



TESIS DOCTORAL

Una aproximación a la implantación de marcos ágiles en entornos educativos

Autor:

María Cristina Ramos Vega

Directores:

Javier Garzás Parra
Javier Martínez Moguerza

Programa de Doctorado en Tecnologías de la Información y las
Comunicaciones

Escuela Internacional de Doctorado

2023

Para Rocío y Marta.

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A mis tutores, por su confianza, paciencia y sabiduría.

A Diana, Víctor, Neil y Carmen, por su generosidad.

A Elena, María y Estefanía, por estar en el momento más duro de esta travesía.

A mis amigos y compañeros, por sus buenos deseos y palabras de aliento.

Resumen

La implicación del estudiante sigue siendo un reto en educación. El aprendizaje no siempre es motivador por sí mismo, especialmente si este es obligatorio o el material no ha sido elegido por el estudiante. En este contexto, el propósito principal de esta tesis doctoral es ayudar a crear soluciones educativas, no necesariamente software, que aumenten el compromiso del estudiante y faciliten su percepción de aprendizaje, sin que ello tenga que suponer un esfuerzo extraordinario para el profesor. La alternativa propuesta es el uso de un modelo ágil centrado en la experiencia de usuario para la creación compartida de soluciones educativas atractivas y satisfactorias, tanto para el estudiante como para el profesor. La idea subyacente en esta propuesta es despertar el interés del estudiante y mantenerlo en el tiempo haciéndole participe de la creación de algo que le puede ayudar a conseguir los objetivos de aprendizaje.

Con el fin de proponer una solución que maximice la experiencia de aprendizaje de manera continua, frecuente y sostenible en el tiempo, se realiza una investigación teórica sobre la aplicación de marcos ágiles en entornos educativos más allá del desarrollo de software, y una investigación empírica con estudiantes para validar el impacto que tiene en su compromiso y percepción de aprendizaje el uso de un recurso educativo, creado de manera colaborativa mediante un modelo ágil centrado en la experiencia de usuario. Los resultados del estudio teórico muestran que existe una tendencia en los últimos años a combinar los marcos ágiles con otros afines para maximizar la satisfacción del usuario, aunque pocos estudios aplican esta integración en entornos educativos. En cuanto al estudio empírico, los resultados indican un aumento significativo en la satisfacción del estudiante, tanto con el uso del recurso educativo como con su participación en el proceso de creación.

Como conclusión, la principal aportación de esta tesis en el campo de la enseñanza es que la creación compartida de soluciones educativas usando modelos ágiles centrados en la experiencia de usuario aumenta el nivel de compromiso del estudiante y facilita su percepción de aprendizaje.

Palabras clave: marcos ágiles, educación, experiencia de usuario, Scrum, Lean UX, Lean Startup, Design Thinking.

Abstract

Student implication continues to be a challenge in education. Learning is not always motivational in itself, especially when it is obligatory or when the material in question has not been selected by the student. In this context, the main purpose of this doctoral thesis is to assist the creation of educational solutions, not necessarily software, that increase the level of student commitment and facilitate their perception of learning, without imposing important additional effort upon the teacher. The alternative proposed by this thesis is the use of an agile user experience centred model for the creation of educational solutions that are both attractive and satisfying, both for the student and the teacher. The underlying idea is to stimulate student interest and maintain it over time, by making them an active participant in the creation of something that helps achieve the learning objectives.

With the aim of proposing a solution that maximises the learning experience continuously, frequently and sustainably over time, two investigations are undertaken. The first, a theoretical investigation regarding the application of agile frameworks in educational environments beyond the development of software. The second, an empirical investigation with students to validate the impact of the use of an educational resource upon their commitment and perception of learning, created through collaboration, applying an agile user experience centred model. The results of the theoretical investigation show that in recent years there exists a tendency to combine agile and other similar frameworks to maximise user satisfaction, although few studies apply this integration to educational environments. In the case of the empirical investigation, the results indicate a significant increase in the level of student satisfaction, both with the use of the educational resource and with the participation in the creative process.

In conclusion, the main contribution of the thesis to the field of learning, is that the shared or co-creation of educational solutions employing agile user experience centred models increases the level of student commitment and facilitates their perception of learning.

Keywords: agile frameworks, education, user experience, Scrum, Lean UX, Lean Startup, Design Thinking.

Índice general

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	III
Abstract.....	V
Índice general.....	VII
Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XIII
Acrónimos.....	XV
Capítulo 1. Introducción.....	17
1.1. Motivación.....	17
1.2. Objetivos.....	19
1.3. Metodología.....	19
1.3.1. Metodología para la investigación teórica.....	20
1.3.2. Metodología para la investigación empírica.....	21
1.4. Estructura del documento.....	23
Capítulo 2. Agilidad y marcos ágiles.....	25
2.1. Antecedentes.....	26
2.2. El Manifiesto Ágil.....	31
2.3. Scrum.....	34
2.4. Lean Startup.....	40
2.5. Lean UX.....	46
2.6. Design Thinking.....	50
Capítulo 3. Agilidad más allá del desarrollo de software.....	55
3.1. Agilidad y experiencia de usuario.....	55
3.1.1. Diseño de la experiencia de usuario.....	56
3.1.2. Diseño ágil de la experiencia de usuario.....	57
3.1.3. Manifiesto Lean UX.....	64
3.2. Agilidad e innovación.....	64
3.3. Agilidad y gestión de proyectos.....	67
Capítulo 4. Agilidad y educación.....	71

4.1. Estrategias de enseñanza y de aprendizaje.....	71
4.2. Estilos de enseñanza y de aprendizaje	74
4.3. Manifiesto Ágil en educación	77
4.3.1. Valores ágiles adaptados a la educación	77
4.3.2. Principios ágiles adaptados a la educación	79
4.4. Marcos ágiles en educación.....	82
Capítulo 5. Modelo propuesto	85
5.1. Visión general	85
5.2. Los pilares	86
5.3. Los roles	88
5.4. Valor añadido.....	89
5.5. El recurso educativo	90
5.6. Las métricas	90
5.7. El proceso	91
Capítulo 6. Tendencias ágiles en educación	95
6.1. ATLM: Modelo Ágil de Enseñanza y Aprendizaje	95
6.2. T-CHAT: Enseñanza Holística Ágil Centrada en la Tarea.....	98
6.3. Aprendizaje cíclico ágil	100
6.4. Aprendizaje autónomo ágil	104
Capítulo 7. Experimentación: Co-diseño Lean UX.....	107
7.1. Objetivo e hipótesis	107
7.2. El recurso educativo	107
7.3. El proceso	109
7.3.1. Inicio del proceso: Descubrimiento del estudiante.....	110
7.3.2. Primera iteración: MOBI v1.0, colorido y animado.	112
7.3.3. Segunda iteración: MOBI v2.0, un videojuego en 3d	113
7.3.4. Tercera iteración: MOBI v3.0, arrastrar y soltar.....	115
7.3.5. Fin del proceso: Evaluación final de la experiencia.....	116
7.4. Los factores de medición	116
Capítulo 8. Validación del estudio	119
8.1. Normalización de los datos	119

8.2. Análisis descriptivo	120
8.3. Análisis inferencial	121
8.3.1. Opinión general sobre la utilidad educativa de MOBI	122
8.3.2. Necesidad de cambios para mejorar MOBI.....	125
8.3.3. Nivel general de satisfacción con MOBI	128
8.4. Conclusión del estudio empírico	130
Capítulo 9. Conclusiones.....	133
9.1. Lecciones aprendidas	133
9.2. Consecución de objetivos	135
9.3. Contribuciones.....	135
9.4. Líneas de investigación	137
Bibliografía.....	139

Índice de figuras

Figura 1. Elementos de la estrategia de búsqueda.	20
Figura 2. Proceso de depuración de estudios para la investigación teórica.	21
Figura 3. Proceso en cascada (lineal) vs ágil (iterativo incremental).	26
Figura 4. Modelo en espiral.	27
Figura 5. Proceso de desarrollo Scrum [43].	28
Figura 6. Ciclo de vida del proceso XP [49].	30
Figura 7. Ciclo de Desarrollo de Software Adaptativo [51].	30
Figura 8. El proceso Scrum.	38
Figura 9. Uso de modelos ágiles en 2022 según “16th State of Agile Report” [62].	40
Figura 10. Metodología Desarrollo de Clientes de Steve Blank [68].	41
Figura 11. Ciclo de aprendizaje del Desarrollo de Clientes [68].	42
Figura 12. Ciclo Lean Startup.	45
Figura 13. Clave del éxito Lean Startup: acelerar el ciclo de retroalimentación.	45
Figura 14. Proceso Lean UX.	48
Figura 15. Formato de hipótesis Lean UX propuesto por Gothelf et al. [75].	49
Figura 16. Definición de innovación [83].	51
Figura 17. Pensamiento divergente – pensamiento convergente.	51
Figura 18. El proceso Design Thinking según la Escuela de Diseño de Stanford.	52
Figura 19. Diferencias y semejanzas entre el proceso ágil y UCD [103].	59
Figura 20. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque paralelo [88].	61
Figura 21. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque dentro del sprint [88].	62
Figura 22. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque Lean UX [88].	63
Figura 23. Proceso de innovación Nordstrom [83].	66
Figura 24. Ciclo Pensar-Hacer-Verificar [98].	67
Figura 25. Acceso al conocimiento en la enseñanza tradicional.	71
Figura 26. Acceso al conocimiento en enseñanza centrada en el estudiante.	72
Figura 27. Proceso ágil centrado en la experiencia del estudiante.	93
Figura 28. Modelo ágil de enseñanza y aprendizaje ATLM [10].	97
Figura 29. Modelo ágil de enseñanza centrado en la tarea (T-CHAT) [6].	99
Figura 30. Taxonomía de Bloom.	101

Figura 31. Modelo ágil de aprendizaje cíclico [131].	103
Figura 32. Modelo ágil de aprendizaje autónomo [15].	105
Figura 33. MOBI: videojuego serio.	108
Figura 34. Proceso ágil de co-diseño.	109
Figura 35. Prototipo personajes MOBI.	111
Figura 36. Perfil de usuario del estudiante.	111
Figura 37. Mapa de empatía del estudiante.	112
Figura 38. Primera versión jugable MOBI (V1.0).	113
Figura 39. Segunda versión jugable de MOBI (2.0).	114
Figura 40. Tercera versión jugable de MOBI (V3.0).	115
Figura 41. Opinión general: comparativa de juicio de expertos.	123
Figura 42. Necesidad de cambios: comparativa de juicio de expertos.	126
Figura 43. Satisfacción estudiantes: comparativa de juicio de expertos.	129

Índice de tablas

Tabla 1. Estructura para el reporte de experimentos controlados [27].....	22
Tabla 2. Valores del Manifiesto Ágil [31].....	31
Tabla 3. Principios del Manifiesto Ágil [53].	32
Tabla 4. Conceptualización de la mentalidad ágil según Eilers et al. [61].....	33
Tabla 5. Resumen de la esencia de Scrum.....	35
Tabla 6. Características de un equipo Scrum.	37
Tabla 7. Problemas recurrentes en el desarrollo de nuevos productos.	41
Tabla 8. Reglas de la metodología Desarrollo de Clientes [68].	42
Tabla 9. Modelos derivados del Sistema de Producción Toyota.....	43
Tabla 10. Principios Lean Startup [63].	44
Tabla 11. Principios Lean UX [75], [77].....	47
Tabla 12. Modelos de Design Thinking más influyentes según [85].	52
Tabla 13. Atributos más frecuentes usados en Design Thinking.....	54
Tabla 14. Similitudes y diferencias UCD y ASD [102].....	58
Tabla 15. Patrones de integración ASD y UCD.	59
Tabla 16. Ventajas y desventajas integración de UX con SCRUM en paralelo [88].	62
Tabla 17. Manifiesto Lean UX [105].	64
Tabla 18. Razones y retos para implantar una gestión ágil según Estler et al. [10].....	68
Tabla 19. Comparativa paradigmas centrado en el profesor y en el estudiante [118]..	72
Tabla 20. Estilos de aprendizaje según Felder y Silverman [127].	75
Tabla 21. Correspondencia estilos de enseñanza y aprendizaje [23].	76
Tabla 22. Estilos antagónicos de enseñanza y aprendizaje [23].	76
Tabla 23. Valores ágiles adaptados en educación según Chun [10].	77
Tabla 24. Valores ágiles adaptados en educación según Stewart et al. [128].	78
Tabla 25. Valores ágiles adaptados en educación según Kamat [129].	78
Tabla 26. Valores ágiles adaptados en educación según Seman et al. [130].	79
Tabla 27. Valores ágiles adaptados en educación según Otero et al. [20].	79
Tabla 28. Corolario del entorno pedagógico para una enseñanza ágil [128].....	80
Tabla 29. Adaptación de los principios ágiles en contextos de aprendizaje [131].....	81
Tabla 30. Aspectos comunes Scrum y Lean UX.	87
Tabla 31. Aportación de cada marco al modelo propuesto.	88

Tabla 32. Roles del modelo propuesto.	89
Tabla 33. Propuesta de valor y beneficio para el profesor.	89
Tabla 34. Propuesta e valor y beneficio para el estudiante.	90
Tabla 35. Métricas básicas del modelo propuesto.	91
Tabla 36. Competencias clave contempladas en T-CHAT [16].	100
Tabla 37. Similitudes entre proyecto y proceso de enseñanza [131].	102
Tabla 38. Sesiones de co-diseño del recurso educativo.	110
Tabla 39. Especialidad de los expertos.	119
Tabla 40. Escala de Likert usada por los expertos para normalizar los datos.	120
Tabla 41. Opinión general: correlación de Spearman entre expertos.	122
Tabla 42. Opinión general: estadísticas resumidas.	123
Tabla 43. Opinión general: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.	124
Tabla 44. Necesidad de cambios: correlación de Spearman entre expertos.	125
Tabla 45. Necesidad de cambios: estadísticas resumidas.	126
Tabla 46. Necesidad de cambios: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.	127
Tabla 47. Satisfacción estudiantes: correlación de Spearman entre expertos.	128
Tabla 48. Satisfacción estudiantes: estadísticas resumidas.	128
Tabla 49. Satisfacción estudiantes: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.	130

Acrónimos

ASD	<i>Agile Software Development</i>
AM	<i>Agile Manifesto</i>
ATLM	<i>Agile Teaching/Learning Methodology</i>
APM	<i>Agile Project Management</i>
CBL	<i>Challenge Based Learning</i>
DT	<i>Design Thinking</i>
DSDM	<i>Dynamic Systems Development Method</i>
FDD	<i>Feature Driven Development</i>
HCD	<i>Human Centered Design</i>
HCI	<i>Human-Computer Interaction</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LS	<i>Lean Startup</i>
LT	<i>Lean Thinking</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
OAs	<i>Objetivos de aprendizaje</i>
OOPSLA	<i>Object-Oriented Programming, Systems, Languages and Applications</i>
PBL	<i>Problem Based Learning</i>
PjBL	<i>Project Based Learning</i>
RAD	<i>Rapid Application Development</i>
RITE	<i>Rapid Iterative Testing and Evaluation</i>
T-CHAT	<i>Task-Centric Holistic Agile Teaching</i>

TPS	<i>Toyota Production System</i>
UCD	<i>User Centered Design</i>
UI	<i>User Interface</i>
UX	<i>User Experience</i>
XP	<i>eXtreme Programming</i>

Capítulo 1. Introducción

En un contexto de cambio continuo, provocado fundamentalmente por la evolución tecnológica y su impacto tanto en los hábitos de consumo como en las relaciones interpersonales, las organizaciones, incluidas las educativas, persiguen continuamente adaptar sus estrategias de negocio y sus modelos productivos para crear soluciones competitivas que satisfagan las necesidades de sus usuarios. En este sentido, los marcos ágiles facilitan un proceso de adaptación temprana, frecuente y continua para mejorar la calidad del producto [1].

En general, los marcos ágiles se centran en la implementación y en la entrega temprana del producto, poniendo el foco en acelerar el ciclo de producción y delegando la concepción y el descubrimiento del producto a otros marcos más centrados en la generación de valor y en la experiencia del usuario [2]. Por consiguiente, tanto en la mejora de procesos como en la creación de productos, existe la tendencia de integrar los marcos ágiles con otros marcos afines que maximicen el valor aportado al usuario y, por tanto, su satisfacción [3].

Aunque los marcos ágiles tienen su origen en el desarrollo de software, la mentalidad inherente a sus valores y principios, así como sus buenas prácticas, se han extrapolado a otros sectores para mejorar la gestión de sus procesos y la calidad de sus soluciones. En concreto, en el ámbito educativo, los marcos ágiles, además de usarse como materia para enseñar métodos ágiles de desarrollo software [4] o de gestión de proyectos [5], también se utilizan como modelos para gestionar el proceso de enseñanza facilitando la adopción de diferentes estrategias docentes [6], [7] y el desarrollo de competencias transversales [8], [9], al mismo tiempo que potencian el aprendizaje activo y colaborativo [10], [11].

En los siguientes apartados de este primer capítulo se presenta el contexto y la motivación de la tesis, así como los objetivos planteados en su elaboración, la metodología de investigación aplicada y la estructura del contenido del documento.

1.1. Motivación

La industria demanda profesionales que resuelvan a tiempo y de manera efectiva,

eficiente y satisfactoria las expectativas de un mercado dinámico en continua transformación. Para las organizaciones, **la capacidad de adaptación al cambio** y a los entornos de trabajo en contextos de incertidumbre es una de las competencias profesionales clave para este siglo XXI [12]. A nivel profesional, la agilidad se define como la capacidad de adaptarse o de responder a un estímulo externo de manera efectiva y eficiente [13]. Es por ello que, en un contexto volátil e incierto, la agilidad representa una de las ventajas competitivas esenciales para las organizaciones [14].

Además de la capacidad de adaptación, otras competencias transversales valoradas en los profesionales del siglo XXI son la voluntad de experimentar, la creatividad, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el manejo de las tecnologías de la información [15], la comunicación y ser altamente colaborativo [15], [16], además de competencias específicas de aprendizaje como la capacidad de aprendizaje permanente [6] y la agilidad del aprendizaje [17]. Entre todas ellas, las habilidades interpersonales como la comunicación y la colaboración son fundamentales para que profesionales de distintas especialidades y con distintas competencias técnicas trabajen en equipos multidisciplinares para resolver problemas reales [18] y complejos [15] a usuarios reales, así como para comprender las necesidades de usuarios no necesariamente expertos ni técnicos [6].

Por otro lado, las estrategias de enseñanza han evolucionado desde el aprendizaje tradicional centrado en el profesor hacia un aprendizaje activo centrado en el estudiante [19]. El papel del estudiante como protagonista de su propio proceso de aprendizaje es clave tanto para la adquisición de conocimiento [20] como para el desarrollo de sus competencias. La comunidad académica lleva décadas estudiando como aumentar la participación de los estudiantes en el aula [21]. Sin embargo, la implicación de los estudiantes sigue siendo un reto, así como lo es el optimizar el esfuerzo docente por mantenerla [22]. Cuando hay desajustes entre la enseñanza y el aprendizaje, tanto el profesor como el estudiante sufren [23].

Dada la diversidad del alumnado, no hay una fórmula única para conseguir involucrar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje [24]. Cada estudiante tiene una manera diferente de aprender y de construir su propio conocimiento [10], [20]. Los estilos de aprendizaje varían según los estudiantes y los métodos de enseñanza varían según los profesores, pero todos son valiosos por sí mismos [23]. Una de las preocupaciones docentes es evolucionar los métodos de enseñanza para incentivar la implicación de los estudiantes con el fin de que puedan mejorar sus resultados [22]. En este sentido, es importante enfocar las prácticas docentes para dar la oportunidad a los estudiantes de adquirir de manera progresiva la autonomía necesaria para conseguir sus objetivos de

aprendizaje [20].

Por último, uno de los **retos más recientes en educación** es ofrecer una visión innovadora de la enseñanza para facilitar un entorno de aprendizaje que satisfaga las necesidades de los estudiantes [15]. En definitiva, la principal motivación de este trabajo es facilitar un marco educativo ágil, centrado en la experiencia de usuario, que maximice el compromiso y la percepción de aprendizaje de los estudiantes, además de facilitar la innovación docente y el desarrollo de competencias transversales.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es contribuir al estado del arte de los marcos ágiles aplicados en educación, proponiendo un nuevo enfoque centrado en la mejora de la experiencia del aprendizaje y evaluando su utilidad y validez en función del compromiso del estudiante y de su percepción de aprendizaje. Para ello, se plantean los siguientes objetivos parciales:

- **Investigación teórica.** Realizar un estudio teórico para establecer el estado del arte de los marcos ágiles con el fin de tener una visión y entendimiento global del campo profundizando en sus orígenes, además de un conocimiento específico de su integración con la experiencia de usuario y de su aplicación en el ámbito educativo.
- **Propuesta.** Proponer un marco educativo ágil centrado en la experiencia de usuario que estimule de manera continua la participación del estudiante y facilite su aprendizaje, al mismo tiempo que facilite el desarrollo de competencias y la innovación docente.
- **Investigación empírica.** Realizar un estudio empírico que permita evaluar la utilidad y validez del modelo propuesto, poniendo el foco del análisis en la satisfacción y percepción del estudiante durante la experiencia.

1.3. Metodología

A continuación, se expone el marco metodológico empleado en la elaboración de la presente tesis, tanto para la investigación teórica como para la empírica.

1.3.1. Metodología para la investigación teórica

La investigación teórica persigue el objetivo de establecer el estado del arte de los marcos ágiles, así como profundizar en su integración con la experiencia de usuario y en su aplicación en contextos educativos. Con este fin, se plantea una estrategia de búsqueda de estudios siguiendo una adaptación de las directrices que propone Barbara Kitchenham para la realización de revisiones sistemáticas de la literatura en ingeniería del software [25]. En concreto, para realizar la selección de artículos relevantes para esta tesis se han considerados los elementos recogidos en Figura 1.

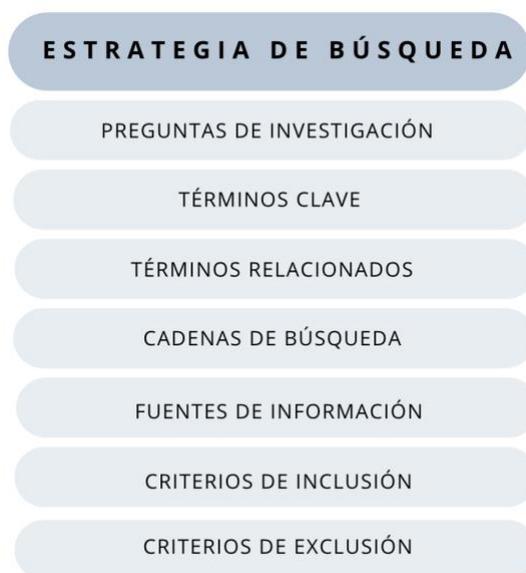


Figura 1. Elementos de la estrategia de búsqueda.

A continuación, se detallan los elementos que se han usado en la estrategia de búsqueda inicial para esta investigación:

- **Preguntas de investigación.** Se establecen tres cuestiones: ¿qué marcos ágiles existen?, ¿qué hay de agilidad en educación? y ¿qué hay de agilidad en experiencia de usuario?
- **Términos clave:** “agile framework”, education, “user experience”.
- **Términos relacionados:** agile, agility, scrum, learning, teaching, ux, “user experience”, ucd, “user centered”, “user centred”, “design thinking”, “lean startup” “lean ux”.
- **Cadenas de búsqueda.** Se establecen tres cadenas específicas: la primera para identificar los marcos ágiles contemplados en la literatura y las otras dos para identificar estudios que relacionen la agilidad con la educación y la agilidad con experiencia de usuario respectivamente.

- **Fuentes de información:** SCOPUS, IEEE, ACM y SCIENCE DIRECT. El ámbito de la búsqueda es el título, el resumen y las palabras clave.
- **Criterios de inclusión.** Se consideran los artículos hasta 2022 revisados por pares, publicados en inglés y que estén relacionados con la aplicación de los marcos ágiles como modelos educativos o con la integración de los marcos ágiles con la experiencia de usuario.
- **Criterios de exclusión.** Se descartan los artículos duplicados, incompletos o inconsistentes, es decir, los artículos sin algún dato relevante (autor, resumen o archivo adjunto) o que no cumplan los criterios de inclusión. Además, se descartan artículos en los que el concepto de agilidad no este asociado a la mentalidad y prácticas subyacentes en los marcos ágiles.

Una vez recopilados los datos de las búsquedas, se realiza un proceso iterativo para seleccionar estudios significativos que guiarán la investigación teórica. Para cada conjunto de artículos resultante de las búsquedas se llevan a cabo cuatro iteraciones. En la primera iteración se eliminan los estudios duplicados e incompletos. En las tres siguientes iteraciones, se aplican los criterios de inclusión y de exclusión al conjunto de artículos resultantes de cada depuración anterior. En cada una de estas iteraciones se revisa el título, el resumen y el texto completo respectivamente. En la Figura 2 se muestra un esquema del proceso de depuración de estudios.



Figura 2. Proceso de depuración de estudios para la investigación teórica.

1.3.2. Metodología para la investigación empírica

El objetivo de la investigación empírica es evaluar la utilidad y validez del modelo propuesto. Con este fin, se realiza un experimento que valide la hipótesis de que un modelo educativo ágil centrado en la mejora de la experiencia del usuario, estimula la participación del estudiante, aumentando su nivel de compromiso y su percepción de aprendizaje.

Para realizar la investigación empírica se sigue una adaptación del método de experimentación aplicado en ingeniería de software de Wohlin et al. [26]. Por otro lado, para documentar la investigación se toman de referencia las pautas para el reporte de experimentos controlados en ingeniería del software de Jedlistschka y Pfahl [27] que proponen el esquema recogido en la Tabla 1.

Nº	Sección	Contenido
1	Resumen estructurado	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes • Objetivo • Método • Resultados • Limitaciones • Conclusión
2	Motivación	<ul style="list-style-type: none"> • Declaración del problema • Objetivos de la investigación • Contexto de la investigación
3	Trabajo relacionado	<ul style="list-style-type: none"> • Objeto investigado (tecnología, herramienta o método) • Soluciones alternativas • Experimentos relacionados
4	Diseño del experimento	<ul style="list-style-type: none"> • Información para replicarlo (metas, hipótesis, parámetros y variables del diseño) • Detalle concreto del experimento (sujetos, objetos, instrumentación, procedimiento de recopilación de datos, procedimiento de análisis y evaluación de la validez)
5	Ejecución del experimento	Pasos que se realizan en el experimento (muestra concreta, preparación, recopilación de datos y procedimiento de validez)
6	Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Resumen de datos • Tratamiento analítico (estadísticas descriptivas, reducción del conjunto de datos y prueba de la hipótesis)
7	Interpretación de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los resultados • Implicaciones • Limitaciones del estudio • Interferencias • Lecciones aprendidas
8	Conclusiones y trabajo futuro	<ul style="list-style-type: none"> • Relación de la evidencia existente • Impacto en coste, tiempo y calidad • Limitaciones del enfoque • Trabajo futuro
9	Agradecimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Patrocinadores • Participantes • Colaboradores (no autores del estudio)
10	Referencias	Literatura citada en formato adecuado
11	Apéndices	Información adicional que facilite el desarrollo del estudio

Tabla 1. Estructura para el reporte de experimentos controlados [27].

En concreto, para reportar el estudio experimental de la presente tesis se ha adoptado la siguiente estructura:

- **Resumen.** Sección que recoge la motivación del estudio, el enfoque de la solución, la hipótesis de trabajo, el resultado y la conclusión de la investigación.
- **Introducción.** Sección que recoge el contexto del problema y la solución planteada.
- **Antecedentes.** Sección que recoge los conceptos principales de la investigación en los que se basa la solución y los experimentos relacionados.
- **Método.** Sección que recoge la información necesaria para replicar la investigación: el objetivo del experimento, la hipótesis de trabajo, las preguntas de investigación a las que da respuesta, las variables que se van a medir, los sujetos participantes, los objetos utilizados, la instrumentalización y el proceso de recopilación de datos.
- **Resultados.** Sección que recoge el procedimiento de análisis de datos y de evaluación de la validez de la hipótesis, mediante estadísticas descriptivas, preparación del conjunto de datos y prueba de la hipótesis.
- **Discusión.** Sección que recoge la interpretación de los resultados en función de las preguntas de investigación.
- **Conclusiones y trabajo futuro.** Sección que recoge la reflexión de los logros de la investigación, las limitaciones y los trabajos futuros derivados de la misma.
- **Referencias.** Sección que recoge todos los artículos citados en el documento en el formato solicitado.

1.4. Estructura del documento

El presente documento se estructura en un total de nueve capítulos. Tras este primer capítulo introductorio en el que se ha presentado el contexto de la tesis, su motivación, los objetivos que se pretenden alcanzar y la metodología de investigación, el contenido del documento se estructura en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 2.** Se realiza el estado del arte de los marcos ágiles. En este capítulo, además de presentar una revisión de los antecedentes de los marcos ágiles. En este capítulo también se presentan cuatro marcos relevantes en la elaboración de la propuesta de esta tesis: Scrum, Design Thinking, Lean Startup y Lean UX.
- **Capítulo 3.** Se amplía el estudio teórico de los marcos ágiles a su integración con actividades del ciclo de vida del producto relacionadas con la experiencia de usuario. En concreto, en este capítulo se presenta la integración del desarrollo ágil de software con marcos de diseño y de innovación.

- **Capítulo 4.** Se extiende el estudio teórico de los marcos ágiles a su aplicación en educación, poniendo el foco de su uso más como método para enseñar y aprender de forma ágil que como contenido educativo. Además, en este capítulo se recogen diferentes adaptaciones de los valores y principios ágiles que algunos autores han hecho en el campo de la educación.
- **Capítulo 5.** Se propone un marco educativo ágil centrado en la experiencia de usuario que facilite adaptación temprana de los métodos de enseñanza y mejoren la experiencia de aprendizaje. En este capítulo se describe modelo, destacando sus roles, proceso y métricas asociadas.
- **Capítulo 6.** Se recopilan algunas tendencias ágiles en educación compatibles con el modelo propuesto, que lo complementan ofreciendo un conjunto inicial de prácticas que permitan al profesor crear nuevos modelos a medida de las necesidades educativas de cada contexto.
- **Capítulo 7.** Se describe el estudio empírico realizado para validar el modelo propuesto. En este capítulo se presentan aspectos relevantes del experimento como el objetivo e hipótesis de trabajo, el recurso educativo, el proceso y los factores de medición de la experiencia de usuario.
- **Capítulo 8.** Se expone el análisis del estudio empírico, tanto a nivel descriptivo como estadístico, así como las conclusiones del estudio. En el análisis estadístico se detalla la evaluación de los tres factores de medición planteados para validar el modelo desde el punto de vista de la experiencia del estudiante.
- **Capítulo 9.** Se resumen las conclusiones y contribuciones de los hallazgos derivados de estudios realizados en la tesis, así como el planteamiento de próximas líneas de investigación que pueden aportar valor al estado del arte de modelos ágiles aplicados en entornos educativos.

Capítulo 2. Agilidad y marcos ágiles

El enfoque tradicional de desarrollo de software, además de **no facilitar que los requisitos cambien**, tampoco favorece **los ciclos de producto cortos** que demandan las organizaciones [28]. Por ello, los métodos de desarrollo de software tradicionales, sin vuelta atrás y condicionados por requisitos iniciales, rara vez culminan en un producto que **satisfaga las necesidades de los usuarios finales** [20].

Uno de los motivos que pueden hacer que el desarrollo de un producto no responda a las expectativas del usuario está relacionado con la falta de entendimiento de las necesidades de los usuarios o con los cambios frecuentes de los requisitos del producto [29]. En cuanto a la falta de entendimiento, la causa más común es una inexistente o deficiente comunicación entre los usuarios y los desarrolladores. Por esta razón, para garantizar la satisfacción del usuario es importante que este esté involucrado durante todo el ciclo de vida del producto, participando de manera activa y continua en todas sus fases. Por otra parte, para facilitar la comprensión de los requisitos y reducir el riesgo de cambios a lo largo del proceso, es importante aumentar la modularidad de la funcionalidad del producto [29].

Aunque la mayoría de los marcos ágiles se empezaron a gestar en la década de los 90 [30], se introdujeron formalmente en la industria a partir del 2001 con la creación del Manifiesto Ágil [31], momento a partir del cual, todas las prácticas y marcos asociados a los principios y valores declarados en el manifiesto quedaron bajo el paraguas del término *agile* [30]. Por extensión, el término agilidad en ingeniería de software se asocia a la mejora de la gestión tradicional del ciclo de vida del desarrollo de software [32], poniendo el foco del proceso en la capacidad de adaptación continua y frecuente de los requisitos, así como en la entrega temprana de funcionalidad y en la colaboración de todas las partes implicadas.

En este segundo capítulo se presentan cómo y por qué surgieron los marcos ágiles, así como los valores y principios que los sustentan. Además, en este capítulo también se introducen los marcos más representativos contemplados en la elaboración de esta tesis: Scrum como marco ágil organizativo, Lean Startup como marco de innovación para empresas emergentes, Lean UX, como marco de diseño centrado en la experiencia de usuario y Design Thinking como marco de diseño altamente creativo.

2.1. Antecedentes

Los marcos ágiles tienen su origen en el desarrollo de software. Surgieron como alternativa para resolver problemas derivados de la rigidez del enfoque tradicional de desarrollo de software que suponía un alto riesgo de fracaso en sus proyectos.

En 1970, aparece el término cascada ligado a la ingeniería de software [33]. Con este término se identifica el modelo tradicional de desarrollo de software, caracterizado por la ejecución lineal de las fases de su ciclo de vida y su nula capacidad para encajar cambios de alcance. Como se observa en la Figura 3, en el ciclo de desarrollo en cascada, las distintas fases del proceso se ejecutan en secuencia y sin vuelta atrás a lo largo de un periodo típicamente amplio para el conjunto completo de funcionalidades, resultando difícil dar respuesta a cualquier cambio que pueda surgir durante el desarrollo. A diferencia del modelo en cascada, el desarrollo ágil plantea pequeños lanzamientos incrementales de funcionalidad que se ejecutan en las mismas fases, pero en periodos de tiempo más cortos, lo que facilita el poder encajar los cambios al final de cada intervalo.

