



---

# EL TRABAJO FIN DE GRADO

---

en el Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones



11 DE JULIO DE 2024

VERSIÓN 1.0.

## Tabla de contenidos

1.	Introducción .....	1
2.	Competencias .....	2
2.1.	Competencias Generales .....	2
2.2.	Competencias Específicas .....	3
	De Formación Básica .....	3
	Común a la rama de la Informática .....	3
	Tecnologías de la Información .....	4
	Sistemas de Información .....	5
3.	Tipos de Trabajos Fin de Grado.....	6
3.1.	Desarrollo de software.....	6
3.2.	Ciencia de datos.....	7
3.3.	Computación .....	8
3.4.	Estudios teóricos y de investigación .....	8
3.5.	Otros.....	9
4.	Producto de aprendizaje.....	10
4.1.	Proyecto.....	11
	Planteamiento del problema.....	12
	Objetivos .....	12
	Condicionantes .....	13
	Metodología.....	13
	Planificación .....	14
	Balance .....	14
	Interacción .....	15
4.2.	Antecedentes.....	15
	Entorno de negocio .....	16
	Estado del arte.....	17
	Fundamentos teóricos .....	18
	Fundamentos técnicos.....	18
4.3.	Desarrollo .....	18
	Análisis del problema.....	20
	Diseño de la solución .....	21
	Construcción del producto .....	21

Evaluación del producto .....	22
Puesta en producción.....	22
4.4. Aceptación.....	23
Métricas de éxito .....	24
Plan de aceptación.....	24
Análisis de resultados .....	25
4.5. Comunicación.....	25
Documentación técnica .....	25
Presentación.....	28
5. Evaluación .....	30
5.1. Estudiante.....	30
5.2. Tutor .....	32
5.3. Tribunal.....	34
6. Conclusiones.....	35
A. TFGs incluidos en el estudio .....	36

## 1. Introducción

El Trabajo Fin de Grado (TFG) es una actividad académica con un marcado carácter profesionalizante, cuyo objetivo principal es demostrar que el estudiante ha alcanzado las competencias propias de su Titulación y, por tanto, será capaz de desplegarlas cuando se incorpore al mercado profesional. Para ello, el TFG tiene que plantearle al estudiante un desafío cuya resolución facilite que el estudiante movilice todas las competencias esperadas, pero dentro de un entorno supervisado, en el que el tutor actúa como supervisor del proyecto y, en última instancia, como facilitador del proceso de aprendizaje que se desarrolla en él.

A nivel conceptual, el TFG es un instrumento perfecto para culminar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, pero su despliegue no está libre de desafíos. Centrándonos en el Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones, la definición (en abstracto) del TFG debe dar cabida a una gran variedad de tipos de proyectos informáticos, considerando las numerosas áreas que forman la disciplina de la Ingeniería Informática y sus campos de aplicación, que actualmente abarcan prácticamente cualquier aspecto de nuestra sociedad. Es obvio que el proceso y la complejidad de construir una aplicación móvil no tienen nada que con la construcción de un modelo de aprendizaje automático o con el diseño y evaluación de una estructura de datos eficiente en memoria. Sin embargo, todos ellos podrían ser ejemplos de TFGs en el citado Grado y, por tanto, los estudiantes deberían activar las mismas competencias durante su desarrollo, a pesar de sus diferencias. Por otra parte, evaluar proyectos tan diferentes de forma que se asegure un criterio igualitario y objetivo supone otro gran desafío, tanto para el tutor como para el tribunal. Si a esto le sumamos que estos roles pueden ser desempeñados por académicos con diferentes perfiles profesionales, el resultado puede desembocar en asimetrías en la evaluación de los estudiantes.

Por estas razones, en este documento abordamos el diseño de un producto de aprendizaje que abstraiga las características principales que debe poseer un TFG, con independencia de su tipología. Para ello, nos apoyamos en los recursos planteados en el marco de trabajo *eXtreme Learning* (desarrollado dentro del Grupo de Innovación Docente UVAGILE) y definimos el producto de aprendizaje de acuerdo con 5 objetivos de aprendizaje comunes a cualquier tipo de TFG, que contienen diferentes subobjetivos y criterios de aceptación que aseguran una evaluación uniforme de los proyectos, independientemente de las personas implicadas. Antes de consolidar esta propuesta, hemos analizado todos los TFGs defendidos en la Titulación entre los cursos 2021-2022 y 2023-2024, caracterizando 4 tipos principales de TFGs y un quinto (“otros”) abierto a los proyectos que no encajen en los anteriores. Por último, también proponemos diferentes instrumentos de evaluación centrados en el estudiante, el tutor y el tribunal, diseñados para facilitar la obtención de resultados de evaluación formativa y sumativa, de acuerdo con las necesidades que se plantean en este tipo de proyectos.

## 2. Competencias

El Trabajo Fin Grado supone la culminación de todos los estudios de Grado, tal cual se establece en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre. Así, el TFG debe plantear un trabajo de reflexión final en el cual el estudiante deberá demostrar haber adquirido las competencias asociadas al Título, que se presenta en esta sección, agrupadas por competencias generales y específicas.

### 2.1. Competencias Generales

El TFG debe mostrar que el alumno ha adquirido, en su conjunto, las competencias asociadas al Título que, en lo que se refiere a las competencias generales recogidas en la ficha de la materia TFG dentro de la memoria del Título de Graduado/a en Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones, son:

- G01. Conocimientos generales básicos
- G02. Conocimientos básicos de la profesión
- G03. Capacidad de análisis y síntesis
- G04. Capacidad de organizar y planificar
- G05. Comunicación oral y escrita en la lengua propia
- G06. Conocimiento de una segunda lengua (preferentemente inglés)
- G07. Habilidades básicas en el manejo del ordenador
- G08. Habilidades de gestión de la información
- G09. Resolución de problemas
- G10. Toma de decisiones
- G11. Capacidad crítica y autocrítica
- G12. Trabajo en equipo
- G13. Capacidad de trabajar en un equipo interdisciplinar
- G14. Responsabilidad y compromiso ético
- G16. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- G18. Capacidad de aprender
- G19. Capacidad de adaptarse a nuevas situaciones
- G20. Capacidad de generar nuevas ideas
- G21. Habilidad para trabajar de forma autónoma
- G22. Diseño y gestión de proyectos

## 2.2. Competencias Específicas

El TFG debe mostrar que el alumno ha adquirido globalmente las competencias asociadas al Título que, en lo que se refiere a las competencias específicas recogidas en la memoria del Título de Graduado/a en Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones y agrupadas temáticamente, son:

### De Formación Básica

E.1. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.

E.2. Capacidad para comprender y dominar los conceptos básicos de matemática discreta, lógica, algorítmica y complejidad computacional, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

E.3. Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.

E.4. Conocimiento de la estructura, organización, funcionamiento e interconexión de los sistemas informáticos, los fundamentos de su programación, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

E.5. Comprensión y dominio de los conceptos básicos de campos y ondas y electromagnetismo, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

E.6. Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.

### Común a la rama de la Informática

E.7. Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente.

E.8. Capacidad para planificar, concebir, desplegar y dirigir proyectos, servicios y sistemas informáticos en todos los ámbitos, liderando su puesta en marcha y su mejora continua y valorando su impacto económico y social.

E.9. Capacidad para elaborar el pliego de condiciones técnicas de una instalación informática que cumpla los estándares y normativas vigentes.

E.10. Conocimiento, administración y mantenimiento sistemas, servicios y aplicaciones informáticas.

E.11. Conocimiento y aplicación de los procedimientos algorítmicos básicos de las tecnologías informáticas para diseñar soluciones a problemas, analizando la idoneidad y complejidad de los algoritmos propuestos.

E.12. Conocimiento, diseño y utilización de forma eficiente los tipos y estructuras de datos más adecuados a la resolución de un problema.

E.13. Capacidad para analizar, diseñar, construir y mantener aplicaciones de forma robusta, segura y eficiente, eligiendo el paradigma y los lenguajes de programación más adecuados.

E.14. Capacidad de conocer, comprender y evaluar la estructura y arquitectura de los computadores, así como los componentes básicos que los conforman.

E.15. Conocimiento de las características, funcionalidades y estructura de los Sistemas Operativos y diseñar e implementar aplicaciones basadas en sus servicios.

E.16. Conocimiento y aplicación de las características, funcionalidades y estructura de los Sistemas Distribuidos, las Redes de Computadores e Internet y diseñar e implementar aplicaciones basadas en ellas.

E.17. Conocimiento y aplicación de las características, funcionalidades y estructura de las bases de datos, que permitan su adecuado uso, y el diseño y el análisis e implementación de aplicaciones basadas en ellos.

E.18. Conocimiento y aplicación de las herramientas necesarias para el almacenamiento, procesamiento y acceso a los Sistemas de información, incluidos los basados en web.

E.19. Conocimiento y aplicación de los principios fundamentales y técnicas básicas de la programación paralela, concurrente, distribuida y de tiempo real.

E.20. Conocimiento y aplicación de los principios, metodologías y ciclos de vida de la ingeniería de software.

E.21. Capacidad para diseñar y evaluar interfaces persona computador que garanticen la accesibilidad y usabilidad a los sistemas, servicios y aplicaciones informáticas.

E.22. Capacidad para comprender la importancia de la negociación, v los hábitos de trabajo efectivos, el liderazgo y las habilidades de comunicación en todos los entornos de desarrollo de software.

E.23. Conocimiento y aplicación de los principios fundamentales y técnicas básicas de los sistemas inteligentes y su aplicación práctica.

E.24. Conocimiento de la normativa y la regulación de la informática en los ámbitos nacional, europeo e internacional.

## Tecnologías de la Información

E.25. Capacidad para comprender el entorno de una organización y sus necesidades en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

E.26. Capacidad para seleccionar, diseñar, desplegar, integrar, evaluar, construir, gestionar, explotar y mantener las tecnologías de hardware, software y redes, dentro de los parámetros de coste y calidad adecuados.

E.27. Capacidad para emplear metodologías centradas en el usuario y la organización para el desarrollo, evaluación y gestión de aplicaciones y sistemas basados en tecnologías de la información que aseguren la accesibilidad, ergonomía y usabilidad de los sistemas.

E.28. Capacidad para seleccionar, diseñar, desplegar, integrar y gestionar redes e infraestructuras de comunicaciones en una organización.

E.29. Capacidad para seleccionar, desplegar, integrar y gestionar sistemas de información que satisfagan las necesidades de la organización, con los criterios de coste y calidad identificados.

E.30. Capacidad de concebir sistemas, aplicaciones y servicios basados en tecnologías de red, incluyendo Internet, web, comercio electrónico, multimedia, servicios interactivos y computación móvil.

E.31. Capacidad para comprender, aplicar y gestionar la garantía y seguridad de los sistemas informáticos.

## Sistemas de Información

E.32. Capacidad de integrar soluciones de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y procesos empresariales para satisfacer las necesidades de información de las organizaciones, permitiéndoles alcanzar sus objetivos de forma efectiva y eficiente, dándoles así ventajas competitivas.

E.33. Capacidad para determinar los requisitos de los sistemas de información y comunicación de una organización atendiendo a aspectos de seguridad y cumplimiento de la normativa y la legislación vigente.

