio es desarrollar una máquina que automáticamente produce un tipo de pan. Se destaca en este estudio ciertas características a tener en cuenta a la hora de gestionar proyectos de desarrollo de un nuevo producto de manera ágil. Entre las que destaca la relevancia de trabajar mediante iteraciones y desglosar el alcance del proyecto en pequeños paquetes de trabajo. |
| A15 | Se examina el caso de un proyecto de diseño de un dispositivo electromecánico donde el tiempo de lanzamiento al mercado es crítico. El caso demuestra que, métodos de diseño de software, como las metodologías ágiles, pueden ser aplicadas al diseño de productos electromecánicos complejos. Se pone de manifiesto en este estudio aspectos relevantes, propios de las metodologías ágiles, a aplicar en el desarrollo exitoso de este tipo de proyectos, tales como la formación de un equipo multidisciplinar, la división del alcance en pequeños paquetes de trabajo y la realización de iteraciones tras las que hacer entregas mejoradas. |
| A16 | El objetivo de este estudio es la creación de una gestión de cambios de ingeniería adaptativa para cambios rápidos de ingeniería que se identifican como facilitadores para el desarrollo ágil de productos físicos. Se analiza un caso de estudio consistente en una start-up en el campo de la electromovilidad, la cual desarrolla vehículos eléctricos y utiliza procesos de desarrollo ágiles mediante prototipados iterativos. Se destacan en el estudio ciertas técnicas propias de las metodologías ágiles, destacando el interés de aplicarlas en el desarrollo de nuevos productos físicos. Estas técnicas son la utilización de iteraciones en el prototipado del producto, la comunicación fluida en el equipo de trabajo y la flexibilidad y libertad de actuación del equipo. |

APÉNDICE C. GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS PRIMARIOS DEL SMS