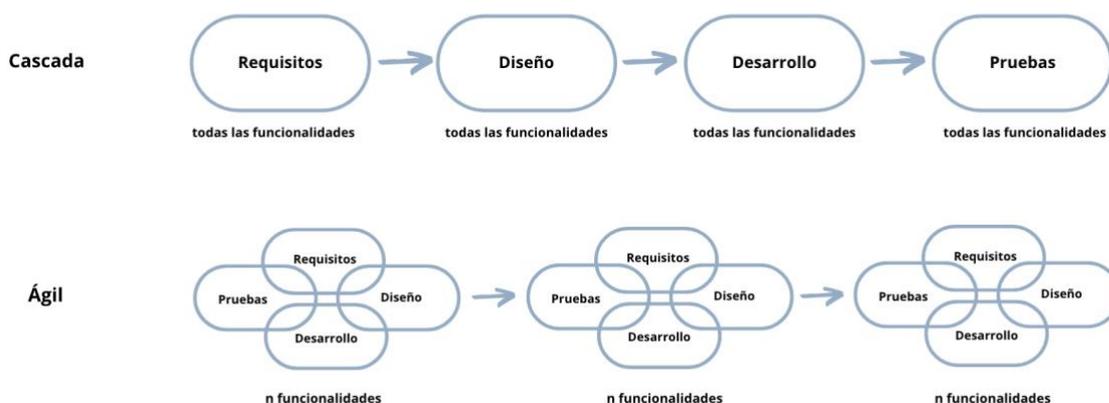


Figura 3. Proceso en cascada (lineal) vs ágil (iterativo incremental).

En 1975 se introduce por primera vez el concepto de **mejora iterativa** en el desarrollo de software con el fin de encajar los continuos cambios de alcance, siendo esta mejora iterativa la base de todos los marcos ágiles de desarrollo de software que surgirían posteriormente [34].

En la década de los 80, se consolidan dos iniciativas para reducir la rigidez del modelo tradicional en cascada gestionando la naturaleza lineal de sus fases con el fin de dar respuesta a circunstancias inesperadas producidas en las fases intermedias. Una de ellas es el **modelo en espiral de Boehm** [35] (ver Figura 4), que en cada fase incluye una

evaluación de riesgos y la creación de un prototipo que permite comprobar si el proyecto va cumpliendo expectativas y si hubiera que volver a fases anteriores o si hubiera que terminarlo. La otra iniciativa es el **modelo de entrega evolutiva de Gilb** [36], conocido como EVO y basado en la entrega de algo útil al usuario final para medir el valor que le aporta con el fin de adaptar el diseño y los objetivos en función de los resultados [37].

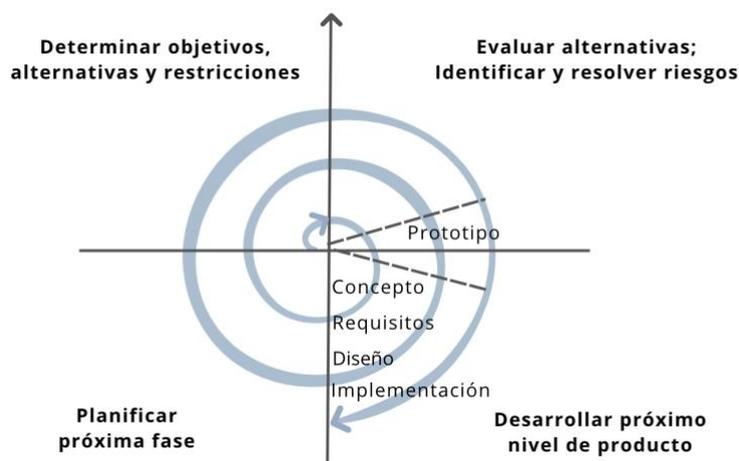


Figura 4. Modelo en espiral.

A partir de estos dos modelos, en la década de los 90 empezaron a surgir **nuevos enfoques y prácticas de desarrollo software adaptativos y colaborativos** como alternativa a las metodologías de desarrollo de software tradicionales con el fin de resolver los problemas persistentes derivados de su enfoque predictivo centrado en la documentación y dirigido por la planificación [20], [38]. Estos nuevos modelos son algunos de los que se identifican en la literatura como marcos ágiles de desarrollo software.

En 1991, se presenta el Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RAD) [39], un nuevo modelo de desarrollo de software, creado por James Martin y basado en el modelo EVO de Gilb [37]. El modelo RAD establece cuatro fases del ciclo de desarrollo de software. Empieza por la planificación de requisitos, continúa con el diseño de usuario, sigue con la construcción y finaliza con la implementación. La diferencia de este modelo con los tradicionales de desarrollo de software es que tanto el diseño detallado como la generación de código se realiza funcionalidad a funcionalidad, pudiéndose mostrar a los usuarios finales para hacer los ajustes que se consideren oportunos antes de su puesta en producción.

En 1993, Matthew Pitman [40] documenta el enfoque **iterativo e incremental** del desarrollo de software, que más tarde sería ampliado por Grady Booch en 1995 [41]. Este

proceso mejora el proceso en espiral de Boehm en cuanto a **flexibilidad y control de riesgos** en el sentido de que en cada iteración se llevan a cabo todas las fases del modelo en cascada, pero tan solo se abordan un **conjunto de funcionalidades** priorizadas para comprobar su viabilidad.

En 1995, Jeff Sutherland y Ken Schwaber presentaron por primera vez Scrum en la conferencia OOPSLA (*Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications*) [42], aunque sería en 1997 cuando Ken Schwaber documenta el proceso de desarrollo Scrum [43]. El propósito principal de Scrum es mejorar la gestión del proceso iterativo e incremental, controlando el riesgo inherente al ciclo de desarrollo de software por tratarse éste de un proceso complejo e impredecible debido a la variabilidad y evolución de los parámetros propios de un proyecto. Los parámetros que pueden influir en determinar el éxito o fracaso de un proyecto son los requisitos del cliente, el plazo de ejecución, la competencia, la calidad, el alcance, el equipo y el coste. A mayor complejidad y variabilidad de estos parámetros, menor éxito del proyecto. Por esta razón, Scrum se plantea como un **proceso iterativo y adaptativo** que gestiona el caos y que facilita a los equipos operar en entornos complejos, usando procesos imprecisos. Scrum está inspirado en el modelo propuesto por Takeuchi y Nonaka en 1986 para la industria de productos manufacturados, "*The new new product development game*" [44]. Este nuevo planteamiento resolvía problemas similares a los del desarrollo de software, asumiendo **la indefinición e inestabilidad de requisitos y el solapamiento de fases** durante el proceso. Además, apostaba por la **autoorganización y el aprendizaje multifuncional** a nivel de equipo, usando el término *scrum* como metáfora de una de las tácticas de los equipos de rugby para explicar el enfoque. Un esquema del proceso de desarrollo Scrum documentado por Ken Schwaber se muestra en la Figura 5.

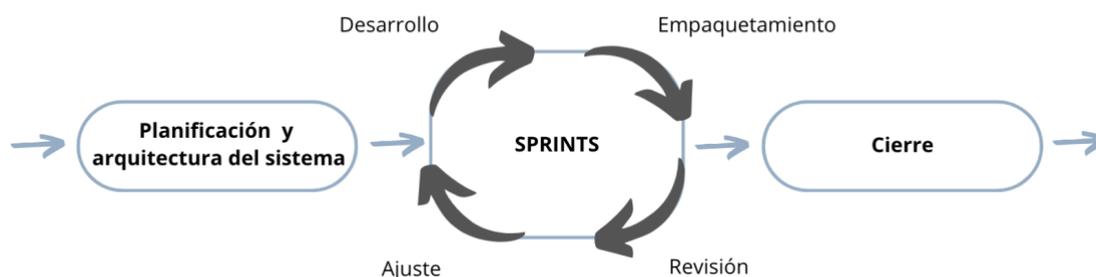


Figura 5. Proceso de desarrollo Scrum [43].

En 1997 también se publica el Método de Desarrollo de Sistemas Dinámicos (DSDM) [45], basado en el método RAD [37]. DSDM es un marco de código abierto, que primero fija una cantidad de funcionalidad a abordar y la va aumentando progresivamente. Se

fundamenta en el principio de que el cliente aceptará menos funcionalidad si se le entrega antes en vez de esperar a la entrega completa del sistema [46].

En 1997 también se presenta por primera vez el Desarrollo Basado en Funciones (FDD) por Jeff De Luca y Peter Coad [34], aunque se consolida en 2001 por Stephen Palmer y Mac Felsing [47]. Se trata de un método de desarrollo ágil de software centrado en dos etapas: en el descubrimiento de la funcionalidad que se va a implementar y en la implementación de funcionalidad a funcionalidad. En la primera etapa es fundamental la participación y disponibilidad total del usuario, así como usar un lenguaje claro tanto para los usuarios como para los desarrolladores. La idea es que cada funcionalidad sea lo suficientemente pequeña como para poder desarrollarla en una iteración corta y poder entregarla al cliente para su validación [34].

En 1999, Kent Beck introduce la Programación Extrema (XP) [48] como una recopilación de prácticas para abordar el riesgo técnico inherente al desarrollo de productos con requisitos poco claros o que cambian rápidamente [29]. Al año siguiente, completa su propuesta con la publicación de “Extreme Programming eXplained: embrace change” [49]. Los valores iniciales del modelo son la comunicación, la retroalimentación, la simplicidad y el coraje. En versiones posteriores se añade también como valor el respeto. El modelo asume distintos roles como el de cliente, programador, probador, rastreador, consultor, entrenador y alta dirección. Una persona puede tener más de un rol, siempre y cuando tenga claro el que aplica en cada momento [29]. El proceso XP comienza recopilando y priorizando los requisitos de usuario, los cuales marcarán la cantidad de ciclos del proceso [38]. Como se observa en la Figura 6, el proceso XP sigue una secuencia de seis pasos [50]: exploración, planificación, iteraciones, producción, mantenimiento y muerte. En la fase de exploración, el cliente escribe sus expectativas en forma de historias, aplicando la práctica XP de uso de metáforas con el fin de facilitar su entendimiento por parte de los programadores. En la fase de planificación, se priorizan las historias y se consensua el contenido del primer lanzamiento (*release*) del producto, aplicando la práctica de pequeños lanzamientos. A continuación, se inicia una fase con varias iteraciones para desarrollar las funcionalidades de cada una de las historias, poniendo en práctica técnicas como programación por pares, revisión continua, integración continua o código colectivo entre otras. En este modelo es el cliente decide que historias se seleccionan para abordarlas en cada iteración y crea las pruebas funcionales correspondientes que ejecutará al final de cada iteración. Al finalizar la última iteración, el producto estará preparado para pasar a producción, fase en la que se realizan pruebas de rendimiento. A continuación, en la fase de mantenimiento se integran las nuevas versiones del producto, al mismo tiempo que se garantiza su correcto funcionamiento en el entorno de producción. Por último, la fase de muerte está cerca cuando ya no hay más

historias que implementar.

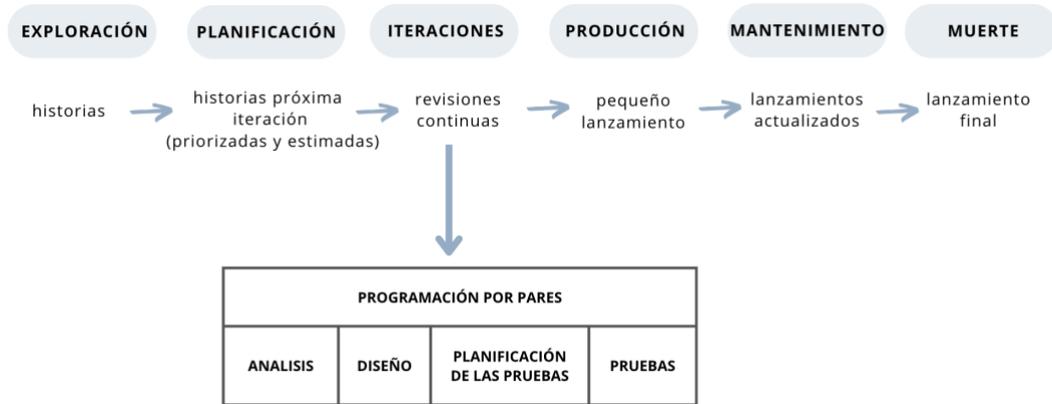


Figura 6. Ciclo de vida del proceso XP [49].

En 2000, James Highsmith presentó el modelo de **desarrollo de software adaptativo** [51], proponiendo un ciclo de vida de desarrollo dinámico en el que la planificación del ciclo de desarrollo forma parte del proceso de mejora iterativa y en el que se desarrollan y refinan varios componentes de manera simultánea, continua y colaborativa. El desarrollo de software adaptativo se centra más en los resultados que en el proceso para conseguirlos [34]. Como se observa en la Figura 7, el modelo propone un ciclo de vida con una perspectiva más dinámica (especular-colaborar-aprender) frente al enfoque estático del modelo tradicional (planificar-diseñar-construir). En la fase inicial (especular) se fijan los objetivos y la planificación. A continuación, en la fase de desarrollo simultáneo (colaborar) se implementan en paralelo varios componentes. Por último, en la fase final (aprender) se analizan los resultados a modo de lecciones aprendidas sobre la calidad del resultado, tanto desde la perspectiva del usuario como desde la perspectiva técnica. En esta última fase también se reflexiona sobre las prácticas utilizadas, el funcionamiento del equipo y el estado del proyecto.

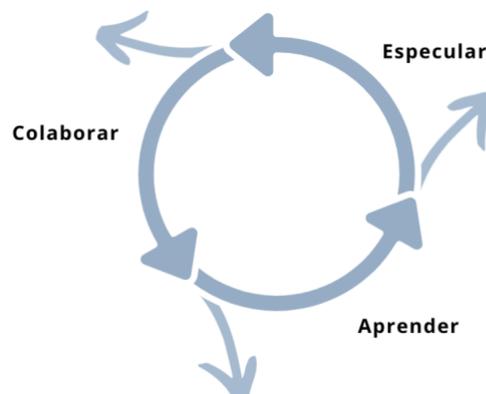


Figura 7. Ciclo de Desarrollo de Software Adaptativo [51].

Para complementar el estudio de los marcos ágiles, Abrahamsson et al. [50] hacen una revisión de los marcos ágiles expuestos, incluyendo la familia de metodologías Crystal y el Proceso Racional Unificado (RUP). Para cada uno de los marcos, describe su proceso, roles y responsabilidades, prácticas, adopción y experiencias, ámbito de aplicación y la investigación en curso a fecha de su publicación en 2002.

2.2. El Manifiesto Ágil

En febrero de 2001 se declaró el Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software [31] (en adelante, Manifiesto Ágil o AM), reuniendo las mejores prácticas de estos enfoques iterativos, incrementales, adaptativos y colaborativos. Con la declaración del Manifiesto Ágil se sentaron las bases de los marcos ágiles de desarrollo de software [34]. El propósito de sus autores, 17 profesionales experimentados en la industria del software [52], fue descubrir mejores formas de desarrollar software para resolver problemas recurrentes de la ejecución de proyectos. Con este fin, propusieron doce principios basados en su experiencia, que resumieron en los cuatro valores que se recogen en la Tabla 2:

ID	Valores del Manifiesto Ágil
V1	“Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas”
V2	“Software funcionando sobre documentación extensiva”
V3	“Colaboración con el cliente sobre negociación contractual”
V4	“Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan”

Tabla 2. Valores del Manifiesto Ágil [31].

El manifiesto pone en valor la importancia de las personas y sus interacciones, el software funcionado, la colaboración con el cliente y la respuesta al cambio **por encima de** los procesos y las herramientas, el exceso de documentación, la negociación contractual y el seguimiento de un plan. Esto no quiere decir que estos últimos sean prescindibles, todo lo contrario, son necesarios pero aplicados en su justa medida y cuando tengan sentido, es decir, cuando aporten valor al proyecto sin generar desperdicio.

Por otro lado, los principios del Manifiesto Ágil reflejan la importancia que los autores dan a conceptos aplicables al desarrollo de software como la entrega temprana y frecuente, la aceptación de cambio en los requisitos, la colaboración entre todos los interesados, la

motivación, la comunicación efectiva, el ritmo sostenible, los equipos motivados y autoorganizados, la simplicidad del proceso, la calidad de la solución, la reflexión y la mejora continua. En la Tabla 3 se enuncian los doce principios del Manifiesto Ágil [53].

ID	Principios del Manifiesto Ágil
P1	“Nuestra máxima prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software con valor.”
P2	“Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.”
P3	“Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.”
P4	“Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.”
P5	“Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.”
P6	“El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es conversación cara a cara.”
P7	“El software funcionando es la medida principal de progreso.”
P8	“Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.”
P9	“La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.”
P10	“La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.”
P11	“Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.”
P12	“A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia, luego ajusta su comportamiento en consecuencia.”

Tabla 3. Principios del Manifiesto Ágil [53].

Un factor clave para adoptar los marcos ágiles [54] es la mentalidad ágil, entendida como una forma de pensar y de actuar derivada de los valores y principios ágiles [55]. Senapathi et al. [56] identifican en su estudio nueve factores que afectan a la aplicación sostenible de métodos ágiles más allá de las primeras etapas de su adopción y uso. Uno de estos factores es la mentalidad ágil. Los ocho restantes son el apoyo de la dirección, la actitud, la motivación, la composición del equipo, la formación, la competencia y experiencia

técnica, las prácticas de ingeniería ágil y el rol campeón de la metodología.

Año (Autor)	Definición y fuente	Nivel de definición
2020 (Ozkan et al.)	“Las personas, los equipos y las organizaciones ágiles y eficaces requieren una actitud, una forma de pensar y un comportamiento particular, lo que se conoce como mentalidad ágil, más allá del conjunto dado de procedimientos, técnicas y rituales” [55] en [57] (p. 721).	Individuo, equipo y organización
2020 (Mordi y Schoop)	“La mentalidad ágil es una mentalidad basada en los valores y principios del manifiesto ágil, cuyas características principales son la confianza, la responsabilidad y la propiedad, la mejora continua, la voluntad de aprender, la apertura y la voluntad de adaptarse y crecer continuamente. Se sustenta en atributos personales específicos a nivel individual y un entorno propicio a nivel organizacional, que permite la autonomía de personas y equipos, la gestión de la incertidumbre y el enfoque en el valor para el cliente, con el objetivo de lograr un estado de agilidad en lugar de meramente haciendo ágil” [58] (p. 9).	Individual y organizacional
2019 (Miler y Gaida)	“Un equipo ágil requiere no solo un conjunto dado de procedimientos, técnicas y rituales, sino, sobre todo, una actitud particular, una forma de pensar y un comportamiento tanto de individuos como de todo el equipo, lo que se conoce como mentalidad ágil” [55] (p. 841). “Actitud específica hacia el equipo y otras personas, así como mentalidad proactiva y abierta de los individuos” [55] (p. 848).	Individual y equipo
2016 (Denning)	“Ágil fue visto como una forma diferente de entender y actuar en el mundo. Las empresas exitosas estaban ‘siendo ágiles’, no simplemente ‘actuando ágilmente’ dentro de su marco de gestión existente” [59] (p. 13).	Individual, equipo, organización y procesos
2014 (Van Manen y Van Vliet)	“En este análisis surgieron tres cuestiones, que forman una parte importante de la mentalidad ágil. Estos son ‘colaboración’, ‘confianza’ y ‘mejora continua’. En otras palabras, si no hay colaboración, confianza o deseo de mejora continua, entonces no existe una mentalidad ágil dentro de una organización” [54] (p. 54).	Organización
2013 (Senapathi y Srinivasan)	“Una actitud que equipara el fracaso y los problemas con oportunidades de aprendizaje, una creencia de que todos podemos mejorar con el tiempo que nuestras habilidades no son fijas, sino que evolucionan con el esfuerzo” [60] en [56] (p. 122).	Equipo

Tabla 4. Conceptualización de la mentalidad ágil según Eilers et al. [61].

En la Tabla 4 se muestra una recopilación de las conceptualizaciones sobre mentalidad

ágil recogidas por Eilers et al. [61] en un estudio reciente. En este estudio, Eilers et al. definen la mentalidad ágil como un conjunto de actitudes hacia el aprendizaje, la colaboración, el empoderamiento y la creación con el cliente. Además, en este estudio afirman que las personas con mentalidad ágil son capaces de evaluar su aprendizaje, organizar su propio trabajo, colaborar con terceros y crear valor.

2.3. Scrum

Scrum es un marco de trabajo empírico, iterativo e incremental que ayuda a resolver problemas complejos mediante soluciones adaptables, facilitando la entrega temprana y continua de valor en periodos cortos de tiempo y optimizando los medios. El marco está basado en **el empirismo y en el pensamiento *lean*** (en adelante también, *lean*) [42]. En el empirismo, en el sentido de aprender de la experiencia y de las decisiones tomadas en función de lo que se observa. En el pensamiento *lean*, en el sentido de poner foco en el valor aportado y en reducir el desperdicio.

En 2020 se publicó la última versión de la guía Scrum, “*The Scrum Guide™. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*” (en adelante, La guía Scrum) [42]. En esta versión, sus creadores, dos de los firmantes del Manifiesto Ágil, Jeff Sutherland y Ken Schwaber, utilizan un lenguaje más simple y generalista para que el marco se pueda entender mejor y se pueda adaptar al desarrollo de productos de cualquier dominio más allá del desarrollo de software. Pese a ello, su esencia permanece. Además, en esta versión, se añade el concepto de objetivo de producto para que todo el equipo Scrum tenga una visión completa del producto. La visión de un objetivo mayor que pueda aportar más valor que el propio del *sprint*. El fin es que el equipo también se centre en el producto final, además de en el del *sprint*. De hecho, en esta versión se añade la definición de producto como “un vehículo para entregar valor. Tiene un límite claro, partes interesadas conocidas, usuarios o clientes bien definidos. Un producto podría ser un servicio, un producto físico o algo más abstracto” [42] (p. 11).

La esencia del marco Scrum se resume en sus pilares, valores, roles, eventos y artefactos. A continuación, se enumeran los aspectos relevantes de cada una de esas cinco dimensiones:

- Los **tres pilares** empíricos: transparencia, inspección y adaptación.
- Los **cinco valores** que las personas implicadas en el equipo Scrum deben practicar: compromiso, enfoque, apertura, respeto y coraje.
- El **equipo Scrum y sus tres roles** que lo conforman: desarrolladores, propietario del producto y maestro scrum.

- El **sprint y sus cuatro eventos** que rigen el proceso: planificación, scrum diario, revisión y retrospectiva.
- Los **tres artefactos y sus correspondientes compromisos** que determinan el objetivo y resultado del proceso: pila de producto junto con el objetivo del producto, pila del *sprint* junto con el objetivo del *sprint* e incremento junto con la definición de hecho.

Dimensión	Aspecto	Qué representa
Pilares	Transparencia	Visibilidad del trabajo y del proceso
	Inspección	Observación frecuente del progreso y de los artefactos
	Adaptación	Ajuste del proceso o de los artefactos
Valores	Compromiso	Alcanzar objetivos propuestos
	Enfoque	Garantizar el progreso adecuado
	Apertura	Flexibilizar el proceso y adaptar el producto
	Respeto	Mutuo para tomar decisiones
	Coraje	Asumir la resolución de problemas
Equipo Scrum	Desarrolladores	Generar incremento útil y de calidad
	Propietario del producto	Gestionar eficazmente la pila de producto
	Maestro Scrum	Garantizar la efectividad del proceso
Eventos del <i>sprint</i>	Planificación	Qué hacer en el <i>sprint</i> y cómo hacerlo
	Ejecución diaria	Evaluar el progreso
	Revisión	Evaluar el incremento
	Retrospectiva	Evaluar el proceso
Artefactos	Pila de producto	Lo que aporta el valor al producto
	Pila del <i>sprint</i>	El trabajo por realizar en el <i>sprint</i>
	Incremento	El valor aportado al producto en el <i>sprint</i>

Tabla 5. Resumen de la esencia de Scrum.

En la Tabla 5 se recoge lo que representa cada uno de los aspectos relevantes de cada dimensión y seguidamente se describe el detalle de cada uno de ellos.

Los pilares que sustentan el empirismo de Scrum son:

- **Transparencia**, para dar visibilidad del proceso y del trabajo para todo el equipo Scrum durante todo el *sprint*. Las decisiones se toman en función de la información contenida en los artefactos de Scrum, por lo que, si estos artefactos no tienen la visibilidad adecuada, las decisiones puede ser erróneas y redundar en una disminución del valor entregado y un aumento del riesgo. “La transparencia permite la inspección. La inspección sin transparencia genera engaños y desperdicios” (ref. 2020-p4).
- **Inspección**, para observar de manera frecuente tanto los artefactos de Scrum como el progreso hacia los objetivos consensuados con el fin de detectar desviaciones o posibles impedimentos en el transcurso del *sprint*. Scrum facilita la inspección a través de sus cinco eventos. “La inspección permite la adaptación. La inspección sin adaptación se considera inútil” (ref.2020-p4).
- **Adaptación**, para ajustar el proceso o los artefactos si se detecta cualquier desviación significativa del progreso o cualquier anomalía relevante en el producto. Cuanto antes se detecte y se realice el ajuste, menor será la desviación. Para que la adaptación sea efectiva, el equipo debe estar empoderado y tener capacidad de autogestionarse.

Los valores que guían el trabajo, las acciones y el comportamiento del equipo Scrum son:

- **Compromiso** para alcanzar los objetivos propuestos y darse el apoyo necesario ante cualquier impedimento que surja en el transcurso del *sprint*
- **Enfoque** en el trabajo del *sprint* para garantizar el progreso adecuado hacia los objetivos acordados.
- **Apertura** tanto del equipo Scrum como de los interesados para dar flexibilidad al trabajo que está por hacer, encajar los retos y adaptarse a las circunstancias sobrevenidas.
- **Respeto** mutuo entre todos los integrantes del equipo Scrum para que se sientan capaces e independientes a la hora de desempeñar su trabajo y tomar sus decisiones
- **Coraje** para hacer lo correcto y asumir la resolución de problemas o situaciones complejas.

El equipo Scrum asimila estos valores a medida que va trabajando con los eventos y los artefactos de Scrum. Los valores junto con los pilares de Scrum generan confianza en el equipo Scrum. El equipo Scrum es la unidad fundamental de Scrum, responsable de cualquier actividad relacionada con el producto para generar un incremento valioso y útil

en cada *sprint*. En la Tabla 6 se recogen las características que en La guía Scrum definen a un equipo Scrum.

Característica	Detalle
Tamaño óptimo	Un tamaño que garantice completar el trabajo comprometido. Cuanto más pequeño, mejor comunicación y mayor productividad.
Sin jerarquías	No tiene sub-equipos. El equipo Scrum es una unidad enfoca en el objetivo del producto
Multifuncional	Entre todos los miembros del equipo tienen las competencias necesarias para crear valor en el <i>sprint</i> .
Autogestionado	Entre todos los miembros del equipo deciden quién hace qué, cuándo lo hace y cómo lo hace. Están empoderados por la organización para que así sea.

Tabla 6. Características de un equipo Scrum.

Los roles que determinan el equipo Scrum son:

- **Desarrolladores.** Comprometidos con el objetivo del *sprint* y la definición de hecho. Son los responsables de generar un incremento útil y de calidad en cada *sprint*.
- **Propietario del producto.** Representa las necesidades de las partes interesadas en el producto. Toma decisiones sobre el producto, haciéndolas visibles en la pila del producto (contenido y orden). Es el responsable de la gestión eficaz de la pila del producto y de maximizar el valor del incremento producido por el equipo Scrum.
- **Maestro Scrum.** Es el garante del marco Scrum y un líder al servicio del equipo Scrum y de la organización. Es el responsable de la efectividad del equipo Scrum ayudándoles a mejorar sus prácticas.

Los eventos de Scrum facilitan la inspección y adaptación de sus artefactos. Se usan para generar un ritmo sostenible del proceso y minimizar la necesidad de reuniones adicionales. Cuanto más sistemáticos sean los eventos, mayor eficacia y eficiencia garantizarán al proceso Scrum. En la Figura 8 se muestra un esquema del proceso Scrum.

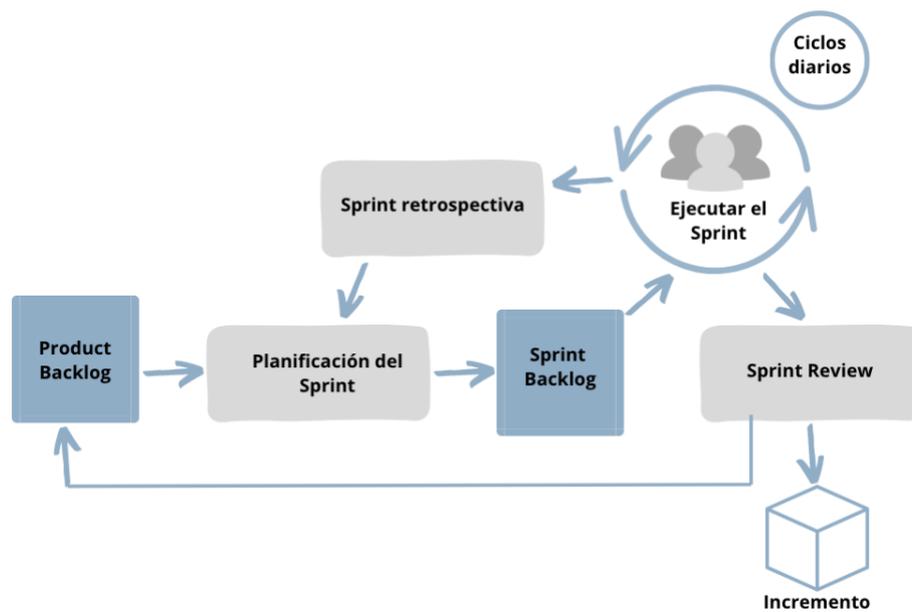


Figura 8. El proceso Scrum.

- **Sprint.** Es el contenedor de todos los eventos de Scrum. “Los *sprints* son el latido del corazón de Scrum, donde las ideas se convierten en valor” [42] (p. 7). Duración fija y de menos de un mes para garantizar al menos una vez al mes la inspección y adaptación del progreso hacia el objetivo del producto.
- **Planificación del *sprint*.** Es el primer evento del *sprint*. Su propósito es establecer el plan de acción para producir un incremento del producto. Se resuelven tres cuestiones: ¿por qué es valioso el *sprint*? (qué valor aporta al producto en forma de objetivo del *sprint*), ¿qué se puede hacer en el *sprint*? (qué elementos de la pila de producto se pueden abordar en el *sprint*) y ¿cómo se va a hacer? (qué trabajo sería necesario realizar para crear un incremento que cumpla con la definición de hecho). El resultado de la planificación del *sprint* es la pila del *sprint* (objetivo del *sprint* + elementos seleccionados de la pila de producto + plan de acción para convertirlos en incremento). La duración máxima de la planificación del *sprint* para un *sprint* de un mes es de ocho horas, siendo proporcionalmente menor para *sprints* más cortos.
- **Scrum diario.** Su propósito es inspeccionar el progreso hacia el objetivo del *sprint* y realizar las adaptaciones necesarias en la pila del *sprint*. Este evento mejora la comunicación y la autogestión, descubre impedimentos y fomenta una rápida toma de decisiones. El resultado del scrum diario es crear un plan accionable para siguiente día de trabajo. La duración del scrum diario es siempre de 15 minutos máximo, independientemente de la duración del *sprint*.

- **Revisión del *sprint*.** Es el penúltimo evento del *sprint*. Su propósito es inspeccionar el incremento del *sprint* y establecer las siguientes adaptaciones al producto en función del progreso hacia el objetivo del Producto y los cambios de contexto potenciales. El resultado de la revisión del *sprint* es determinar que hacer a continuación en el siguiente *sprint*. La duración máxima de la revisión del *sprint* para un *sprint* de un mes es de cuatro horas, siendo proporcionalmente menor para *sprints* más cortos.
- **Retrospectiva del *sprint*.** Es el último evento del *sprint*. Su propósito es planificar acciones para aumentar la calidad del producto y la eficacia del equipo, inspeccionando como ha ido este *sprint* respecto al equipo, al proceso y a la definición de hecho. La duración máxima de la retrospectiva del *sprint* para un *sprint* de un mes es de tres horas, siendo proporcionalmente menor para *sprints* más cortos.

Los artefactos de Scrum facilitan la transparencia de la información relevante del producto, representando trabajo o valor. Para garantizar esta transparencia y que se pueda medir el progreso, cada artefacto tiene asociado un compromiso que refuerza el carácter empírico de Scrum y sus valores tanto para el equipo Scrum como para las partes interesadas.

- **Pila del producto.** Es una lista ordenada de elementos que representan lo que aporta valor al producto y la única fuente de trabajo para el equipo Scrum. En la planificación del *sprint* se seleccionan los elementos de la pila de producto que estén suficientemente refinados (más pequeños y precisos) para que puedan formar parte de la pila del *sprint* y convertirse en incremento del *sprint*. El compromiso de la pila de producto es el **objetivo del producto** (representa el futuro del producto).
- **Pila del *sprint*.** Es una lista de elementos que representan el trabajo a realizar en el *sprint*: el objetivo del *sprint* (el por qué), los elementos de la pila de producto seleccionados para el *sprint* (el qué) y el plan de acción para crear el incremento (el cómo). En el scrum diario se inspecciona el progreso de la pila del *sprint* para realizar las adaptaciones necesarias en caso de desviaciones relevantes. El compromiso de la pila del *sprint* es el **objetivo del *sprint*** (representa lo que aporta valor al producto en el *sprint*). Cualquier ajuste del alcance de trabajo a realizar en el *sprint* no debe afectar al objetivo del *sprint*.
- **Incremento.** Es el valor que se aporta al producto, un acercamiento hacia el objetivo del producto. En un *sprint*, se pueden generar varios incrementos. En la revisión del *sprint* se presenta la suma de incrementos, aunque cada incremento puede ser entregado a los interesados antes del final del *sprint*. El compromiso del incremento es la **definición de hecho** (representa las medidas de calidad requeridas para el

producto). Si un elemento de trabajo de producto no cumple con la definición de hecho, no se puede presentar en la revisión de *sprint*.

Como se observa en la Figura 9, según el último informe anual sobre el estado de la agilidad (*16th State of Agile Report*) [62], Scrum sigue siendo el marco ágil más utilizado en la industria. En este informe cabe destacar que la industria considere Lean Startup como un modelo ágil en sí mismo.