E.34. Capacidad para participar activamente en la especificación, diseño, implementación y mantenimiento de los sistemas de información y comunicación.

E.35. Capacidad para comprender y aplicar los principios y prácticas de las organizaciones, de forma que puedan ejercer como enlace entre las comunidades técnica y de gestión de una organización y participar activamente en la formación de los usuarios.

E.36. Capacidad para comprender y aplicar los principios de la evaluación de riesgos y aplicarlos correctamente en la elaboración y ejecución de planes de actuación.

E.37. Capacidad para comprender y aplicar los principios y las técnicas de gestión de la calidad y de la innovación tecnológica en las organizaciones.

### 3. Tipos de Trabajos Fin de Grado

En esta sección se presenta una clasificación detallada de los diferentes tipos de Trabajos Fin de Grado realizados en el Grado en Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones. Esta propuesta está basada en las conclusiones obtenidas al analizar el conjunto de 68 TFGs defendidos en los cursos 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024, que se detallan en el Anexo A.

El objetivo es ofrecer una visión clara y estructurada de las distintas modalidades de proyectos que los estudiantes desarrollan en la titulación, para así caracterizar los resultados esperados en cada uno de ellos y tomarlo como referencia para la descripción del producto de aprendizaje. Asimismo, esta clasificación también permite identificar las competencias que los estudiantes desarrollan y aplican durante la realización de su TFG, asegurando que los proyectos se alinean con los objetivos de formación del Grado y preparan a los estudiantes para su futuro profesional.

La propuesta considera cuatro categorías principales: desarrollo de software, ciencia de datos, computación y estudios teóricos y de investigación, y una quinta: otros, para aquellos proyectos que no encajan claramente en las categorías anteriores.

#### 3.1. Desarrollo de software

Los proyectos de Desarrollo de software son mayoritarios en nuestro Grado (*33 TFGs de los 68 estudiados: 48,53% se clasifican en esta categoría*) se centran en la creación de aplicaciones informáticas que resuelven problemas específicos o mejoran procesos existentes. Estos proyectos pueden incluir el desarrollo de aplicaciones web, móviles, plataformas de comercio electrónico, entre otros. Este tipo de proyectos están fuertemente relacionados con diferentes perfiles profesionales: desarrollador de software, ingeniero de software, desarrollador *full stack*, desarrollador de aplicaciones móviles, etc.

El resultado principal de este tipo de TFGs es un producto software funcional, que cumple con los diferentes tipos de requisitos que lo caracterizan y permite alcanzar unos determinados objetivos de negocio. Así, además del código fuente y los artefactos ejecutables del software, el resultado del proyecto incluye la documentación técnica del proyecto y los manuales necesarios para su instalación, puesta en funcionamiento y uso.

Uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los estudiantes en este tipo de TFGs es la elección y despliegue de una metodología de ciclo de vida que asegure la calidad del producto resultante y fomente el proceso de aprendizaje propio del TFG. Esto incluye determinar una buena dinámica de trabajo que facilite la retroalimentación del producto software y permita integrar de forma efectiva todas las decisiones relativas a su análisis, diseño, implementación y prueba, así como la futura mantenibilidad del código producido. La integración de bases de datos, el diseño de interfaces accesibles y usables de acuerdo con las necesidades de los usuarios y alcanzar los niveles de calidad deseados (seguridad, eficiencia, robustez, etc.) en la prestación del servicio son otros de los aspectos que determinarán el éxito del proyecto.

En resumen, los TFGs de Desarrollo de software permiten a los estudiantes aplicar una amplia gama de competencias, desde la planificación y gestión de proyectos hasta el diseño, implementación, prueba y documentación de soluciones software, enfrentando desafíos que reflejan el trabajo en el ámbito profesional y tecnológico.

### 3.2. Ciencia de datos

Los proyectos de Ciencia de Datos se han incrementado en los últimos cursos (*15 TFGs de los 68 estudiados: 22,06% se clasifican en esta categoría*) debido principalmente al auge de la Inteligencia Artificial. Este tipo de TFGs se centran en el análisis de grandes volúmenes de datos, el desarrollo de modelos de aprendizaje automático y la extracción de conocimiento útil para la toma de decisiones, y pueden abordar la creación de modelos predictivos, sistemas de recomendación, análisis de redes sociales, procesamiento de lenguaje natural, entre otros. Este tipo de proyectos se relaciona con perfiles profesionales como científicos de datos, ingenieros de datos o analistas de datos, entre otros.

El resultado principal de este tipo de TFGs es un modelo analítico o un conjunto de modelos que han sido entrenados y validados con datos reales. Además de los modelos, el resultado incluye el código utilizado para la preparación de los datos necesarios para su creación y el código utilizado para entrenarlos y validarlos, así como los resultados obtenidos en cada fase del proceso. Estos artefactos deben asegurar la reproducibilidad del proceso realizado por el estudiante y la obtención de los mismos resultados. Adicionalmente, el TFG puede incluir alguna herramienta software que ponga los modelos en explotación.

Uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los estudiantes en este tipo de TFGs es la correcta recolección y preprocesamiento de los datos, asegurando su calidad y pertinencia para el análisis. La elección de los modelos de aprendizaje automático adecuados y su correcta parametrización es otro desafío crucial, ya que determina en gran medida la eficacia de los modelos desarrollados. Los estudiantes también deben ser capaces de evaluar y validar sus modelos utilizando métricas apropiadas, y de realizar ajustes y optimizaciones basadas en estos resultados para mejorar la precisión y robustez del resultado final.

Aunque no esté siempre presente en este tipo de TFGs, la visualización de los datos y de los resultados de los modelos es otro aspecto a tener en cuenta en este tipo de proyectos, que facilita su interpretación y análisis. En esos casos, los estudiantes deben ser capaces de crear visualizaciones efectivas que comuniquen claramente los hallazgos y respaldar las decisiones basadas en datos. La integración de técnicas avanzadas de análisis de datos, como el procesamiento de lenguaje natural (NLP), el análisis de imágenes, o el análisis de series temporales, puede presentar desafíos adicionales que requieren una comprensión profunda de las técnicas y herramientas más avanzadas en el campo de la ciencia de datos.

En resumen, los TFGs de Ciencia de datos permiten a los estudiantes aplicar competencias que abarcan desde la recolección y procesamiento de datos, hasta la visualización y comunicación de resultados, pasando por el desarrollo y validación de modelos de

aprendizaje automático. Al igual que en el caso anterior, los estudiantes que realicen este tipo de proyectos abordarán desafíos que reflejan el trabajo en el ámbito profesional, alcanzando una formación valiosa para un área que está en constante evolución y que, actualmente, presenta una alta demanda en la industria.

### 3.3. Computación

Este tipo de temas sigue gozando de una alta popularidad en nuestro Grado (*16 TFGs de los 68 estudiados: 23,53% se clasifican en esta categoría*) y abarca una amplia gama de temas dentro del área de la Computación, incluyendo criptografía, algoritmos cuánticos, auditoría de datos, o simulación de criptomonedas, entre otros. Este tipo de TFGs se centran en la aplicación de teorías y técnicas avanzadas de la computación para resolver problemas complejos y novedosos. Los perfiles profesionales relacionados incluyen expertos en seguridad informática o criptografía, investigadores en computación cuántica analistas forenses, etc.

El resultado principal de este tipo de TFGs es un sistema o un conjunto de herramientas que implementan soluciones innovadoras y eficientes a problemas específicos en el ámbito de la computación. Esto puede incluir el desarrollo de algoritmos, la implementación de protocolos criptográficos, la simulación de sistemas de criptomonedas, o la creación de herramientas para la seguridad y la auditoría de datos. Además del código y los artefactos informáticos construidos, el resultado del proyecto incluye una documentación técnica detallada y precisa que exponga de forma justificada las decisiones y resultados obtenidos en el proyecto.

Uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los estudiantes en este tipo de TFGs es la comprensión y aplicación de teorías complejas y avanzadas en computación. La correcta implementación de estos conceptos en código funcional y eficiente es crucial para el éxito del proyecto. Los estudiantes también deben ser capaces de realizar pruebas rigurosas y evaluaciones de sus sistemas para garantizar su seguridad, eficiencia y robustez. La evaluación de los atributos de calidad (seguridad, rendimiento, escalabilidad...) es un aspecto crítico, que incluye la evaluación de las dimensiones correspondientes utilizando procedimientos teóricos y/o aplicados.

En resumen, los TFGs de Computación permiten a los estudiantes aplicar una amplia gama de competencias, desde la teoría avanzada de la computación hasta la implementación y evaluación de nuevos algoritmos, métodos criptográficos, etc. Por lo tanto, los estudiantes que realizan este tipo de proyectos se enfrentan a problemas complejos y novedosos, con una alta demanda en el sector profesional.

### 3.4. Estudios teóricos y de investigación

Los proyectos que se plantea como estudios teóricos y de investigación han tenido una menor acogida en nuestro Grado (*3 TFGs de los 68 estudiados: 4,41% se clasifican en esta categoría*) dado que, en general, tienen una menor carga de trabajo aplicado. Estos TFGs se centran en la exploración y análisis de teorías avanzadas y conceptos fundamentales en la informática, así como en la investigación de tecnologías emergentes y su impacto potencial. Estos proyectos suelen centrarse en la realización de revisiones exhaustivas de

literatura científico-técnica y estudios comparativos, o pueden abordar el desarrollo de nuevas teorías y/o algoritmos, o llevar a cabo investigaciones exploratorias en áreas emergentes. La variedad de este tipo de proyectos hace que puedan relacionarse con diferentes perfiles profesionales, aunque son más habituales en investigadores académicos, científicos de computación y expertos en desarrollo tecnológico.

El resultado principal de este tipo de TFGs es una contribución teórica significativa, documentada en un informe exhaustivo que presenta los hallazgos y conclusiones de la investigación. Este informe incluye una revisión detallada de la literatura existente, una metodología clara para la investigación realizada, los resultados obtenidos y una discusión crítica de estos resultados. Sin embargo, el producto final debe incluir contenidos adicionales para cumplir con las competencias establecidas en el TFG, que incluyen la creación de modelos matemáticos, la realización de simulaciones o la creación de prototipos que respalden las hipótesis y conclusiones presentadas.

Uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los estudiantes en este tipo de TFGs es la identificación de un problema de investigación relevante y la formulación de preguntas de investigación claras y específicas. La recopilación y análisis crítico de literatura relevante es crucial para establecer un marco teórico sólido. Los estudiantes también deben diseñar y llevar a cabo investigaciones rigurosas, utilizando métodos apropiados para obtener datos y evidencias que respondan a sus preguntas de investigación. La interpretación y discusión de los resultados requiere habilidades analíticas avanzadas y la capacidad de situar los hallazgos en el contexto más amplio de la disciplina.

En resumen, los TFGs sobre estudios teóricos y de investigación permiten a los estudiantes desarrollar competencias en investigación avanzada, análisis crítico y comunicación académica. Estos proyectos desafían a los estudiantes a profundizar en áreas específicas de la informática, contribuyendo al avance del conocimiento en el campo y preparándolos para carreras en investigación y desarrollo tecnológico.