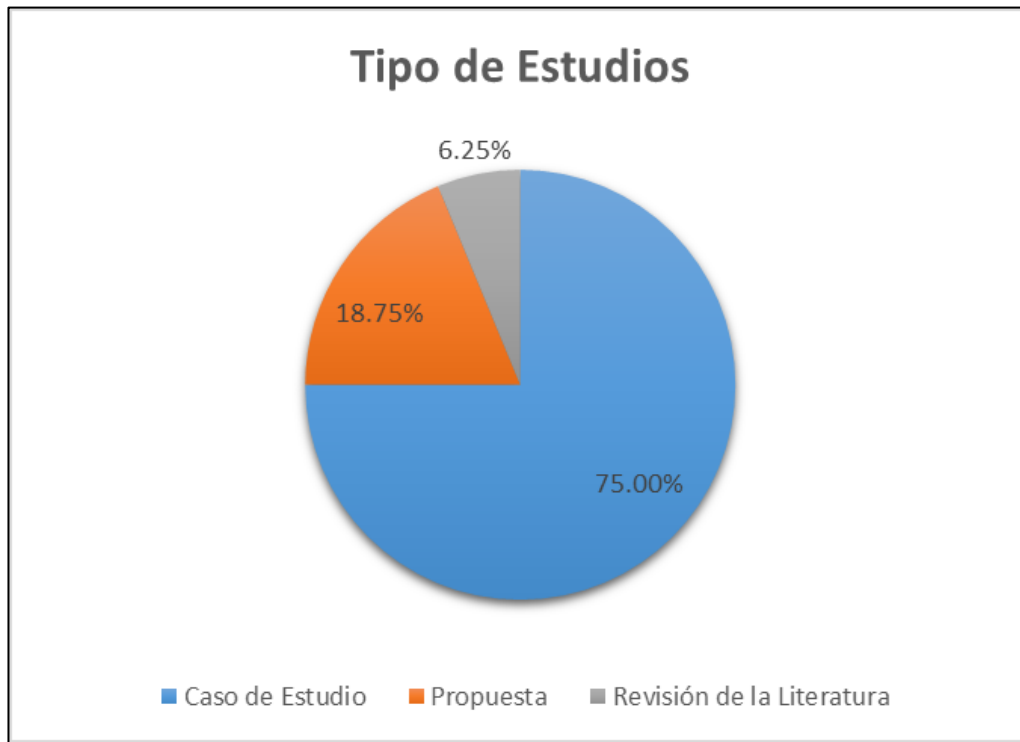


Figura 6. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 1

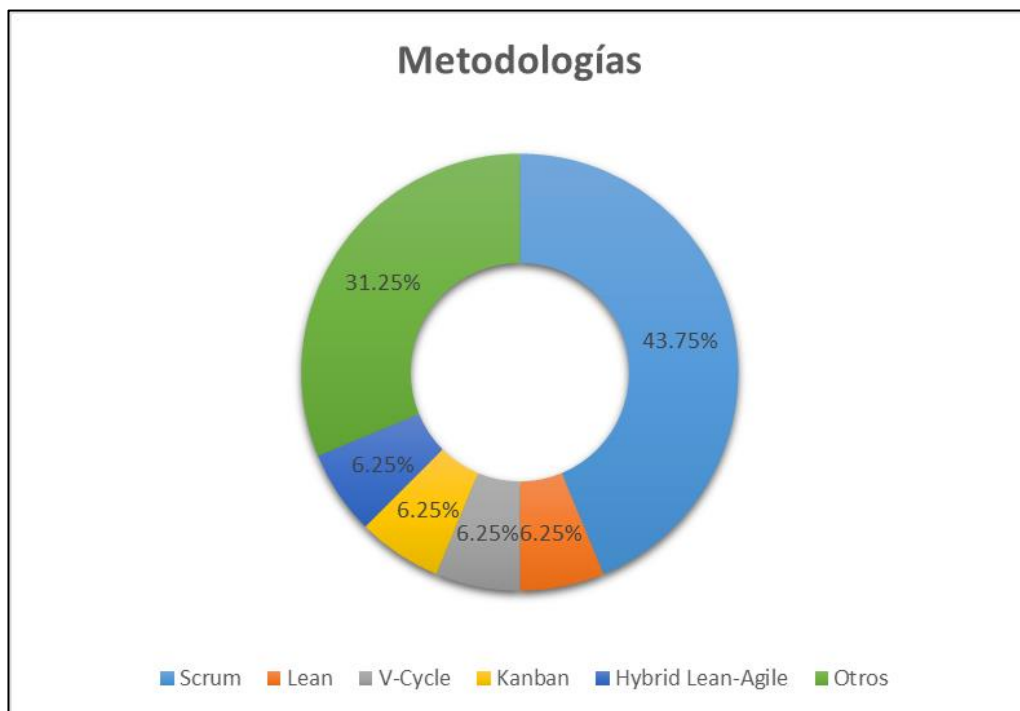


Figura 7. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 2

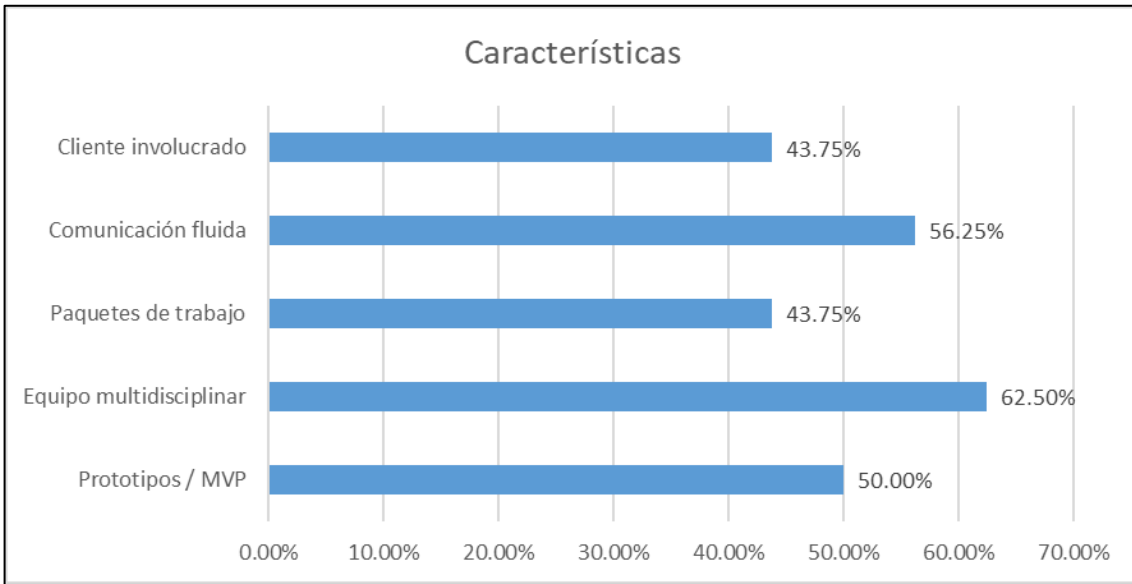