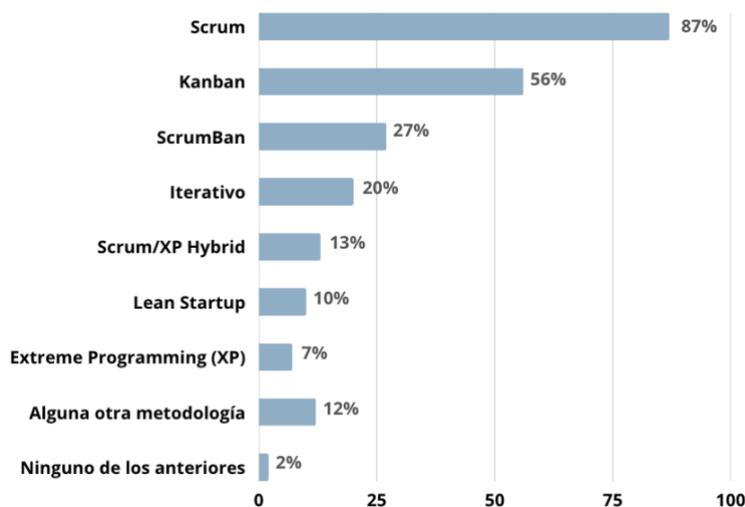


Figura 9. Uso de modelos ágiles en 2022 según “16th State of Agile Report” [62].

2.4. Lean Startup

El método Lean Startup es un método que aplica el pensamiento *lean* al proceso de innovación. Fue creado por Eric Ries en 2011, “*The Lean Startup: How today’s entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*” [63], como un modelo de gestión para la innovación continua con el fin de ayudar a mejorar la tasa de éxito de los productos de empresas de nueva creación. Sus orígenes se remontan a la metodología de Desarrollo de Clientes de Steve Blank [64] y al Sistema de Producción de Toyota (TPS), creado por Taiichi Ohno [65] y popularizado por Womack et al. [66], [67].

La metodología de desarrollo de clientes fue diseñada para resolver problemas recurrentes del modelo de desarrollo de productos en una empresa de nueva generación que busca un modelo de negocio recurrente y escalable (*startup*), para la que tanto el cliente como el producto son desconocidos. En la Tabla 7 se relacionan nueve problemas recurrentes en el desarrollo de nuevos productos, identificados por Blank et al. y recogidos en [68]:

Nº	Problemas recurrentes en el desarrollo de nuevos productos
1	Suponer que se sabe lo que quiere el cliente.
2	Crear saber las características que debe tener el producto.
3	Concentrarse en una fecha de lanzamiento inamovible.
4	Poner el foco en la ejecución en vez de en la hipótesis, el aprendizaje y la iteración.
5	Realizar un plan de empresa tradicional sin pruebas ni errores.
6	Confundir los puestos de trabajo tradicionales con los que necesita una <i>startup</i> .
7	Ejecutar la parte comercial y la de marketing de acuerdo con un plan estricto.
8	Suponer que se va a alcanzar el éxito lleva a la expansión prematura.
9	Gestionar emergencias deriva en un espiral de muerte.

Tabla 7. Problemas recurrentes en el desarrollo de nuevos productos.

En la Figura 10 se representa la metodología de desarrollo de clientes planteada para resolver estos problemas. El modelo establece dos bloques en torno a las actividades relacionadas con los clientes. El primero para la búsqueda de un modelo de negocio repetible y escalable. El segundo con el fin de ejecutar el modelo de negocio una vez desarrollado, probado y confirmado en el primer bloque.

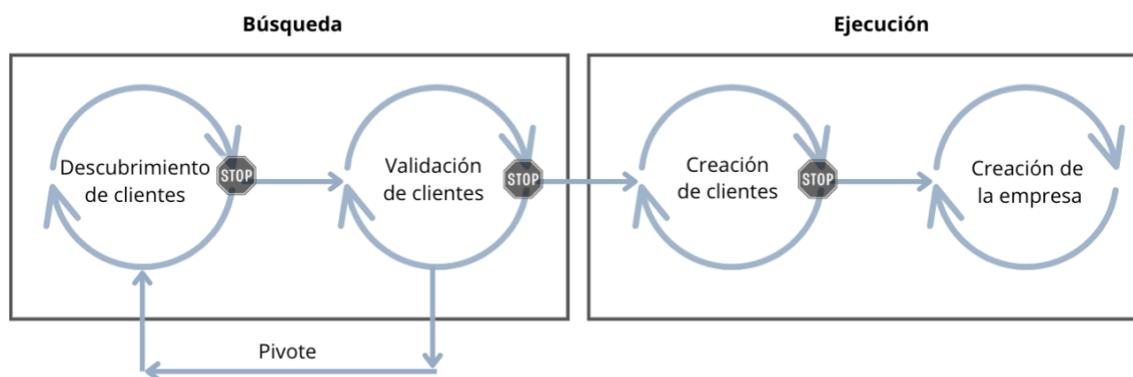


Figura 10. Metodología Desarrollo de Clientes de Steve Blank [68].

En la Figura 11 se muestra el ciclo de aprendizaje que resume el proceso relativo a la búsqueda del modelo de negocio en la metodología Desarrollo de Clientes.

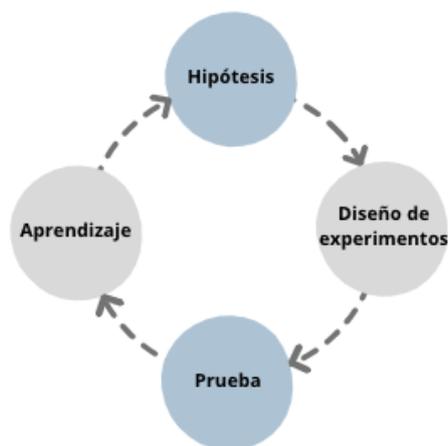


Figura 11. Ciclo de aprendizaje del Desarrollo de Clientes [68].

El enfoque de la metodología de Desarrollo de Clientes es el de un proceso empírico e iterativo, basado en las catorce reglas que constituyen su manifiesto [68]. En la Tabla 8 se recogen las reglas de esta metodología.

ID	Reglas de la metodología Desarrollo de Clientes [68]
R1	No hay hechos dentro del edificio, por tanto, hay que salir a la calle.
R2	Unir desarrollo de clientes con desarrollo ágil.
R3	El fracaso es una parte integral de la búsqueda.
R4	Hacer iteraciones y pivotes continuos.
R5	Un plan de negocio no sobrevive al primer contacto con los clientes por lo que es necesario utilizar un lienzo de modelo de negocio [69].
R6	Diseñar experimentos y probar para validar las hipótesis (ver Figura 11).
R7	Elegir el tipo de mercado. Lo cambia todo.
R8	Las métricas de una <i>startup</i> son diferentes a las de una empresa consolidada.
R9	Tomar decisiones rápidamente, reducir los tiempos y aumentar la velocidad y el ritmo.
R10	Hablamos de pasión.
R11	Los puestos de trabajos en una <i>startup</i> son muy diferentes de los de una gran empresa.
R12	Conservar todo el dinero hasta que sea necesario. Después, gastar.
R13	Comunicar y compartir lo aprendido.
R14	El éxito del desarrollo de clientes comienza creyéndoselo.

Tabla 8. Reglas de la metodología Desarrollo de Clientes [68].

En cuanto al origen *lean* del modelo Lean Startup, Eric Ries se inspira en los principios del pensamiento *lean* derivados de los fundamentos del TPS, tales como la creación de valor, la eliminación de desperdicio, la producción justo a tiempo y la aceleración del tiempo del ciclo, entre otros. El principio fundamental del pensamiento *lean* es identificar y eliminar el desperdicio del proceso de creación de un producto respecto al valor que aporta al cliente [70]. Por tanto, el concepto clave del pensamiento *lean* es la gestión de la relación entre el valor añadido y el no añadido, entendiendo este último como todo aquello por lo que un cliente no estaría dispuesto a pagar y que se consideraría desperdicio en el proceso [71]. En este sentido, uno de los enfoques del pensamiento *lean* es orientar el proceso a maximizar los resultados con el menor coste [71]. Por esta razón, la aplicación de los principios inherentes al pensamiento *lean* aumentan la productividad, reduciendo la tasa de error, el tiempo de entrega y los costes [72]. Para algunos autores, además, el concepto *lean* es el resultado de un proceso continuo de aprendizaje y mejora tanto de la eficiencia del proceso como de la calidad del producto [63], [73]. En la Tabla 9 se relacionan, por orden cronológico, los modelos derivados de la filosofía del TPS que se han extrapolado a otras actividades e industrias, siendo Lean Startup uno de ellos.

Modelo	Año	Autor	Alcance
Lean Manufacturing	1990	Womack et al. [66]	Productos manufacturados
Lean Thinking	1996	Womack et al. [67]	Entorno académico [71]
Lean Software Development	2003	Poppendieck et al. [74]	Desarrollo de software
Lean Startup	2011	Eric Ries [63]	Productos innovadores
Lean UX	2013	Gothelf et al. [75]	Experiencia de usuario

Tabla 9. Modelos derivados del Sistema de Producción Toyota.

Lean Startup es un método creado por y para el emprendimiento, basado en el pensamiento *lean*, en el descubrimiento del cliente y en la experimentación. En la Tabla 10 se recogen los cinco principios del método Lean Startup [63]. El reto para un emprendedor es crear nuevos productos en condiciones de extrema incertidumbre. Por ello, la función más importante del método es el aprendizaje para saber que está funcionando y que no está funcionando en la estrategia del producto, así como para conocer que esperan realmente los usuarios y descubrir si lo que se está haciendo encaja con sus expectativas. El aprendizaje facilita la construcción de un modelo de negocio sostenible.

ID.	Principio	Idea subyacente
P1	Los emprendedores están en todas partes	Un emprendedor es todo el que trabaje para crear nuevos productos y servicios en un contexto de incertidumbre extrema.
P2	El espíritu emprendedor es <i>management</i>	Una empresa de nueva creación en circunstancias de incertidumbre extrema requiere un nuevo tipo de gestión específica.
P3	Aprendizaje validado	Uno de los propósitos del método es aprender a crear negocios sostenibles siguiendo un método científico, mediante la realización de experimentos frecuentes que permitan al emprendedor probar los elementos de su idea.
P4	Crear-Medir-Aprender	La principal actividad del método es convertir las ideas en productos, medir la reacción de los usuarios y aprender cuando pivotar o perseverar. La clave del éxito es acelerar este circuito de retroalimentación.
P5	Contabilidad de la innovación	Centrarse en medir el progreso, establecer hitos y priorizar tareas.

Tabla 10. Principios Lean Startup [63].

Para Eric Ries el aprendizaje validado es el resultado de un proceso iterativo y empírico que ayuda a descubrir información valiosa para el avance del negocio. El aprendizaje es la unidad esencial para medir el progreso del producto. El aprendizaje validado está respaldado por datos empíricos que se obtienen de usuarios reales a través del ciclo de retroalimentación crear-medir-aprender. Como se observa en la Figura 12, el proceso Lean Startup parte de una idea de negocio en forma de hipótesis que hay que probar con usuarios reales. Para ello, se crea un mínimo producto viable (en adelante, MVP) que permita probar dichas asunciones y aprender de la retroalimentación del usuario.

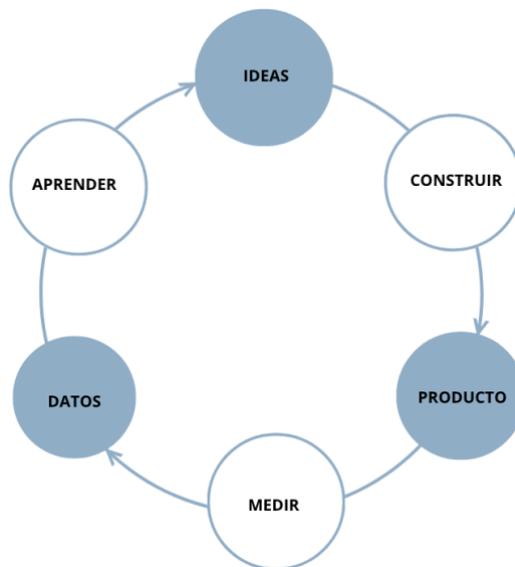


Figura 12. Ciclo Lean Startup.

Como se observa en la Figura 13, la clave del éxito del modelo Lean Startup y el objetivo final de su proceso es acelerar el ciclo de retroalimentación crear-medir-aprender. Una técnica para acelerar este ciclo es aplicar el principio *lean* de lotes pequeños con el fin de crear rápido, medir rápido y aprender rápido sobre el encaje del producto en el mercado.

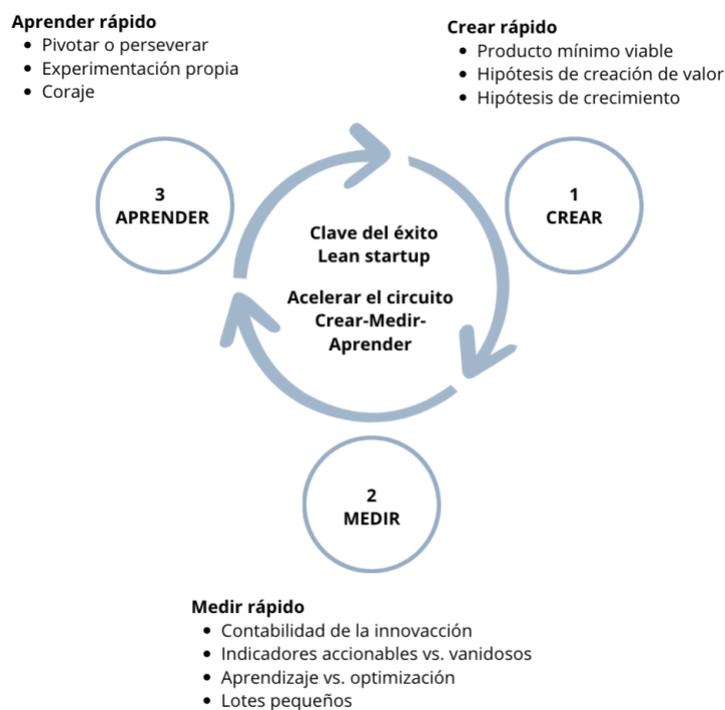


Figura 13. Clave del éxito Lean Startup: acelerar el ciclo de retroalimentación.

2.5. Lean UX

Gothelf y Seiden presentan Lean UX en 2013, *“Lean UX: Applying lean principles to improve user Experience”* [75]. Así como Lean Startup es el resultado de aplicar el pensamiento *lean* al proceso de innovación [63] (ref.libroLS), Lean UX es el resultado de aplicar los principios *lean* a la mejora de la experiencia de usuario [75]. Según sus creadores, los métodos *lean* son métodos empíricos de aprendizaje, que entienden la experimentación como un aprendizaje validado con usuarios reales. El objetivo es probar una hipótesis de éxito en el menor tiempo posible. Por otro lado, los métodos *lean* asumen el principio rector del pensamiento *lean* de maximizar el valor aportado por el producto minimizando el desperdicio en su creación. La clave del éxito, tanto del proceso Lean Startup como del proceso Lean UX, es acelerar el ciclo de retroalimentación con el usuario para aprender cuanto antes, con el fin de reducir el riesgo de producir algo que no satisfaga sus expectativas. En este sentido, los marcos de desarrollo ágil de software los complementan ya que se han usado sistemáticamente para **reducir el ciclo de desarrollo** del producto, aportando entregas tempranas a un **ritmo constante y frecuente**.

Lean UX es un marco de diseño fundamentalmente empírico y colaborativo que persigue la mejora de la experiencia de usuario aplicando los principios *lean*, poniendo el foco en tres aspectos. El primero, relacionado con la eliminación del desperdicio en el proceso de diseño de la experiencia de usuario. El segundo, relacionado con la colaboración funcional de todas las partes implicadas e interesadas en el producto. Por último, el tercero, relacionado con la experimentación y la evaluación de los resultados obtenidos para aprender lo más pronto posible si el producto cumple o no con las expectativas del usuario, así como en qué medida lo hace.

El marco Lean UX se basa en 3 pilares: Lean Startup [63], Design Thinking [76] (ref.18) y el desarrollo ágil de software [31] (ref.19-agile manifesto y ref.21-scrum, este no). Según sus autores, Lean UX se fundamenta en Lean Startup en cuanto a la experimentación, la rápida iteración de ideas y el uso de procesos incrementales. De Design Thinking, Lean UX toma su enfoque centrado en soluciones, el trabajo colaborativo, las iteraciones perfectivas sobre el producto, los métodos específicos para la generación de ideas, la creación de prototipos, la implementación y el aprendizaje. En relación con el desarrollo ágil de software, Lean UX se apoya en el valor que aporta el incremento del producto, en el aprendizaje que se obtiene de las entregas para ajustar el producto y en la entrega temprana y continua de los incrementos del producto.

En la Tabla 11 se recogen los principios Lean UX, contemplados por Gothelf y Seiden en su libro *“Lean UX: Designing great products with agile teams”* [77], publicado en 2021. En

este libro, además de clasificar los principios por el objeto que rigen, también se añaden 5 principios más a los 15 originales [75].

Objeto que guían	Principios Lean UX	Origen (*)
Organización de los equipos	Equipos multifuncionales	1
	Equipos pequeños, dedicados y ubicados	1
	Equipos autosuficientes y empoderados	2
	Equipos enfocados en el problema	1
Cultura de equipo	Pasar de la duda a la certeza	2
	Foco en el resultado, no en la entrega	1
	Eliminar desperdicio	1
	Entendimiento compartido	1
	No estrellas, ni gurús, ni ninjas	1
	Permiso para fallar	1
Proceso de diseño	No hacer la misma cosa más rápido	2
	Cuidado con las fases	2
	La iteración es la clave de la agilidad	2
	Trabajar en pequeños lotes para mitigar el riesgo	1
	Abraza el descubrimiento continuo	1
	Sal del edificio	1
	Externaliza tu trabajo	1
	Hacer por encima de analizar	1
	Sal de negocios entregables	1
(*) 1: Originales en [75]; 2: Añadidos en [77]		

Tabla 11. Principios Lean UX [75], [77].

El proceso Lean UX es un proceso experimental que cambia el enfoque de los proyectos tradicionales dirigidos por requisitos y por entregas. En Lean UX se sustituyen los

requisitos por suposiciones y las entregas por resultados. El objetivo del proceso Lean UX es producir un resultado para validar un supuesto comprobable, una hipótesis. Por tanto, el primer paso del proceso Lean UX es declarar las suposiciones haciéndolas explícitas y no asumiéndolas en ningún momento como hechos probados.

Como se puede observar en la Figura 14, el proceso Lean UX es iterativo e incremental y se desarrolla en cuatro etapas. En la primera fase, se declaran los supuestos para crear la hipótesis de trabajo. A continuación, en la segunda fase, se crea un MVP que permita validar los supuestos. Seguidamente, en la tercera fase, se ejecuta un experimento para validar el MVP y probar la hipótesis. Por último, en la cuarta fase, se recibe retroalimentación y se investiga para decidir como continuar. El objetivo es recorrer el ciclo con la mayor frecuencia posible para ir perfeccionando el producto en cada iteración.

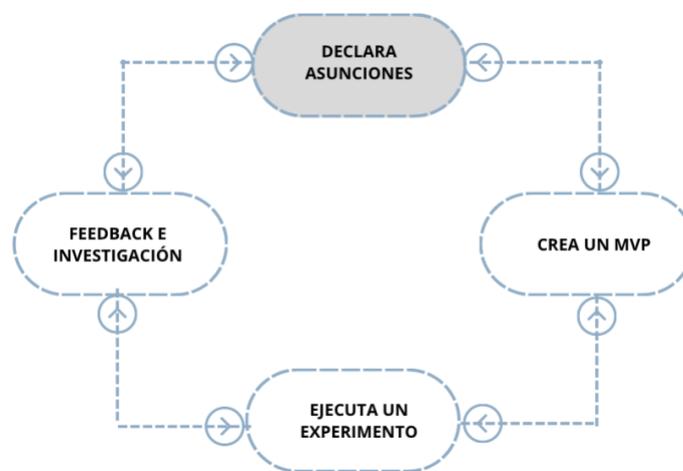


Figura 14. Proceso Lean UX.

A continuación, se describe el detalle de cada una de las fases del proceso Lean UX:

- **Declarar suposiciones.** Se trata de la etapa inicial del método Lean UX que se desarrolla en 4 pasos: (a) suposición, (b) hipótesis, (c) persona, (d) función. Se declaran las suposiciones en función de las necesidades detectadas. Estas suposiciones son la referencia de partida para diseñar producto. Las suposiciones se transforman en hipótesis que luego se validarán con un MVP. La hipótesis es la base para recrear la persona que representa al usuario del sistema (proto-persona). Una vez definido el arquetipo de usuario, se determinan las funciones que se incluirán en el prototipo. A continuación, se detalla en que consiste cada uno de los pasos de esta primera etapa del modelo Lean UX:

- (a) Suposición (o planteamiento del problema). Recopilación de las necesidades o problemas que tiene el usuario y de las posibles soluciones que respondan a sus expectativas.
- (b) Hipótesis. Declaración del supuesto como verdadero en función de comentarios posibles de los usuarios (ver formato de hipótesis en Figura 15). Se elabora en base a los supuestos y se comprueba en la etapa de retroalimentación e investigación.

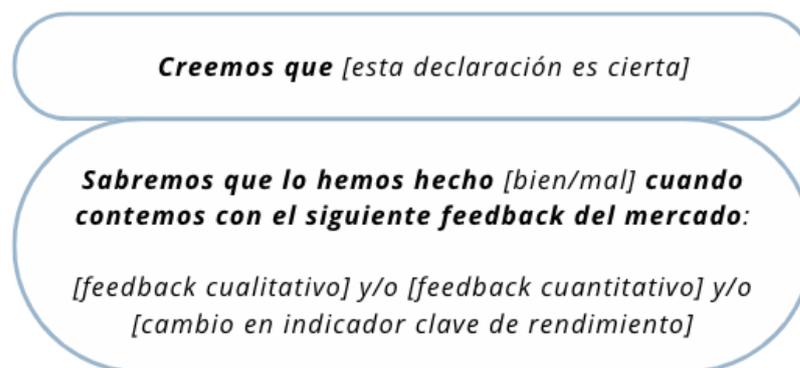


Figura 15. Formato de hipótesis Lean UX propuesto por Gothelf et al. [75].

- (c) Proto-persona. Modelo representativo del usuario que va a utilizar el producto. Descripción de los futuros usuarios del producto. Se obtiene en base a las suposiciones.
- (d) Funciones (o análisis de funciones o análisis de tareas). Descripción de las funciones y flujos del sistema. Se crean a partir de los datos de la proto-persona y los requisitos recogidos de las partes interesadas e incluso de los datos recopilados mediante el método análisis de la competencia. Resultado: funciones y tareas.
- **Crear un MVP.** Se construye el elemento más simple que permita comprobar las suposiciones. Con el MVP se realizan experimentos para validar si la hipótesis de partida es correcta y si se puede seguir trabajando en la misma dirección o se debe perfeccionar o se debe abandonar. Se trata de un elemento de aprendizaje, por lo que lo primero que se plantea en su construcción es que se quiere aprender con él.
 - **Ejecutar un experimento.** Se realizan experimentos sobre el MVP creado para garantizar que el prototipo funciona bien y sin errores. Los experimentos se realizan probando el prototipo de forma independiente y comprobando si cumple las expectativas del usuario. Normalmente es una prueba interna que consiste en una demo y una vista previa, seguida de un sondeo retrospectivo que aportará sugerencias de mejora para la próxima iteración del prototipo.

- **Retroalimentación e investigación.** Se valida la hipótesis. Se valida el MVP con usuarios reales o potenciales, mediante pruebas de usabilidad. Los participantes prueban el prototipo, normalmente se usa el método pensamiento en voz alta y un sondeo retrospectivo para recabar aportaciones y sugerencias. Se analiza el comportamiento de las métricas tanto verbales como no verbales. El resultado se ofrece en forma de tasa de éxito en la realización de tareas y de los comentarios. En función a los resultados de la retroalimentación obtenida y de la investigación realizada se identifican las aportaciones del usuario que se utilizarán como base para mejorar el prototipo en la siguiente iteración. De esta fase pueden resultar ajustes de funcionalidad y/o de diseño.

El proceso iterativo Lean UX ayuda a mejorar la experiencia de usuario, a través de ciclos rápidos de aprendizaje en los que la colaboración y la retroalimentación de todas las partes implicadas es determinante para garantizar la eficiencia del proceso, la calidad del producto y la satisfacción del usuario.

2.6. Design Thinking

Design Thinking es un método de diseño desarrollado por la Universidad de Stanford y popularizado por IDEO [78]. El método se centra en la forma en que los diseñadores resuelven el problema, más que en el objeto que crean. En este sentido, el concepto de diseño en Design Thinking excede del alcance tradicional del diseño de productos. Por ejemplo, los *design thinkers* (practicantes de Design Thinking) buscan empatizar con el usuario final, redefinir el problema, generar múltiples opciones y desarrollar prototipos [78]. Algunos autores plantean Design Thinking como un buen método para la innovación [79], [2], con un enfoque centrado en el usuario [80] que enfatiza la comprensión de las necesidades del usuario [81] priorizando la generación de empatía, la observación de su comportamiento y la identificación de lo que espera [82].

Por su parte, Tim Brown, fundador de IDEO y autor del libro *“Change by design, revise and updated: how design thinking transforms organizations and inspires innovation”* [76], define Design Thinking como una disciplina que emplea la sensibilidad y métodos de los diseñadores para garantizar el alineamiento entre las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible y con una estrategia de negocio viable, creando valor para el cliente y una oportunidad de mercado importante. En la Figura 16 se muestra como esta definición de Design Thinking ha inspirado la visión de innovación de algunos autores [83].

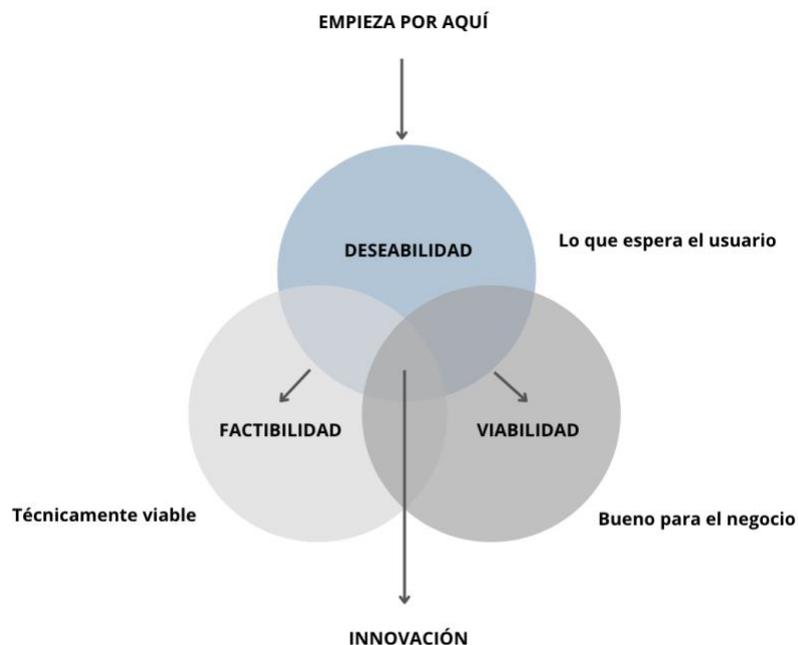


Figura 16. Definición de innovación [83].

En la práctica, Design Thinking se desarrolla a través de un proceso continuo de pensamiento divergente y convergente [76], [84], [81]. Como se muestra en la Figura 17, el pensamiento divergente facilita la creación de múltiples y variadas opciones para resolver un problema y el pensamiento convergente insta a tomar decisiones en cuanto a elegir la mejor opción para solucionar el problema.

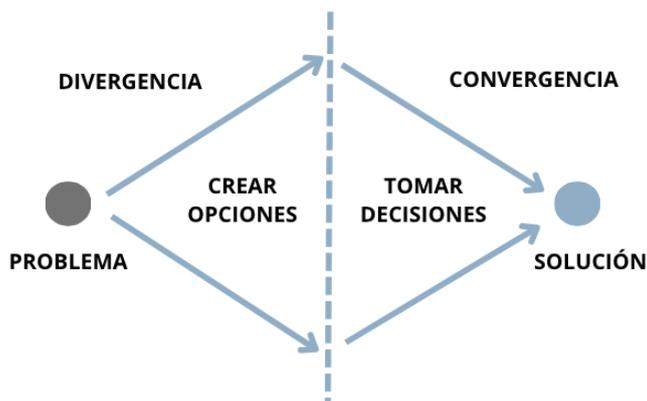


Figura 17. Pensamiento divergente – pensamiento convergente.

Este proceso continuo se materializa en diferentes etapas, no existiendo un modelo de DT único. Según un estudio de Waidelich et al. [78], el número de etapas de DT puede oscilar entre 3 y 7, dependiendo de los autores y de su aplicación práctica. No obstante, las etapas más mencionadas según este estudio son las de ideación y prototipado, seguidas por las de prueba, definición y comprensión. En un estudio posterior, Micheli et al. [85] determinan que los modelos de DT más influyentes en la literatura son el de IDEO, el de la Escuela de Diseño de Stanford y el de IBM. En la Tabla 12 se muestran las etapas establecidas en cada uno de estos modelos.

Modelo	Alcance
Escuela de Diseño de Stanford	Empatía, definir, idear, prototipar, probar
IDEO	Inspiración, ideación, implementación
IBM	Comprender, explorar, crear prototipos, evaluar

Tabla 12. Modelos de Design Thinking más influyentes según [85].

En la Figura 18 se representa la aplicación del proceso continuo de pensamiento divergente y convergente a las cinco fases del modelo original de DT, el propuesto por la Escuela de Diseño de Stanford. Por su naturaleza, el proceso Design Thinking es iterativo, no es lineal, pudiendo cambiar el orden de sus etapas en función del contexto del problema y de la observación realizada o de la retroalimentación del usuario a lo largo del proceso [86] – Park et al.

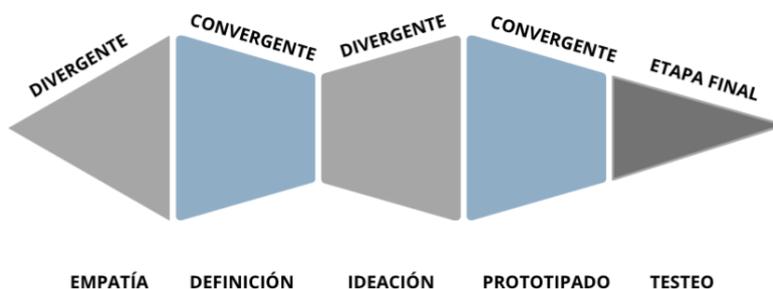


Figura 18. El proceso Design Thinking según la Escuela de Diseño de Stanford.

Ximenes et al. [87], aplican este modelo de DT con un propósito claro en cada una de sus fases. Empatizar con el usuario, para comprender sus necesidades. Definir el problema a

resolver, para alinear al equipo en torno a las necesidades del usuario. Idear múltiples y variadas opciones que puedan solucionar el problema. Prototipar la mejor opción que resuelva el problema. Probar el prototipo con los usuarios, para validar la propuesta, identificar mejoras y evolucionar la solución.

Por su parte, para Park et al. [86], la etapa de empatía es la clave del proceso para comprender las necesidades del usuario, sus motivaciones, emociones y experiencias en su propio contexto, mediante observaciones y/o entrevistas. El objetivo de la etapa de definición es identificar los problemas relevantes a partir del conocimiento adquirido al analizar la información recopilada en la etapa de empatía. La etapa de ideación es la etapa creativa del proceso, en la que se generan múltiples alternativas de solución, mediante lluvia de ideas y herramientas de visualización. La etapa de prototipado es la parte experimental del proceso en la que se investiga qué funciona y que no, mediante versiones reducidas de la solución. Por último, en la etapa de pruebas, se valida el prototipo con usuarios reales que ofrecen comentarios sobre su satisfacción o no con la solución propuesta, siendo esta otra oportunidad para comprender las necesidades del usuario y mejorar la solución.

Mitcheli et al. [85] destacan que Design Thinking identifica la empatía como el principal medio para centrarse en el usuario. Design Thinking entiende la empatía como tomar la perspectiva de otro. Por ejemplo, identificar sus comportamientos, deseos y necesidades tanto físicas como emocionales con el fin de comprender lo que ese otro considera relevante. Los *design thinkers* son empáticos por definición, teniendo la capacidad de observar el mundo desde múltiples perspectivas y de imaginar múltiples soluciones. Por otra parte, Design Thinking se caracteriza por la experimentación y las pruebas continuas a medida que se van concretando las ideas y los usuarios van participando en el desarrollo y evaluación del prototipo. Además, en su estudio recopilan las herramientas y métodos más utilizados en Design Thinking, así como los principales atributos de Design Thinking identificados en la literatura.

A continuación, se relacionan las herramientas y los métodos más comunes identificados en la literatura asociados a la práctica de Design Thinking por Mitcheli et al. [85]:

- Métodos etnográficos, como la observación y la entrevista.
- Herramientas de representación, como la técnica de persona y el mapa del viaje. La técnica de personas representa un arquetipo de patrón de usuario para que el diseñador pueda empatizar. El mapa del viaje representa el proceso de la experiencia del usuario, poniendo el foco tanto en lo que se encuentra como en su respuesta emocional ante la experiencia.

- La lluvia de ideas y el mapa mental, fundamentales en la fase de ideación. La lluvia de ideas como proceso de creación colaborativo para potenciar la generación de nuevas soluciones que a nivel individual podrían no ser propuestas. El mapa mental como técnica colaborativa para crear un entendimiento común del equipo a partir de los datos extraídos de los métodos etnográficos.
- Técnicas de visualización a través de dibujos e imágenes para facilitar el intercambio de conceptos y el aprendizaje continuo, aclarando la conceptualización de la idea y facilitando la retroalimentación.
- La narración de historias, como una técnica de visualización para mejorar la capacidad imaginativa de los responsables de tomar decisiones.
- El prototipo para concretar y poder probar conceptos derivados de las ideas.
- El experimento de campo para y fomentar la participación del usuario en el desarrollo o en la evaluación del prototipo.

En la Tabla 13 se muestran los 10 atributos más frecuentes usados en la práctica de Design Thinking. Pese a no ser atributos nuevos en la literatura, Design Thinking contextualiza cada uno de ellos y los combina para producir resultados que individualmente no conseguirían [85].

Nº	Atributos frecuentes en Design Thinking
1	Creatividad e innovación.
2	Centrado en el usuario y en su participación.
3	Resolución de problemas.
4	Iteración y experimentación.
5	Colaboración interdisciplinaria.
6	Habilidad para visualizar.
7	Enfoque holístico de la experiencia.
8	Razonamiento abductivo.
9	Tolerancia a la ambigüedad y al fracaso.
10	Combinación de racionalidad e intuición.