### 3.5. Otros

Esta última categoría se plantea con el objetivo de incluir los proyectos que no encajen en ninguna de las categorías anteriores. Solo hemos situado 1 TFG de los 68 estudiados (1,47%) en esta categoría. Estos proyectos pueden abordar una amplia gama de temas y utilizar diferentes enfoques y metodologías, incluso abordar desafíos interdisciplinarios que usen la informática como medio para alcanzar unos determinados objetivos.

En cualquier caso es responsabilidad del tutor del TFG determinar si un proyecto en la categoría “Otros” cumple con las competencias establecidas en la titulación y, adicionalmente, el Comité de Título deberá refrendarlo en base a las justificaciones que se proporcionen en la *comunicación de inicio* del proyecto.

## 4. Producto de aprendizaje

Como se indicaba anteriormente, el Trabajo Fin de Grado se concibe como la última actividad académica de cualquier Titulación de Grado y, en ella, el estudiante debe demostrar haber adquirido las competencias propias de su Titulación. Por lo tanto, la evaluación del TFG debe enfocar la capacidad del estudiante para resolver un problema genérico (en nuestro caso, relacionado con la Ingeniería Informática) y no una instancia concreta del momento (el problema particular que se estable como tema de trabajo del TFG). Por ello, es necesario abstraer qué es un TFG, más allá del problema concreto que aborde.

El producto de aprendizaje ofrece los recursos necesarios para abordar este desafío, ya que permite especificar un resultado de aprendizaje independientemente de cómo y en qué condiciones se obtenga. Este producto se especifica de acuerdo con las necesidades del cliente que lo va a “utilizar” que, en nuestro caso, se materializan a través de las competencias del Grado, en las que se establecen qué le pide la sociedad a una persona graduada en Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones.

El producto de aprendizaje se describe a varios niveles de granularidad, para poder satisfacer las necesidades de todos los participantes en el proceso educativo. La descripción de más alto nivel (la visión), se ha establecido en el Apartado 1 de este documento, mientras que los objetivos e historias de aprendizaje, y criterios de aceptación se describen en el apartado actual, de acuerdo con la siguiente caracterización:

- Los objetivos de aprendizaje establecen los hitos principales del TFG, cuyo alcance es lo suficientemente grande como para no poder abordarlos “como un todo”. La presente descripción del producto de aprendizaje del TFG considera 5 objetivos de aprendizaje que, a su vez, actúan como “contenedores” de historias de aprendizaje.
- Las historias de aprendizaje establecen subobjetivos, con un alcance acotado dentro de cada objetivo de aprendizaje. Cada historia establece “qué” se va a aprender y “para qué” es relevante ese aprendizaje, en el ámbito de cada objetivo.
- Por último, los criterios de aceptación establecen el nivel atómico (son indivisibles) del producto de aprendizaje, así que pueden considerarse “piezas de aprendizaje” que se ensamblan en el marco de una historia. Así, cada criterio describe una característica específica del producto de aprendizaje y, por tanto, algo que debe estar presente en el resultado final del TFG y que será evaluado explícitamente.

Tabla 1. Descripción cuantitativa del producto de aprendizaje

Objetivos	# Historias	# Criterios
Proyecto	7	39
Antecedentes	4	18
Desarrollo	5	29
Aceptación	3	12
Comunicación	2	39

La Tabla 1 describe el producto de aprendizaje en términos cuantitativos, aunque cabe destacar que algunos de los criterios de aceptación incluidos en el objetivo Desarrollo solo aplican a los TFGs que tienen como resultado un producto informático.

### 4.1. Proyecto

Este objetivo aborda la gestión de proyectos en el ámbito de la Ingeniería Informática. Una buena gestión del proyecto requiere identificar y comprender de forma precisa el problema a resolver y, a partir de él, identificar los objetivos y la metodología más adecuada para alcanzarlos. Así, el estudiante tendrá que planificar, organizar y gestionar los recursos disponibles para alcanzar los objetivos del proyecto, incluyendo entre ellos los recursos humanos y financieros, así como la gestión del tiempo y la comunicación entre todos los participantes.

El objetivo “Proyecto” comprende 7 historias de aprendizaje con sus respectivos criterios de aceptación. La Tabla 1 y la Tabla 2 relacionan, respectivamente, las competencias generales<sup>1</sup> y específicas atribuidas al TFG con las historias de aprendizaje en las que se abordan.

Tabla 2. Relación entre las competencias generales y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje						
		Proyecto-1	Proyecto-2	Proyecto-3	Proyecto-4	Proyecto-5	Proyecto-6	Proyecto-7
Competencias generales	G03	*	*	*	*	*	*	*
	G04	*	*	*	*	*	*	*
	G05	*	*	*	*	*	*	*
	G07	*	*	*	*	*	*	*
	G08	*	*	*	*	*	*	*
	G09	*	*	*	*	*	*	*
	G10	*	*	*	*	*	*	*
	G11	*	*	*	*	*	*	*
	G12	*	*	*	*	*	*	*
	G13	*	*	*	*	*	*	*
	G14	*	*	*	*	*	*	*
	G16	*	*	*	*	*	*	*
	G18	*	*	*	*	*	*	*
	G19	*	*	*	*	*	*	*
G20	*	*	*	*	*	*	*	
G21	*	*	*	*	*	*	*	
G22	*	*	*	*	*	*	*	

<sup>1</sup> La competencia G13 se materializa en todos aquellos TFGs que incluyan, en su equipo de trabajo, al menos una persona no perteneciente al ámbito de la Informática.



Tabla 3. Relación entre las competencias específicas y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje						
		Proyecto-1	Proyecto-2	Proyecto-3	Proyecto-4	Proyecto-5	Proyecto-6	Proyecto-7
Competencias generales	E.6			*				
	E.8	*	*	*	*	*	*	*
	E.20	*	*	*	*	*	*	*
	E.22							*
	E.24				*			
	E.25	*		*		*		*
	E.26					*	*	
	E.27				*			
	E.35							*
	E.36			*	*	*	*	

*Planteamiento del problema.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de comprender de forma precisa el problema que abordará en su proyecto y definirlo como *problem statement*. Esta declaración determinará el “gap” existente entre la situación en la que se inicia el proyecto y el resultado esperado a su finalización. Esta historia comprende 6 criterios de aceptación.

**Proyecto-1.** Construir el *problem statement* del proyecto para asegurar la identificación y comunicación precisa del problema a resolver:

- **Proyecto-1.1.** Establecer de forma concisa el resultado ideal del proyecto.
- **Proyecto-1.2.** Determinar en qué consiste el problema y situarlo en la realidad actual.
- **Proyecto-1.3.** Exponer las consecuencias derivadas de no resolver el problema y cómo afectan al entorno de negocio.
- **Proyecto-1.4.** Describir de forma concisa la propuesta a desarrollar en el proyecto para resolver el problema propuesto.
- **Proyecto-1.5.** Modelar visualmente el alcance de la propuesta, en base a sus características generales.
- **Proyecto-1.6.** Documentar el *problem statement* en forma IDEAL-REALIDAD-CONSECUENCIAS-PROPUESTA e incluir el modelo visual como una primera descripción a la propuesta.

*Objetivos.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de determinar y especificar los objetivos del proyecto. Estos objetivos deben guiar todas las actividades del proyecto y proporcionar criterios claros para evaluar su éxito, por lo que su descripción debe ser específica, medible, alcanzable, relevante y acotada en el tiempo (SMART) del proyecto. Esta historia comprende 6 criterios de aceptación:

**Proyecto-2.** Establecer los objetivos del proyecto para guiar el trabajo y evaluar el éxito de sus resultados de manera efectiva:



- **Proyecto-2.1.** Plantear objetivos específicos que describan claramente qué se pretende lograr con el proyecto.
- **Proyecto-2.2.** Plantear objetivos medibles que permitan evaluar el progreso y el éxito del proyecto.
- **Proyecto-2.3.** Plantear objetivos alcanzables, realistas y factibles dentro de los recursos y el tiempo disponibles.
- **Proyecto-2.4.** Plantear objetivos sean relevantes, significativos y alineados con la resolución del problema identificado.
- **Proyecto-2.5.** Plantear objetivos acotados en el tiempo, especificando un marco temporal claro para su consecución.
- **Proyecto-2.6.** Documentar los objetivos planteados de acuerdo con sus relaciones jerárquicas y asegurando que cada uno de ellos tienen un identificador único, que asegure su trazabilidad a lo largo de todo el proyecto.

*Condicionantes.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para identificar todos aquellos aspectos que pueden condicionar el desarrollo del proyecto (en términos técnicos o de negocio), así como cualquier suposición. Estos condicionantes son esenciales para asegurar que el proyecto se desarrolla dentro de un marco definido y que todas las posibles limitaciones y suposiciones se tienen en cuenta desde el inicio. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

- **Proyecto-3.1.** Identificar las reglas de negocio que pueden afectar o condicionar el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-3.2.** Identificar las restricciones técnicas que pueden afectar o condicionar el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-3.3.** Identificar las suposiciones que pueden afectar o condicionar el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-3.4.** Documentar los condicionantes identificados, asegurando que cada uno de ellos tienen un identificador único, que asegure su trazabilidad a lo largo de todo el proyecto.

*Metodología.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de seleccionar y aplicar una metodología adecuada para el desarrollo de su proyecto. La metodología elegida debe ser apropiada para el tipo de proyecto elegido y debe permitir un enfoque estructurado y sistemático. Esta historia comprende 7 criterios de aceptación:

**Proyecto-4.** Seleccionar y aplicar la metodología adecuada para asegurar un enfoque estructurado y sistemático en el desarrollo del proyecto:

- **Proyecto-4.1.** Elegir la metodología de acuerdo con el tipo de proyecto, sus objetivos, las personas participantes y/o los condicionantes del proyecto.
- **Proyecto-4.2.** Plantear un plan detallado que especifique las fases o etapas del proyecto y su alineamiento temporal con el periodo previsto para la ejecución del proyecto.

- **Proyecto-4.3.** Contemplar la gestión de riesgos, identificando posibles problemas que pueden presentarse durante el desarrollo del proyecto y proponiendo soluciones para ellos.
- **Proyecto-4.4.** Proponer mecanismos de seguimiento y control para monitorizar el progreso del proyecto.
- **Proyecto-4.5.** Facilitar la recolección y análisis de *feedback* durante el desarrollo del proyecto para poder llevar a cabo un proceso de mejora continua que maximice la calidad del producto final.
- **Proyecto-4.6.** Identificar las normas, regulaciones y aspectos legales pertinentes para el desarrollo del proyecto, así como la forma de incorporarlas al mismo para asegurar su cumplimiento.
- **Proyecto-4.7.** Documentar, de forma integrada, todos los aspectos relacionados con la metodología elegida.