Figura 8. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 3

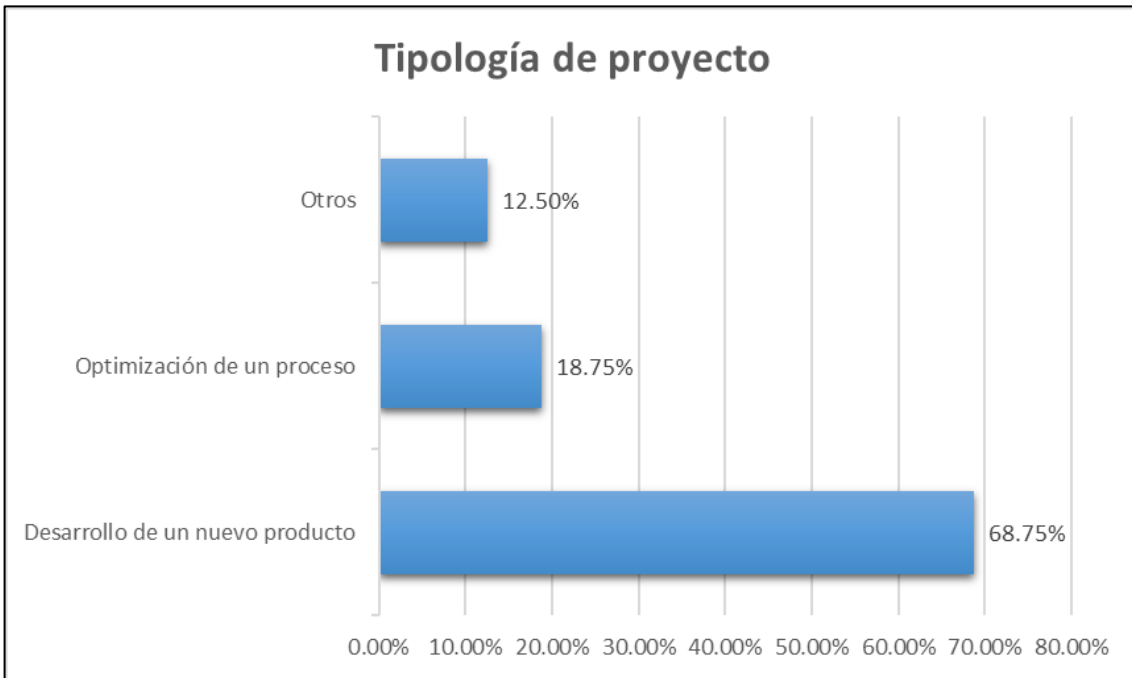


Figura 9. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 4

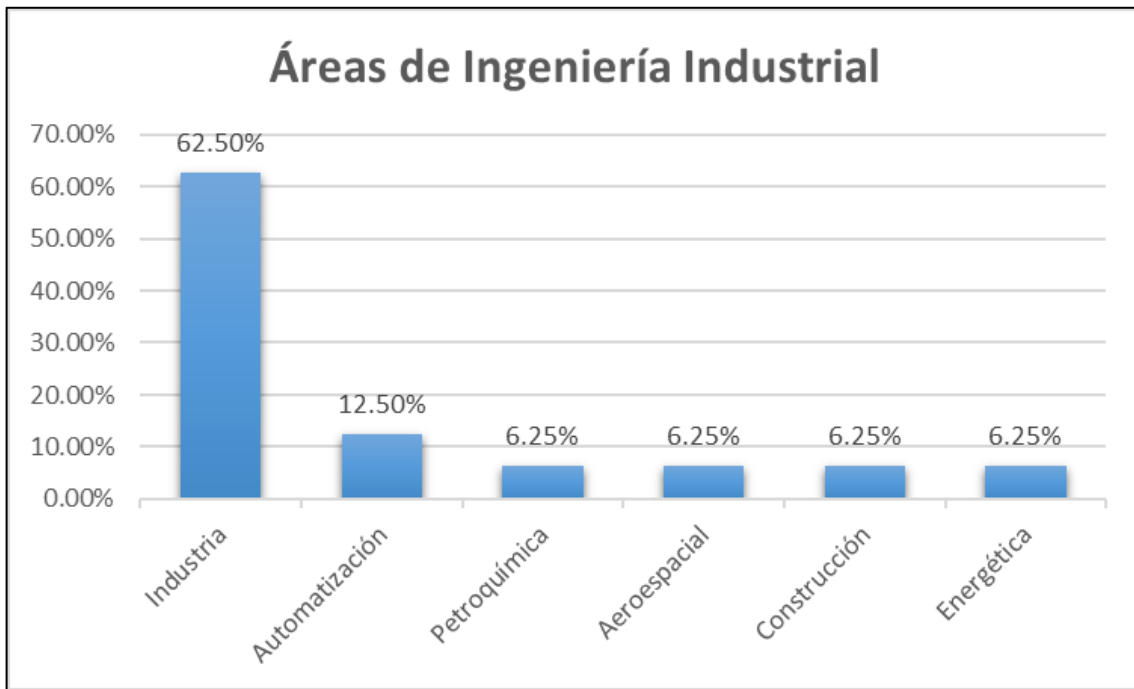


Figura 10. Gráfica Resumen de Resultados de la Pregunta de Investigación 5