Tabla 13. Atributos más frecuentes usados en Design Thinking [85].

Capítulo 3. Agilidad más allá del desarrollo de software

A pesar de que la máxima prioridad del desarrollo ágil de software es la satisfacción del cliente [53], **los marcos ágiles se focalizan en la implementación y la entrega temprana del producto, no en su concepción ni en su descubrimiento** [2]. Por esta razón y con el fin de maximizar tanto la satisfacción del cliente como el encaje del producto en el mercado, los marcos ágiles se complementan con otros marcos más orientados a la experiencia de usuario y a la creación de valor [79].

En los siguientes apartados de este capítulo se introduce la aplicación de la agilidad en otras actividades del ciclo de vida del producto más allá del desarrollo de software. En concreto, se presenta la integración de los marcos ágiles con el diseño de la experiencia de usuario y con procesos de innovación, así como su aplicación en la gestión de proyectos.

3.1. Agilidad y experiencia de usuario

En el diseño y desarrollo de productos tan importante es que el producto sea útil como que proporcione una buena experiencia al usuario. Kikitamara et al. consideran la experiencia de usuario como un enfoque más de la interacción humano-computador (HCI) [88]. La Organización Internacional de Normalización (ISO) define la experiencia de usuario como la percepción que se tiene del uso de un producto o las emociones que despierta su uso [89]. Por su parte, Mimig et al. realizan un análisis formal de la definición de la experiencia de usuario para profundizar en su comprensión [90].

El propósito final de la experiencia de usuario es que los usuarios se sientan satisfechos con el uso de un producto de calidad, atractivo y fácil de entender [91]. Las prácticas ágiles son una buena forma de organizar y garantizar la calidad del desarrollo de software, pero no facilitan el diseño de soluciones en general ni de interacciones con el usuario en particular [92]. La integración de los marcos ágiles con marcos de diseño centrados en el usuario es un primer paso para desarrollar un producto que satisfaga las expectativas del usuario [93].

3.1.1. Diseño de la experiencia de usuario

El origen del diseño de la experiencia de usuario (UXD) está en los principios del diseño centrado en el humano (HCD), [94], por lo que algunos autores señalan que a menudo, el diseño de la experiencia de usuario (UXD) se denomina diseño centrado en el usuario (UCD) [95]; [94]. Cook y Twidle [94] resumen los principios del diseño centrado en el humano en las siguientes acciones:

- Posicionar al usuario en el centro del proceso de diseño.
- Identificar aspectos relevantes del diseño para un grupo de usuarios objetivo.
- Desarrollo iterativo del diseño invitando al usuario a participar.
- Recoger evidencia de medidas concretas del usuario para evaluar el diseño.

El objetivo final del diseño de la experiencia de usuario es comprender las necesidades del usuario del producto y garantizar que se satisfagan [95]. **Comprender las necesidades de los usuarios es fundamental para la experiencia de usuario. Las organizaciones, además de entender las necesidades de los usuarios, también conviene que tengan en cuenta como mantener su compromiso a lo largo del tiempo. Para ello, los objetivos de la organización deben estar alineados con los de los intereses de los usuarios en todo momento, no solo al principio del proceso de creación del producto [96]. En este sentido, la retroalimentación continua y frecuente del usuario es clave para el éxito del producto [97].** Algunos estudios recientes señalan la importancia de involucrar al usuario en el proceso de creación del producto para diseñar una buena experiencia de usuario [91], [96]. En este sentido, la implicación del usuario es clave, inicialmente para entender sus necesidades y a lo largo del proceso con el fin de mantener su compromiso con el producto.

Las actividades correspondientes a un equipo de experiencia de usuario van desde la investigación de usuario hasta la evaluación del producto, pasando por el diseño para conceptualizar y materializar la idea [88]. Según Ibragimova et al. [98], el equipo de diseño de producto asume una variedad de actividades que se reparten entre los tres roles identificados en un equipo de experiencia de usuario:

- **Investigador de usuarios (*User Research*)**. Se encarga de identificar las necesidades del usuario y evalúa la usabilidad de los diseños.
- **Diseñador de la experiencia de usuario (*UX Designer*)**. Se encarga de reflejar las necesidades del usuario en esquemas antes de su implementación gráfica o de su codificación. El diseño de la UX transmite la visión y sensación general del producto.

- **Diseñador de la interfaz de usuario (UI Designer).** Crea los elementos de interacción con los usuarios para que la UI transmita visualmente las pautas del diseño de la experiencia. El diseño de la UI hace referencia a como se presenta el producto (no confundir con diseño de la experiencia de usuario).

En los últimos años, los procesos de investigación de la experiencia de usuario se han vuelto más ágiles y eficientes con el fin de adaptarse a los ciclos de producción cortos que demanda la industria [99].

3.1.2. Diseño ágil de la experiencia de usuario

La integración del desarrollo ágil de software y el diseño centrado en el usuario en un enfoque único (*Agile-UX*) es compleja [93], [97]. Ambas disciplinas sufren si no se integran adecuadamente [92]. Coordinar los esfuerzos entre los especialistas de experiencia de usuario y los desarrolladores es uno de los principales retos de su integración [100]. Cuando las tareas y los equipos no están integrados, la carga de trabajo de diseño inicial no está equilibrada y hay que gestionar la relación entre las actividades de los diseñadores y las de los desarrolladores. Esta situación suele dificultar la comunicación y poner en riesgo el diseño [100] pese a que ambos métodos (el desarrollo ágil de software y el diseño centrado en el usuario) enfatizan la colaboración entre el equipo de producto y el usuario [97].

Dos de las primeras autoras en relacionar la agilidad con la experiencia de usuario, estudiando un modelo productivo para la integración del desarrollo ágil de software con el diseño centrado en el usuario, son Lynn Miller [97] y Desirée Sy [101]. En sus estudios proponen fusionar ambos procesos mediante la ejecución de actividades de diseño y desarrollo en vías paralelas, aplicando la técnica Ciclo 0, también conocida como “*Sprint* cero” o “*Sprint* por etapas” [75]. La idea es que la actividad de diseño se lleve a cabo en una iteración por delante del desarrollo. El flujo de trabajo consiste en realizar y validar el diseño de la solución en la “iteración de diseño” para posteriormente continuar con su implementación en la “iteración de desarrollo”. Este modelo funciona si la colaboración entre equipos es ágil, es decir, si se da una comunicación efectiva que no genere flujos de trabajo basados en la entrega de documentación entre los diseñadores y los desarrolladores. En su caso, Lynn Miller [97] señala la importancia de conocer quiénes son los usuarios, cómo es su entorno y cuáles son sus necesidades para planificar y diseñar un producto con éxito, así como para mantener un contacto frecuente con los usuarios mientras se hace realidad el producto. Por su parte Desirée Sy [101] describe la aplicación del modelo con el fin de adaptar la investigación de la usabilidad en el diseño ágil centrado en el usuario (AUCD).

Chamberlain et al. usuario [102] realizan un estudio para investigar la aplicación conjunta de los marcos ágiles y el diseño centrado en el usuario con el propósito final de proponer un marco de trabajo que facilite su integración. De su estudio cabe destacar la comparación entre el desarrollo ágil y el diseño centrado en el usuario, así como los cuatro aspectos que influyen en su integración. En la Tabla 14 se muestra un resumen de la comparativa entre ambos métodos.

Similitudes	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso iterativo • Se basan en información empírica de ciclos anteriores • Se focalizan en la satisfacción del usuario • Fomentan su participación durante todo el proyecto • Enfatizan la importancia de la conexión del equipo 		
Diferencias	Aspecto	UCD	ASD
	Comunicación	Productos de diseño	Documentación mínima
	Priorización	Entender al usuario	Construir la solución

Tabla 14. Similitudes y diferencias UCD y ASD [102].

Chamberlain et al. destacan tres similitudes y dos diferencias entre el diseño centrado en el usuario y el desarrollo ágil de software. En cuanto a las tres similitudes, la primera es que ambos se basan en un proceso iterativo, experimental y basado en la información derivada del ciclo anterior. La segunda es que ambos se focalizan en la satisfacción del usuario y fomentan su participación durante todo el proyecto. La tercera es que ambos enfatizan la importancia de la conexión del equipo. En relación con las dos diferencias señaladas en su estudio, la primera está relacionada con la necesidad de usar ciertos productos de diseño para facilitar la comunicación entre el equipo de diseñadores y el equipo de desarrolladores, mientras que los marcos ágiles tienden a una documentación mínima. La segunda está relacionada con la priorización de las actividades: los marcos ágiles priorizan la codificación a la investigación de usuarios, sin embargo, el diseño centrado en el usuario promueve entender a los usuarios antes de construir la solución.

A continuación, se presentan los cuatro aspectos, identificados por Chamberlain et al., que influyen en la integración del desarrollo ágil y el diseño centrado en el usuario (UCD) [102]. En primer lugar, la participación de los usuarios, además de la necesidad de una investigación previa. En segundo lugar, la colaboración y la cultura de los equipos de diseño y desarrollo en cuanto a posibles conflictos de interés, estimaciones inexactas, requisitos que cambian e indisponibilidad de los diseñadores. En tercer lugar, la creación de prototipos en el sentido de que el ritmo de trabajo es diferente para los diseñadores y para los desarrolladores, lo cual repercute en la iteración del diseño o en la del desarrollo.

En cuarto y último lugar, el ciclo de vida del proyecto, en cuanto a la necesidad de realizar una investigación de usuario antes de proceder al desarrollo.

Salah et al. [103] también señalan en su estudio que las diferencias filosóficas entre ambos métodos sugieren que su integración es un desafío. Tal y como se observa en la Figura 19, algunas de estas diferencias afectan a diversos aspectos relacionados con la visión, la documentación, el foco, la evaluación y la cultura entre otros.

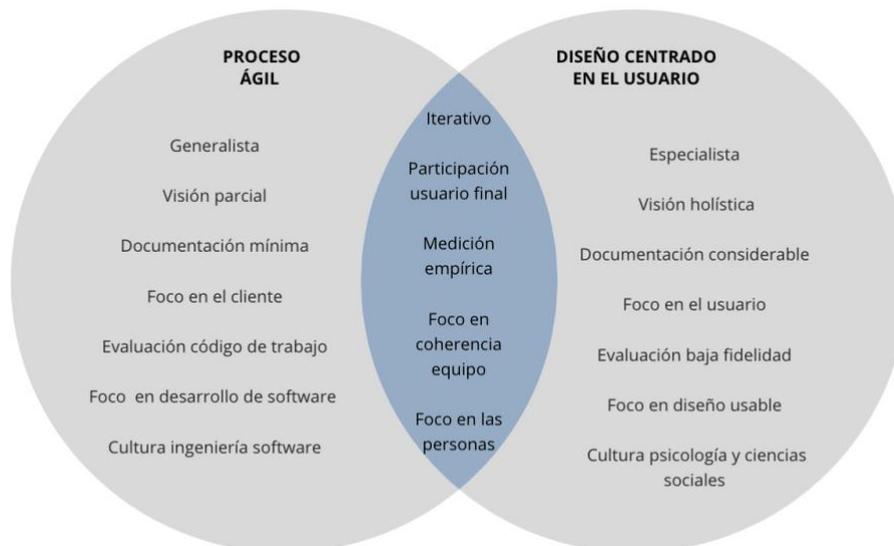


Figura 19. Diferencias y semejanzas entre el proceso ágil y UCD [103].

En su estudio, Salah et al. [103] ponen el foco en comprender las necesidades del usuario y presentan cinco patrones, orientados tanto al proceso como al equipo, que facilitan la integración del desarrollo ágil con el diseño centrado en el usuario. La Tabla 15 recoge estos patrones.

Nº	Patrones de integración ASD y UCD
1	Menos, es más.
2	Sesiones de pruebas de usabilidad junto con pruebas de desarrollo ágil.
3	¡Hazlo RITE! (Pruebas y evaluación iterativas rápidas)
4	Los desarrolladores como profesionales del diseño centrado en el usuario.
5	Los sitios web como documentación ligera.

Tabla 15. Patrones de integración ASD y UCD.

Según Salah et al. [103], el interés por la integración de UCD y ASD se debe principalmente a la ventaja que ofrece el UCD frente al ASD en cuanto a permitir a los desarrolladores comprender las necesidades de los usuarios, así como los objetivos y las actividades que el software proporcionará, algo que mejorará la usabilidad del producto y la satisfacción del usuario. Por otro lado, los métodos ágiles no incorporan explícitamente el desarrollo de un software usable en sus procesos. El diseño de la interacción, la usabilidad y el diseño de la interfaz de usuario no suele estar en el foco de un equipo de desarrollo, delegando la responsabilidad de la usabilidad del producto en el usuario.

Hokkanen et al. [84] presentan tres patrones para involucrar al usuario en el desarrollo de productos, con el fin de obtener una retroalimentación y aprendizaje significativos para validar si el producto resuelve un problema real a usuarios finales. Para ello consideran necesario contar con usuarios reales y obtener comentarios relevantes de su experiencia que permitan evaluar la validez de la idea a partir el mínimo producto viable desarrollado. A continuación, se describen los tres patrones:

- **Solamente usuarios reales.** El reto es identificar usuarios adecuados para tomar decisiones sobre la evolución del producto en función de la retroalimentación recibida. En la búsqueda de usuarios reales es importante no quedarse solo con usuarios entusiastas, familiares o amigos. Conviene encontrar y atraer a usuarios que tengan el problema real que la solución pretende resolver.
- **Retroalimentación de usuario relevante.** Una vez identificados los usuarios reales, el siguiente paso es asegurar que la retroalimentación recibida sea útil. Para ello, se propone aplicar métodos de investigación de usuario con el fin de comprender sus necesidades reales y su contexto de uso.
- **Prueba feliz de usuarios.** El objetivo de la prueba es medir lo que se ha construido en función de la retroalimentación del usuario y aprender de ello para mejorar el producto. En este punto, es importante asegurar el uso del producto para obtener una retroalimentación adecuada o para crear un buen registro de datos. Si el conjunto de funcionalidades de la versión no es el esperado por el usuario o la experiencia de uso del producto es pobre, existe el riesgo de que el usuario abandone el producto antes de dar una retroalimentación valiosa que garantice un aprendizaje validado. Otro aspecto a tener en cuenta es mantener el interés del usuario por el producto mientras este se mejora ya que el proceso de búsqueda de nuevos usuarios que prueben el producto lleva su tiempo y esfuerzo.

Kikitamara y Noviyanti [88] presentan un modelo conceptual para integrar el proceso de

la experiencia de usuario con el de la práctica de Scrum, desde la perspectiva de cómo trabaja el rol de diseñador de la experiencia de usuario en un equipo Scrum. En el estudio clasifican tres formas diferentes de integrar las actividades de diseño de la experiencia de usuario con las del equipo de desarrollo: en paralelo, dentro del *sprint* y Lean UX. En la primera, los equipos de diseño de UX y de desarrollo trabajan en paralelo, adoptando el modelo propuesto por Sy Desireé [101] para la integración del desarrollo ágil y el diseño centrado en el usuario. En la segunda, los diseñadores de UX trabajan dentro del *sprint* como miembros del equipo Scrum. En la tercera, los diseñadores de UX y los desarrolladores trabajan con un enfoque Lean UX, adoptando el modelo que Lassi et al. [104] han propuesto como la próxima generación del desarrollo ágil centrado en el usuario. A continuación, se describe cada uno de los tres enfoques de integración propuestos por Kikitamara y Noviyanti [88]:

1. **En paralelo.** Los diseñadores de UX trabajan en paralelo con los desarrolladores, con cierto decalaje que les permita sincronizar las tareas entre ellos. El decalaje suele ser de uno o dos *sprints* para que el equipo de UX pueda recopilar datos, analizarlos y proponer soluciones de diseño. Ambos equipos trabajan en pistas paralelas después de la reunión de planificación, llamada *Sprint 0*. En la Figura 20 se muestra un esquema de la integración de las actividades del equipo de experiencia e usuario y del equipo de desarrollo trabajado en dos pistas paralelas.

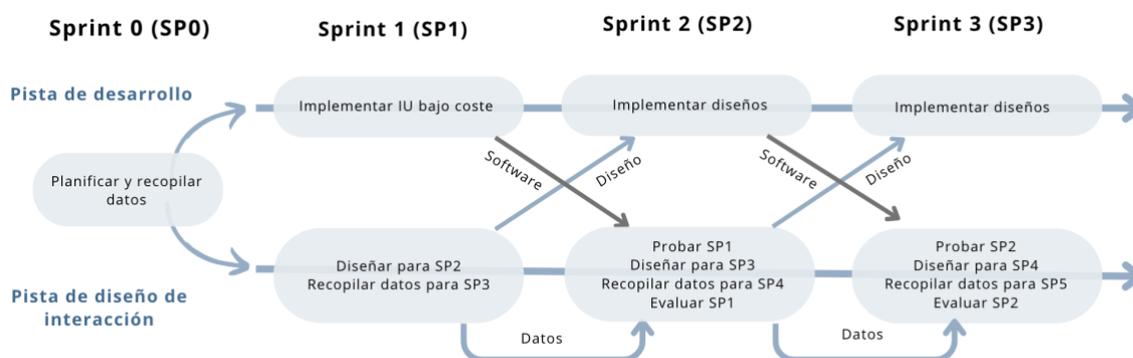


Figura 20. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque paralelo [88].

El principal desafío de este enfoque es la colaboración entre ambos equipos, así como una comunicación temprana, regular y efectiva entre sus miembros a la hora de sincronizar sus actividades. En la Tabla 16 se muestran las ventajas y desventajas de este enfoque recogidas en [88].

Ventajas	Los diseñadores pueden centrarse en las excepciones antes de hacer el mejor diseño la primera vez.
	Mejora la planificación del diseño.
	Mejora la participación del diseño en el proceso.
	Mejora la propuesta para satisfacer al usuario.
Desventajas	Visión desigual del problema debido a que los diseñadores y los desarrolladores no trabajan en un solo equipo.
	Autoexclusión de los diseñadores de alguna reunión.
	Malentendidos causados por falta de comunicación.
	Olvidar solucionar problemas detectados en las pruebas de iteraciones anteriores.

Tabla 16. Ventajas y desventajas integración de UX con SCRUM en paralelo [88].

2. **Dentro del *sprint*.** Los diseñadores de UX trabajan dentro del mismo *sprint* que los desarrolladores, realizando distintas tareas dependiendo del *sprint* que se esté ejecutando. En este sentido puede colaborar con el propietario del producto para alimentar la pila del producto o puede colabora con el equipo de desarrollo para crear el prototipo para el próximo *sprint*. Otra tarea específica de su rol a realizar dentro del *sprint* es evaluar la UX del producto. En la Figura 21 se muestra la integración de las actividades específicas del equipo de experiencia de usuario y las del equipo de desarrollo trabajando dentro del mismo *sprint*.

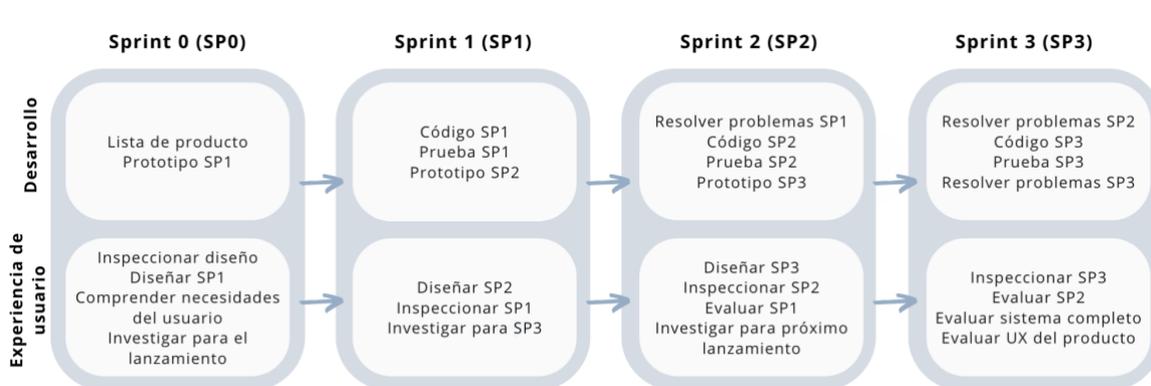


Figura 21. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque dentro del *sprint* [88].

Uno de los aspectos más relevantes de este enfoque es definir la visión estratégica del producto, con todos los implicados en el producto, antes de empezar su proceso de diseño y desarrollo. El principal desafío de este enfoque es mantener la visión del producto durante el progreso del *sprint*, ya que la naturaleza del marco ágil acepta que los requisitos cambien. Otro desafío sigue estando, al igual que en el enfoque en paralelo, a nivel de colaboración.

3. **Lean UX.** Los diseñadores de UX y los desarrolladores trabajan con un enfoque Lean UX. En este caso, en la planificación del *sprint* se contempla el diseño y la participación del usuario en el diseño, mientras que la evaluación de la solución por parte del usuario se realizará en el tramo final del *sprint* con el fin de que su retroalimentación mejore el diseño anterior. De este modo, se podrá minimizar el riesgo de desarrollar algo que no satisfaga las necesidades del usuario. En este enfoque, el equipo se focalizará más en el resultado que en la entrega. La idea es construir algo pequeño cuanto antes con el fin de probarlo cuanto antes con el usuario para empezar a aprender cuanto antes y poder de tomar decisiones respecto a la evolución del producto en función de la retroalimentación del usuario final. En la Figura 22 se muestra la integración de las actividades del equipo de experiencia de usuario y las del equipo de desarrollo trabajando con un enfoque Lean UX.



Figura 22. Integración UX y desarrollo ágil: enfoque Lean UX [88].

En un equipo Lean UX, el diseñador de UX participará en cuatro actividades principales. La primera, en el diseño, para la creación de la hipótesis resultante de una

discusión colaborativa sobre los objetivos, los impedimentos y las peticiones de mejora. También participará en el desarrollo, para la creación de un mínimo producto viable en forma de prototipo, que permita validar la hipótesis. Otra de las tareas en la que estará implicado será en las pruebas de evaluación de prototipo por parte del usuario para observarle y recoger su retroalimentación. Por último, participará en la mejora del diseño de la solución en función del análisis que haga de la experiencia del usuario. Lean UX pone el foco en la retroalimentación frecuente del usuario para mejorar el producto.

3.1.3. Manifiesto Lean UX

Dado que el Manifiesto Ágil [31] se crea por y para desarrolladores, surge la necesidad de adaptarlo al campo del diseño para crear experiencias satisfactorias para el usuario final. Por esta razón y a partir de las aportaciones realizadas por la comunidad Lean UX, en 2014 se declara el Manifiesto Lean UX [105], que será referenciado en algunos estudios posteriores [106], [98], [104], [107]. En la Tabla 17 se recogen los seis principios que describen la forma de trabajar Lean UX.

Nº	Manifiesto Lean UX
1	“Validación temprana del cliente sobre lanzamiento de productos con valor desconocido para el usuario final”
2	“Diseño multifuncional colaborativo sobre diseño en una isla”
3	“Revolver problemas de usuarios sobre diseño de la próxima función ‘genial’”
4	“Medición de KPI sobre métricas de éxito no definidas”
5	“Aplicar herramientas adecuadas sobre seguir un plan rígido”
6	“Diseño ágil sobre estructuras, composiciones o especificaciones pesadas”

Tabla 17. Manifiesto Lean UX [105].

3.2. Agilidad e innovación

El software por sí solo no tiene valor intrínseco [108], aporta valor cuando va asociado a la entrega de un producto o un servicio. En este sentido, el desarrollo de software se considera un subconjunto del desarrollo de productos [108]. No obstante, y a pesar de los beneficios de la integración del desarrollo ágil de software (ASD) y del diseño centrado

en el usuario (UCD), algunos aspectos como la participación del usuario y el encaje del producto en el mercado siguen sin estar resueltos [3].

Con el fin de resolver estas carencias, han surgido diferentes modelos ágiles centrados en la innovación como Nordstrom [83], Converger [87] o InnoDev [109] o Lean UX [75], que priorizan identificar y resolver el problema que realmente tiene el usuario antes que cerrar el alcance del proyecto [3] y, por tanto, antes de cerrar su planificación. Estos modelos combinan la integración del diseño centrado en el usuario y el desarrollo ágil con marcos de innovación focalizados en la creación de **soluciones valiosas para el usuario**. Uno de esos marcos es Design Thinking [76], un marco de diseño de productos orientado a la innovación disruptiva en mercados saturados. El otro marco de innovación es Lean Startup [63], un marco de gestión del emprendimiento orientado a la innovación continua en empresas emergentes. En todos estos modelos, los marcos ágiles son clave para agilizar la innovación y el aprendizaje [110], ya que facilitan la generación de ideas, acelerar el ciclo de producción y la adaptación continua de la solución ante cambios de contexto no previstos inicialmente. La ventaja de usar un marco ágil en el desarrollo de productos altamente innovadores es la flexibilidad del proceso y la velocidad de cada iteración.

El modelo Nordstrom (*Discovery by DesignTM*) [83] es un modelo ágil de innovación basado en el diseño, que integra múltiples enfoques de innovación basados en Design Thinking, Lean Startup y *agile* y *lean*. Los tres enfoques se basan en un proceso empírico e iterativo, se centran en satisfacer las necesidades del usuario y ponen el foco en agilizar la creación de prototipos y las pruebas. Por su parte, Design Thinking ofrece una hoja de ruta hacia soluciones creativas centradas en el ser humano. El reto es entender mundo a través de la mirada del usuario, descubrir sus necesidades y generar soluciones innovadoras deseables, factibles y viables. El marco Lean Startup se centra en construir lo adecuado para el usuario y proporciona un proceso de aprendizaje validado a través de ciclo construir-medir-aprender, de la entrega continua y de la contabilidad de la innovación. En cuanto a la aportación de *agile* y *lean* al modelo, optimizan y aceleran el proceso, de modo que una vez se sabe que hay que construir, se construye de forma ágil, trabajando en parejas, probando y desarrollando de forma iterativa. Además, *lean* recuerda que se debe visualizar el trabajo y reducir la duración del ciclo. Como se observa en la Figura 23, el proceso se inicia aplicando Design Thinking para definir los retos planteados desde el punto de vista del usuario e idear y prototipar de manera rápida múltiples soluciones. Una vez que la idea se ha prototipado y testado repetidas veces, se aplica el ciclo Lean Startup para crear un mínimo producto viable con un conjunto de funcionalidades suficiente que permita validar o refutar las principales hipótesis de trabajo.



Figura 23. Proceso de innovación Nordstrom [83].

El modelo Converger [87] es un modelo ágil que facilita la producción de software centrado en el usuario y una innovación sostenible mediante el desarrollo de la empatía con los usuarios. El modelo está basado en la integración del desarrollo ágil, Lean Startup y Design Thinking y es aplicable en equipos de desarrollo que necesitan producir soluciones creativas en contextos de problemas complejos o no definidos. La agilidad proporciona al modelo un marco para gestionar el desarrollo y la implementación de software funcionalidad a funcionalidad. Por su parte, Lean Startup facilita en el modelo el aprendizaje validado de las hipótesis declaradas para resolver problemas poco claros. Y Design Thinking aporta al modelo la capacidad de comprender al usuario, sus limitaciones y necesidades, así como el proponer soluciones creativas no necesariamente técnicas.

El modelo InnoDev [109] es un proceso de desarrollo en tres fases que combina prácticas de Design Thinking, Scrum y Lean Startup. El proceso se inicia con la fase de Design Thinking en la que se aplica Design Thinking para explorar problemas y soluciones con el fin de definir una visión de producto que resuelva al menos uno de los problemas identificados. La segunda fase es la de desarrollo inicial en la que se refina la visión del producto definida en la fase anterior y se desarrolla un mínimo producto viable en forma de prototipo para probar el concepto. En la fase final de desarrollo, se prueba el mínimo producto viable que evolucionará en función del concepto original o de la retroalimentación obtenida durante el ciclo de construir-medir-aprender. En esta fase se llevan a cabo *sprints* combinados con prácticas *lean* para establecer nuevos ciclos de aprendizaje. En función de los resultados del ciclo de aprendizaje, se decide pivotar la

solución o continuar con el siguiente *sprint*.

Otro modelo de innovación ágil es el propuesto por Ibragimova et al. [98], basado en la filosofía inherente a Lean UX [75] y el ciclo de retroalimentación “pensar-hacer-verificar”. La clave del proceso es reducir el tiempo del ciclo, no solo el tiempo de construcción. La propuesta para acelerar el ciclo de innovación es elegir métodos de investigación de usuario ligeros, crear prototipos para probar los conceptos y validar el prototipo con pruebas de usabilidad. Además, un aspecto que enfatiza el modelo es la estrecha colaboración entre los diseñadores y los desarrolladores, debiendo estar todos integrados en el mismo equipo. La Figura 24 muestra el ciclo de retroalimentación “pensar-hacer-verificar” en el que funciona el modelo.

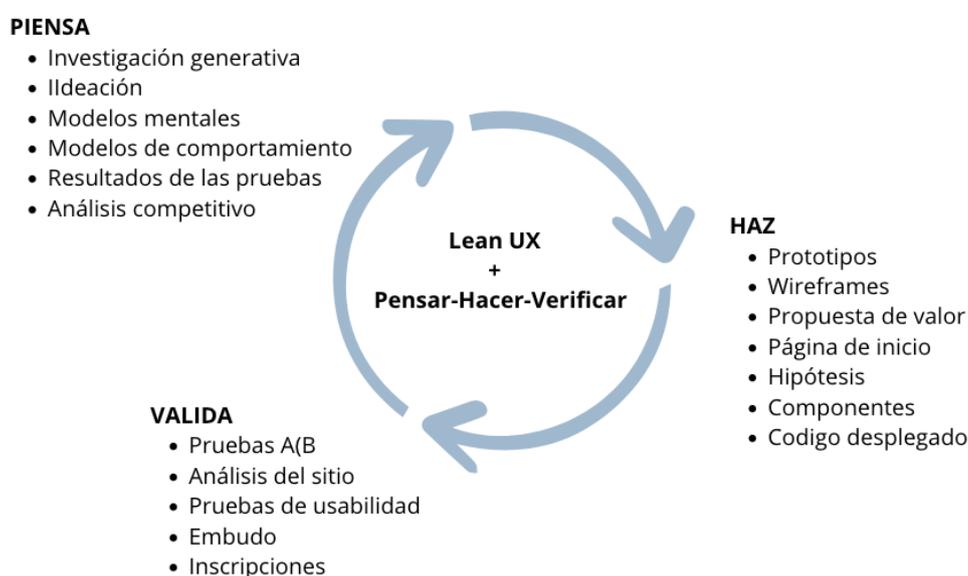


Figura 24. Ciclo Pensar-Hacer-Verificar [98].

3.3. Agilidad y gestión de proyectos

Aunque la agilidad tiene su origen en el desarrollo de software, su mentalidad y las buenas prácticas de sus marcos se han extendido tanto a la gestión de proyectos software [110], como a la gestión de productos en general [111], e incluso a la gestión de soluciones no necesariamente software relacionadas con actividades como el desarrollo organizacional [112], el diseño industrial [113], el desarrollo de productos manufacturados [114], el marketing [115], la investigación [116] o la salud [117]. En la Tabla 18 se resumen las razones y los retos más frecuentes para aplicar una gestión ágil de proyectos (APM) según el estudio de Estler et al. [14].

Razones	<ul style="list-style-type: none"> • Acelerar la entrega de proyectos/productos • Mejorar la capacidad de gestionar las prioridades cambiantes • Aumentar la productividad • Mejorar la calidad del proyecto/producto • Aumentar la previsibilidad de la entrega • Mejorar la relación con el cliente • Mejorar el enfoque en el cliente • Mejorar la visibilidad del proyecto • Reducir el riesgo del proyecto • Reducir el coste del proyecto • Mejorar la gestión de los equipos • Mejorar la moral del equipo
Retos	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de preparación/planificación • Priorización del trabajo y alineamiento entre las partes interesadas • Tiempo insuficiente para pruebas • Incapacidad para gestionar las interrupciones y las peticiones urgentes • Largos bucles de retroalimentación • Definición poco clara de las funciones en el equipo de proyecto • Falta de previsibilidad del valor empresarial entregado • Falta de visibilidad del valor para el cliente • Incompatibilidad de los métodos ágiles con procesos y funciones de la organización • Poca transparencia en el estado, el progreso y el rendimiento • Falta de estrategia de gestión de proyectos, directrices y procesos estándar

Tabla 18. Razones y retos para implantar una gestión ágil según Estler et al. [10].

Además, en [14] también se indican estrategias para adoptar una gestión ágil de proyectos con el fin de dotar a las organizaciones de la capacidad de reaccionar rápidamente a los cambios dinámicos del entorno:

- Aprender cómo y en qué circunstancias realmente funciona la agilidad. En casos de incertidumbre, equipos creativos, posibilidad de atomizar el trabajo y estrecha colaboración con el cliente.
- Personalizar el contexto y el enfoque ágil en función de la naturaleza de la organización.
- Construir procesos en vez de encajarlos. Solo aplicar los necesarios.
- Empezar por lo pequeño. En grandes empresas por un piloto con algún proyecto y/o departamento. No big-bang.
- Equipo autónomo y compromiso con el cambio. La importancia del equipo y el compromiso definidos desde el principio.
- Predecir el éxito del liderazgo en un entorno ágil. La importancia de la personalidad

del líder ya que APM se centra en las personas y en la colaboración, además de en la necesidad de aceptar el cambio.

- Definir las funcionalidad y responsabilidades específicas del enfoque ágil.
- Desarrollar arquitecturas que faciliten la separación de equipos ágiles y tradicionales.
- Realignar revisiones de los hitos tradicionales para justarlos a un enfoque iterativo.
- Evaluar los riesgos de un exceso o defecto de ágil/tradicional.
- Aplicar flexibilidad de manera selectiva dependiendo de la incertidumbre y los requisitos cambiantes.
- Planificar para mantener el bucle de retorno. En proyectos más allá del desarrollo de software es importante modular el trabajo y trabajar de forma iterativa.
- Aprender a negociar y establecer expectativas. Actividades continuas en APM. El equipo junto con el cliente pone a prueba el producto después de cada iteración y recoge las opiniones.
- Mantener abiertas las opciones críticas. Técnica Último Momento Responsable para identificar una decisión incierta en ese momento y que podría cambiar más adelante, y empezar a recopilar información para ayudar a tomar una decisión mejor cuando llegue el último momento responsable.
- Practicar agilidad en la alta dirección y conseguir el apoyo de los ejecutivos. Factor crítico en la implementación exitosa de APM en cada organización.
- Destruir las barreras a los comportamientos ágiles. Resistencia al cambio y a los comportamientos ágiles para conseguir que todo el mundo esté de acuerdo.
- Mantener a las personas en modo de aprendizaje mediante formación y entrenamiento mientras aplican métodos ágiles. Factor importante para el cambio.