*Planificación.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de desarrollar un plan detallado que incluya todas las tareas y actividades necesarias para completar el proyecto. La planificación debe considerar los plazos, los recursos necesarios y las posibles contingencias. Esta historia comprende 6 criterios de aceptación:

**Proyecto-5.** Desarrollar un plan detallado de tareas y actividades que optimice el uso eficiente de los recursos disponibles en el proyecto y cumplir con los plazos establecidos:

- **Proyecto-5.1.** Descomponer el proyecto en tareas y actividades específicas, asignando el tiempo y los recursos necesarios para completarlas con éxito.
- **Proyecto-5.2.** Plantear un cronograma detallado que indique los plazos para la finalización de cada tarea y actividad.
- **Proyecto-5.3.** Plantear un presupuesto detallado que contemple los costes totales asociados a los recursos humanos, herramientas y cualquier otro recurso necesario para el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-5.4.** Plantear contingencias y planes de mitigación para posibles riesgos o retrasos específicos que se puedan presentar durante la ejecución de las tareas.
- **Proyecto-5.5.** Mantener una representación actualizada de la planificación que refleje, en cada momento, el estado real del proyecto y los ajustes que se han llevado a cabo durante su desarrollo.
- **Proyecto-5.6.** Documentar, de forma integrada, todos los aspectos relacionados con la planificación elegida.

*Balance.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de evaluar el uso de los recursos utilizados respecto a los resultados obtenidos, analizando las desviaciones que se han producido durante el desarrollo del proyecto respecto a lo planificado. Esta evaluación es crucial para asegurar la viabilidad y la eficiencia del proyecto, así como para mejorar las habilidades de planificación del estudiante mediante la identificación de posibles mejoras o ajustes necesarios. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

**Proyecto-6.** Hacer el balance entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos, analizando las desviaciones que se han producido respecto a la planificación original, para asegurar la viabilidad, la eficiencia y el aprendizaje continuo:

- **Proyecto-6.1.** Describir las tareas y actividades que se han realizado de forma efectiva en el proyecto, indicando los recursos utilizados para completarlas con éxito.
- **Proyecto-6.2.** Plantear un cronograma detallado que indique los periodos temporales en los que se han realizado las tareas y actividades del proyecto.
- **Proyecto-6.3.** Plantear un presupuesto detallado que contemple los costes totales asociados a los recursos humanos, herramientas y cualquier otro recurso utilizado durante el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-6.4.** Evaluar el impacto de las desviaciones producidas entre la planificación original del proyecto y su desarrollo real.
- **Proyecto-6.5.** Documentar, de forma integrada, todos los aspectos relacionados con el balance de forma integrada, asegurando una valoración crítica que analice el porqué de las desviaciones producidas y justifique los planes de mitigación que se han llevado a cabo para abordarlas y minimizar su impacto en el desarrollo del proyecto.

*Interacción.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de mantener una interacción efectiva y continua con todos los participantes en el proyecto. Esto incluye mantener una comunicación fluida, colaborar de forma activa y facilitar la generación de *feedback* a lo largo del proyecto. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

**Proyecto-7.** Mantener una interacción efectiva y continua durante todo el proyecto para asegurar la transparencia, la colaboración y la mejora continua:

- **Proyecto-7.1.** Llevar a cabo reuniones regulares con el tutor para discutir el progreso del proyecto, recibir *feedback* y ajustar el plan de trabajo según sea necesario.
- **Proyecto-7.2.** Realizar informes periódicos de progreso que incluyan los avances, los problemas encontrados y las soluciones propuestas, y compartirlos con el tutor y otras partes interesadas.
- **Proyecto-7.3.** Fomentar la colaboración y la participación activa de todas las partes interesadas, asegurando que sus opiniones y *feedback* sean considerados en el desarrollo del proyecto.
- **Proyecto-7.4.** Utilizar herramientas de comunicación adecuadas para asegurar una comunicación fluida y efectiva con todas las partes interesadas.
- **Proyecto-7.5.** Documentar, de forma integrada, la dinámica de interacción seguida en el proyecto, valorando cómo ha contribuido al trabajo realizado.

## 4.2. Antecedentes

Este objetivo aborda la recopilación y análisis de información relevante para establecer el contexto en el que se enmarca el proyecto. Los antecedentes proporcionan una

comprensión profunda del entorno de negocio en el que se encuadra el proyecto, el estado del arte relacionado, así como los fundamentos teóricos y técnicos sobre los que se desarrolla el proyecto. A través de estos antecedentes, el estudiante podrá identificar las necesidades, oportunidades y desafíos a los que se debe enfrentar en el proyecto, además de adquirir un conocimiento sólido del dominio del problema y los fundamentos teóricos y técnicos sobre los que se sustentará el desarrollo del proyecto.

El objetivo “Antecedentes” comprende 4 historias de aprendizaje con sus respectivos criterios de aceptación. La Tabla 3 y la Tabla 4 relacionan, respectivamente, las competencias generales y específicas atribuidas al TFG con las historias de aprendizaje en las que se abordan.

Tabla 4. Relación entre las competencias generales y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje			
		Antecedentes-1	Antecedentes -2	Antecedentes -3	Antecedentes -4
Competencias generales	G03	*	*	*	*
	G05	*	*	*	*
	G06	*	*	*	*
	G07	*	*	*	*
	G08	*	*	*	*
	G11	*	*	*	*
	G12	*	*	*	*
	G13	*	*	*	*
	G14	*	*	*	*
	G18	*	*	*	*
	G19	*	*	*	*
	G21	*	*	*	*

Tabla 5. Relación entre las competencias específicas y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje			
		Antecedentes -1	Antecedentes -2	Antecedentes -3	Antecedentes -4
	E.11		*	*	*
	E.12		*	*	*
	E.14		*	*	*
	E.15		*	*	*
	E.16		*	*	*
	E.17		*	*	*
	E.18		*	*	*
	E.19		*	*	*
	E.23		*	*	*
	E.25	*			

*Entorno de negocio.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para convertirse en un “mini-experto” en el dominio del proyecto. Para ello necesita



comprender los fundamentos y las dinámicas del entorno de negocio y ser capaz de determinar cómo los resultados del proyecto contribuyen a su desarrollo y a qué *stakeholders* afectan. Esta historia comprende 5 criterios de aceptación:

**Antecedentes-1.** Conocer el entorno de negocio en el que se desarrolla el proyecto para construir un producto que se alinee con las necesidades y expectativas de sus *stakeholders*:

- **Antecedentes-1.1.** Poseer una visión general del entorno de negocio, incluyendo sus principales tendencias y previsiones futuras.
- **Antecedentes-1.2.** Comprender la relevancia e impacto del entorno de negocio en la sociedad actual y cuáles de sus desafíos se abordan en el proyecto.
- **Antecedentes-1.3.** Conocer a los *stakeholders* relevantes y el rol que juegan en el entorno de negocio, así como sus necesidades y expectativas.
- **Antecedentes-1.4.** Manejar la terminología y los conceptos básicos utilizados habitualmente en el entorno de negocio.
- **Antecedentes-1.5.** Documentar, de forma integrada, toda la información obtenida sobre el entorno de negocio, incluyendo un glosario que facilite la comprensión de los términos propios del contexto del proyecto.

*Estado del arte.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de obtener una visión sólida de cómo otras soluciones existentes abordan problemas comparables al planteado en su proyecto. Para ello, el estudiante debe identificar y analizar estas soluciones, evaluando sus fortalezas y debilidades, y detectando oportunidades de mejora que puedan ser abordadas en su proyecto. Esta historia comprende 5 criterios de aceptación:

**Antecedentes-2.** Completar una revisión exhaustiva del estado del arte relacionado con el proyecto para identificar soluciones y enfoques existentes y, en base a ello, determinar las oportunidades de mejora y diferenciación del producto a desarrollar en el TFG :

- **Antecedentes-2.1.** Identificar y analizar individualmente trabajos científicos relevantes y/o software comparable, evaluando sus enfoques metodológicos y resultados.
- **Antecedentes-2.2.** Definir el conjunto de dimensiones necesario para comparar las técnicas y/o herramientas identificadas.
- **Antecedentes-2.3.** Comparar y contrastar los trabajos revisados respecto a las dimensiones consideradas, identificando las fortalezas y oportunidades de mejora que presentan cada uno de ellos.
- **Antecedentes-2.4.** Relacionar las fortalezas y oportunidades identificadas en el estado del arte con los objetivos del proyecto, justificando así su alcance.
- **Antecedentes-2.5.** Documentar, de forma integrada, toda la información obtenida sobre el estado del arte, asegurando una valoración crítica que ponga en valor el producto a construir en este proyecto respecto a los trabajos revisados.

*Fundamentos teóricos.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de obtener un conocimiento profundo de las teorías, principios y conceptos que son relevantes para el proyecto. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

**Antecedentes-3.** Comprender los fundamentos teóricos del proyecto para poder elegir las teorías o principios más adecuados para abordar el diseño de la solución :

- **Antecedentes-3.1.** Identificar y comprender las teorías, principios y conceptos relevantes para el proyecto.
- **Antecedentes-3.2.** Analizar cómo estas teorías y principios se han aplicado en propuestas existentes en el estado del arte u otros contextos comparables.
- **Antecedentes-3.3.** Determinar las limitaciones y posibles desafíos asociados con la aplicación de estos fundamentos teóricos en el proyecto.
- **Antecedentes-3.4.** Documentar, de forma integrada, toda la información obtenida sobre los fundamentos teóricos del proyecto.

*Fundamentos técnicos.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante de obtener una visión profunda de las técnicas, herramientas y/o tecnologías utilizadas habitualmente para construir productos similares en proyectos comparables. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

**Antecedentes-4.** Comprender los fundamentos técnicos del proyecto para poder elegir objetivamente las herramientas necesarias para construir el producto:

- **Antecedentes-4.1.** Identificar y analizar los lenguajes de programación adecuados para abordar el proyecto.
- **Antecedentes-4.2.** Evaluar los *frameworks*, librerías y utilidades disponibles en estos lenguajes de programación.
- **Antecedentes-4.3.** Identificar los conjuntos de datos necesarios para abordar el proyecto y valorar sus posibilidades de reutilización.
- **Antecedentes-4.4.** Documentar, de forma integrada, toda la información obtenida sobre los fundamentos técnicos del proyecto.

### 4.3. Desarrollo

Este objetivo aborda las competencias relacionadas con el proceso de desarrollo del proyecto, desde la comprensión y análisis del problema hasta la implementación y prueba del producto final.

El objetivo “Desarrollo” este objetivo comprende 5 historias de aprendizaje con sus respectivos criterios de aceptación, aunque solo 2 de ellas aplican a todos los tipos de TFGs considerandos en nuestra titulación, mientras que las 3 restantes son propias de los proyectos que culminan con la construcción de un producto informático. La Tabla 5 y la Tabla 6 relacionan, respectivamente, las competencias generales y específicas atribuidas al TFG con las historias de aprendizaje en las que se abordan. Cabe destacar que, en este caso, las relaciones que no aplican a todos los tipos de TFGs se señalan con “-“, mientras que las restantes se marcan con “\*”, como en las tablas anteriores.

Tabla 6. Relación entre las competencias generales y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje				
		Desarrollo-1	Desarrollo -2	Desarrollo -3	Desarrollo -4	Desarrollo -5
Competencias generales	G03	*	-	*	-	-
	G04	*	-	*	-	-
	G05	*	-	*	-	-
	G06	*	-	*	-	-
	G07	*	-	*	-	-
	G08	*	-	*	-	-
	G09			*	-	
	G10	*	-	*	-	-
	G11	*	-		-	
	G12	*	-	*	-	-
	G13	*	-	*	-	-
	G14			*	-	
	G16	*	-	*	-	-
	G18	*	-	*	-	-
	G19	*	-	*	-	-
	G20	*	-	*	-	-
	G21	*	-	*	-	-
	G22	*	-	*	-	-

Tabla 7. Relación entre las competencias específicas y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje				
		Desarrollo-1	Desarrollo -2	Desarrollo -3	Desarrollo -4	Desarrollo -5
Competencias generales	E.1.	*	-	*		
	E.2.		-	*		
	E.3.			*		
	E.4.		-	*		
	E.5.	*		*		
	E.6.	*	-	*	-	
	E.7.	*	-	*	-	
	E.8.	*	-	*	-	
	E.9.	*	-	*	-	
	E.10.	*	-	*	-	-
	E.11.	*	-	*	-	
	E.12.	*	-	*	-	
	E.13.	*	-	*	-	-
	E.14.	*	-	*	-	
	E.15.	*	-	*	-	
	E.16.	*	-	*	-	
	E.17.	*	-	*	-	
	E.18.	*	-	*	-	

E.19.	*	-	*	-	
E.20.	*	-	*	-	-
E.21.	*	-	*	-	
E.22.	*		*		
E.23.	*	-	*	-	
E.24.	*	-	*	-	
E.25.	*	-	*	-	
E.26.	*	-	*	-	-
E.27.	*	-	*	-	-
E.28.	*	-	*	-	
E.29.	*	-	*	-	
E.30.	*	-	*	-	
E.31.	*	-	*	-	
E.32.	*	-	*	-	-
E.33.	*	-	*	-	
E.34.	*	-	*	-	-
E.35.	*	-	*	-	-
E.36.	*	-	*	-	-
E.37.	*	-	*	-	-

*Análisis del problema.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para comprender el problema que se aborda en el proyecto y especificarlo de acuerdo con los requisitos que lo caracterizan. Esta historia comprende 3 criterios de aceptación comunes a todos los tipos de TFG y 5 criterios adicionales que aplican a todos los TFGs que tienen como resultado un producto informático:

**Desarrollo-1.** Analizar el problema para determinar los diferentes tipos de requisitos (y los *stakeholders* relacionados) que describen el producto a construir:

- **Desarrollo-1.1.** Definir el alcance del proyecto de acuerdo con las características del producto a desarrollar (hasta tres niveles de profundidad), determinando sus limitaciones y cualquier aspecto que quede fuera de él.
- **Desarrollo-1.2.** Identificar y caracterizar a los *stakeholders* del proyecto, de acuerdo con sus intereses particulares.
- **Desarrollo-1.3.** Documentar, de forma integrada, todos los aspectos derivados del análisis del problema, asegurando que cada uno de ellos tienen un identificador único, que asegure su trazabilidad a lo largo de todo el proyecto.

Criterios adicionales:

- **Desarrollo-1.4.1.** Identificar y especificar los requisitos de usuario que materializan las características del producto.
- **Desarrollo-1.4.2.** Identificar y especificar los requisitos funcionales necesarios para soportar los requisitos de usuario.

- **Desarrollo-1.4.3.** Identificar y especificar los requisitos de la información necesaria para soportar los requisitos de usuario.
- **Desarrollo-1.4.4.** Identificar y especificar los requisitos no funcionales que determinan la calidad del producto final.
- **Desarrollo-1.4.5.** Modelar visualmente los requisitos especificados utilizando técnicas o herramientas habituales en el ámbito de la Ingeniería del Software.

*Diseño de la solución.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para diseñar una solución que satisfaga los objetivos del proyecto, de acuerdo con los requisitos y condicionantes identificados. Esta historia comprende 7 criterios de aceptación que, en este caso, se enfocan específicamente en los TFGs que tienen como resultado un producto informático. Cabe destacar que el criterio Desarrollo-2.5. solo aplica a aquellos proyectos en los que el producto resultante ofrezca una interfaz de interacción con el usuario. En el caso de los estudios teóricos o de investigación, se considera que el diseño de la solución se materializa a través de las decisiones tomadas en los objetivos “Proyecto” y “Antecedentes”:

**Desarrollo-2.** Establecer el diseño de la solución para poder construir un producto que alcance los objetivos del proyecto:

- **Desarrollo-2.1.** Describir la arquitectura (física y lógica) de la solución.
- **Desarrollo-2.2.** Describir la estructura detallada de la solución, caracterizando todos sus componentes en términos estáticos y dinámicos, así como las relaciones existentes entre ellos.
- **Desarrollo-2.3.** Describir la funcionalidad de la solución, de acuerdo con la interacción que se produce entre sus componentes.
- **Desarrollo-2.4.** Describir la estructura lógica de almacenamiento de los datos que requiera la solución.
- **Desarrollo-2.5.** Prototipar la interfaz de usuario, de acuerdo con las necesidades funcionales y de calidad de la solución.
- **Desarrollo-2.6.** Modelar visualmente todas las decisiones de diseño planteadas, utilizando técnicas o herramientas habituales en el ámbito de la Ingeniería del Software.
- **Desarrollo-2.7.** Documentar, de forma integrada, todos los aspectos derivados del diseño de la solución, asegurando que cada uno de ellos tienen un identificador único, que asegure su trazabilidad a lo largo de todo el proyecto.

*Construcción del producto.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para construir el producto que resuelve el problema planteado en el proyecto, de acuerdo con sus objetivos, condicionantes y requisitos. Esta historia comprende 5 criterios de aceptación. Aunque en algunos casos estos criterios introducen conceptos de carácter informático (para facilitar su entendimiento), se considera que todos ellos pueden ser interpretados de forma particular en cada tipo de TFG considerado:

**Desarrollo-3.** Construir un producto acorde al diseño planteado para alcanzar los objetivos del proyecto:

- **Desarrollo-3.1.** Seleccionar de forma justificada las herramientas (*frameworks*, lenguajes de programación, conjuntos de datos...) necesarias para la construcción del producto, de acuerdo con los objetivos y condicionantes del proyecto.
- **Desarrollo-3.2.** Configurar las herramientas seleccionadas para cumplir con los requisitos del proyecto.
- **Desarrollo-3.3.** Asegurar la calidad técnica del desarrollo, de acuerdo con las normas y buenas prácticas habituales en la industria informática, incluida la documentación del código.
- **Desarrollo-3.4.** Implementar el producto de acuerdo con las decisiones de diseño planteadas.
- **Desarrollo-3.5.** Documentar, de forma integrada, el proceso de construcción del producto, incluyendo decisiones tomadas, problemas encontrados y soluciones aplicadas.

*Evaluación del producto.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante evaluar que el producto desarrollado cumple con los requisitos especificados y funciona correctamente en las condiciones previstas. Esta historia comprende 5 criterios de aceptación, que nuevamente aplican de forma exclusiva a los TFGs que tienen como resultado un producto informático:

**Desarrollo-4.** Probar el producto para asegurar que cumple con todos sus requisitos:

- **Desarrollo-4.1.** Definir los casos de prueba específicos para cada uno de los tipos de prueba considerados, detallando las entradas, los resultados esperados y los criterios de aceptación necesarios.
- **Desarrollo-4.2.** Ejecutar las pruebas de acuerdo con el plan de pruebas establecido en la metodología del proyecto, registrando los resultados obtenidos.
- **Desarrollo-4.3.** Analizar los resultados de las pruebas para identificar posibles defectos o áreas de mejora en el producto.
- **Desarrollo-4.4.** Proponer ajustes y mejoras basados en el análisis de resultados para satisfacer todos los requisitos evaluados.
- **Desarrollo-4.5.** Documentar, de forma integrada, los resultados obtenidos en el proceso de prueba y su análisis respecto a los requisitos del producto, incluyendo los defectos encontrados y las propuestas para abordarlos.

*Puesta en producción.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para establecer cómo poner en producción el producto construido. Para ello, deberá considerar todos los aspectos relativos a la instalación y configuración del producto, así como a las diferentes formas de utilizarlo que demanden sus *stakeholders*. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación que, en este caso, se enfocan específicamente en los TFGs que tienen como resultado un producto informático:

**Desarrollo-5.** Caracterizar el proceso de puesta en producción para que los *stakeholders* puedan utilizar el producto construido de acuerdo con sus necesidades.

- **Desarrollo-5.1.** Determinar todos los prerrequisitos necesarios para la instalación del producto, de acuerdo con los requisitos establecidos.

- **Desarrollo-5.2.** Determinar los pasos a seguir para instalar y configurar el producto, de acuerdo con los requisitos establecidos.
- **Desarrollo-5.3.** Determinar cómo utilizar el producto para que los diferentes stakeholders puedan completar sus flujos de trabajo, de acuerdo con los requisitos establecidos.
- **Desarrollo-5.4.** Documentar, de forma integrada, todo el proceso de instalación, configuración y uso del producto, incluyendo ejemplos prácticos y soluciones a posibles problemas que puedan surgir.

#### 4.4. Aceptación

Este objetivo aborda el diseño y ejecución de un plan que permita evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos del proyecto. La naturaleza académica de dicho proyecto permite que este pueda ser aceptado sin cumplir completamente sus objetivos, siempre y cuando se presente un análisis profundo que determine las causas que lo han impedido y determine el plan a seguir para revertirlo. Para ello, es necesario establecer las métricas que se utilizarán para evaluar el éxito del proyecto y los umbrales que deben ser alcanzados para ello, además del plan a seguir para llevar a cabo el proceso de evaluación y el análisis de sus resultados.

El objetivo “Aceptación” comprende 3 historias de aprendizaje con sus respectivos criterios de aceptación. La Tabla 4 y la Tabla 5 relacionan, respectivamente, las competencias generales y específicas atribuidas al TFG con las historias de aprendizaje en las que se abordan.

Tabla 8. Relación entre las competencias generales y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje		
		Aceptación-1	Aceptación -2	Aceptación -3
Competencias generales	G03			*
	G04	*	*	*
	G05	*	*	*
	G08		*	*
	G09			*
	G10	*	*	*
	G11	*		*
	G12	*	*	*
	G13	*	*	*
	G14			*
	G16	*	*	*
	G18	*	*	*
	G19	*	*	*
	G20			*
G21	*	*	*	
G22	*	*	*	

Tabla 9. Relación entre las competencias específicas y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje		
		Antecedentes -1	Antecedentes -2	Antecedentes -3
Competencias específicas	E.01	*	*	*
	E.03		*	*
	E.06	*		*
	E.08	*	*	*
	E.20	*	*	*
	E.24	*	*	*
	E.25	*	*	*
	E.35		*	*
	E.36		*	*
	E.37	*	*	*

**Métricas de éxito.** Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para establecer las métricas que se utilizarán para evaluar el éxito del proyecto, asegurando su alineamiento con los objetivos establecidos y su capacidad para evaluarlos de forma precisa y objetiva. Esta historia comprende 3 criterios de aceptación:

**Aceptación-1.** Definir las métricas de éxito para evaluar el cumplimiento de los objetivos del proyecto:

- **Aceptación-1.1.** Determinar las métricas necesarias para evaluar el éxito del proyecto de acuerdo con sus objetivos.
- **Aceptación-1.2.** Establecer los umbrales que deben alcanzar las diferentes métricas para asegurar el cumplimiento de cada uno de los objetivos.
- **Aceptación-1.3.** Documentar, de forma integrada, toda la información obtenida sobre las métricas de éxito y sus umbrales, proporcionando descripciones detalladas y la información necesaria para su interpretación.