Capítulo 4. Agilidad y educación

En los siguientes apartados de este capítulo se contextualiza la educación en función de las estrategias y estilos de enseñanza y aprendizaje considerados relevantes en esta tesis, y se realiza una primera aproximación teórica de la aplicación de los valores, principios y marcos ágiles en el contexto educativo.

4.1. Estrategias de enseñanza y de aprendizaje

Históricamente, en la educación tradicional el profesor es el proveedor y único transmisor del conocimiento y el estudiante el que adquiere ese conocimiento exclusivamente a través del profesor. El estudiante sólo aprende si el profesor enseña. [21]. El profesor define el contenido, el método y las actividades a realizar en función de los objetivos de aprendizaje, siendo su criterio el único en todas las decisiones que se tomen al respecto [118]. La Figura 25 representa el acceso del estudiante al conocimiento en un modelo de enseñanza tradicional.



Figura 25. Acceso al conocimiento en la enseñanza tradicional.

En 1999 tuvo lugar una reforma educativa a nivel europeo, el plan Bolonia, para garantizar la internacionalización y calidad del sistema de educación superior, dando lugar en 2010 el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) que enfatizaba dos aspectos claves del plan Bolonia. Uno de ellos, el aprendizaje centrado en el estudiante y el otro el currículo basado en competencias. En las últimas décadas, la educación tradicional ha evolucionado de un paradigma centrado en el profesor y en la enseñanza de contenidos a un paradigma centrado en el estudiante y en los resultados de aprendizaje [118]. En la Tabla 19 se muestra una comparativa entre ambos paradigmas.

Paradigma centrado en el profesor	Paradigma centrado en el estudiante
Foco en los objetivos de enseñanza	Foco en los resultados de aprendizaje
Centrado en el contenido	Centrado en el aprendizaje
El estudiante es oyente pasivo	El estudiante es participante activo
El profesor: <ul style="list-style-type: none"> Define el curso en función de las acciones a realizar. Es el responsable de todas las decisiones relacionadas con el curso. 	El profesor: <ul style="list-style-type: none"> Se concentra menos en lo que sabe y más en el aprendizaje de los estudiantes. Pasa de ser instructor a ser facilitador.

Tabla 19. Comparativa paradigmas centrado en el profesor y en el estudiante [118].

El propósito de la enseñanza centrada en el estudiante es ayudarlo a aprender ([10]. El profesor se concentra menos en lo que sabe y más en el aprendizaje del estudiante, pasando de instructor a mentor o facilitador del aprendizaje [118], [19]. En este enfoque, el rol del profesor es el de promover un ambiente que despierte el interés del estudiante y la necesidad de encontrar respuestas, individual o colaborativamente, y qué le incite a construir su propio conocimiento [20]. El aprendizaje centrado en el estudiante se basa en la responsabilidad del estudiante en su actividad durante el proceso de aprendizaje. El estudiante pasa de ser oyente pasivo a ser participante activo de su propio aprendizaje, adquiriendo mayor autonomía y capacidad de decisión en cuanto a los materiales y ritmo de estudio. En este enfoque, el rol de estudiante es el de crear su propio entorno de aprendizaje para construir su conocimiento [118]. La Figura 26 representa el acceso al conocimiento en la enseñanza centrada en el estudiante.



Figura 26. Acceso al conocimiento en enseñanza centrada en el estudiante.

El **aprendizaje activo** es una estrategia centrada en el estudiante que le involucra en el proceso como actor principal, facilitando su participación en las actividades en primera persona y ayudándole a desarrollar un pensamiento crítico sobre lo que está haciendo [19]. A diferencia de la enseñanza tradicional, en la que el profesor es la fuente inmediata del conocimiento, la idea del aprendizaje activo es que el profesor sea un facilitador entre el estudiante y el conocimiento [21]. El aprendizaje activo requiere que el estudiante disponga de cierta capacidad para obtener conocimiento básico de manera **autónoma** y que el profesor facilite aclaraciones sobre lo que ha aprendido por su cuenta, le proporcione un nivel superior de pensamiento o le ayude a superar los retos en el aprendizaje de nuevos conceptos [21]. En este sentido, en el **aprendizaje activo** es fundamental el desafío constante al estudiante y su compromiso para superarlo, siendo la **autonomía** una habilidad imprescindible para que el estudiante pueda gestionar su aprendizaje de manera independiente [15], [21].

Las estrategias de aprendizaje activo están en constante evolución [19]. Desde las más clásicas como el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos, hasta las más novedosas surgidas en los últimos años como la gamificación [119] o la clase invertida [120], e incluso, la combinación sofisticada de ambas [121]. Otra de las estrategias de aprendizaje activo más recientes es el **aprendizaje basado en desafíos** que surge para ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades demandadas en el siglo XXI como la creatividad, la colaboración, la comunicación y el pensamiento crítico [15]. Todas ellas orientadas a motivar la participación del estudiante y al desarrollo de ciertas competencias transversales, pero ninguna de ellas facilita herramientas para gestionar y adaptar el proceso de enseñanza y de aprendizaje [15].

En relación con el desarrollo de competencias, a principios de los años 80 los hermanos Hubert y Stuart Dreyfus proponen un modelo de madurez para la adquisición de habilidades mediante la instrucción y la experiencia [122]. La idea subyacente en el modelo Dreyfus es que a medida que se adquiere mayor destreza, se depende menos de principios abstractos y más de la práctica. Tener el conocimiento de una materia no garantiza tener la habilidad necesaria para aplicarla. Por esta razón, uno de los conceptos fundamentales del modelo es anteponer las prácticas a los principios. En el modelo Dreyfus el estudiante pasa por cinco etapas: principiante, principiante avanzado, competente, avanzado y experto. En cada una de las etapas, el comportamiento del estudiante ayuda a dirigir sus esfuerzos y su capacitación de la manera más eficiente.

4.2. Estilos de enseñanza y de aprendizaje

Cada estudiante tiene una forma única de aprender [10] y para que la experiencia de aprendizaje sea beneficiosa, algunos autores han hecho esfuerzos para alinear los métodos de enseñanza con los estilos de aprendizaje [123], [124], [23], [125], [126].

Richard M. Felder [123] define el estilo de aprendizaje como las fortalezas y preferencias que tienen las personas para asimilar y procesar la información. Si la manera de enseñar se ajusta a estilos de aprendizaje poco preferidos por los estudiantes, el impacto en su aprendizaje puede ser negativo. Por el contrario, si la forma de enseñar se ajusta exclusivamente a los estilos de aprendizaje preferidos por los estudiantes, el riesgo es que no desarrollen la capacidad mental necesaria para conseguir los resultados de aprendizaje y la competencia profesional esperada. En este sentido, uno de los objetivos en educación es buscar el equilibrar la enseñanza y ayudar a los estudiantes para que puedan desarrollar sus competencias tanto en sus estilos de aprendizaje más preferidos como en los menos preferidos. Con este fin, en este estudio Richard M. Felder analiza cuatro modelos de estilos de aprendizaje que cumplen la expectativa. Uno de ellos es el cocreado de manera conjunta con Linda K. Silverman [127] en el que definen los siguientes cinco estilos de aprendizaje:

- **Aprendiz sensorial e intuitivo.** Aprenden por percepción indirecta y buscando alternativas. Trabajan bien con principios y teorías, pero no con hechos y cifras, por lo que sus experimentos suelen ser descuidados. Normalmente resuelve un problema usando un enfoque diferente al del resto de la clase. Se manejan bien con símbolos, fórmulas y probando diferentes situaciones. Las simulaciones son una buena herramienta para ellos. Suelen prosperar en clases de ingeniería.
- **Aprendiz visual y auditivo.** Aprenden a partir de imágenes, diagramas de flujo, demostraciones y gráficos. Es el tipo predominante. Son pensadores. No les gusta memorizar, les gusta escribir, sus anotaciones son las más completas. Consultan libros de texto de referencia. Suelen tardar en terminar las tareas.
- **Aprendiz inductivo y deductivo.** Aprenden a partir de hechos, cifras deduciendo las consecuencias. Son autodidactas. Sus anotaciones son concisas. Solo usan el libro de texto prescrito. El aprendizaje deductivo es el estilo de aprendizaje y enseñanza natural del ser humano. En las clases, se establecen los principios rectores, se trabajan y se aplican. Es el estilo de aprendizaje más adecuado para estudiantes de ingeniería.
- **Aprendiz activo y reflexivo.** Aprenden a partir de la experimentación activa y la

observación reflexiva. Convierten la información percibida en conocimiento. Estilo de aprendizaje basado en resolver problemas y que funciona a nivel individual o en grupos pequeños.

- **Aprendiz secuencial y global.** Aprenden por impulsos por lo que la mejor manera de enseñarles es desafiarlos periódicamente con conceptos avanzados que no se cubrirán en la clase. Enfoque “zanahoria” del aprendizaje. Para enseñar a un aprendiz global conviene plantear un panorama general al inicio del tema (contexto, relevancia y objetivo) y terminar con un resumen del trabajo realizado. La aplicación práctica y el juego son esenciales para estos estudiantes.

En la Tabla 20 se resumen las principales características de los estilos de aprendizaje propuestos por Felder y Silverman.

Estilos de aprendizaje	Características principales
Aprendiz sensorial e intuitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprenden por percepción indirecta y buscando alternativas. • Son creativos
Aprendiz visual y auditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprenden a partir de imágenes, diagramas de flujo, demostraciones y gráficos. • Son pensadores.
Aprendiz inductivo y deductivo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprenden a partir de hechos y cifras deduciendo consecuencias. • Son autodidactas.
Aprendiz activo y reflexivo	<ul style="list-style-type: none"> • Aprenden a partir de la experimentación activa y la observación reflexiva. • Son resolutores.
Aprendiz secuencial y global	<ul style="list-style-type: none"> • Aprenden por impulsos. • Son competitivos.

Tabla 20. Estilos de aprendizaje según Felder y Silverman [127].

Paredes y Rodríguez [124] han desarrollado mecanismos de adaptación para aplicar los estilos de aprendizaje tanto a nivel individual como colaborativo, agrupando a los estudiantes según sus fortalezas y preferencias de aprendizaje. En el estudio se recogen tres conclusiones. La primera hace referencia a la posibilidad de que los estilos de aprendizaje puedan afectar al desempeño de los estudiantes cuando trabajan juntos. La segunda indica que las parejas mixtas en las dimensiones activo-reflexivo y sensitivo-intuitivo tienden a funcionar mejor. La tercera y última señala que los equipos heterogéneos obtienen mejores resultados.

Rajiv J. Kapadia [23] señala que cuando los estilos de enseñanza y aprendizaje no están alineados, el profesor y el estudiante no aprovechan al máximo su interacción y ambos sufren, siendo responsabilidad del profesor hacerlos coincidir. Ni todos los estudiantes aprenden de la misma manera, ni todos los profesores aplican los mismos métodos de enseñanza, no existiendo un único método de enseñar ni de aprender, ni uno mejor que otro. Por ello, y dado que todos los estilos son valiosos por derecho propio y una sola técnica de enseñanza no siempre atraerá a todos los estudiantes, Rajiv J. Kapadia propone sopesar las ventajas y desventajas de cada estilo y adoptar el más adecuado. En la Tabla 21 se muestra la relación entre estilos de aprendizaje y de enseñanza y en la Tabla 22 se recogen los estilos antagónicos de enseñanza y de aprendizaje referidos en su estudio.

Estilo de aprendizaje	Estilo de enseñanza
Ver y escuchar	Clases magistrales
Actuar y reflexionar	Demostraciones
Intuición	Centrado en fundamentos
Razonamiento y lógica	Centrado en la aplicación de los fundamentos
Memorizar y replicar	Enfatizar la memorización
Construir nuevos modelos	Enfatizar la comprensión

Tabla 21. Correspondencia estilos de enseñanza y aprendizaje [23].

Estilo de enseñanza	Estilo de enseñanza antagónico
Clases magistrales	Demostraciones
Centrado en fundamentos	Centrado en la aplicación de los fundamentos
Enfatizar la memorización	Enfatizar la comprensión
Estilo de aprendizaje	Estilo de aprendizaje antagónico
Ver y escuchar	Actuar y reflexionar
Intuición	Razonamiento y lógica
Memorizar y replicar	Construir nuevos modelos

Tabla 22. Estilos antagónicos de enseñanza y aprendizaje [23].

Scott et al. [125] diseñan estrategias de enseñanza basadas en el modelo Felder-Silverman de estilos de aprendizaje para ofrecer a los estudiantes entornos de aprendizaje

personalizados con el fin de mejorar su experiencia de aprendizaje. El hecho de personalizar el proceso de aprendizaje está alineado con el aprendizaje centrado en el estudiante en el que los profesores deben tener en cuenta sus preferencias de aprendizaje, sus fortalezas y sus debilidades. En este sentido, los estilos de aprendizaje, además de ayudar a identificar cómo los estudiantes perciben, interactúan y responden en el entorno, también son indicadores valiosos de sus comportamientos cognitivos, afectivos y psicológicos. El estudio concluye que los estudiantes a los que se les ofreció la oportunidad de aprender de acuerdo con sus estilos preferentes de aprendizaje lograron mejores resultados.

4.3. Manifiesto Ágil en educación

4.3.1. Valores ágiles adaptados a la educación

La adaptación de los valores del Manifiesto Ágil en el entorno educativo depende del problema a resolver, del objetivo y del contexto de uso. A continuación, se exponen las adaptaciones de los valores ágiles encontradas en la literatura que se han considerado relevantes para esta tesis.

La primera adaptación la realiza Chun en 2004 [10], asociada la propuesta de una metodología ágil tanto para la enseñanza como para el aprendizaje (ATLM, *Agile Teaching/Learning Methodoloty*). En esta adaptación, Chun pone en valor al estudiante y al profesor, al conocimiento demostrado en la práctica, a la comunicación y a la respuesta al cambio por encima del método de enseñanza y aprendizaje, del conocimiento memorístico, de la negociación y de seguir un programa. En la Tabla 23 se recogen la adaptación propuesta por Chun.

ID	Valores del Manifiesto Ágil adaptados en educación según Chun [10]
V1	“El estudiante/profesor por encima del método de enseñanza/aprendizaje.”
V2	“El conocimiento demostrado en la práctica por encima del conocimiento memorístico.”
V3	“La comunicación por encima de la negociación.”
V4	“La respuesta al cambio por encima de seguir un programa.”

Tabla 23. Valores ágiles adaptados en educación según Chun [10].

En 2009, Stewart et al. [128] proponen un mapeo de los valores del Manifiesto Ágil para adaptarlos al entorno educativo con el fin de mejorar la eficacia de la enseñanza,

facilitando el aprendizaje y aumentando la participación de los estudiantes. Su propuesta de adaptación de los valores del Manifiesto Ágil para una pedagogía ágil se recoge en la Tabla 24.

ID	Valores del Manifiesto Ágil adaptados en educación según Stewart et al. [128]
V1	“Los estudiantes por encima de los procesos y herramientas tradicionales.”
V2	“Proyectos de trabajo por encima de la documentación exhaustiva y completa.”
V3	“Colaboración entre estudiantes e instructores por encima de programas de estudio rígidos.”
V4	“Responder a la retroalimentación por encima de seguir un plan.”

Tabla 24. Valores ágiles adaptados en educación según Stewart et al. [128].

En 2012, Venkatesh Kamat [129] propone una adaptación de los valores del Manifiesto Ágil con el fin de mejorar la calidad y la productividad el sistema educativo universitario, flexibilizando sus programas y facilitando la toma de decisiones. Kamat destaca la importancia de la colaboración entre todas las partes implicadas. En el caso del desarrollo ágil de software, se tiene muy asumida la colaboración entre el equipo y el cliente. En el caso de la educación, este enfoque presenta ciertas carencias a la hora de elaborar productos académicos que agreguen valor al estudiante y a la industria. En la Tabla 25 se recogen los valores del manifiesto ágil propuesto para la educación superior por Kamat.

ID	Valores del Manifiesto Ágil adaptados en educación según Kamat [129]
V1	“Profesores y estudiantes por encima de administración e infraestructura.”
V2	“Competencias y colaboración por encima de cumplimiento y competitividad.”
V3	“Empleabilidad y comercialización por encima de plan de estudios y calificaciones.”
V4	“Actitud y habilidades de aprendizaje por encima de aptitud y título.”

Tabla 25. Valores ágiles adaptados en educación según Kamat [129].

En 2018, Seman et al. [130] proponen una adaptación ágil de una de las estrategias de aprendizaje activo, el aprendizaje basado en proyectos (PBL^A, *Project-Based Learning Agile*), con una orientación humanista y poniendo el foco en la colaboración entre los estudiantes. La ligera adaptación que hacen Seman et al. de los valores del Manifiesto Ágil se recogen en la Tabla 26.

ID	Valores del Manifiesto Ágil adaptados en educación según Seman et al. [130]
V1	“Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.”
V2	“Simulación de trabajo sobre documentación completa.”
V3	“Colaboración estudiantil en la negociación de plazos.”
V4	“Responder al cambio sobre seguir un plan.”

Tabla 26. Valores ágiles adaptados en educación según Seman et al. [130].

La última adaptación considerada en esta tesis es la de Otero et al. en 2020, [20], que proponen una interpretación del Manifiesto Ágil para un contexto educativo enfocado en el constructivismo con el fin de facilitar el aprendizaje ofreciendo al estudiante la oportunidad de construir su propio conocimiento. En la Tabla 27 se recoge la adaptación de los valores del Manifiesto Ágil propuesta por Otero et al.

ID	Valores del Manifiesto Ágil adaptados en educación según Otero et al. [20]
V1	“Construcción del conocimiento por encima de exámenes y evaluaciones.”
V2	“Construcción de las competencias por encima de calificaciones.”
V3	“Colaboración entre estudiantes y profesores por encima del dictado.”
V4	“Flexibilidad en el aprendizaje y la enseñanza por encima del seguimiento de un plan estricto.”

Tabla 27. Valores ágiles adaptados en educación según Otero et al. [20].

4.3.2. Principios ágiles adaptados a la educación

En cuanto a la adaptación de los principios del Manifiesto Ágil en el entorno educativo, se han identificado dos estudios relevantes para esta tesis. El primero, en 2009, Stewart et al. [128] propone un acercamiento del Manifiesto Ágil a la enseñanza, a modo de mapeo de sus principios, constituyendo lo que dio a conocer como “Corolario del entorno pedagógico” para una **enseñanza ágil**. En la Tabla 28 se recogen los principios de este corolario.

ID	Adaptación de los principios del Manifiesto Ágil a entorno educativo
P1	“Nuestra mayor prioridad es preparar al estudiante para contribuir a una organización a través de la entrega continua de los componentes del curso que reflejen la competencia.”
P2	“El instructor y los estudiantes acogen y se adaptan a los cambios, incluso al final del semestre. Los métodos pedagógicos ágiles utilizan los problemas y el cambio como una oportunidad para facilitar el aprendizaje y desarrollar mejor las habilidades comerciales de los estudiantes.”
P3	“Exigir a los estudiantes que realicen trabajos en periodos de tiempo cortos, lo que permite la retroalimentación frecuente y la resolución de problemas y la experimentación.”
P4	“Hay una interacción iterativa entre el instructor y los estudiantes (o grupos de estudiantes) durante cada iteración de los componentes del curso.”
P5	“Confíe en que la mayoría de los estudiantes están motivados. Dé el entorno y el apoyo necesarios para que tengan éxito.”
P6	“En la medida de lo posible, permita la interacción directa cara a interacción directa cara a cara con los estudiantes o grupos.”
P7	“Los entregables de trabajo (es decir, modelos, software proyectos, presentaciones, etc.) son la principal medida de progreso de los estudiantes (no necesariamente los exámenes parciales y finales, que requieren un aprendizaje de memoria y memorización).”
P8	“El entorno de aprendizaje cooperativo en el que los estudiantes buscan activamente orientación y herramientas para resolver problemas es la base para enseñar las habilidades necesarias para el aprendizaje permanente.”
P9	“La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejora el aprendizaje.”
P10	“Mientras que en la educación hay cierto valor en explorar temas en profundidad sólo porque hay interés de los estudiantes, es esencial comprender el problema y resolverlo de forma sencilla y clara.”
P11	“Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de equipos autoorganizados. Los grupos y equipos de estudiantes deben autoorganizarse, pero todos deben participar por igual en el esfuerzo.”
P12	“A intervalos regulares, los estudiantes y el instructor reflexionan y ofrecen comentarios sobre cómo ser más ser más eficaces. Todas las partes interesadas se ajustan en consecuencia con el objetivo de ser más eficaces.”

Tabla 28. Corolario del entorno pedagógico para una enseñanza ágil [128].

En base a este manifiesto, Stewart et al. [128] muestran cómo aplican los principios y valores ágiles a la pedagogía, clasificando a las metodologías ágiles de enseñanza en la misma categoría que el aprendizaje activo y que el aprendizaje cooperativo.

El segundo estudio relevante encontrado en la literatura sobre la adaptación de los principios ágiles aplicados en educación es más reciente. En 2021, Niculescu et al. [131] proponen la reformulación de los 12 principios del Manifiesto Ágil en un contexto educativo, junto con una metodología que sirve de marco para la aplicación concreta de un modelo ágil de aprendizaje. Esta adaptación se realiza a partir del trabajo preliminar realizado por Stewart et al. en 2009. Este nuevo manifiesto (ver Tabla 29) se establece una correspondencia más familiar dentro del entorno educativo entre los roles, los objetivos, los artefactos y los entregables, evitando la referencia expresa a términos del Manifiesto Ágil muy enfocados a la industria en general y al software en particular como son: clientes, personas de negocio, patrocinadores, desarrolladores, equipo, proyecto, requisitos, software valioso, diseño, arquitectura o excelencia técnica.

ID	Adaptación de los principios del Manifiesto Ágil a entorno educativo
P1	“La máxima prioridad del profesor es ayudar a los estudiantes a aprender gradualmente los conceptos y las técnicas necesarias para desempeñarse en un campo específico.”
P2	“Acoger los cambios en los temas y en las prácticas de enseñanza, incluso en los últimos momentos. La educación ágil aprovecha el cambio para aumentar el valor del conocimiento.”
P3	“Entregar los resultados del aprendizaje con frecuencia, de un par de días a un par de semanas, con preferencia por la escala de tiempo más corta.”
P4	“Los profesores y estudiantes deben trabajar juntos con frecuencia durante el semestre.”
P5	“Dé a los estudiantes la posibilidad de dirigir el contenido de las clases y los resultados y confíe en que la mayoría de los estudiantes están motivados para aprender y contribuir.”
P6	“La comunicación directa es esencial, no sólo para impartir las clases, sino también para aclarar todas las preguntas que puedan tener los estudiantes.”
P7	“Un resultado de aprendizaje de principio a fin es la principal medida de progreso.”
P8	“La educación ágil promueve el aprendizaje sostenible. Los profesores y los estudiantes deberían ser capaces de mantener un ritmo constante indefinidamente.”
P9	“La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño favorece la agilidad; la agilidad favorece el aprendizaje.”
P10	“Es esencial comprender los conceptos y aplicarlos a resultados de aprendizaje sencillos y claros.”
P11	“Los mejores resultados de aprendizaje surgen del aprendizaje colaborativo.”
P12	“A intervalos regulares, el profesor y los estudiantes reflexionan y ofrecen comentarios sobre la eficacia del proceso de enseñanza/aprendizaje.”

Tabla 29. Adaptación de los principios ágiles en contextos de aprendizaje [131].

4.4. Marcos ágiles en educación

A lo largo de la literatura se identifican dos formas de aplicar la agilidad en educación. Por una parte, como contenido educativo para enseñar y aprender los fundamentos de la agilidad y sus marcos ágiles. Por otra parte, como marco educativo para enseñar y aprender de forma ágil. El foco del estudio de esta tesis se centra en la enseñanza y el aprendizaje ágil entendidos como una forma ágil de enseñar y de aprender cualquier materia.

Por su naturaleza, la agilidad, además de potenciar el valor de las metodologías activas y el desarrollo de competencias, también facilitan la gestión y adaptación de los procesos de enseñanza y de aprendizaje dependiendo del contexto [20]. La esencia de los valores y principios ágiles y, por consiguiente, la aplicación de los marcos ágiles aumenta la participación del estudiante tanto dentro como fuera del aula y promueve la colaboración cuando se trabaja en equipo, además de facilitar la adaptación sostenible del proceso y de los recursos de enseñanza y aprendizaje [21]. La aplicación de la agilidad en educación facilita un aprendizaje activo, colaborativo, autónomo y permanente [128], [132], [15]. Además, los modelos ágiles aumentan el interés de los estudiantes por el aprendizaje y mejoran la transferencia de conocimiento [11].

En un estudio reciente, Niculescu et al. [131] asocian el aprendizaje ágil a varios aspectos. En primer lugar, a la aplicación del pensamiento *lean* al flujo del proceso educativo. También lo asocian al uso de actividades centradas en el estudiante y basadas en principios y procesos ágiles, así como a la independencia y a la autogestión de los estudiantes para con su propio proceso de aprendizaje. Por último, lo asocian al aprendizaje activo y al aprendizaje cíclico con el fin de complementar el conocimiento y las competencias demandadas por la industria del siglo XXI.

Con el fin de mejorar la **gestión del proceso de aprendizaje**, Otero et al. [20] establecen un paralelismo entre la industria y la educación ejemplificando el uso de prácticas ágiles en la enseñanza y el aprendizaje, independientemente de que sus objetivos difieran. Por un lado, el objetivo de las empresas es obtener el mejor producto de la manera más eficiente y, por otro lado, el objetivo de la educación es **ofrecer al estudiante la mejor oportunidad para que construya su conocimiento**.

Para **agilizar el aprendizaje de manera sostenible**, Anseel [17] propone dos estrategias de aprendizaje ágil basadas en el comportamiento. Una de ellas, la búsqueda de retroalimentación y la otra, la reflexión. Ambas, de manera conjunta, son importantes para mejorar el aprendizaje y el desempeño. La reflexión permite aumentar el aprendizaje

y el desempeño, pero la reflexión sin retroalimentación no ayuda al aprendizaje y la retroalimentación sin reflexión puede no ayudar al desempeño. Las ideas subyacentes en este estudio son dos. La primera es entender “agilizar el aprendizaje” como aprender a partir de la experiencia y en función de la retroalimentación y la reflexión. La segunda es que agilizar el aprendizaje es clave para un aprendizaje y desempeño profesional sostenible.

Skrede et al. [133] proponen un enfoque ágil para la **evaluación formativa**. La monitorización y evaluación continua inherente a la evaluación formativa del proceso de aprendizaje, tiene cierta similitud con los marcos ágiles aplicados al desarrollo de software y de productos. Tomando el conocimiento como producto, el modelo facilita, por un lado, que los estudiantes incrementen su conocimiento a través de *sprints* y lo demuestren con frecuencia, y por otro lado, que el profesor pueda adaptar sus métodos de enseñanza para facilitar el aprendizaje de los estudiantes a partir de su retroalimentación.

Con el fin de alentar a los estudiantes a **asumir la responsabilidad de su aprendizaje** (aprendizaje autogestionado), a la participación y a la mejora continua a través de la reflexión, Gannod et al. [134] proponen una forma ágil de educar aplicando un enfoque pedagógico a las prácticas ágiles.

En relación con el **desempeño de competencias transversales**, Marija Cubric [9] propone un patrón de enseñanza y aprendizaje ágil basado en Scrum y extrapolable a cualquier contexto educativo que requiera el desarrollo de competencias no cognitivas relacionadas con el trabajo en equipo, con el desarrollo iterativo e incremental de soluciones o con dar o recibir retroalimentación. Por su parte, Luis Castillo [135] propone el uso de Scrum para reforzar competencias transversales. En su estudio demuestra que el uso Scrum facilita el desarrollo de competencias relacionadas con eficiencia del trabajo en equipo como la autoorganización, la planificación y el seguimiento del progreso. Algunos estudios recientes recogen experiencias multidisciplinares de enseñanza ágil. Lundqvist et al. [18] documentan una experiencia de enseñanza multidisciplinar ágil para resolver problemas reales, poniendo el foco en las competencias de trabajo en equipo y de adaptación al cambio, tanto de la solución como del proceso de enseñanza. Steglich et al. [8] documentan una experiencia educativa ágil para el desarrollo de competencias sociales y humanas en equipos multidisciplinares de alto rendimiento.

En relación con la **capacitación docente**, Even Einum [136] sugiere que un profesor ágil es capaz de adaptarse en función de la retroalimentación del estudiante. Por otro lado, con el fin de facilitar una formación de un talento competitivo y sostenible, Yu et al. [137]

proponen que la enseñanza ágil será una nueva forma de educación superior en el futuro. También señalan en su estudio la necesidad de capacitar a los profesores para que puedan adaptar sus métodos a esa nueva forma de educar. Paul et al. [13] destacan que el profesor es el alma de cualquier institución educativa y que por tanto existe la necesidad de capacitarle para cultivar una mentalidad ágil que le ayude a mejorar las relaciones con los estudiantes.

Con el fin de **mejorar la experiencia de aprendizaje**, los marcos ágiles se combinan con otros marcos. Battou et al. [138] proponen un modelo para el diseño de un aprendizaje ágil centrado en el estudiante con el fin de mejorar la eficacia de la enseñanza, facilitar el aprendizaje entre los estudiantes, fomentar el aprendizaje permanente, maximizar la motivación y reducir la tasa de abandono. Parsons et al. [139] proponen el uso de Trello para facilitar la colaboración y la ubicuidad en la gestión de un aprendizaje ágil y eficiente. En su estudio, los autores señalan que la aplicación habitual de los marcos ágiles en el aula es la gestión de la adaptación del aprendizaje mediante Scrum, mientras que la aplicación de prácticas *lean* es para gestionar el flujo de aprendizaje mediante Kanban.

Desde el punto de vista motivacional, los marcos ágiles se combinan con estrategias educativas como la gamificación [140] o la clase invertida [120] para despertar el interés del estudiante e incitar su participación.

Una de las prácticas que **mejora la experiencia de aprendizaje** es la de compartir el conocimiento [10]. Enseñar a otros se revela como una herramienta fundamental para que el estudiante entienda el proceso de aprendizaje y le prepara para un aprendizaje autónomo y permanente [10]. Además, mejora notablemente el aprendizaje, ya que por un lado el estudiante aprende de lo que enseñan el resto de los estudiantes y también aprende preparando su propia exposición.

Capítulo 5. Modelo propuesto

Con el doble propósito de facilitar la innovación docente y de mejorar la experiencia de aprendizaje, en este capítulo se introduce, en forma de mínimo producto viable, un modelo educativo ágil centrado en la experiencia de usuario. En los siguientes apartados se presenta la visión general del modelo, sus pilares, sus roles, el valor aportado, las métricas contempladas y el proceso.

5.1. Visión general

Con el fin de facilitar una innovación docente, sostenible en el tiempo, que agilice y mejore la experiencia de aprendizaje, **se propone una primera aproximación** de un modelo operativo ágil centrado en la experiencia del estudiante que facilite la innovación docente y maximice la satisfacción de aprendizaje. El modelo ofrece la posibilidad de crear de manera compartida recursos educativos atractivos para el estudiante (no necesariamente software), al mismo tiempo que proporciona un marco de pensamiento y de comportamiento para el aprendizaje permanente y para la adaptación de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El aprendizaje no suele ser motivador en sí mismo, sobre todo si la materia y/o los recursos que se usan no han sido elegidos por los estudiantes. Por ello, el propósito de la creación compartida es motivar la participación temprana y continua del estudiante en algo que le va a ayudar a aprender. En este sentido, colaborar en la creación de recursos educativos que faciliten su aprendizaje es una oportunidad para que el estudiante pueda empezar a configurar su entorno de aprendizaje y tomar las riendas de su proceso de aprendizaje. Además, la creación compartida del recurso educativo ofrece al estudiante la posibilidad de un doble aprendizaje: por un lado, aprender usando el recurso educativo creado, y por otro lado, aprender durante su proceso de creación. La participación en el proceso de creación del recurso ayuda al estudiante a desarrollar competencias transversales como la colaboración, la comunicación y la creatividad.

El modelo propuesto es un modelo dual orientado tanto al proceso de enseñanza como al proceso de aprendizaje. La enseñanza y el aprendizaje forman un tándem inseparable. Dado que el aprendizaje es el resultado de la enseñanza, el propósito de la enseñanza es

facilitar el aprendizaje. Por consiguiente, el propósito del profesor es ayudar al estudiante a aprender ([10]). Se trata de un modelo para crear soluciones por y para el profesor y por y para el estudiante.

Dos ideas inherentes al modelo propuesto son, en primer la **experimentación continua como motor de la innovación**, de modo que tanto el profesor como el estudiante puedan adaptar sus procesos y en segundo lugar la **colaboración intensa como motor de la experiencia de usuario**, de modo que el estudiante pueda aumentar su compromiso y su percepción de aprendizaje.

El modelo educativo propuesto está basado en la integración del marco de diseño Lean UX y del marco organizativo Scrum. Pese a lo reciente del método Lean UX, se ha elegido por ser un marco de diseño enfocado en la mejora de la experiencia de usuario y ser altamente compatible con Scrum. Ambos están basados en la experimentación, en la rápida iteración de mejoras y en el uso de procesos incrementales. Una de las ventajas de utilizar Lean UX es que obliga a la participación temprana y continua del usuario a lo largo de todo el proceso de diseño y desarrollo del producto, con el objetivo de obtener una retroalimentación continua para mejorar su experiencia. Por su parte, Scrum agiliza el proceso y marca un ritmo constante y frecuente en las entregas.

5.2. Los pilares

El modelo propuesto está inspirado en la esencia de la mentalidad ágil y del pensamiento *lean*, así como en la integración de prácticas Scrum y Lean UX, **teniendo en cuenta que Lean UX también incluye prácticas de Design Thinking y Lean Startup**. El modelo se basa en las prácticas Lean UX para diseñar las mejores experiencias de aprendizaje y en las prácticas Scrum para ponerlas en marcha y adaptarlas a un ritmo sostenible en ciclos cortos de tiempo. Integrarlos en un único marco va a permitir a los profesores innovar sus estrategias de enseñanza y estimular el compromiso de los estudiantes con su propio proceso de aprendizaje.