**Plan de aceptación.** Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para diseñar y ejecutar un plan de aceptación estructurado y riguroso, que asegure una evaluación precisa del proyecto. Esta historia comprende 4 criterios de aceptación:

**Aceptación-2.** Diseñar el plan de aceptación para asegurar una evaluación estructurada y rigurosa del producto:

- **Aceptación-2.1.** Desarrollar un plan de aceptación que establezca los pasos a seguir para completar la evaluación del proyecto, de acuerdo con las métricas seleccionadas.
- **Aceptación-2.2.** Identificar los recursos necesarios para completar cada etapa planificada (incluyendo entornos de evaluación o prueba, conjuntos de datos, etc.), asegurando la obtención de resultados precisos para cada métrica implicada.
- **Aceptación-2.3.** Recopilar y organizar los resultados obtenidos en cada etapa planificada.

- **Aceptación-2.4.** Documentar, de forma integrada, el plan de aceptación propuesto, incluyendo todas sus etapas y los recursos necesarios para completar cada una de ellas y recopilar los datos que generen.

*Análisis de resultados.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para interpretar los resultados obtenidos en el proceso de aceptación y, en base a ellos, determinar el éxito del proyecto. Esta historia comprende 5 criterios de aceptación:

**Aceptación-3.** Interpretar los resultados del proceso de aceptación para validar el cumplimiento de los objetivos y detectar áreas de mejora:

- **Aceptación-3.1.** Analizar los datos obtenidos durante el proceso de aceptación.
- **Aceptación-3.2.** Comparar los datos obtenidos respecto a los umbrales y evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos del proyecto.
- **Aceptación-3.3.** Interpretar las desviaciones encontradas respecto a los umbrales establecidos e identificar las áreas de mejora del proyecto.
- **Aceptación-3.4.** Proponer ajustes y mejoras basados en el análisis de resultados para maximizar los objetivos del proyecto.
- **Aceptación-3.5.** Documentar, de forma integrada, los resultados obtenidos en el proceso de aceptación y su análisis respecto a los objetivos del proyecto, incluyendo las desviaciones encontradas y las propuestas para abordarlas.

#### 4.5. Comunicación

Este objetivo aborda la comunicación efectiva del trabajo realizado en el proyecto y los resultados obtenidos. La capacidad de comunicar de manera clara y estructurada es fundamental para asegurar que el trabajo realizado en el proyecto sea comprendido y valorado adecuadamente por diferentes audiencias, partiendo por el propio estudiante, su tutor y el tribunal responsable de evaluación, entre otros interesados. La comunicación del TFG comprende la creación de una memoria técnica escrita, que debe presentar el trabajo realizado de manera detallada y organizada, y una presentación oral, en la que el estudiante debe demostrar su capacidad para defender su trabajo y responder a preguntas de manera precisa y coherente.

El objetivo “Comunicación” comprende 2 historias de aprendizaje con sus respectivos criterios de aceptación. La Tabla 5 y la Tabla 6 relacionan, respectivamente, las competencias generales y específicas atribuidas al TFG con las historias de aprendizaje en las que se abordan.

*Documentación técnica.* Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para redactar una memoria técnica del proyecto que presente el trabajo realizado de manera clara, estructurada y completa, de acuerdo con los criterios de aceptación establecidos en cada uno de los objetivos del proyecto. Esta historia comprende 26 criterios de aceptación, que se subdividen de acuerdo con los aspectos de calidad propios de un documento técnico: aspectos generales, estructura y organización, redacción, elementos visuales, referencias y formato.

Tabla 10. Relación entre las competencias generales y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje	
		Comunicación-1	Comunicación-2
Competencias generales	G01	*	*
	G01	*	*
	G03	*	*
	G04	*	*
	G05	*	*
	G06	*	*
	G07	*	*
	G08	*	*
	G10	*	*
	G11	*	*
	G12	*	*
	G13	*	*
	G14	*	*
	G18	*	*
	G19	*	*
	G21	*	*
G22	*	*	

Tabla 11. Relación entre las competencias específicas y los criterios de aceptación

		Historias de aprendizaje	
		Antecedentes -1	Antecedentes -2
	E.20	*	*
	E.22	*	*

Aspectos generales. Estos dos criterios buscan asegurar la completitud y originalidad de la memoria técnica.

- **Comunicación-1.1.1.** La memoria técnica cubre todos los aspectos solicitados en los criterios de aceptación relacionados con la documentación del proyecto, incluidos en cada una de las historias.
- **Comunicación-1.1.2.** La memoria técnica presenta contenidos originales y referencia de forma adecuada toda idea, texto o trabajo no desarrollado por el estudiante.

Estructura y organización. Este conjunto de criterios busca asegurar que la memoria técnica esté bien estructurada y facilite el acceso a unos contenidos organizados de forma lógica y orientada a facilitar la comprensión del trabajo realizado.

- **Comunicación-1.2.1.** La memoria técnica incluye un título conciso y autodescriptivo del proyecto.

- **Comunicación-1.2.2.** La memoria técnica incluye un resumen que presenta de manera clara y concisa el proyecto, incluyendo sus objetivos y resultados principales, con una longitud máxima de 500 palabras.
- **Comunicación-1.2.3.** La memoria técnica incluye un *abstract* (en inglés) consistente con el resumen, con una longitud máxima de 500 palabras.
- **Comunicación-1.2.4.** La memoria técnica se estructura en capítulos, secciones y subsecciones (cuando corresponda), cuya organización y contenidos facilitan seguir el flujo de información de manera intuitiva y mantener la coherencia y cohesión en la presentación del trabajo realizado.
- **Comunicación-1.2.5.** Los capítulos, secciones y subsecciones incluidos en la memoria tienen un título conciso y autodescriptivo, así como un identificador numérico (acorde con la relación jerárquica existente entre ellos) que permite referenciarlos de forma unívoca.
- **Comunicación-1.2.6.** La memoria técnica incluye un índice que permite localizar y acceder a los capítulos, secciones y subsecciones incluidos en la memoria.
- **Comunicación-1.2.7.** La memoria técnica incluye índices específicos que permiten localizar y acceder a los diferentes tipos de elementos visuales incluidos en la memoria.
- **Comunicación-1.2.8:** La memoria técnica incluye referencias cruzadas en el texto, para facilitar la navegación entre contenidos relacionados.

**Redacción.** Este conjunto de criterios busca asegurar que los contenidos incluidos en la memoria técnica se presenten de manera clara y presenten información precisa sobre el trabajo realizado.

- **Comunicación-1.3.1.** La memoria técnica asegura la corrección ortográfica, gramatical y sintáctica de todos sus contenidos.
- **Comunicación-1.3.2.** La memoria técnica utiliza un lenguaje claro y conciso, evitando la presencia de ambigüedades, redundancias y vaguedades léxicas.
- **Comunicación-1.3.3.** La memoria técnica evita el uso excesivo de jerga técnica, anglicismos o cualquier otro término que dificulte la comprensión del trabajo realizado.
- **Comunicación-1.3.4.** La memoria técnica incluye contenidos precisos y actuales, de acuerdo con los antecedentes del proyecto.

**Elementos visuales.** Este conjunto de criterios busca asegurar que todos los elementos visuales incluidos son claros y relevantes, además de estar correctamente integrados con resto de contenidos para facilitar la comprensión del trabajo realizado.

- **Comunicación-1.4.1.** La memoria técnica incluye figuras, tablas u otros elementos visuales apoyan y clarifican el contenido textual.
- **Comunicación-1.4.2.** Todos los elementos visuales incluidos en la memoria tienen un título conciso y autodescriptivo, así como un identificador numérico que permite referenciarlos de forma unívoca.
- **Comunicación-1.4.3.** La calidad de todos los elementos visuales incluidos en la memoria asegura su legibilidad y comprensibilidad.

- **Comunicación-1.4.4.** Todos los elementos visuales incluidos en la memoria son referenciados en el texto, de forma que el lector pueda entender su relevancia y relación con el contenido discutido.

**Referencias.** Este conjunto de criterios busca asegurar que todas las fuentes utilizadas en la memoria técnica se citan de forma correcta y explícita, para asegurar la integridad académica de la memoria técnica.

- **Comunicación-1.5.1.** La memoria técnica incluye una lista de referencias (“bibliografía”) correctamente formateada, siguiendo un estilo de citación estándar (por ejemplo, APA, IEEE).
- **Comunicación-1.5.2.** Todas las referencias incluidas en la bibliografía del proyecto están citadas, al menos, una vez en la memoria.
- **Comunicación-1.5.3.** La memoria técnica incluye explícitamente citas en el texto para reflejar la autoría de todos aquellos contenidos (definiciones, propuestas, datos...) creados por terceros, incluyendo figuras, tablas o cualquier otro elemento visual que no hayan sido realizadas por el estudiante.
- **Comunicación-1.5.4.** Todas las citas incluidas en el texto están formateadas correctamente, de acuerdo con el estilo de citación elegido, y enlazadas con su entrada correspondiente en la bibliografía.

**Formato.** Este conjunto de criterios busca asegurar que la memoria técnica cumple con unos requisitos de estilo que aseguren la legibilidad y uniformidad del documento.

- **Comunicación-1.6.1.** La memoria técnica utiliza tipos de fuente y tamaños de letra de forma consistente en todo el documento.
- **Comunicación-1.6.2.** La memoria técnica mantiene los mismos márgenes e interlineado en todo el documento.
- **Comunicación-1.6.3.** La memoria técnica numera todas las páginas, manteniendo la ubicación y el estilo utilizado.
- **Comunicación-1.6.4.** La memoria técnica utiliza colores y estilos de formato de manera consistente y apropiada, asegurando una presentación visual agradable y profesional.

**Presentación.** Esta historia de aprendizaje se enfoca en la capacidad del estudiante para presentar y defender su proyecto de manera efectiva, demostrando con ello su comprensión del trabajo realizado, su capacidad para comunicar ideas de manera clara y su habilidad para responder a preguntas y comentarios sobre el proyecto. Esta historia comprende 13 criterios de aceptación, que se subdividen de acuerdo con el contenido presentado y a la calidad de la exposición:

**Contenido.** Este conjunto de criterios busca asegurar que el contenido presentado ofrece una visión completa, precisa y consistente del trabajo realizado por el estudiante:

- **Comunicación-2.1.1.** La presentación organiza el contenido de manera estructurada, siguiendo un flujo lógico que facilita la comprensión del trabajo realizado y los resultados obtenidos en el proyecto.
- **Comunicación-2.1.2.** La presentación incluye una introducción clara y concisa que resume la motivación y los objetivos del proyecto.