El modelo se fundamenta en dos pilares. Por un lado, en la gestión ágil para **reducir el tiempo del ciclo de aprendizaje e imprimir un ritmo constante**, materializada en el marco Scrum. Por otro lado, en la mejora de la experiencia de usuario para **conocer las necesidades del estudiante e involucrarle en el proceso desde el principio**, materializada en el marco Lean UX. Lo que tienen en común ambos marcos es el fundamento en la experimentación y en el pensamiento *lean*. Además, ambos marcos promueven tanto el aprendizaje como la mejora continua a partir de la retroalimentación y la reflexión. Otro

elemento común es la puesta en valor de la colaboración y los equipos multidisciplinares. Por otra parte, tanto Scrum como Lean UX comparten el objetivo común de maximizar la satisfacción del usuario, minimizando el desperdicio para aportarle mayor valor en el menor tiempo posible. En este sentido, Lean UX facilita **involucrar al estudiante** desde las etapas más tempranas del proceso de aprendizaje y Scrum facilita adaptar y **agilizar el proceso de aprendizaje**, reduciendo el tiempo del ciclo y aportando un ritmo constante. En la Tabla 30 se recogen aspectos que comparten el marco organizativo Scrum y el marco experiencial Lean UX.

SCRUM	LEAN UX
Experimentación	
Pensamiento <i>lean</i>	
Aprendizaje continuo	
Mejora continua	
Retroalimentación	
Reflexión	
Colaboración	
Equipos multidisciplinares	
Satisfacción del usuario	

Tabla 30. Aspectos comunes Scrum y Lean UX.

La dimensión ágil de la propuesta facilita un modelo organizativo flexible y suficientemente abierto, aplicable a distintos escenarios educativos, siempre que exista una necesidad real de aprendizaje que satisfacer. No todos los estudiantes aprenden de la misma manera [10] ni todos los profesores aplican los mismos métodos [23]. No existen soluciones únicas resuelvan todas las necesidades de aprendizaje en cualquier situación y que encaje con todos los estudiantes y profesores. Por ello, el **enfoque ágil del modelo** permite una enseñanza adaptativa en la que se pueden combinar y complementar distintas estrategias educativas, potenciando la participación temprana del estudiante con el fin de motivar su compromiso para que los resultados de aprendizaje satisfagan sus necesidades **en cada momento** y con la **calidad** esperada.

El adoptar una mentalidad ágil va a ayudar a establecer entre el profesor y los estudiantes una relación cooperativa que facilita el **adaptar de manera continua el proceso de**

aprendizaje cuando los resultados no sean los esperados. Además, también va a ayudar a los estudiantes a **liderar su proceso de aprendizaje**, incrementando su compromiso con el proceso, hasta el punto en que su percepción en cuanto a las competencias adquiridas sea equiparable al de los resultados de aprendizaje esperados.

Por otro lado, la dimensión experiencial de la propuesta permite la creación compartida de soluciones educativas efectivas y satisfactorias tanto para el profesor como para el estudiante. Permite, además, conocer las expectativas y necesidades del estudiante, implicándole desde las etapas más tempranas del proceso. Al mismo tiempo, desarrolla la capacidad para tomar decisiones y el aprendizaje autónomo mediante la creación de experiencias de aprendizaje valiosas que estimulan su compromiso.

En su conjunto, el modelo propuesto recoge de manera sinérgica las siguientes aportaciones de la integración de los marcos ágiles con otros marcos. En primer lugar, la capacidad organizativa y de adaptación del proceso, mediante prácticas Scrum. En segundo lugar, la capacidad de innovación continua, mediante el aprendizaje validado de Lean Startup. En tercer lugar, capacidad de crear soluciones educativas altamente satisfactorias, mediante prácticas Design Thinking. En cuarto lugar, la capacidad de mejorar la experiencia de aprendizaje, mediante prácticas Lean UX. Por último, el desarrollo de competencias transversales que ofrecen todos los marcos. En la Tabla 31 se resumen las aportaciones de cada marco al modelo y de todos ellos en su conjunto.

Marco	Aportación
Scrum	Organización, ritmo y adaptación
Lean Startup	Innovación continua y aprendizaje validado
Design Thinking	Creatividad y empatía
Lean UX	Experiencia de usuario y compromiso
Todos	Colaboración y Comunicación

Tabla 31. Aportación de cada marco al modelo propuesto.

5.3. Los roles

En el modelo propuesto, los participantes en el proceso adoptan roles distintos. Por un lado, el profesor, el que enseña, es el maestro del conocimiento y líder del proceso de enseñanza. Utiliza el marco de trabajo propuesto como herramienta para adaptar sus

estrategias de enseñanza. Es co-creador de los recursos educativos y facilitador del proceso de aprendizaje. Por otro lado, el estudiante, el que aprende, es el principal interesado en adquirir conocimiento y **líder de su proceso de aprendizaje**. Es co-creador y **usuario principal de los recursos de aprendizaje**. En la Tabla 32 se recogen las características de cada rol.

Rol	Características
Profesor	<ul style="list-style-type: none"> • El que enseña • Maestro del conocimiento • Líder del proceso de enseñanza • Facilitador del proceso de aprendizaje • Usuario principal del modelo • Co-creador del recurso educativo
Estudiante	<ul style="list-style-type: none"> • El que aprende • Principal interesado en adquirir conocimiento • Líder del proceso de aprendizaje • Co-creador del recurso educativo • Usuario principal de recurso educativo

Tabla 32. Roles del modelo propuesto.

5.4. Valor añadido

La ventaja principal del modelo propuesto es que facilita la integración la experiencia de aprendizaje con la gestión ágil del proceso de enseñanza. El valor aportado por el modelo se identifica con su propuesta de valor (lo que permite hacer al usuario), además de con su beneficio (lo que le aporta) y será diferente dependiendo del rol del usuario. En la Tabla 33 y en la Tabla 34 se resumen la propuesta de valor y el beneficio para el profesor y para el estudiante respectivamente.

Profesor	Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptar su estrategia profesor • Crear soluciones educativas satisfactorias • Disponer de un catálogo de modelos educativos
	Beneficio	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la experiencia de enseñanza • Estimular el compromiso del estudiante • Elegir prácticas alineadas con el contexto

Tabla 33. Propuesta de valor y beneficio para el profesor.

Estudiante	Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en la creación de soluciones educativas • Tomar decisiones respecto a su aprendizaje • Configurar su entorno de aprendizaje
	Beneficio	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar competencias transversales • Liderar su proceso de aprendizaje • Alcanzar sus objetivos de aprendizaje de manera satisfactoria

Tabla 34. Propuesta e valor y beneficio para el estudiante.

Por un lado, el modelo propuesto facilita al profesor adaptar su estrategia de enseñanza, crear soluciones educativas satisfactorias y disponer de un catálogo de modelos educativos ágiles. Todo ello le ayudará a mejorar la experiencia de enseñanza, estimular el compromiso del estudiante y elegir las prácticas más adecuadas en cada momento.

En lo referente al estudiante, el modelo le facilita participar activamente en la creación de soluciones educativas, tomar decisiones y configurar su propio entorno de aprendizaje. Todo ello le ayudará a desarrollar competencias y liderar su proceso de aprendizaje con el fin de alcanzar los objetivos de aprendizaje de manera satisfactoria.

5.5. El recurso educativo

Independientemente de la magnitud y complejidad del recurso educativo o de que su naturaleza sea más o menos tangible, en el marco propuesto se considera un recurso educativo a cualquier solución que intervenga en el proceso educativo y facilite al estudiante la adquisición de conocimiento y el desarrollo de competencias demandado por la industria.

Por tanto, en este contexto, un recurso educativo podría ser cualquier contenido, actividad, aplicación, dinámica en el aula e incluso el propio proceso de enseñanza o de aprendizaje. Por ejemplo, uno de los temas de la asignatura, una práctica, un debate o cualquier herramienta colaborativa.

5.6. Las métricas

En el modelo se propone evaluar la experiencia del estudiante en función de dos indicadores. Por un lado, el relacionado con el uso del recurso educativo y, por otro lado,

el relacionado con su participación en el proceso de creación del recurso. En la Tabla 35 se recogen los factores que se proponen medir para cada uno de los indicadores.

Factores	Uso del recurso	Participación en la creación
Necesidad de cambios	SI	NO
Satisfacción de la experiencia	SI	SI
Percepción de aprendizaje	SI	SI

Tabla 35. Métricas básicas del modelo propuesto.

A nivel de experiencia con el **uso del recurso educativo**, se proponen tres factores:

- **Necesidad de cambios.** Representa la cantidad y calidad de mejoras propuestas por el usuario al hacer uso del recurso educativo.
- **Satisfacción UX.** Representa el grado de satisfacción del estudiante al hacer uso del recurso educativo, en función de su utilidad, de su eficiencia y de su facilidad de uso, así como de las emociones que le provoca su uso.
- **Percepción de aprendizaje.** Representa la consciencia del usuario de haber adquirido conocimiento y/o competencias con el uso del recurso educativo.

A nivel de experiencia en la **participación en el proceso de creación** del recurso educativo, se propone medir dos factores:

- **Satisfacción UX.** Representa el grado de satisfacción del usuario al participar en el proceso de creación del recurso educativo, en función de la inquietud por aportar mejoras y la sensación de haber aportado a la creación y evolución del recurso educativo.
- **Percepción de aprendizaje.** Representa la consciencia del usuario de haber adquirido conocimiento y/o competencias durante la participación en el proceso de creación del recurso educativo.

5.7. El proceso

El proceso ágil que soporta el modelo es un proceso iterativo e incremental centrado en el usuario, que se inicia con un paso previo de descubrimiento del estudiante y que termina con la evaluación final de la experiencia. El enfoque del proceso es altamente

colaborativo, fundamentalmente empírico y extremadamente adaptativo, con el fin de facilitar la creación de experiencias de aprendizaje satisfactorias.

Es un enfoque colaborativo porque el profesor y el estudiante forman parte estructural y activa del proceso. Uno de los desafíos del aprendizaje centrado en el estudiante es el tiempo invertido por el profesor para preparar las actividades [19], sin una garantía de que estas supongan una buena experiencia para el estudiante. Por ello, el modelo propone un proceso ágil de creación compartida de los recursos educativos.

Por otro lado, el enfoque empírico se evidencia en que cada experimento es una oportunidad de aprender. Se parte de una hipótesis de enseñanza para mejorar algún aspecto del proceso de aprendizaje que se valida con la experiencia real del estudiante. Si la hipótesis se valida con la creación compartida de un recurso educativo, el resultado del experimento supone un aprendizaje, tanto para el estudiante como para el profesor. Este aprendizaje, en el caso del estudiante es doble, por un lado, el estudiante aprende lo que se pretende enseñar mediante el uso del recurso educativo y también aprende durante el proceso de creación. En el caso del profesor, este aprende qué necesita el estudiante para aumentar su satisfacción con el uso del recurso educativo y de este modo, adaptar su proceso de enseñanza en función de la retroalimentación del estudiante.

Por último, es un enfoque adaptativo porque cada experiencia aporta una mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Para que la adaptación sea continua, se propone un proceso iterativo e incremental. Cada iteración se ejecuta en ciclos cortos de tiempo para generar hábito y un ritmo sostenible. Además, ofrece la posibilidad de incrementar el conocimiento adquirido, el desarrollo de competencias y la satisfacción del estudiante.

En la Figura 27 se muestra el proceso del modelo educativo ágil centrado en la experiencia de usuario propuesto en esta tesis, que se plantea en tres etapas: descubrimiento del estudiante, creación compartida, evaluación final de la experiencia. Durante la primera etapa, el descubrimiento del estudiante, se identifican las expectativas y las necesidades de aprendizaje del estudiante. A continuación, en la segunda etapa, la de creación compartida, se ejecuta una mínima solución educativa viable, partiendo de los objetivos de aprendizaje establecidos y de las necesidades del estudiante identificadas en la etapa anterior de descubrimiento. La mínima solución viable, inicialmente se concebirá en forma de prototipo de mayor o menor fidelidad dependiendo del caso. Esta segunda etapa se podrá iterar tantas veces como se considere necesario hasta conseguir una experiencia de uso suficientemente eficaz y satisfactoria. La solución educativa será la definitiva, o irá evolucionando de manera iterativa e incremental, a partir de la retroalimentación del estudiante, así como de los objetivos y de los resultados de

aprendizaje. El propósito de cada iteración es aprender de la experiencia del estudiante para evolucionar la solución educativa en función de la evaluación de su grado de efectividad y satisfacción de uso. En la tercera y última etapa se evalúa la experiencia final del estudiante, tanto con el uso del recurso educativo como con la participación en su creación.



Figura 27. Proceso ágil centrado en la experiencia del estudiante.

Un aspecto clave y novedoso del proceso es la **participación consciente** del estudiante durante todas las etapas del proceso, desde la más temprana de la experiencia hasta su finalización. En este sentido, es importante que el estudiante sea consciente de que su participación en el proceso va a repercutir directamente en su beneficio. Por esta razón y con el fin de conceptualizar una primera versión de solución educativa que le aporte valor desde el inicio, el proceso se inicia con el descubrimiento del estudiante. Conocer al estudiante es importante porque cuanto más se le conozca, más y mejor se le podrá ayudar en su proceso de aprendizaje y mejor se detectará su motivación intrínseca y el alcance de su compromiso. En este punto, la **capacidad de empatía** por parte del profesor es clave para entender las necesidades de aprendizaje del estudiante.

El ciclo crear-revisar-adaptar correspondiente a la fase de creación compartida forma el núcleo del proceso y marca el ritmo del aprendizaje ágil. Cuanto antes esté disponible la solución, antes se podrá validar y antes se podrá tomar la decisión de seguir adaptándola o no para satisfacer las necesidades de aprendizaje. En esta fase la **retroalimentación** es clave para determinar la bondad de la solución y su evolución. Además, la retroalimentación facilita la implicación del estudiante durante el todo el tiempo que dura su experiencia con el recurso, tanto en el proceso de su creación como en su uso. En este punto es importante que el estudiante comprenda que la retroalimentación sirve para

poder **adaptar** el recurso educativo con el fin de mejorar su experiencia de aprendizaje.

La importancia de la tercera y última fase del proceso es realizar la evaluación final de la experiencia para seguir mejorando la enseñanza por parte del profesor y el aprendizaje por parte del estudiante. Esta evaluación se puede realizar de manera inmediata y/o en un plazo determinado para evaluar adicionalmente el recuerdo que tiene el estudiante de la experiencia pasado un tiempo desde su finalización.

Capítulo 6. Tendencias ágiles en educación

Los modelos educativos ágiles aprovechan las mejores prácticas de la gestión ágil de proyectos [141] para conseguir sus objetivos. Teniendo en cuenta la motivación que guía esta tesis y para complementar el modelo propuesto, en este capítulo se describen algunos modelos y tendencias ágiles que facilitan la gestión y adaptación de la enseñanza y del aprendizaje. Dado que una explicación exhaustiva de todos los modelos ágiles aplicados en educación excede los objetivos de la presente tesis, se procede a presentar cuatro de los modelos identificados como relevantes en esta investigación, **emplazando el resto de los modelos para futuros estudios**. En primer lugar, se explicará el modelo ágil de enseñanza y aprendizaje (ATLM) de Chun [10], por ser uno de los más tempranos en proponer un marco ágil en educación, además de ser referenciado en numerosos estudios posteriores. A continuación, se presenta el modelo ágil de enseñanza holística centrada en la tarea (T-CHAT) de Makio et al. [6], [16], [142], [143], que pone el foco en la integración de diferentes estrategias pedagógicas y en el desempeño simultáneo de competencias técnicas y transversales. Seguidamente, se describirá el modelo ágil y cíclico de aprendizaje de Niculescu et al. [11], que proporciona un marco para que los estudiantes construyan su propio conocimiento, consolidando los aprendizajes anteriores de manera periódica y en ciclos cortos de tiempo. Para finalizar, se explicará el modelo ágil basado en Scrum de Oliveira et al, [15], que se centra en la gestión del aprendizaje autónomo en función de los objetivos de aprendizaje y los objetivos individuales de los estudiantes.

6.1. ATLM: Modelo ágil de enseñanza y aprendizaje

El modelo propuesto por Andy Chun [10], ATLM (*The Agile Teaching/Learning Methodology*), es uno de los modelos educativos ágiles más antiguos encontrados en la literatura (2004) y sienta las bases de muchos de los modelos ágiles surgidos con posterioridad en educación. El autor propone esta metodología ágil con el fin de adaptar la enseñanza y el aprendizaje a las nuevas necesidades educativas derivadas de los cambios de contexto provocados por los avances de la tecnología.

El enfoque ágil del modelo es un proceso sistemático, iterativo y adaptativo que fomenta la colaboración, la comunicación, el autoaprendizaje y el intercambio de conocimientos.

Se trata de un modelo aplicable tanto a la enseñanza como al aprendizaje de cualquier materia en la que se requiera agilizar la transferencia y adquisición de conocimientos. Atendiendo a la adaptación del Manifiesto Ágil realizada por Chun [10], el modelo pone en valor al estudiante y al profesor por encima de los métodos de aprendizaje y de enseñanza, al conocimiento demostrado en la práctica por encima del conocimiento memorístico, a la comunicación por encima de la negociación, y a la respuesta al cambio por encima de seguir un programa establecido. En cuanto al enfoque educativo de ATLM, es el de un aprendizaje centrado en el estudiante, con el profesor como facilitador [21].

Las principales características de esta metodología ágil de enseñanza y aprendizaje son la agilidad, el extremo y la independencia:

- **Agilidad**, en cuanto a la capacidad del profesor para cambiar la dinámica y el ritmo del curso, atendiendo a las necesidades y competencias de los estudiantes. Cada estudiante es único y sus necesidades de aprendizaje también lo son. Por este motivo, para el profesor es una prioridad atender las diferentes necesidades de aprendizaje en vez de seguir un plan preestablecido, asegurando lo que Chun identifica como una “enseñanza sincronizada”, es decir, que todos los estudiantes estén alineados con el material que se enseña. En este sentido, es importante no confundir la capacidad de aprendizaje con ritmo de aprendizaje. Por otro lado, además de conocer la materia, el profesor también debe conocer a los estudiantes y su evolución para guiarlos y animarlos. Por su naturaleza, la agilidad permite un proceso de enseñanza y aprendizaje auto adaptativo, manteniendo un alto nivel de comunicación, interacción y retroalimentación entre el estudiante y el profesor. Con ello se consigue un doble objetivo: por una parte, que el estudiante conozca lo que se espera que aprendan y, por otra parte, que el profesor sepa si los estudiantes están satisfechos con el método de enseñanza.
- **Extremo**, en el sentido de que, si algo es bueno, se aplica de manera intensiva y continua. Por ejemplo, si dar o recibir retroalimentación es bueno para el proceso de enseñanza y aprendizaje se debe dar siempre, así como permitir que los estudiantes también den su opinión siempre. Puede ser una retroalimentación informal y anónima que permita reorientar y refinar el método de enseñanza. Una retroalimentación formal puede llegar tarde para mejorar la enseñanza para ese curso y para ese grupo de estudiantes en concreto. Por otro lado, si los estudiantes aprenden mejor enseñando, conviene darles la posibilidad de que enseñen y compartan sus conocimientos de manera constante.
- **Independencia**, en relación con capacitar al estudiante para el aprendizaje

permanente (*lifelong learning*), es decir, no solo para aprender los contenidos concretos del curso, también para “aprender del proceso de aprendizaje”. La idea del aprendizaje permanente es eliminar gradualmente del ciclo de enseñanza y aprendizaje al profesor. En cada iteración del proceso, el estudiante tiene mayor seguridad de autoaprendizaje con lo que al finalizar el curso, el estudiante tendrá la confianza suficiente como para continuar el proceso de aprendizaje de manera autónoma para ir actualizando sus conocimientos de manera constante.

La idea central de ATLM son los ciclos iterativos de enseñanza y aprendizaje. En cada iteración operan dos ciclos en paralelo. Uno para el profesor, el ciclo de enseñanza y, otro para el estudiante, el ciclo de aprendizaje. En ATLM cada iteración transcurre entre dos clases. Aunque al principio del curso el papel del profesor en la clase será mayor, su protagonismo irá disminuyendo progresivamente a medida que avance el curso y los estudiantes se sientan más seguros con la materia y empiecen a aprender de forma autónoma, utilizando el conocimiento adquirido y las competencias desarrolladas durante el proceso.

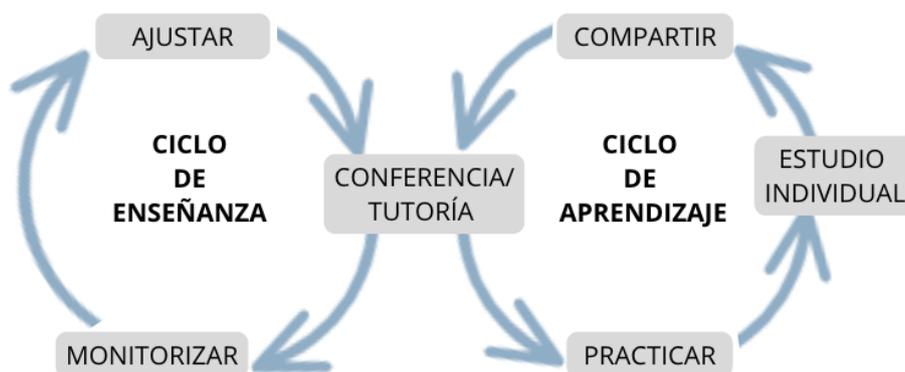


Figura 28. Modelo ágil de enseñanza y aprendizaje ATLM [10].

Como se observa en la Figura 28, ambos ciclos comparten la actividad principal de una clase estándar: la conferencia o tutoría. El ciclo de enseñanza se completa con dos actividades: **supervisión y ajuste**. Supervisión tanto el progreso de los estudiantes como del desempeño docente percibido por los estudiantes. El resultado de esta doble supervisión permite al profesor ajustar su enfoque pedagógico sintonizando con las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

En cuanto al ciclo de aprendizaje se completa con tres actividades: **práctica, estudio independiente y conocimiento compartido**. La práctica refuerza del conocimiento más

allá del aprendizaje memorístico. Para preparar a los estudiantes para un aprendizaje permanente, las tareas deben guiar gradualmente a los estudiantes en la comprensión tanto de su proceso de aprendizaje como de dónde pueden encontrar los recursos que lo apoyen. El intercambio del conocimiento adquirido durante el estudio es una parte importante del aprendizaje colaborativo en el que por una parte aprenden de los demás y por otra parte aprenden preparando lo que quieren transmitir. En este sentido, que los estudiantes enseñen mejora su experiencia de aprendizaje y durante el proceso adquieren la habilidad esencial de aprender de manera autónoma. El objetivo final del ciclo de aprendizaje es que el estudiante aprenda como “aprender por sí mismo”.

En definitiva, el ciclo de enseñanza consiste en que el profesor monitorice, de y reciba retroalimentación y ajuste las actividades para el próximo ciclo ([21]). El ciclo de aprendizaje consiste en que el estudiante comparta lo que ha aprendido practicando las actividades y estudiando de manera autónoma, siendo este el esfuerzo que debe realizar el estudiante para adquirir el conocimiento, las habilidades y mejorar su experiencia de aprendizaje ([21]).

El su estudio modelo ATLM destaca tres buenas prácticas en torno a la enseñanza y al aprendizaje:

- **Aprender compartiendo.** El aprendizaje es mayor si se participa en el proceso de enseñanza.
- **Enseñar a aprender.** Además de enseñar la materia específica también es importante enseñar y guiar el proceso de aprendizaje.
- **La retroalimentación es buena.** Sin ella, el profesor no podrá mejorar el proceso de enseñanza y los estudiantes no sabrán si el desempeño de su aprendizaje responde a las expectativas.

6.2. T-CHAT: Enseñanza holística ágil centrada en la tarea

El modelo propuesto por Makio et al. [6], T-CHAT (*Task-Centric Holistic Agile Teaching*), es un modelo de **enseñanza ágil** holística centrado en la tarea que facilita al profesor cambiar el enfoque de su enseñanza dependiendo de las necesidades de aprendizaje diverso y cambiante, con el fin de garantizar el desarrollo de competencias tanto técnicas como transversales.

El elemento central del modelo es la tarea que resolver por parte el estudiante. El modelo facilita la combinación los cinco métodos de enseñanza que se observan en la Figura 29,

en función del contexto de aprendizaje en cada momento. El primero es la enseñanza basada en proyectos, que enfoca el aprendizaje en torno a una tarea se organiza como un proyecto. El segundo método, la enseñanza basada en problemas, es un enfoque centrado en el estudiante que le facilita integrar la teoría y la práctica para dar respuesta a un problema concreto. En este caso, la tarea está planteada para que los estudiantes se enfrenten al problema que se necesita resolver. El tercer método es la enseñanza orientada a la investigación, que se caracteriza por estar centrada en el profesor y la tarea está orientada al proceso y las cuestiones de la investigación. El cuarto método, el de la enseñanza presencial, es el que se conoce como enseñanza tradicional en el que el profesor controla el entorno de aprendizaje y hace que este ocurra. En este caso, la tarea se centra en la presentación de conceptos relevantes realizados el profesor para dar contexto y motivación a un tema de aprendizaje concreto. Por último, la enseñanza perceptiva, un método que asume la percepción como la comprensión intuitiva de un concepto [142] y como un aspecto clave de cualquier proceso de aprendizaje. En este método, la tarea se centra en la percepción del significado empírico de los conceptos.



Figura 29. Modelo ágil de enseñanza centrado en la tarea (T-CHAT) [6].

En el modelo propuesto por Makio et al., la tarea se crea teniendo en cuenta que para ser exitosa se deben desarrollar tanto habilidades técnicas como habilidades transversales, ya que estas últimas son mencionadas como la principal razón de fracaso en los proyectos. Por esta razón, el modelo contempla su desempeño. En este sentido, el modelo contempla 4 categorías de competencias no técnicas: sociales, personales, sistémicas y generales. En la Tabla 36 se recogen las competencias clave por categoría, que los autores consideran se adquieran mediante la aplicación del modelo T-CHAT [16].

Categoría	Competencias
Social	Comunicación
	Colaboración
	Presentación
	Escritura técnica
Personal	Pensamiento creativo
	Aprendizaje permanente
	Liderazgo
Sistemática	Resolución de problemas
	Perfil analítico
	Pensamiento crítico
General	Gestión de Proyectos

Tabla 36. Competencias clave contempladas en T-CHAT [16].

6.3. Aprendizaje cíclico ágil

El modelo propuesto por Niculescu et al. [131] es un modelo ágil de aprendizaje cíclico resultante de adaptar los principios ágiles al contexto educativo y de una investigación previa [11] que los autores realizaron para estudiar la eficacia de combinar el aprendizaje cíclico y aprendizaje ágil en cuanto a la transferencia de conocimiento y el ritmo al que este se adquiere.

En relación con esta investigación previa, Niculescu et al. plantean el aprendizaje cíclico como un proceso similar al de la enseñanza en espiral, relacionado con la taxonomía de Bloom (ver Figura 30), que supone realizar más de una iteración para alcanzar el nivel más alto de aprendizaje. La ventaja de este tipo de aprendizaje es que los estudiantes vuelven a revisar los conceptos ya aprendidos de manera periódica cada vez que necesitan ampliar y profundizar en conocimientos relacionados con ellos. Esta taxonomía educativa, la más citada en la literatura., categoriza los objetivos educativos en tres dominios: cognitivo, afectivo y psicomotor. Los seis niveles de complejidad contemplado inicialmente en el dominio cognitivo son el conocimiento, la comprensión, la aplicación, el análisis, la

evaluación y la creación, que más tarde se reformularon pasando de nombres a verbos y cambiando el orden de los dos niveles más altos: recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Es importante señalar que esta taxonomía no define los pasos de un proceso, sino los distintos niveles de competencia esperados en el aprendizaje de un determinado concepto. Una variación simplificada de esta taxonomía destaca sus tres categorías más influyentes: el conocimiento del concepto, entenderlo para ilustrarlo y aplicarlo en nuevos contextos. Los niveles de esta taxonomía simplificada están directamente relacionados con la clasificación que hace ACM del nivel de conocimiento: familiaridad, uso y evaluación [11].

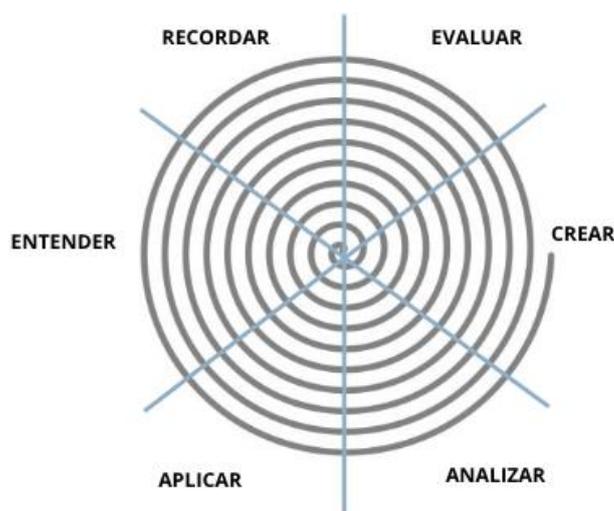


Figura 30. Taxonomía de Bloom.

En relación con el enfoque ágil, el modelo de aprendizaje se plantea como proceso iterativo e incremental para cumplir con el plan de estudios, en el que cada incremento supone un aumento de las competencias de los estudiantes. En este modelo es clave el trabajo en equipo y el seguimiento del progreso del aprendizaje, así como que los objetivos de aprendizaje sean modulares e incrementales para poder adaptar fácilmente los cambios. En cualquier caso, el modelo ágil de aprendizaje se podría aplicar a cualquier diseño instruccional o enfoque formativo centrado en la velocidad, la flexibilidad y la colaboración [11].

En la práctica, Niculescu et al. [11] combinan el modelo cíclico de aprendizaje con el modelo ágil de modo que se introduce un concepto partiendo de su definición básica y una aplicación concreta, a partir de las cuales, se va completando el conocimiento de manera iterativa hasta llegar a una definición y una aplicación más general del concepto. Ambos enfoques, el cíclico y el ágil, comparten la idea de construir el conocimiento de manera incremental a través de iteraciones. No obstante, cada uno de ellos aporta su

propia particularidad para potenciar el aprendizaje. Por una parte, el aprendizaje ágil está orientado a trabajar en equipo, fomentando la colaboración y produciendo resultados concretos, continuos y frecuentes, mientras que el aprendizaje cíclico está orientado a adquirir ciertos niveles de conocimiento y a repetir los conceptos para profundizar en su comprensión.

Este estudio previo concluyó que los modelos ágiles potencian el aprendizaje cíclico y que la combinación de ambos enfoques mejora la eficacia del aprendizaje. A partir de este estudio [11], Niculescu et al. realizan un segundo estudio [131] en el que, además de proponer una reformulación e interpretación de los principios ágiles aplicados a la educación para conseguir una enseñanza y aprendizaje efectivos, también proponen un modelo ágil de aprendizaje para ponerlos en práctica y un caso práctico para validar su bondad.

En este segundo estudio, los autores establecen en todo momento **un paralelismo entre la gestión de desarrollo de un proyecto y el proceso de enseñanza-aprendizaje, por la cantidad de similitudes que encuentran**. En la Tabla 37 se recogen las similitudes identificadas por Niculescu et al. [131] entre la gestión de un proyecto y la gestión del proceso de enseñanza.

Similitudes de un proyecto con el proceso de enseñanza	Ambos suponen	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo en el tiempo, único y progresivo. • Orientados a producir un resultado tangible o intangible.
	Ambos implican	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiples partes con intereses diferentes. • Calendarios ajustados. • Plazos establecidos. • Recursos limitados. • Cambios (a veces previstos, a veces imprevistos).
	Ambos requieren	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación • Seguimiento • Validación continua de los resultados • Retroalimentación de todas las partes implicadas.

Tabla 37. Similitudes entre proyecto y proceso de enseñanza [131].

Por ello, algunos métodos de enseñanza nuevos se inspiran en metodologías de gestión de proyectos predictivas o adaptativas. En concreto, el modelo propuesto por Niculescu et al. [131] está basado en la aplicación de los principios ágiles al proceso de aprendizaje. De este modo, propone un aprendizaje iterativo e incremental en el que las nuevas funcionalidades añadidas en cada iteración se sustituyen por competencias que deben adquirir los estudiantes en esa iteración. El proceso de aprendizaje se organiza en

iteraciones en las que, en cada una de ellas, se persigue aumentar el conocimiento y competencia del estudiante. Al finalizar cada iteración, se cumplimenta un cuestionario retrospectivo para realizar las adaptaciones que se consideren de manera dinámica. La evaluación del aprendizaje es iterativa, aunque también puede optarse por complementarla con una evaluación final para validar el aprendizaje en su conjunto. El profesor también podría analizar todo el proceso a modo de lecciones aprendidas para mejorarlo en el futuro. Como se observa en la Figura 31, en **cada iteración se desarrollan cuatro actividades clave: planificación, ejecución, evaluación y análisis.**

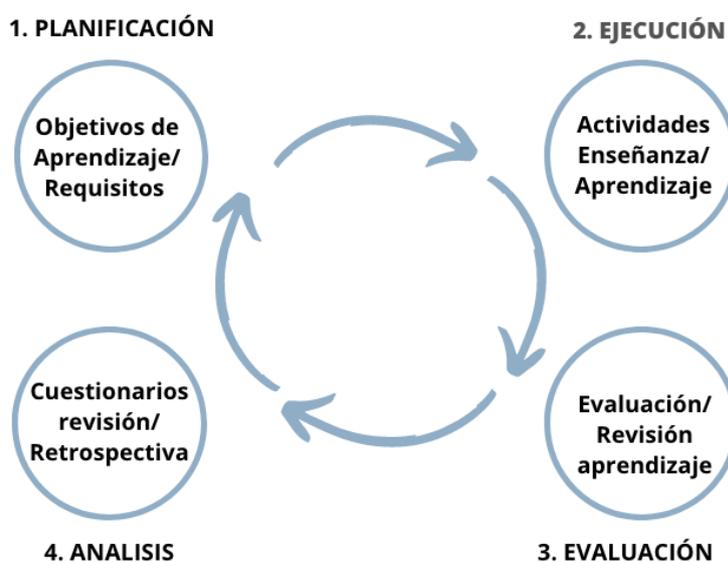


Figura 31. Modelo ágil de aprendizaje cíclico [131].