- **Comunicación-2.1.3.** La presentación describe la planificación y hace balance de sus desviaciones, tomando como referencia la metodología de trabajo seguida en el proyecto.
- **Comunicación-2.1.4.** La presentación expone el proceso de desarrollo seguido en el proyecto y discute los aspectos más relevantes en cada una de sus etapas.
- **Comunicación-2.1.5.** La presentación muestra las evidencias que aseguran la aceptación de los resultados del proyecto respecto a sus objetivos.
- **Comunicación-2.1.6.** La presentación incluye (cuando corresponda) una demostración práctica del producto construido en el proyecto.
- **Comunicación-2.1.7.** La presentación incluye una conclusión que resume los logros del proyecto y el aprendizaje alcanzado por el estudiante.
- **Comunicación-2.1.8.** La presentación incluye un análisis crítico de las posibilidades futuras del proyecto, en base a los resultados obtenidos por el estudiante.
- **Comunicación-2.1.9.** La presentación utiliza apoyos visuales que son claros, relevantes y bien diseñados, complementando y clarificando el contenido presentado por el estudiante.

**Exposición.** Este conjunto de criterios busca asegurar la calidad de la exposición realizada por el estudiante:

- **Comunicación-2.2.1.** El estudiante se ajusta al tiempo establecido (20-30 minutos) para llevar a cabo la presentación.
- **Comunicación-2.2.2.** El estudiante utiliza un lenguaje claro y profesional, evitando jergas innecesarias y asegurando la comprensión de los contenidos presentados.
- **Comunicación-2.2.3.** El estudiante interactúa con el tribunal de manera rigurosa y formal, mostrando confianza, claridad y capacidad para manejar preguntas y comentarios.
- **Comunicación-2.2.4.** El estudiante demuestra un conocimiento profundo del proyecto, respondiendo de manera efectiva, precisa y sin evasivas a las preguntas y comentarios del tribunal.

## 5. Evaluación

El producto de aprendizaje determina la base sobre la que se plantearán diferentes instrumentos de evaluación, destinados a los estudiantes, tutores y tribunales de los TFGs. A continuación se describen cada uno de ellos, considerando su contribución formativa y sumativa durante todo el proyecto.

### 5.1. Estudiante

Este instrumento de evaluación tiene un enfoque exclusivamente formativo y se plantea como una guía de trabajo para el estudiante, basada en el producto de aprendizaje. Así, esta guía proporciona:

- Una *visión clara y detallada de los objetivos de aprendizaje* del TFG, desglosados para facilitar su comprensión y seguimiento, de acuerdo con lo establecido en el producto de aprendizaje.
- Un medio para la *planificación del trabajo*, utilizando cada criterio de aceptación como referencia para descomponer el proyecto en tareas específicas y manejables.
- Un mecanismo de evaluación del *progreso del proyecto*, manteniendo un registro explícito del estado de cada criterio de aceptación y su impacto en las historias y objetivos de aprendizaje correspondientes.
- Un *instrumento de autoevaluación*, ya que el estudiante puede valorar (desde su punto de vista) el nivel de calidad alcanzado en cada característica del producto de aprendizaje y, en base a ello, identificar fortalezas y debilidades en el trabajo realizado.

Esta guía se materializa como un documento sencillo, en el que se integran un mecanismo de seguimiento del trabajo, una lista de cotejo y un evaluación tipo Likert, tal cual se ilustra en la Tabla 1, que presenta una descripción parcial del objetivo Proyecto. Por lo tanto, el documento contiene 5 tablas, una tabla por cada objetivo de aprendizaje.

Tabla 12. Guía de trabajo del estudiante (ejemplo sobre el objetivo Proyecto)

Proyecto			
Criterio	Estado	Calidad	Observaciones
<b>Proyecto-1.</b> Construir el <i>problem statement</i> del proyecto para asegurar la identificación y comunicación precisa del problema a resolver:	Finalizado	4	
<b>Proyecto-1.1.</b> Establecer de forma concisa el resultado ideal del proyecto.	Finalizado	5	
<b>Proyecto-1.2.</b> Determinar en qué consiste el problema y situarlo en la realidad actual.	Finalizado	4	<i>Voy a tratar de añadir más contexto sobre el impacto del problema en la realidad actual</i>
<b>Proyecto-1.3.</b> Exponer las consecuencias derivadas de no resolver el problema y cómo afectan al entorno de negocio.	Finalizado	4	<i>Considero que algunas consecuencias se han planteado de forma superficial.</i>
<b>Proyecto-1.4.</b> Describir de forma concisa la propuesta a desarrollar en el proyecto para resolver el problema propuesto.	Finalizado	3	<i>Me ha costado describir la propuesta, aunque el árbol de características creo que ayuda a entender mejor qué voy a hacer...</i>

<b>Proyecto-1.5.</b> Modelar visualmente el alcance de la propuesta, en base a sus características generales.	Finalizado	5	<i>Me ha ayudado mucho a organizar las ideas</i>
<b>Proyecto-1.6.</b> Documentar el <i>problem statement</i> en forma IDEAL-REALIDAD-CONSECUENCIAS-PROPUESTA e incluir el modelo visual como una primera descripción a la propuesta.	Finalizado	4	<i>Creo que es una buena descripción global, aunque se pueden mejorar tanto las consecuencias como la propuesta.</i>
<b>Proyecto-2.</b> Establecer los objetivos del proyecto para guiar el trabajo y evaluar el éxito de sus resultados de manera efectiva:	Bloqueado	x	
<b>Proyecto-2.1.</b> Plantear objetivos específicos que describan claramente qué se pretende lograr con el proyecto.	Bloqueado	x	<i>Me está costando determinar algunos subobjetivos</i>
<b>Proyecto-2.2.</b> Plantear objetivos medibles que permitan evaluar el progreso y el éxito del proyecto.	Sin empezar	x	
...			

Como puede observarse, la tabla organiza todas las historias de aprendizaje y criterios de aceptación contemplados en el objetivo, de forma que el estudiante puede abordar su construcción siguiendo una perspectiva *bottom-up*: desde los criterios de aceptación a la historias de aprendizaje y, una vez alcanzadas todas ellas, al objetivo completo. Así, el estudiante registrar el estado en el que se encuentra su trabajo respecto a cada criterio de aceptación (“sin empezar”, “en desarrollo”, “bloqueado” y “finalizado”), de tal forma que la historia se considera “en desarrollo” cuando se inicia el trabajo sobre, al menos, uno de sus criterios y “finalizada” cuando lo están todos sus criterios. Asimismo, el estado “bloqueado” en algún criterio supone también el bloqueo de la historia.

Una vez alcanzado el estado “finalizado”, el estudiante es responsable de autoevaluar la calidad del resultado producido para el criterio de aceptación en cuestión, utilizando la siguiente escala Likert:

1. Pobre
2. Regular
3. Aceptable
4. Destacable
5. Excelente

Asimismo, utilizará la misma escala para valorar el resultado conjunto de cada historia de aprendizaje, basándose obviamente en lo indicado en sus criterios de aceptación. Por último, la columna Observaciones se utiliza para documentar aspectos relevantes sobre cada ítem del producto de aprendizaje, sobre todo cuando ese se encuentre en estado de bloqueo o cuando el estudiante no haya considerado como excelente la calidad de su resultado.

Es responsabilidad del estudiante mantener siempre actualizada su guía de trabajo y utilizar la información contenida en ella para abordar las historias de aprendizaje relativas a la *Planificación* y el *Balance*, contenidas en el objetivo Proyecto.

## 5.2. Tutor

El instrumento de evaluación del tutor aborda su doble responsabilidad, como facilitador del proceso de aprendizaje y como responsable de calificar el desempeño del estudiante durante todo el TFG, ya que posee una visión completa tanto del proceso de desarrollo como del producto construido. Por lo tanto, el instrumento de evaluación del tutor debe ser capaz de proporcionar una evaluación formativa durante el TFG y una evaluación sumativa a su finalización.

La Tabla 13 muestra la hoja de revisión del tutor, que plantea de forma complementaria a la guía de trabajo del estudiante. Como puede observarse, mantiene la misma organización: una tabla por objetivo de aprendizaje y, dentro de ella, sus historias de aprendizaje y criterios de aceptación correspondiente. En primer lugar, el tutor plantea su valoración sobre los diferentes ítem del producto de aprendizaje que el estudiante haya considerado como finalizados:

- La valoración **“aceptar”** indica que el tutor está de acuerdo con el resultado obtenido y el estudiante podrá incorporarlo al producto de aprendizaje, si acepta la valoración de calidad indicada por el tutor. Esta valoración utiliza la misma escala Likert planteada para el estudiante.
- La valoración **“revisar”** indica que el resultado obtenido presenta algunos defectos que deben ser tratados para su aceptación final, por lo que el estudiante deberá volver a trabajar sobre el criterio de aceptación correspondiente para revertirlos.
- La valoración **“rechazar”** indica que el resultado obtenido no satisface las expectativas del proyecto y, por tanto, el estudiante tendrá que replantear su trabajo sobre el criterio de aceptación correspondiente para alcanzar un resultado satisfactorio.

Tabla 13. Hoja de revisión del tutor (ejemplo sobre el objetivo Proyecto)

Proyecto			
Criterio	Valoración	Calidad	Observaciones
<b>Proyecto-1.</b> Construir el <i>problem statement</i> del proyecto para asegurar la identificación y comunicación precisa del problema a resolver:	Revisar	x	
<b>Proyecto-1.1.</b> Establecer de forma concisa el resultado ideal del proyecto.	Aceptar	5	<i>Exactamente es lo que buscamos, buen trabajo.</i>
<b>Proyecto-1.2.</b> Determinar en qué consiste el problema y situarlo en la realidad actual.	Aceptar	4	<i>Un poco más de contexto te ayudaría a redondear la explicación del problema</i>
<b>Proyecto-1.3.</b> Exponer las consecuencias derivadas de no resolver el problema y cómo afectan al entorno de negocio.	Revisar	x	<i>La descripción de la segunda consecuencia no ayuda a entender el impacto que realmente tiene.</i>
<b>Proyecto-1.4.</b> Describir de forma concisa la propuesta a desarrollar en el proyecto para resolver el problema propuesto.	Rechazar	x	<i>La descripción es muy ambigua, ayúdate del árbol de características para concretarla un poco más.</i>
<b>Proyecto-1.5.</b> Modelar visualmente el alcance de la propuesta, en base a sus características generales.	Revisar	x	<i>Está bastante bien, pero te falta una rama que describa la parte de generación de feedback</i>

<b>Proyecto-1.6.</b> Documentar el <i>problem statement</i> en forma IDEAL-REALIDAD-CONSECUENCIAS-PROPUESTA e incluir el modelo visual como una primera descripción a la propuesta.	Revisar	x	<i>En cuanto mejores las consecuencias y la propuesta te va a quedar perfecta.</i>
<b>Proyecto-2.</b> Establecer los objetivos del proyecto para guiar el trabajo y evaluar el éxito de sus resultados de manera efectiva:	x		
<b>Proyecto-2.1.</b> Plantear objetivos específicos que describan claramente qué se pretende lograr con el proyecto.	x		
<b>Proyecto-2.2.</b> Plantear objetivos medibles que permitan evaluar el progreso y el éxito del proyecto.	x		
...			

Es responsabilidad del tutor actualizar de forma regular la guía de revisión (de acuerdo con el plan acordado previamente con el estudiante) para asegurar una retroalimentación continua. Asimismo, el estudiante es responsable de replanificar el trabajo a realizar de acuerdo con la retroalimentación proporcionada por el tutor, actualizando el estado de cada criterio de aceptación.

Complementariamente a la hoja de revisión, el tutor dispone también de una rúbrica de calificación, que completará al “finalizar el TFG”. Es responsabilidad del Comité de Título concretar las condiciones que debe presentar el producto de aprendizaje para aceptar que el TFG ha finalizado (por ejemplo, “todas las historias de aprendizaje se han aceptado con una valoración mínima de aceptable (3)”).

Así, el tutor evaluará cada historia de aprendizaje una vez finalizado el TFG, utilizando la siguiente rúbrica:

- **Excelente:** ningún criterio se valora como “aceptable” y más del 80% de los criterios se valoran como “excelente”.
- **Sobresaliente:** el porcentaje de criterios que se valoran como “aceptable” es menor del 20% y el porcentaje de criterios que se valoran como “excelente” es mayor o igual al de los criterios que se valoran como “destacable”.
- **Notable:** el porcentaje de criterios que se valoran como “aceptable” es mayor o igual al 20% y menor del 40%.
- **Bien:** el porcentaje de criterios que se valoran como “aceptable” es mayor o igual al 40% y menor del 60%.
- **Aprobado:** el porcentaje de criterios que se valoran como “aceptable” es mayor o igual al 60%.

De la misma forma, y siguiendo la visión *bottom-up* del producto de aprendizaje, se evaluará cada objetivo de aprendizaje considerando la valoración de sus historias y se le asignará una calificación de acuerdo con lo establecido en la siguiente rúbrica:

- **Excelente:** todas las historias tienen una evaluación mínima de “Sobresaliente” y, al menos, el 80% de ellas obtienen la evaluación “Excelente”. El tutor podrá evaluar el objetivo con una calificación entre 9,5 y 10 puntos.

- **Sobresaliente:** todas las historias tienen una evaluación de “Notable” o superior y, al menos, el 80% de ellas obtienen la evaluación “Sobresaliente” o “Excelente”. El tutor podrá evaluar el objetivo con una calificación entre 8,5 y 9,5 puntos.
- **Notable:** al menos el 50% de las historias tiene una evaluación mínima de “Notable”. El tutor podrá evaluar el objetivo con una calificación entre 7 y 8,5 puntos.
- **Bien:** entre el 30% y el 50% de las historias tienen una evaluación mínima de “Notable” y el porcentaje de historias evaluadas como “Bien” es superior al porcentaje de historias evaluadas como “Aprobado”. El tutor podrá evaluar el objetivo con una calificación entre 6 y 7 puntos.
- **Aprobado:** en el resto de los casos. El tutor podrá evaluar el objetivo con una calificación entre 5 y 6 puntos.

Es responsabilidad del Comité Título determinar la ponderación de cada objetivo de aprendizaje para calcular la nota final del TFG, de acuerdo con la evaluación asignada con la rúbrica.

### 5.3. Tribunal

Este instrumento de evaluación tiene un enfoque exclusivamente sumativo y se plantea como una rúbrica comparable a la del tutor. Por ello, la calidad alcanzada en cada criterio de aceptación se evalúa utilizando la misma escala Likert que el tutor (“pobre”, “regular”, “aceptable”, “destacable” y “excelente”) y las historias y objetivos de aprendizaje se calificarán utilizando las mismas rúbricas.

Es razonable considerar que la visión del proyecto de la que dispondrá el tribunal será inferior a la del tutor, pero es su responsabilidad obtener un conocimiento suficiente del mismo a través de la memoria y del acto de defensa, para asegurar una evaluación objetiva del proyecto.

## 6. Conclusiones

Este documento plantea una primera descripción del producto de aprendizaje del TFG en el Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones, a partir de una clasificación de los tipos de TFGs presentados en la Titulación y de la relación de cada uno de ellos con las competencias contempladas en ella.

Esta descripción ha servido como base para determinar instrumentos de evaluación para estudiantes, tutores y tribunales, que no obstante deben ser aceptado previamente por el Comité de Título y validados sobre proyectos ya defendidos y otros a desarrollar en los próximos cursos. Para ello, será necesario crear herramientas adecuadas para las necesidades de evaluación de cada uno de los roles y, posteriormente, encuestas u otros instrumentos que permitan conocer su opinión y, en base a ello, retroalimentar esta propuesta.

## A. TFGs incluidos en el estudio

Tabla 14. TFGs correspondientes al curso 2020-2021

Título	Tipo
Aplicación para móvil para la gestión de la medicación de un enfermo crónico	Desarrollo de software
AVANTIS: Compra y venta de billetes	Desarrollo de software
Aplicación Web para la gestión de un club de pádel	Desarrollo de software
App4CyclingLovers: Aplicación Android para amantes del ciclismo	Desarrollo de software
Plataforma para la captura, procesamiento y visualización de precios de carburantes mediante una aplicación móvil con Flutter	Desarrollo de software
Video consultas con el API Zoom	Desarrollo de software
ECodium: Plataforma gamificada para fomentar la creatividad entre programadores con recompensas basadas en la red Ethereum	Desarrollo de software
SplitReward: aplicación descentralizada de gestión de Blockchain	Desarrollo de software
Sopin: Web de comercio accesible mediante lenguaje natural	Desarrollo de software
Implementación del modelo de red neuronal RBM para Collaborative Filtering	Ciencia de datos
Aprendizaje semi-supervisado para la detección de anomalías en una fresadora CNC	Ciencia de datos
Herramienta de clasificación, mediante redes neuronales, de fases de confinamiento por zonas básicas de salud en Castilla y León: NN_COVID19_CyL	Ciencia de datos
Annotator: una herramienta de anotación de textos asistida por aprendizaje automático	Ciencia de datos
Análisis del algoritmo MEME para la búsqueda de motivos en cadenas de ADN	Ciencia de datos
Acceso confidencial a bases de datos: Implementación en SAGE	Computación
Semigrupos numéricos en GAP: aplicaciones a códigos y criptografía	Computación
Estudio del QSVM: algoritmo de machine learning cuántico	Computación
Estructura y tecnologías de la moneda Bitcoin	Computación
Protocolos criptográficos y seguridad en la nube: estudio teórico-práctico	Computación
Análisis del estado del arte de la generación de texto con redes neuronales mediante modelos de transformers	Estudios teóricos y de investigación
Un estudio sobre la calidad de los datos en entornos empresariales	Estudios teóricos y de investigación

Tabla 15. TFGs correspondientes al curso 2021-2022

Título	Tipo
GOMI: Gestión Online de Matrículas para un Instituto	Desarrollo de software
eMuseum: Sistema de gestión del inventario y documental del museo informático de la Escuela de Ingeniería Informática de Segovia	Desarrollo de software
Rural manager	Desarrollo de software
Plataforma de televoto de ámbito general y con carácter anónimo	Desarrollo de software
Diseño de un laboratorio virtual de Informática Forense en el marco de la "nueva normalidad"	Desarrollo de software
Panel de administración Web para empresas: Gest-Admin	Desarrollo de software
Mercooki: Aplicación Web para la publicación de recetas	Desarrollo de software
Análisis de diferentes modelos de aprendizaje automático para estimar los tiempos de llegada de las aeronaves	Ciencia de datos
Procesamiento automático de imágenes y vídeos con técnicas de Deep Learning	Ciencia de datos
Predicción de trayectorias de aeronaves empleando algoritmos de Deep Learning	Ciencia de datos
Generación de series temporales para aprendizaje automático	Ciencia de datos
Compartición de secretos y aplicaciones	Computación
Juegos de cartas online: algoritmos criptográficos	Computación
Sistema de auditoría de datos basado en microservicios para Woffu	Computación
Bitcoin wallet: simulación de una criptomoneda	Computación
Desarrollo de un sistema de amplificación y conexión WIFI en un marco rural	Otros

Tabla 16. TFGs correspondientes al curso 2022-2023

Título	Tipo
QRPC-extended movil assistant	Desarrollo de software
IMM: Una máquina multipower inteligente	Desarrollo de software
Vallesa workshop: Gestión de órdenes de trabajo en talleres automovilísticos	Desarrollo de software
i-Football: Aplicación Web para la recopilación de datos individualizados y para su análisis en entornos deportivos	Desarrollo de software
Impulse: Estandarización y entorno completo del protocolo Pulse para móviles Android	Desarrollo de software
Wearable Heart Beat Register-Apps: Registro automatizado de la frecuencia cardiaca en reposo a través de un smartwatch	Desarrollo de software
Creación de la parte de los distribuidores de la Web Peñalara Software	Desarrollo de software
Caso de estudio del uso de las Power Platform en un entorno empresarial: GSK Academy	Desarrollo de software
Plataforma de compraventa entre usuarios finales mediante servicios avanzados para dispositivos móviles realizado en Flutter	Desarrollo de software
Tutoriza2	Desarrollo de software
Laboratorio Y Hormigón: Aplicación web para la gestión local de la generación de presupuestos para una empresa de elementos prefabricados de hormigón	Desarrollo de software
Glass3D: Generación automática de la imagen 3D del contenido de los moldes de la Real Fábricas de Cristales	Desarrollo de software
EncuestaDOS: la solución automatizada para la gestión eficiente de encuestas estudiantiles	Desarrollo de software
Restaurante Casares: planificación de reservas	Desarrollo de software
Efficient Time-Management (ETM-App): Aplicación responsive para la gestión efectiva del tiempo	Desarrollo de software
Desarrollo de una aplicación web que gestiona un servicio de comidas a domicilio	Desarrollo de software
MySupply: Aplicación empresarial para la gestión de la cadena de suministro e inventario	Desarrollo de software
Generación de elementos mediante técnicas de Deep Learning	Ciencia de datos
Análisis de marcas de productos basado en Twitter utilizando técnicas de PNL y la teoría de grafos	Ciencia de datos
Agentes inteligentes en videojuegos: Bloons TD 6	Ciencia de datos
Investigación en técnicas de Machine Learning para la mejora de la productividad en Industria 4.0	Ciencia de datos
Análisis de datos geoespaciales sobre la actividad extractiva de la flota pesquera	Ciencia de datos
Diagnóstico de fallos incipientes de rodamientos en motores de inducción mediante técnicas de clasificación supervisada	Ciencia de datos
Criptografía visual: estudio teórico-práctico	Computación
Pentesting de dispositivos PLC de control industrial	Computación
Hardening de un sistema Linux	Computación
Estudio del protocolo BB84 de criptografía cuántica	Computación
Estudio de una botnet centralizada bajo la arquitectura cliente-servidor	Computación
Tooth: herramienta forense de análisis de memoria en tiempo real	Computación
Hacia un estándar de criptografía post-cuántica	Computación
Estudio teórico-práctico sobre los Sistemas de Información Geográficos (SIG)	Estudios teóricos y de investigación