A continuación, se describen las actividades del proceso iterativo:

- **Planificación.** Se establece el plan inicial en función de los resultados de aprendizaje previstos y de los temas a trabajar en cada iteración sin concretar el detalle de los objetivos de cada etapa. Los objetivos de enseñanza-aprendizaje concretos en cada iteración se especifican en la actividad de planificación de cada etapa junto con el trabajo que facilitará la consecución de estos objetivos.
- **Ejecución.** Se ejecuta el plan previsto en función de las actividades de enseñanza definidas, tales como seminarios, cursos, laboratorios o pruebas.
- **Evaluación.** En cada iteración se evalúan las presentaciones, los debates, los trabajos prácticos o los cuestionarios. La idea es revisar el nivel de conocimiento adquirido en cada iteración.

- **Análisis.** Se analiza el proceso de aprendizaje a modo de retrospectiva, mediante cuestionario, indicando qué habría que cambiar o qué nuevas prácticas se podrían poner en marcha en siguientes iteraciones. La idea es mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en la siguiente iteración.

La acogida de este nuevo enfoque ágil de enseñanza y aprendizaje por parte de los estudiantes fue buena, debido fundamentalmente a su implicación directa en su proceso de aprendizaje y la posibilidad de adaptarlo dinámicamente.

6.4. Aprendizaje autónomo ágil

Oliveira et al. [15] proponen un modelo ágil para la gestión del aprendizaje, con el objetivo principal de facilitar el aprendizaje autónomo de los estudiantes. Para los estudiantes es un reto monitorizar su propio progreso de aprendizaje. Por ello, el modelo planteado, basado en Scrum y en el aprendizaje basado en retos, permite planificar el aprendizaje teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje individuales (lo que se quiere aprender) y las necesidades del reto planteado (lo que se debe aprender), así como ejecutarlo y comprobar los resultados del aprendizaje para, si fuera necesario, poder llevar a cabo acciones de mejora de forma autónoma.

Se trata de un enfoque de aprendizaje multidisciplinar, cooperativo y aplicado, que proporciona flexibilidad para adaptar y personalizar el entorno de aprendizaje dependiendo de los objetivos de aprendizaje personales o colectivos. En general, el modelo facilita definir los objetivos de aprendizaje, alinear y comunicar los objetivos de aprendizaje, planificar la ejecución de los objetivos de aprendizaje, ejecutar los objetivos de aprendizaje, verificar la finalización de los objetivos de aprendizaje entre los compañeros y, por último, reflexionar sobre el aprendizaje adquirido en la ejecución de cada objetivo de aprendizaje y sobre las mejoras en el proceso o en las herramientas o en las relaciones entre los miembros del equipo.

La adaptación del proceso Scrum, que se repite varias veces durante el ciclo de aprendizaje basado en desafíos, lleva asociado un paso previo que da inicio al desafío y en el que los estudiantes definen una lista de objetivos de aprendizaje basada en la meta del aprendizaje (sus resultados) y en las necesidades del proyecto. En el caso de los profesores, la meta de aprendizaje estará orientada a los resultados de aprendizaje del plan de estudios. Para los estudiantes, la meta de aprendizaje será una descripción general de sus deseos de aprendizaje, algo que supondrá un aspecto clave para facilitar el desarrollo de su autonomía y confianza. En cuanto a las necesidades del proyecto que

se llevará a cabo durante el proceso de aprendizaje, se trata de otra fuente para definir objetivos de aprendizaje que se identifica con otras oportunidades de aprender durante la ejecución del proyecto, por lo que los estudiantes también definen uno o más objetivos de aprendizaje para cada necesidad.

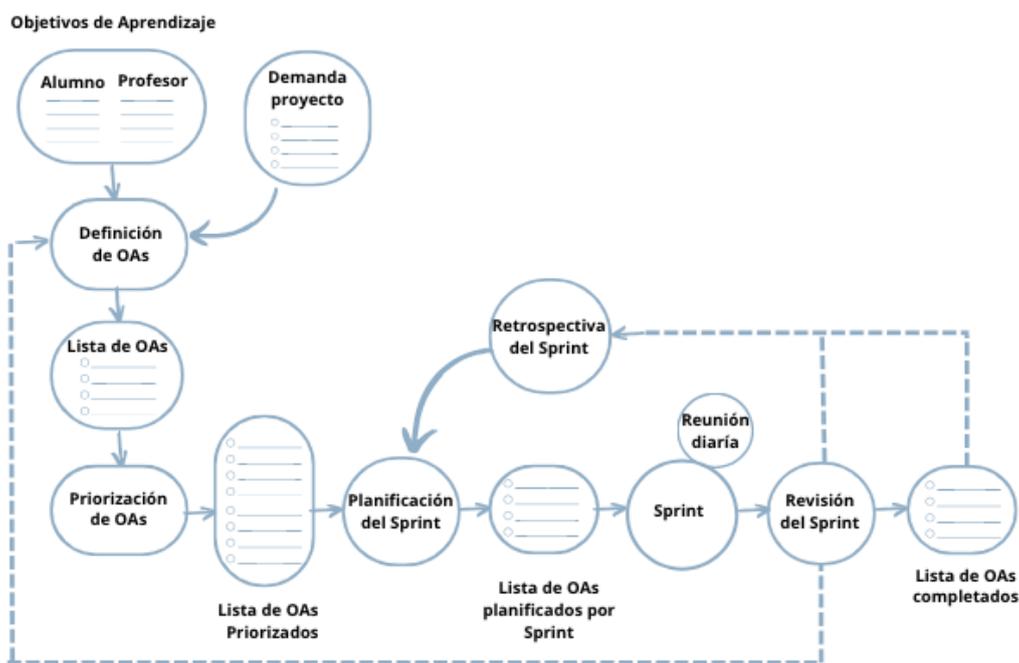


Figura 32. Modelo ágil de aprendizaje autónomo [15].

A continuación, se describe las fases del proceso ágil de aprendizaje autónomo propuesto por Oliveira et al. [15], representado en la Figura 31 (OAs = Objetivos de Aprendizaje):

- Definición de objetivos de aprendizaje.** Los objetivos de aprendizaje son más específicos que las metas, requieren evidencia del aprendizaje y aunque su definición se pueda hacer en equipo, son individuales ya que cada estudiante debe asumir la responsabilidad de su planificación y de su ejecución. Una herramienta para definir los objetivos de aprendizaje es una encuesta que recoge los intereses de aprendizaje del estudiante ayudándole a reflexionar sobre las posibilidades de aprendizaje que le motivan y contrastar sus intereses con las necesidades del proyecto, centrándose en lo que es importante en términos de aprendizaje y sin dejarse influir por la cantidad y complejidad de los objetivos de aprendizaje. Esta fase concluye con una lista de objetivos de aprendizaje asociados a una meta de aprendizaje, un seguimiento y un responsable.

- **Priorización de los objetivos de aprendizaje.** En esta fase se analizan y priorizan los objetivos de aprendizaje. La priorización de cada objetivo de aprendizaje es una responsabilidad individual. El profesor puede participar en esta fase a demanda del estudiante para aclarar dudas sobre los objetivos de aprendizaje sugeridos y/o para identificar inconsistencia entre la priorización que haya realizado el estudiante y su deseo de aprender.
- **Planificación y ejecución del *sprint*.** Cada *sprint* supone un intervalo de tiempo que el profesor define en el plan inicial de cada reto. La etapa de planificación es en la que el estudiante se compromete a lograr el aprendizaje asociado a los objetivos de aprendizaje seleccionados para ese *sprint*. Una vez planificado el aprendizaje comienza la ejecución del *sprint*. A lo largo del *sprint*, los estudiantes desarrollan las actividades del proyecto relacionado con el reto. Estas actividades están basadas en los objetivos de aprendizaje establecidos. Al mismo tiempo que ejecutan las actividades aprenden lo previsto en los objetivos de aprendizaje.
- **Revisión del *sprint*.** Al finalizar la ejecución del *sprint*, se evalúan los objetivos de aprendizaje completados y su nivel de complejidad cognitiva en base a la evidencia presentada por el estudiante. En esta fase también se revisa la lista de objetivos de aprendizaje por si hubiese que adaptarla en función de los resultados de aprendizaje.
- **Retrospectiva.** Una vez finalizada la revisión del *sprint*, se realiza una retrospectiva sobre los hechos relevantes sucedidos en el *sprint* y relacionados con las personas, las relaciones, los procesos y las herramientas. En esta fase, se reflexiona sobre la ejecución del *sprint*, identificando que ha funcionado en este *sprint* y que se puede mejorar de cara al siguiente. En el caso de las mejoras, los estudiantes proponen acciones y definen una estrategia para su implementación en el próximo *sprint*. La reflexión del proceso y la propuesta de acciones de mejora pueden resultar un reto para el estudiante, pero además de promover su madurez, le ofrece la posibilidad de liderar su proceso de aprendizaje, acomodándolo a sus necesidades. La retrospectiva es una oportunidad formal para mejorar su proceso de aprendizaje.

El estudio concluyó que el uso del modelo fue positivo para el desempeño del aprendizaje, la gestión de los objetivos de aprendizaje y la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Los resultados mostraron evidencias del beneficio en la autonomía de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje.

Capítulo 7. Experimentación: Co-diseño Lean UX

Con el fin de validar el impacto del modelo propuesto en el compromiso del estudiante y en su percepción de aprendizaje, en este capítulo se describe el estudio empírico realizado con usuarios reales para crear de manera compartida un recurso educativo mediante un modelo ágil centrado en la mejora de la experiencia de usuario. En este caso concreto, se ha realizado el diseño conjunto de un videojuego serio para enseñar a enseñar conceptos básicos de programación, usando un modelo ágil basado en la mejora de la experiencia de usuario, que integra algunas de las prácticas de diseño Lean UX con algunas de las prácticas de gestión ágil de Scrum.

7.1. Objetivo e hipótesis

El objetivo principal del estudio es validar la hipótesis de que el uso de Lean UX para el diseño de un videojuego serio aumenta el compromiso del estudiante con el producto, al mismo tiempo que facilita su percepción de aprendizaje.

Con el fin de validar esta hipótesis, se plantea un estudio empírico que da respuesta a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué nivel de satisfacción tiene el estudiante respecto al uso del producto?
- ¿Qué percepción tiene el estudiante respecto a su participación en el proceso de diseño del producto?
- ¿Qué percepción de aprendizaje tiene el estudiante, seis meses después de su última interacción con el producto?

7.2. El recurso educativo

El recurso educativo es un videojuego serio cuyo objetivo es enseñar, de manera incremental, conceptos básicos de programación. El motivo de que el producto sea un videojuego es para que el estudiante pueda aprender de manera lúdica, siguiendo un enfoque gamificado a través de la consecución de retos.

MOBI es el nombre del videojuego y también es el nombre de su protagonista. La idea conceptual del juego es que el estudiante acompañe a MOBI a diferentes lugares del mundo para ayudar a su amigo Tuiti, un pajarito que ha perdido la memoria, a encontrar su casa. Cada lugar del mundo que visiten representa un nivel de juego en el que el resolverá problemas usando elementos relacionados con diferentes conceptos de programación. En la Figura 33 se muestra la pantalla de para iniciar el juego.



Figura 33. MOBI: videojuego serio.

La aparición de cada concepto de programación estará sujeto al grado de dificultad del nivel. Los conceptos se irán mostrando gradualmente en forma de metáfora para facilitar su asimilación y para que el estudiante pueda ir probando y aprendiendo por ensayo y error. Los conceptos de programación presentados en MOBI, por orden de dificultad son:

1. **Instrucción.** Este concepto se corresponde con cada una de las acciones que puede hacer MOBI.
2. **Programa.** Este concepto se corresponde con una secuencia de instrucciones que puede hacer MOBI.
3. **Salida.** Este concepto se corresponde con el resultado de la ejecución de cada instrucción del programa.
4. **Variable.** Este concepto se corresponde con los objetos que puede recolectar MOBI para realizar las tareas que resuelven los desafíos asignados.
5. **Memoria.** Este concepto se corresponde con la mochila en la que MOBI guarda los objetos que ha ido recogiendo.

6. **Condiciona**l. Este concepto se corresponde con algunas acciones solo se pueden realizar si se cumplen determinadas condiciones.
7. **Bucle**. Este concepto se corresponde con la repetición de una misma instrucción varias veces.

7.3. El proceso

Entre todas las técnicas participativas, se elige Lean UX para co-diseñar el recurso educativo por ser un método centrado en la mejora de la experiencia de usuario que facilita la creación de productos atractivos para el usuario. El enfoque Lean UX en la creación de MOBI es el de un proceso empírico, adaptativo, iterativo, incremental y colaborativo, que promueve la participación temprana y continua del usuario real durante todo el proceso, facilitando la evolución del producto en función de una retroalimentación sistemática y continua por parte del usuario. El usuario real del producto educativo y participante activo en su diseño es un estudiante de Educación Primaria. Las características genéricas especiales que se han contemplado inicialmente en el diseño de la experiencia de usuario para un estudiante de primaria son la falta de madurez, la capacidad de atención y el vocabulario limitado.

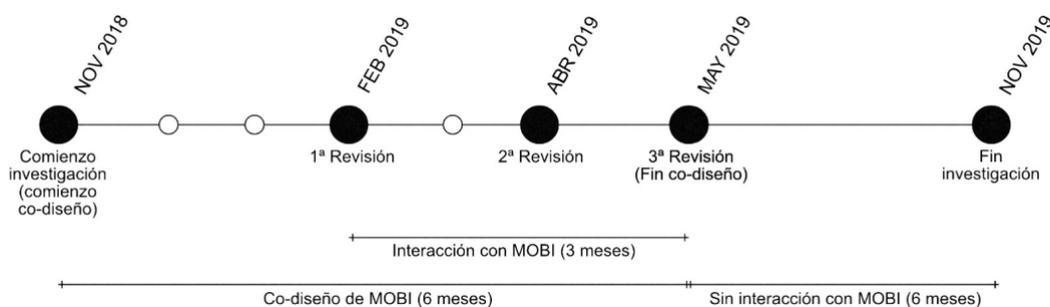


Figura 34. Proceso ágil de co-diseño.

Como se puede observar en la Figura 34, la experiencia con los estudiantes se realizó a lo largo de un año, desde noviembre de 2018 hasta noviembre de 2019. Durante los seis primeros meses se llevó a cabo el co-diseño del videojuego, en el que se mantuvieron cuatro sesiones con los estudiantes y se realizaron tres entregas incrementales del videojuego, cada una como resultado de las tres iteraciones planteadas en el proceso de creación de MOBI. Al finalizar el estudio, seis meses después de la última interacción de los estudiantes con el videojuego, se realizó una quinta y última sesión para evaluar su recuerdo del videojuego y su percepción de aprendizaje con su uso. En la Tabla 38 se

observa el resumen de sesiones llevadas a cabo con los estudiantes a lo largo del estudio. Todas las sesiones mantenidas con los estudiantes tuvieron lugar en sus propias clases, durante el horario escolar y en presencia de su profesor. Todos los datos del estudio han sido recopilados y proporcionados por el centro educativo en el que se encontraban matriculados los estudiantes.

Sesión	Objetivo	Usuarios	Técnicas y herramientas	Fecha
Inicio del estudio y del proceso de co-diseño	Conocer al usuario y validar el concepto de MOBI	50	Observación de campo, prototipo en papel y cuestionario inicial (estado i0)	Nov 2018
Revisión 1	Retroalimentación primera evolución	32	Observación libre y <i>focus group</i>	Feb 2019
Revisión 2	Retroalimentación segunda evolución	32	Observación libre y <i>focus group</i>	Apr 2019
Revisión 3. Fin de co-diseño	Retroalimentación tercera evolución	32	Observación directa y cuestionario revisión (estado i1)	May 2019
Fin del estudio	Comprender satisfacción final del usuario	48	Cuestionario final (estado i2)	Nov 2019

Tabla 38. Sesiones de co-diseño del recurso educativo.

En los siguientes apartados, se describe el detalle del proceso de creación del producto, desde la primera interacción con los estudiantes (inicio de la experiencia) hasta la última (fin de la experiencia).

7.3.1. Inicio del proceso: descubrimiento del estudiante

La primera sesión con los estudiantes representa el inicio de la experiencia y del proceso de co-diseño de del producto. Con esta primera interacción, a modo de toma de contacto con los estudiantes, **se inicia la investigación de usuario**. El principal objetivo de esta sesión es conocer al usuario potencial que usará el videojuego y motivar la participación en su diseño.

Durante la primera sesión con los estudiantes, se realizan las siguientes acciones:

- Se presenta el concepto del videojuego mediante bocetos en papel de los personajes (ver Figura 35) y el guion gráfico del juego a modo de *storyboard*.
- Se realiza una observación directa con el fin de observar la interacción y reacción de los estudiantes usando la aplicación Scratch [144].
- Una vez finalizada la interacción con Scratch, se facilita un cuestionario inicial con preguntas orientadas a conocer el nivel de competencia digital de los estudiantes, el hábito de uso de videojuegos, su opinión sobre Scratch y sus primeras impresiones y expectativas sobre el concepto del videojuego presentado y sobre su personaje.

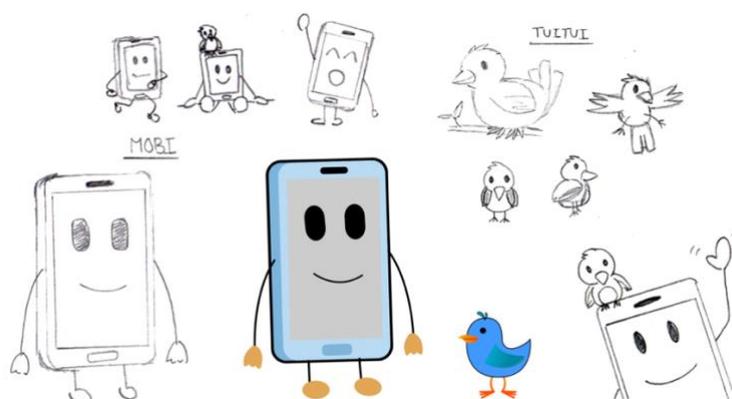


Figura 35. Prototipo personajes MOBI.

A partir de los datos recopilados en la sesión, se construye el arquetipo de usuario, usando para su representación dos de las técnicas empleadas en la investigación de usuarios para generar propuestas de valor: el mapa de empatía y el perfil de usuario.

PERFIL DE USUARIO		
Edad	Rasgos generales	Aficiones
10 años	Superación Busca posicionarse dentro del grupo	Juegos
Ocupación		Socializar
Alumno de primaria		Uso de dispositivos móviles
Clasificación según taxonomía de Bartle		
Principalmente triunfadores, con rasgos de socializadores y exploradores		

Figura 36. Perfil de usuario del estudiante.

En la Figura 36 se muestra el perfil de usuario de un estudiante representativo de la muestra.

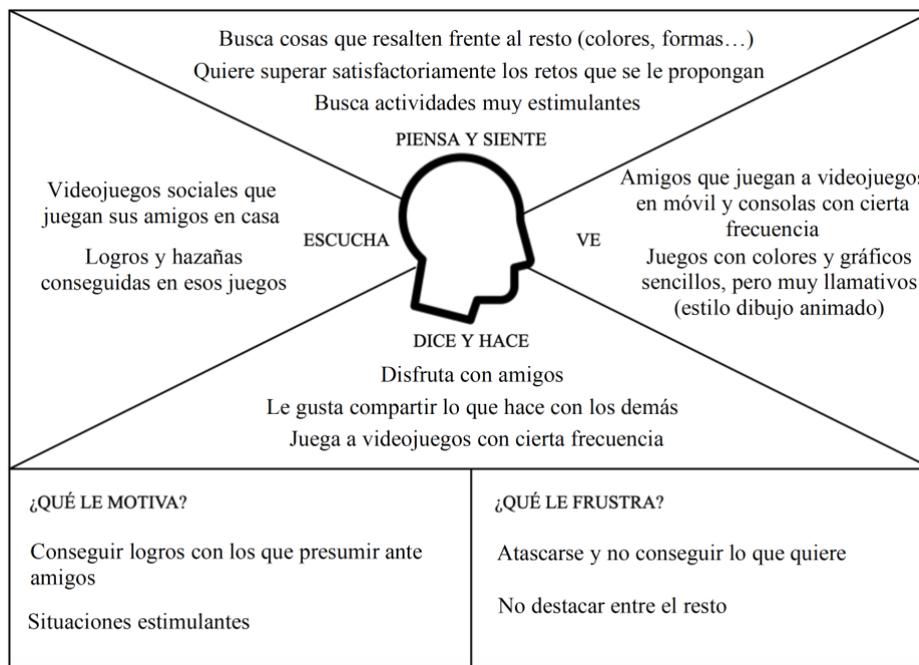


Figura 37. Mapa de empatía del estudiante.

Como se puede observar en la Figura 37, se visualiza lo que frustra y motiva al estudiante en el contexto de uso del videojuego, así como lo que piensa, siente, ve, escucha, dice y hace en ese contexto.

7.3.2. Primera iteración: MOBI V1.0, colorido y animado.

La primera iteración representa la creación y revisión de primera versión del producto. El principal objetivo de esta iteración es revisar la primera versión jugable del videojuego para validar los supuestos planteados e incorporados en MOBI a partir de la investigación de usuario realizada.

Para ello, se crea una primera versión de MOBI, atendiendo a la retroalimentación de los estudiantes y al arquetipo de usuario construido. A nivel de experiencia de usuario, **se crearon personajes coloridos y animados**, atendiendo al principal deseo transmitido por los estudiantes. A nivel funcional, esta versión incluye los tres primeros conceptos básicos de programación: “Instrucción”, “Programa” y “Salida”. En la Figura 38 se observa una

imagen representativa de la primera versión del videojuego.

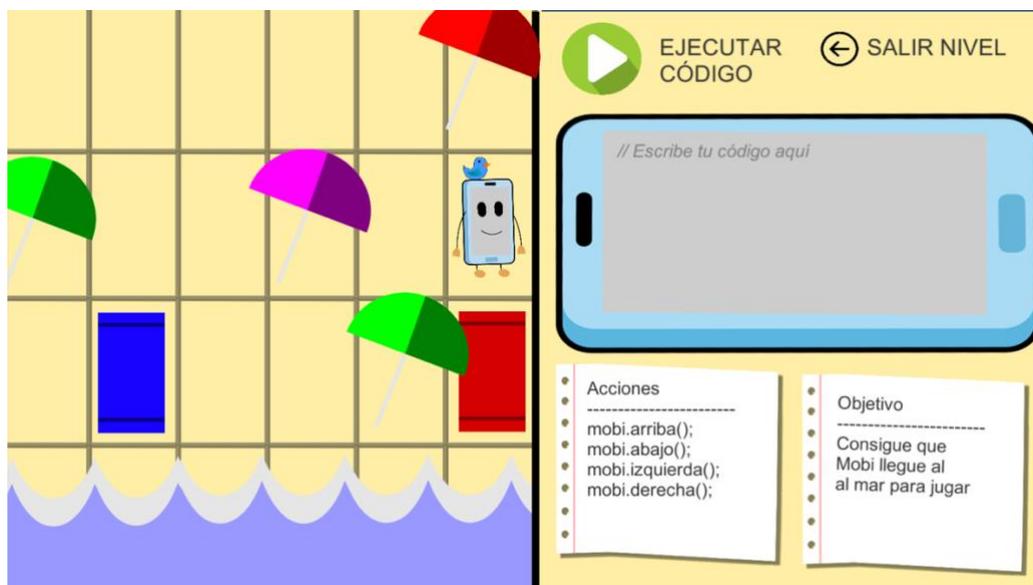


Figura 38. Primera versión jugable MOBI (V1.0).

Durante la primera sesión de revisión del videojuego (segunda sesión con los estudiantes), se realizan las siguientes acciones:

- Se presenta la primera versión del videojuego (Figura 38).
- Se realiza una observación directa de la reacción de los estudiantes al interactuar de manera libre y por primera vez con el producto.
- Adicionalmente, se completa la sesión de revisión con un *focus group* en el que participaron un número limitado y representativo de estudiantes para compartir su experiencia y proponer mejoras.

El resultado final de esta iteración es una propuesta de cambios por parte de los estudiantes para mejorar su experiencia de uso. El principal cambio sugerido por los estudiantes es mejorar la capacidad gráfica de la interfaz de MOBI.

7.3.3. Segunda iteración: MOBI V2.0, un videojuego en 3D

La segunda iteración representa la primera evolución del producto. El objetivo principal de esta iteración es revisar la nueva versión del videojuego para validar los supuestos planteados e incorporados en MOBI a partir de la retroalimentación facilitada por los estudiantes en la primera sesión de revisión.

Para ello, se crea una segunda versión de MOBI mejorada a nivel de experiencia de usuario e incrementada funcionalmente. Atendiendo a la principal propuesta de cambio transmitida por los estudiantes, se mejora la interfaz de usuario de MOBI **evolucionando sus gráficos de 2D a 3D**. A nivel funcional, se incorporan dos conceptos básicos de programación más: “Variable” y “Memoria”. En la Figura 39 se observa una imagen representativa de la segunda versión del videojuego.



Figura 39. Segunda versión jugable de MOBI (2.0).

Durante la segunda sesión de revisión del videojuego (tercera sesión con los estudiantes) se realizan las siguientes acciones:

- Se presenta la segunda versión del videojuego (Figura 39).
- Se realiza una observación directa de la reacción de los estudiantes al interactuar manera libre con la segunda versión del producto.
- Adicionalmente, se mantiene un *focus group* en el que participaron un número reducido y representativo de estudiantes para compartir su experiencia y proponer mejoras.

El resultado final de esta iteración fue una nueva propuesta de cambios por parte de los estudiantes para mejorar su experiencia de uso. El cambio más significativo sugerido por los estudiantes es mejorar la capacidad de interacción con MOBI.

7.3.4. Tercera iteración: MOBI V3.0, arrastrar y soltar

La tercera iteración representa la segunda evolución del producto y el final de su proceso de co-diseño. El objetivo principal de esta iteración es revisar la nueva versión del videojuego para validar los supuestos planteados e incorporados en MOBI a partir de la retroalimentación facilitada por los estudiantes en la segunda sesión de revisión.

Para ello, se crea una tercera versión de MOBI, mejorada a nivel de experiencia de usuario e incrementada funcionalmente. Atendiendo a la principal propuesta de cambio transmitida por los estudiantes, se mejora la interacción con MOBI **evolucionando la introducción de instrucciones de un paradigma manual a un paradigma de arrastrar y soltar**. A nivel funcional, en esta versión se incorporan dos conceptos básicos de programación más: “Condicional” y “Bucle”. En la Figura 40 se puede observar una imagen representativa de la tercera y última versión del videojuego.



Figura 40. Tercera versión jugable de MOBI (V3.0).

Durante la tercera sesión de revisión del videojuego (cuarta sesión con los estudiantes) se realizan las siguientes acciones:

- Se presenta la tercera versión de MOBI (Figura 40).
- Se realiza una observación directa de la reacción de los estudiantes al interactuar con la tercera versión del producto. En esta ocasión la interacción es guiada por tareas.

- Para cada tarea, se registra diferentes medidas de prestaciones relativas a la eficacia y la eficiencia de uso del producto por parte de los estudiantes.
- Como complemento a la observación directa y al registro de las medidas de prestaciones, se realiza un cuestionario para recoger la opinión de todos los estudiantes en cuanto a la experiencia de uso de MOBI y a la experiencia de participación en su creación.

El resultado final de esta iteración es la tercera y última versión de MOBI. Una versión jugable y completamente funcional de MOBI co-diseñada con los estudiantes. Esta versión se considera un **mínimo producto viable** de MOBI, qué podría seguir evolucionando a partir de la retroalimentación de un mayor número de usuarios reales.

7.3.5. Fin del proceso: Evaluación final de la experiencia

La última sesión con los estudiantes representa el final de la experiencia. Esta fase representa el final del estudio. Duración de la fase: 6 meses.

El objetivo principal de esta fase fue conocer el recuerdo que el estudiante tenía del videojuego y la percepción de aprendizaje adquirido después de haber pasado 6 meses desde su última interacción con el producto.

Para ello, se mantuvo una única sesión con los estudiantes, sin interacción con el producto, en la que se les facilitó un cuestionario final con preguntas orientadas a conocer el recuerdo que tenían de MOBI y de la participación en su creación, así como de lo que habían aprendido jugando con él.

El resultado final del proceso fue disponer de un conjunto de datos completo para poder validar o refutar la hipótesis del estudio dando respuesta a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio.

7.4. Los factores de medición

Para verificar la hipótesis de la investigación, en el experimento se mide el **compromiso** del estudiante con el diseño y con el uso del videojuego, así como su **percepción de aprendizaje**.

En este estudio, el compromiso del estudiante se ha medido en función de dos variables:

la **satisfacción de la experiencia** del estudiante y la **participación del estudiante en el diseño del videojuego**. Por tanto, para validar la hipótesis, se han definido tres factores:

1. **Satisfacción UX**. Este factor se corresponde con la satisfacción de la experiencia del usuario con el producto y representa el grado de satisfacción del estudiante al hacer uso del recurso educativo. Este factor recoge la opinión general del estudiante sobre el videojuego combinada con la cantidad y calidad de los cambios que ha propuesto. Para calcular este factor, se establecen 3 parámetros:

1.1. **Opinión general** del estudiante sobre la utilidad del videojuego para aprender.

Este parámetro se mide en función de las respuestas del conjunto de estudiantes a las siguientes preguntas¹ realizadas durante el estudio:

- ¿Qué piensas de MOBI?
- ¿Te gusta jugar con MOBI?
- ¿Te gustaría seguir jugando con MOBI?
- ¿Recomendarías jugar con MOBI a tus amigos?

1.2. **Necesidad de cambios** para mejorar el videojuego. Este parámetro se mide en función de las respuestas del conjunto de estudiantes a las siguientes preguntas realizadas durante el estudio:

- ¿Qué mejorarías de MOBI?
- ¿Qué no cambiarías de MOBI?

1.3. **Nivel general de satisfacción** del estudiante con el videojuego. Este parámetro se mide en función de la respuesta del conjunto de estudiantes a las siguientes preguntas realizadas durante el estudio:

- ¿Te gusta como ha quedado MOBI?
- ¿Te parece difícil jugar con MOBI?
- ¿Te parece bonito MOBI?

El factor **Satisfacción UX** se representa con una escala tipo Likert que combina los valores de los 3 parámetros.

2. **Co-diseño Lean UX**. Este factor corresponde a la participación del usuario en el diseño del producto y representa el nivel de participación del estudiante en el proceso de diseño del videojuego. Este factor recoge la cantidad y calidad de retroalimentación proporcionada por el estudiante durante su participación en el proceso de diseño compartido. Este factor se mide en función de las respuestas del conjunto de estudiantes a las siguientes preguntas realizadas durante el estudio:

- ¿Te gusta participar en el diseño de MOBI?
- ¿Has notado que MOBI ha cambiado desde la última vez que lo usaste?

¹ El lenguaje utilizado en las preguntas se ha adaptado a las características especiales del usuario

- ¿Sientes que se ha tenido en cuenta tu opinión con respecto a la aplicación de los cambios en MOBI?

El factor **Co-diseño Lean UX** se representa como un porcentaje en función de las respuestas de los estudiantes a cuestionarios intermedios.

3. **Percepción de aprendizaje.** Este factor corresponde a la percepción del usuario de haber aprendido con el producto y representa la consciencia de aprendizaje del estudiante con el videojuego. Este factor se mide en función de las respuestas del conjunto de estudiantes a preguntas realizadas al final del estudio:

- ¿Te acuerdas de MOBI?
- ¿Qué recuerdas de MOBI?
- ¿Qué has aprendido con MOBI?

El factor **Percepción de aprendizaje** se representa como un porcentaje en función de las respuestas de los estudiantes al cuestionario final.

Para recoger las respuestas de los estudiantes se usaron cuestionarios **abiertos y anónimos** debido a las características inherentes a su edad: **abiertos para** facilitar que pudiesen expresar sus opiniones libremente, sin limitaciones ni interpretaciones de escalas de respuesta; y **anónimos para** proteger su identidad.

Capítulo 8. Validación del estudio

En este capítulo se presenta el análisis de los datos del estudio desde el punto de vista de la experiencia del estudiante en función de tres factores: la satisfacción de uso del recurso educativo, la participación en su diseño y la percepción de aprendizaje. Como ya se ha comentado previamente, todos los datos del estudio han sido recopilados y proporcionados por el centro educativo en el que se encontraban matriculados los estudiantes.

8.1. Normalización de los datos

La mayor parte de los datos recogidos para evaluar la experiencia de los estudiantes han sido cualitativos para no limitar las respuestas de los estudiantes a opciones determinadas y con el fin de dejar que expresaran su opinión libremente. Esta situación ha impedido el procesamiento automático de las respuestas. Por consiguiente, para evaluar las respuestas de las preguntas abiertas y garantizar la eficacia del proceso de validación es necesaria la participación de un equipo de tres expertos independientes que ayuden a normalizar los datos. En la Tabla 39 se muestra el perfil de especialidad de cada uno de los expertos.

Experto	Especialidad
1	Diseño Centrado en el Usuario, Usabilidad y Accesibilidad
2	Creación de gráficos, animación 2D/3D y Desarrollo de videojuegos
3	Desarrollo de negocio, experiencia de usuario y marcos ágiles

Tabla 39. Especialidad de los expertos.

A efectos del análisis de los datos de la investigación, se establecen tres estados a lo largo del proceso que se corresponden con la recogida de datos en distintos momentos del estudio.

1. Estado i0: inicio del estudio y del co-diseño, 50 encuestados (fase inicial)
2. Estado i1: tercera revisión y final del co-diseño, 32 encuestados (fase iterativa)

3. Estado i2: final del estudio seis meses después, 48 encuestados (fase final)

Al tratarse de cuestionarios **voluntarios y anónimos**, las muestras tienen diferentes tamaños y no están correlacionadas. Por tanto, cada experto ha tenido que leer e interpretar las respuestas relacionadas con las **tres dimensiones del factor Satisfacción UX** facilitadas a lo largo del proceso: la opinión sobre la utilidad del producto para aprender, la necesidad de cambios y la satisfacción de uso del producto. Los expertos han utilizado la escala de Likert mostrada en la Tabla 40 para completar la normalización de los datos cualitativos.

Escala	Opinión de Utilidad	Necesidad de Cambios	Satisfacción de Usuario
1	Pobre	Sin cambios	No del todo satisfecho
2	Podría ser mejorado	Cambios de bajo impacto	Un poco satisfecho
3	Bien	Cambios con impacto	Satisfecho
4	Muy bien	Cambios con impacto considerable	Muy satisfecho
5	Excelente	Cambios con impacto drástico	Extremadamente satisfecho

Tabla 40. Escala de Likert usada por los expertos para normalizar los datos.

8.2. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de los datos se centra en la evaluación de los datos cualitativos recogidos al final del estudio (estado i2), una vez finalizado el co-diseño del videojuego y seis meses después de la última interacción con el producto. En este estado, se registra el recuerdo que tienen los estudiantes de MOBI en cuanto a su experiencia de uso, la participación en su creación y la percepción de lo que han aprendido con él.

En cuanto a al factor **Satisfacción UX**, relacionado con la satisfacción de la experiencia de uso del videojuego por parte del estudiante, el resultado del análisis ha sido el siguiente:

- El 92% de los estudiantes recuerdan el videojuego.
- El 85% de los estudiantes están satisfechos con la última versión del videojuego.
- El 79% de los estudiantes les ha gustado jugar con el videojuego.
- El 85% de los estudiantes recomendarían el videojuego a sus amigos.

A continuación se destacan algunas respuestas de los estudiantes que ilustran estos resultados: “Al principio era muy básico, pero a medida que aportaba ideas para mejora el juego, fue mejorando y finalmente se convirtió en un super juego, aunque tenía muy

pocos niveles”, “Me sentía feliz jugando a MOBI porque lo había programado”, “MOBI iba cambiando según lo que comentábamos”, “Al principio no me gustaba, pero una vez que cambió, me encantó”, “Me encantó jugar con MOBI y este año me gustaría volver a hacerlo”.

En cuanto al factor **Co-diseño Lean UX**, relativo a la participación de estudiante en el co-diseño del videojuego, el resultado del análisis ha sido el siguiente:

- El 94% de los estudiantes se muestran satisfechos por haber participado en el diseño del videojuego.
- El 85% de los estudiantes han notado que en el diseño del videojuego se tuvo en cuenta su opinión.
- El 63% de los estudiantes les hubiese gustado seguir participando en el co-diseño del videojuego.

En cuanto al factor **Percepción de aprendizaje**, relativo a la consciencia que tiene el estudiante de haber aprendido algo, el resultado del análisis ha sido el siguiente:

- El 60% de los estudiantes han percibido haber “aprendido a programar” con MOBI.

A continuación, se destacan algunas respuestas de los estudiantes a la pregunta “¿Qué has aprendido de MOBI?” para ilustrar estos resultados: “Que los juegos no tienen que ser solo para jugar, también se puede aprender”, “Aprendí a programar mejor”, “MOBI es un teléfono que obedece tus órdenes y completa niveles”

8.3. Análisis inferencial

El análisis inferencial de los datos se centra en la evaluación por separado de los datos cualitativos relacionados con el factor Satisfacción UX y recogidos en cada uno de los tres estados del proceso (i0, i1 e i2). Para este análisis se utilizan los paquetes “pspearman” [145] y “coin” [146] del software estadístico “R” [147].

Para analizar el factor Satisfacción UX se analizan por separado cada una de sus tres dimensiones: la opinión general sobre la utilidad de MOBI, la necesidad de cambios para mejorar MOBI y la satisfacción con MOBI.

El primer paso del análisis de cada una de las dimensiones es validar si se correlacionan o no los juicios de los expertos. Para ello, se comprueba la coherencia entre las interpretaciones de cada uno de los expertos usando el coeficiente de correlación de

rangos de Spearman [148] que ofrece valores en el intervalo $[-1,1]$. Los juicios de los expertos estarán más correlacionados cuanto más cerca esté el valor de correlación de los límites del intervalo. Además, se realiza un contraste de hipótesis para comprobar la significancia estadística de los coeficientes de correlación. De esta prueba se obtiene el valor de probabilidad p (denominado *p-valor*), siendo dicho *p-valor* estadísticamente significativo cuando es inferior a 0,01. Intuitivamente, cuanto menor sea el *p-valor*, la correlación será mayor.

8.3.1. Opinión general sobre la utilidad educativa de MOBI

Siguiendo el planteamiento general del análisis, se realiza la comprobación de si los juicios de los tres expertos para la dimensión “Opinión general” están o no correlacionados. La Tabla 41 muestra la matriz para esta dimensión de los resultados de correlación de Spearman entre expertos con los datos de los *p-valores* correspondientes entre paréntesis.

Correlaciones de Opinión	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Experto 1	1	0.78 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)	0.68 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)
Experto 2	0.78 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)	1	0.67 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)
Experto 3	0.68 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)	0.67 (<i>p-valor</i> \leq 0.0001)	1

Tabla 41. Opinión general: correlación de Spearman entre expertos.

Los resultados confirman que los juicios de los expertos están significativamente correlacionados entre si ya que todos los *p-valores* son cercanos a cero. Por tanto, se concluye que existe una coherencia global de los juicios de los tres expertos en relación con la opinión general de los estudiantes con MOBI.

Con el fin de obtener conclusiones lo más objetivas posible y dada la correlación positiva entre los juicios de los expertos, sus juicios se han recogido en una única valoración promedio denominada “experto combinado”. Esta valoración se ha construido promediando los juicios individuales proporcionados por cada experto [149]. De esta forma, el análisis de datos se continúa con la evaluación de los resultados para los cuatro expertos, los 3 expertos independientes iniciales y un cuarto “experto combinado”.

La Tabla 42 muestra un resumen estadístico (promedio y desviación estándar) de los resultados obtenidos para cada experto en los diferentes estados del proceso. En general,

se observa consenso entre los expertos en cuanto a que existe una tendencia de mejora en la opinión general de los estudiantes a medida que avanza el proceso.

Promedio (desviación estándar)	Estado i0	Estado i1	Estado i2
Experto 1	2.94 (0.91)	3.63 (0.55)	4.33 (0.78)
Experto 2	3.28 (0.90)	4.38 (0.79)	4.48 (0.87)
Experto 3	3.42 (0.97)	3.84 (0.77)	4.50 (1.29)
Experto combinado	3.21 (0.86)	3.95 (0.65)	4.44 (0.80)

Tabla 42. Opinión general: estadísticas resumidas.

En la Figura 41 se muestra un diagrama de caja para cada experto, en el que se compara el juicio sobre la opinión de los estudiantes en cada uno de los estados del proceso.

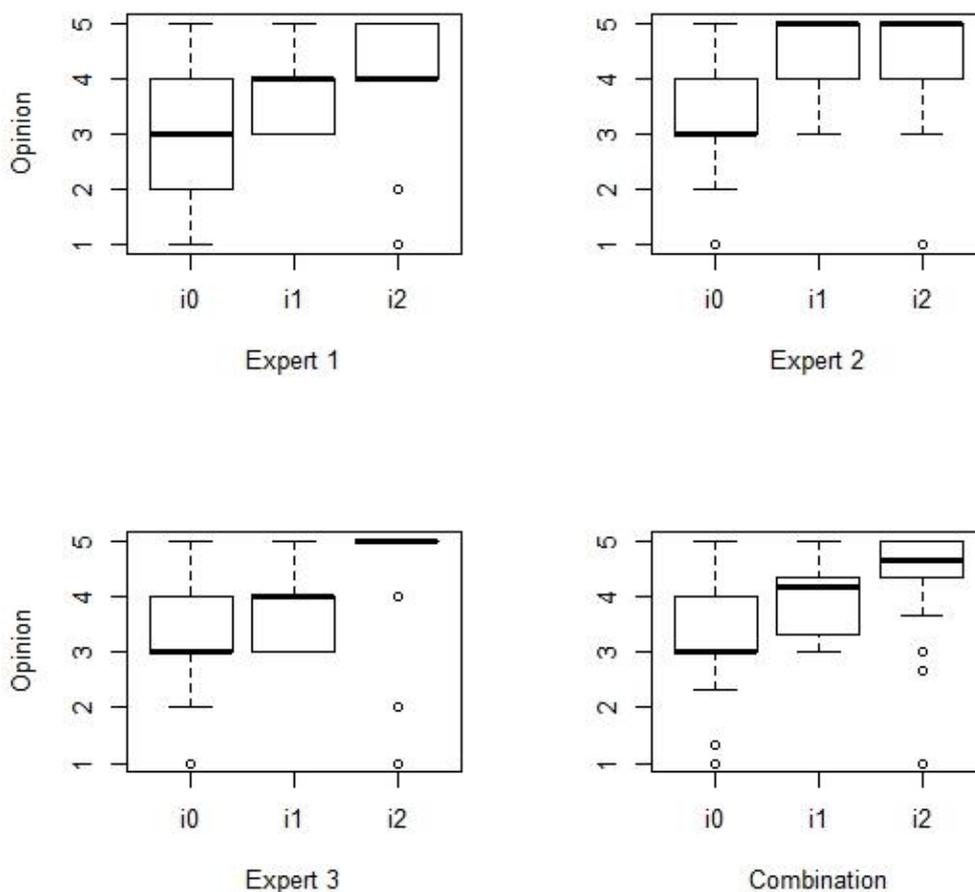


Figura 41. Opinión general: comparativa de juicio de expertos.

Visualmente también se observa un aumento de la opinión positiva de los estudiantes a medida que avanza el proceso. De hecho, para los expertos 2 y 3, la opinión de los estudiantes sobre la utilidad educativa de MOBI en el estado i2 es la más alta posible.

Para respaldar este resultado visual se realiza el contraste de hipótesis estadístico no paramétrica [150] de Wilcoxon-Mann-Whitney. Con esta prueba se comparan los juicios en dos estados diferentes del proceso, es decir, si los valores en un estado determinado son mayores que los emitidos en un estado anterior. En esta prueba, los *p-valores* pequeños (inferiores a 0,01) indican que existe evidencia estadística que confirma que la diferencia entre dos juicios es grande. En la Tabla 43 se pueden observar los resultados para esta dimensión.

Comparaciones de Cambios	Estado i0 vs estado i1	Estado i1 vs estado i2	Estado i0 vs estado i2
Experto 1	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto 2	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.4$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto 3	$p\text{-valor} \leq 0.01$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto combinado	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$

Tabla 43. Opinión general: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Los *p-valores* obtenidos para las comparaciones de juicios entre el estado final (i2) y el estado inicial (i0) son todos inferiores a 0,01 para todos los expertos. Estos *p-valores* tan pequeños demuestran que existe evidencia estadística que confirma un aumento de las opiniones positivas de los estudiantes a medida que avanza el proceso, respaldando así los resultados visuales de la Figura 26. En cuanto al resto de comparaciones, tan solo en el caso de los juicios proporcionados para los estados i1 e i2 por el experto 2 muestran un *p-valor* superior a 0,01. Esto indica que según los juicios proporcionados por este experto, no hay un aumento significativo en la opinión positiva de los estudiantes desde el estado intermedio i1 al estado final i2, aunque si hay un aumento global en la opinión positiva de los estudiantes debido fundamentalmente al aumento significativo que se muestra desde el estado inicial i0 al estado intermedio i1.

Como conclusión del análisis de la dimensión **Opinión general del estudiante sobre la utilidad educativa de MOBI**, los resultados estadísticos confirman lo siguiente:

- Existe una correlación significativamente positiva entre los juicios de los expertos

independientes respecto a la opinión de los estudiantes.

- Existe una tendencia positiva en la opinión de los estudiantes a medida que avanza el proceso.
- El aumento de las opiniones positivas de los estudiantes se produce fundamentalmente desde el estado inicial (i0) hasta el estado final (i2).

8.3.2. Necesidad de cambios para mejorar MOBI

A continuación, se realiza la comprobación de si los juicios de los tres expertos para la dimensión “Necesidad de cambios” están o no correlacionados. La Tabla 44 muestra la matriz para esta dimensión con los resultados de correlación de Spearman entre expertos con los datos de los *p-valores* correspondientes entre paréntesis.

Correlaciones de Cambios	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Experto 1	1	0.69 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	0.76 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)
Experto 2	0.69 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	1	0.88 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)
Experto 3	0.76 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	0.88 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	1

Tabla 44. Necesidad de cambios: correlación de Spearman entre expertos.

Los resultados confirman para esta dimensión que los juicios de los expertos están significativamente correlacionados entre si ya que todos los *p-valores* son cercanos a cero. Por tanto, se concluye que existe una coherencia global de los juicios de los tres expertos en relación con la necesidad de cambios solicitada por los estudiantes. Por tanto, con el fin de obtener conclusiones lo más objetivas posible para esta dimensión, sus juicios también se han unificado en una evaluación promedio denominada “experto combinado”.

La Tabla 45 muestra un resumen estadístico (promedio y desviación estándar) de los resultados obtenidos para cada experto en los diferentes estados del proceso. En general, se observa consenso entre los expertos en cuanto a que existe necesidad de cambios, especialmente en el estado i0.

Promedio (desviación estándar)	Estado i0	Estado i1	Estado i2
Experto 1	2.72 (1.31)	1.81 (0.90)	2.15 (1.07)
Experto 2	2.96 (1.41)	1.84 (0.88)	1.73 (1.25)
Experto 3	3.04 (1.43)	1.84 (0.88)	2.04 (1.40)
Experto combinado	2.91 (1.32)	1.83 (0.86)	1.97 (1.06)

Tabla 45. Necesidad de cambios: estadísticas resumidas.

En la Figura 42 se muestra un diagrama de caja para cada experto en el que se compara el juicio sobre la necesidad de cambios para mejorar MOBI en cada uno de los tres estados del proceso.

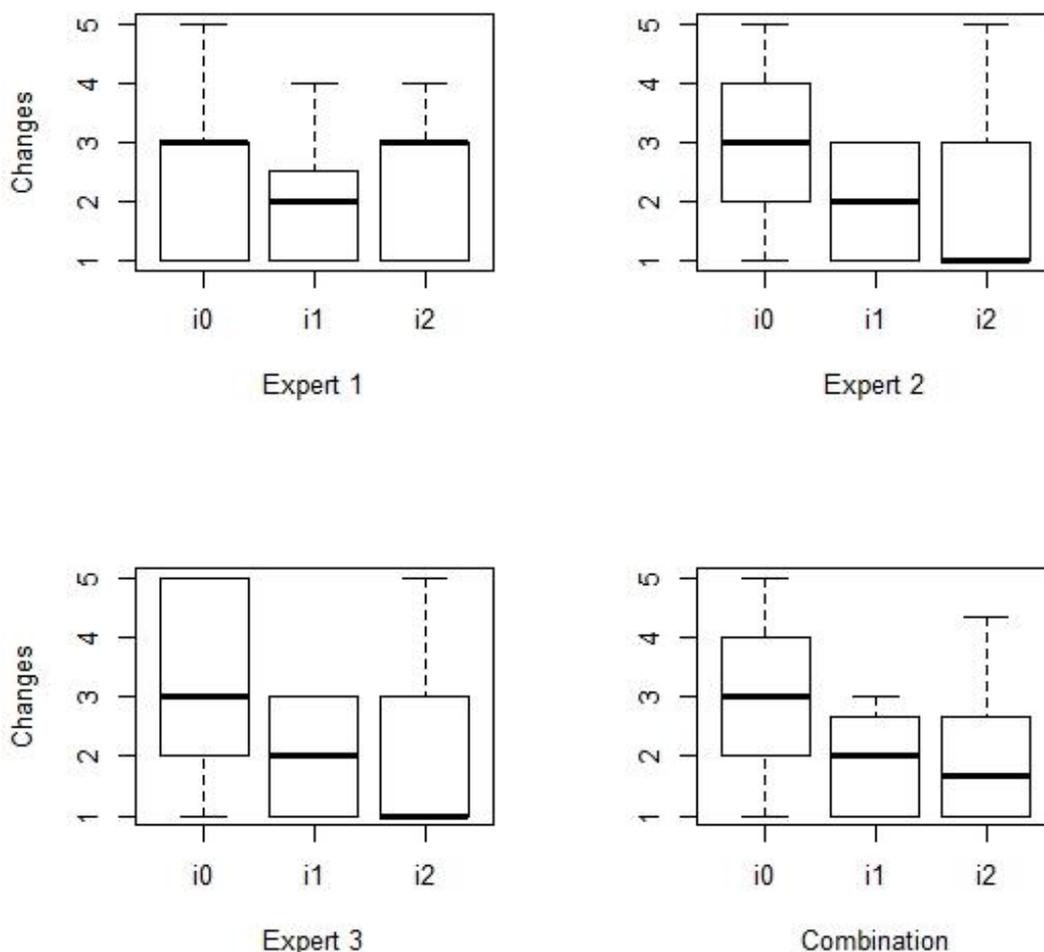


Figura 42. Necesidad de cambios: comparativa de juicio de expertos.

Visualmente se observa una leve disminución sobre la necesidad de cambios para mejorar MOBI a medida que avanza el proceso. De hecho, esta tendencia es especialmente notable para los expertos 2, 3 y el experto combinado.

De nuevo en este caso, para respaldar este resultado visual se realiza la prueba de ~~de~~ Wilcoxon-Mann-Whitney para comprobar si los juicios en un estado determinado eran más bajos que los emitidos en un estado anterior. En esta prueba, los *p-valores* pequeños (inferiores a 0,01) indican que existe evidencia estadística que confirma una disminución en los valores de los juicios. En la Tabla 46 se pueden observar los resultados para esta dimensión.

Comparaciones de Cambios	Estado i0 vs estado i1	Estado i1 vs estado i2	Estado i0 vs estado i2
Experto 1	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.91$	$p\text{-valor} \leq 0.01$
Experto 2	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.10$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto 3	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.51$	$p\text{-valor} \leq 0.001$
Combinación	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.67$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$

Tabla 46. Necesidad de cambios: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Los *p-valores* obtenidos para las comparaciones de juicios entre el estado final (i2) y el estado inicial (i0) son todos inferiores a 0,01 para todos los expertos. Por tanto, existe evidencia estadística que confirma una reducción en la necesidad de cambios solicitados por los a medida que avanza el proceso. En este caso, los resultados indican que los cambios se solicitan fundamentalmente en el estado inicial del proceso (i0), mientras que la necesidad de cambios permanece constante desde el estado i1 hasta el estado i2. Esto lo corroboran los altos *p-valores* que se obtienen sistemáticamente para todos los expertos al comparar los juicios en i1 e i2.

Como conclusión del análisis de la dimensión **Necesidad de cambios para mejorar MOBI**, los resultados estadísticos confirman lo siguiente:

- Existe una correlación significativamente positiva entre los juicios de los expertos independientes respecto a la necesidad de cambios, especialmente en el estado inicial (i0).
- Existe una leve tendencia a la baja en la necesidad de cambios a medida que avanza el proceso, especialmente notable para los expertos 2, 3 y el experto combinado.
- La necesidad de cambios es más pronunciada en el estado i0, permaneciendo constante el estado i1 al i2.

8.3.3. Nivel general de satisfacción con MOBI

Por último, se realiza la comprobación de si los juicios de los tres expertos para la dimensión “Nivel general de satisfacción” están o no correlacionados. La Tabla 47 muestra la matriz para esta dimensión con los resultados de correlación de Spearman entre expertos con los datos de los *p-valores* correspondientes entre paréntesis.

Correlaciones de Satisfacción	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Experto 1	1	0.52 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	0.43 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)
Experto 2	0.52 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	1	0.62 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)
Experto 3	0.43 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	0.62 (<i>p-valor</i> ≤ 0.0001)	1

Tabla 47. Satisfacción estudiantes: correlación de Spearman entre expertos.

Los resultados confirman para esta dimensión que los juicios de los expertos están significativamente correlacionados entre si ya que todos los *p-valores* son cercanos a cero. Por tanto, se concluye que existe una coherencia global de los juicios de los tres expertos en relación el nivel general de satisfacción de los estudiantes. De nuevo, con el fin de obtener conclusiones lo más objetivas posible para esta dimensión, sus juicios también se han unificado en una evaluación promedio denominada “experto combinado”.

La Tabla 48 muestra un resumen estadístico (promedio y desviación estándar) de los resultados obtenidos para cada experto en los diferentes estados del proceso. En general, se observa consenso entre los expertos en cuanto a que existe una tendencia creciente en la opinión general de los estudiantes a medida que avanza el proceso.

Promedio (desviación estándar)	Estado i0	Estado i1	Estado i2
Experto 1	3.02 (0.89)	3.88 (1.04)	3.94 (0.99)
Experto 2	3.18 (0.94)	4.56 (0.67)	4.31 (0.83)
Experto 3	2.86 (0.93)	3.59 (0.84)	4.21 (1.15)
Experto combinado	3.02 (0.79)	4.01 (0.63)	4.15 (0.77)

Tabla 48. Satisfacción estudiantes: estadísticas resumidas.

En la Figura 43 se muestra un diagrama de caja para cada experto en el que se compara el juicio sobre el nivel general de satisfacción de los estudiantes con MOBI en cada uno de los tres estados del proceso.

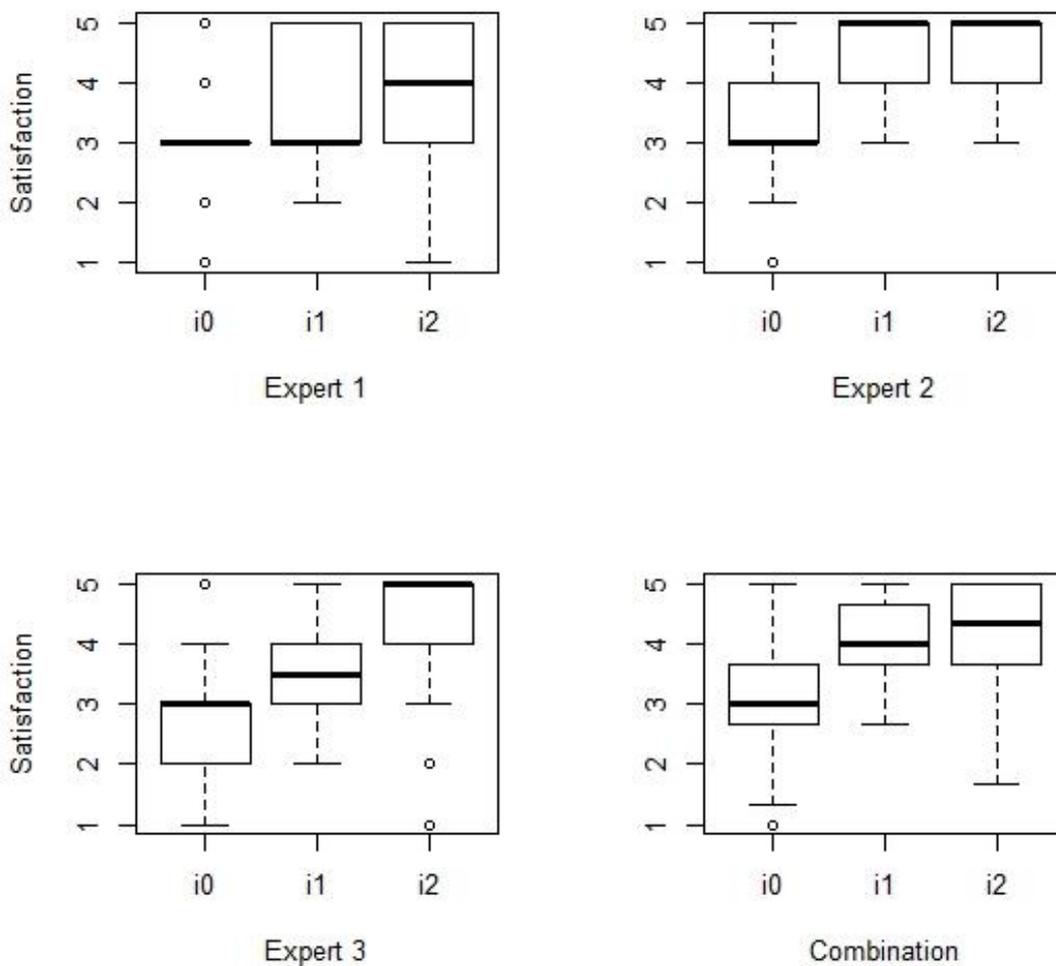


Figura 43. Satisfacción estudiantes: comparativa de juicio de expertos.

Visualmente se observa un aumento positivo en la satisfacción con MOBI a medida que avanza el proceso.

De nuevo en este caso, para respaldar este resultado visual se realiza la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para esta dimensión. En la Tabla 49 se pueden observar los resultados de la prueba.

Comparaciones Satisfacción	Estado i0 vs estado i1	Estado i1 vs estado i2	Estado i0 vs estado i2
Experto 1	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.36$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto 2	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.92$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Experto 3	$p\text{-valor} \leq 0.001$	$p\text{-valor} \leq 0.001$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$
Combinación	$p\text{-valor} \leq 0.0001$	$p\text{-valor} = 0.11$	$p\text{-valor} \leq 0.0001$

Tabla 49. Satisfacción estudiantes: resultados prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Los $p\text{-valores}$ obtenidos para las comparaciones de juicios entre el estado final (i2) y el estado inicial (i0) son todos inferiores a 0,01 para todos los expertos. Por tanto, al igual que en análisis realizado para las dos dimensiones anteriores, los $p\text{-valores}$ pequeños proporcionan evidencia estadística de que se ha producido un aumento en el nivel general de satisfacción de los estudiantes al final del proceso, respaldando los resultados visuales observados en la Figura 43. Además, en la Tabla 16 se observa que en el estado intermedio (i1) se alcanza un alto nivel de satisfacción similar al del estado final (i2). Esto es coherente con el hecho de que la necesidad de cambios solicitada por los estudiantes es similar en los estados i1 e i2.

Como conclusión del análisis de la dimensión relativa al nivel general de satisfacción con MOBI, los resultados estadísticos confirman lo siguiente:

- Existe una correlación significativamente positiva entre los juicios de los expertos independientes respecto a la necesidad de cambios.
- Existe una tendencia positiva en el nivel general de satisfacción de los estudiantes a medida que avanza el proceso.
- La satisfacción general alcanza un nivel alto en el estado i1 que se mantiene en el i2.

8.4. Conclusión del estudio empírico

Los resultados del análisis de los datos indican que la satisfacción del estudiante ha sido positiva tanto en el uso del recurso educativo como en la participación en su proceso de creación. El aumento en la satisfacción del estudiante a lo largo del proceso ha ido acompañado de una reducción importante en el número de cambios solicitados en el producto. Por otro lado, el estudio también arroja resultados positivos en cuanto a la consciencia de aprendizaje por parte del estudiante.

Por tanto, la hipótesis planteada en la investigación ha quedado validada empíricamente con el estudio realizado. Se puede asegurar que el uso de Lean UX para el diseño compartido de un producto educativo aumenta el compromiso del estudiante con el producto, al mismo tiempo que facilita su percepción de aprendizaje.

En cuanto a las preguntas de investigación, los resultados han sido los siguientes:

- ¿Qué nivel de satisfacción tiene el estudiante respecto al uso del producto? El 85% de los estudiantes están satisfechos con MOBI y lo recomendarían a sus amigos. Incluso, los estudiantes han podido recordar el producto que ayudaron a crear, seis meses después de su última interacción con él, algo que, en el momento de realizar el estudio es nuevo y relevante en la literatura.
- ¿Qué percepción tiene el estudiante respecto a su participación en el proceso de diseño del producto? Los estudiantes han percibido que estaban involucrados en la creación del producto. El 94% mostró su satisfacción por haber participado, el 85% notó que su opinión había afectado a la evolución del producto y al 63% les gustaría seguir participando en su diseño. Además, en sus comentarios los estudiantes han destacado que disfrutaron del producto porque habían ayudado a crearlo.
- ¿Qué percepción de aprendizaje tiene el estudiante, seis meses después de su última interacción con el producto? El 60% de los estudiantes han percibido que habían aprendido a programar. El co-diseño Lean UX con estudiantes, además de ayudar a crear un producto educativo atractivo, también aumenta la percepción de aprendizaje del estudiante.

Con este estudio empírico se ha demostrado que el co-diseño Lean UX de un producto educativo con estudiantes es posible y beneficioso, pudiéndose extraer tres conclusiones principales. La primera, que la experiencia de usuario, medida en función de su opinión y la necesidad de cambios, puede mejorar si los estudiantes se involucran en el diseño del recurso educativo. La segunda, que a los estudiantes les gusta participar en el diseño del recurso educativo. La tercer, que involucrar a los estudiantes en el diseño de un recurso educativo aumenta su compromiso y su percepción de aprendizaje.

En resumen, la satisfacción de uso de un recurso educativo y el compromiso de los estudiantes crece significativamente durante el proceso de co-diseño Lean Ux de un producto educativo, además de facilitar su percepción de aprendizaje.

Capítulo 9. Conclusiones

En este capítulo se recogen las principales lecciones aprendidas durante el desarrollo de la presente tesis, así como un análisis de la consecución de los objetivos planteados, las contribuciones más relevantes y las próximas líneas de investigación derivadas de este trabajo.

9.1. Lecciones aprendidas

Aunque el origen de la agilidad está en el desarrollo de software, la mentalidad ágil inherente a los principios y valores del Manifiesto Ágil, así como las prácticas de sus marcos ágiles, se han extrapolado a otras actividades de desarrollo de producto tales como la gestión, el diseño o la innovación. Además, los marcos ágiles, orientados a acelerar el ciclo de producción y centrados en la adaptación continua, ponen el foco fundamentalmente en la implementación y entrega del producto, delegando la concepción y el descubrimiento del producto a otros marcos más orientados a la creación de valor y a la experiencia del usuario. En este sentido, la integración de marcos ágiles (como Scrum) con marcos de diseño o de innovación (como Lean Startup, Lean UX y Design Thinking), facilita la adaptación del producto a las necesidades del usuario y acelera su encaje en el mercado, maximizando la experiencia de usuario y el rendimiento empresarial.

La aplicación de la agilidad en educación contempla dos enfoques diferentes. Un enfoque como contenido educativo con el fin de enseñar y aprender sus fundamentos y marcos. Y otro enfoque como modelo educativo para agilizar la enseñanza y el aprendizaje. Los marcos ágiles potencian el aprendizaje centrado en el estudiante integrando sus prácticas y procesos con metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en retos. Por otro lado, la agilidad integra de manera natural el desarrollo de competencias transversales como la adaptación al cambio, la colaboración, la comunicación y el aprendizaje permanente. Al igual que en el desarrollo de software, los marcos ágiles en educación ponen el foco en mejorar eficacia del proceso para satisfacer las necesidades del aprendizaje y no tanto en mejorar la experiencia del estudiante. Por esta razón, desde hace unos años algunos modelos educativos ágiles integran la gamificación en su proceso o los juegos entre sus

prácticas, mientras que otros modelos educativos ágiles más recientes integran prácticas de diseño o de innovación para mejorar la experiencia de aprendizaje. No obstante, la implicación del estudiante sigue siendo un reto.

Con el fin de despertar y mantener el interés del estudiante se ha propuesto un modelo que le haga participe, desde el inicio y durante todo el proceso, de la creación de cualquier solución educativa que satisfaga sus necesidades y que le ayude a conseguir los resultados de aprendizaje esperados. Se trata de un modelo educativo ágil, centrado en la mejora de la experiencia del estudiante e inspirado en la integración del marco organizativo Scrum con el marco de diseño Lean UX. Por su parte, la dimensión ágil del proceso facilita la adaptación continua y el ritmo frecuente, temprano y sostenible, tanto de la creación de la solución educativa como del proceso de aprendizaje. La dimensión de la experiencia de usuario pone el foco en la implicación del estudiante desde el principio hasta el final de la experiencia, facilitando que participe en la creación y mejora de la solución educativa en función de su experiencia de uso. El modelo propone medir la experiencia de aprendizaje en función de la participación del estudiante y de su percepción de aprendizaje. La flexibilidad inherente a los marcos ágiles contempla la posibilidad de integrar en el modelo propuesto prácticas de otros modelos dependiendo de las necesidades de aprendizaje que se pretendan satisfacer. Por esta razón, la propuesta se ha complementado con una selección de algunos modelos educativos ágiles considerados relevantes en la elaboración de la presente tesis.

Para validar el impacto de la aplicación del modelo propuesto en la experiencia de aprendizaje, se ha realizado un estudio empírico con el fin de crear un videojuego serio, usando un enfoque Lean UX para el diseño compartido con los estudiantes. El diseño se ha llevado a cabo en tres iteraciones incrementales de la funcionalidad del producto junto con las mejoras aportadas por los estudiantes durante su participación en el proceso. La evidencia obtenida a partir del análisis de los datos del estudio ha permitido observar que el uso de un enfoque Lean UX en el diseño compartido de un recurso educativo aumenta el compromiso del estudiante y su percepción de aprendizaje.

En cuanto a la validez del estudio, existe un posible sesgo derivado de la naturaleza del producto, de las características específicas de los estudiantes y de la motivación intrínseca derivada de la materia que se pretende enseñar. Para poder generalizar los resultados conviene ampliar la investigación distintos tipos de soluciones educativas, a estudiantes de distintos ciclos educativos y a distintas materias.

9.2. Consecución de objetivos

Con el fin de alcanzar el objetivo principal de ampliar el estado del arte de los marcos ágiles aplicados en educación (apartado 1.2), en este trabajo se ha documentado una aproximación a la implantación de los marcos ágiles en el entorno educativo. Como se ha descrito a lo largo de esta tesis, un modelo educativo ágil centrado en la experiencia del estudiante mejora su compromiso y su percepción de aprendizaje.

A continuación, se analiza la consecución de los objetivos parciales planteados:

- **Investigación teórica.** En relación con el estado del arte de los marcos ágiles se ha conseguido obtener una visión y entendimiento global del campo, profundizando en sus orígenes, en su integración con la experiencia de usuario y en su aplicación en la educación. Este estudio se recoge en los capítulos Capítulo 2, Capítulo 3 y Capítulo 4 respectivamente.
- **Propuesta.** Por lo que se refiere al modelo propuesto en la tesis, se ha definido un modelo ágil centrado en la mejora de la experiencia de usuario. La descripción del modelo propuesto, así como las tendencias de en modelos educativos ágiles que lo complementan se recogen en los Capítulo 5 y Capítulo 6 respectivamente.
- **Investigación empírica.** En cuanto a la evaluación y validez del modelo propuesto, se han documentado los resultados empíricos del estudio llevado a cabo sobre el impacto que tiene la aplicación de un enfoque Lean UX en la experiencia del estudiante. Tanto el experimento como la validación del modelo se recogen en los Capítulo 7 y Capítulo 8 respectivamente.

En conclusión, se han alcanzado todos los objetivos planteados que han guiado esta investigación y la elaboración de la presente tesis.

9.3. Contribuciones

La principal aportación de esta tesis en el campo de la enseñanza ha sido demostrar que **el diseño compartido de un producto educativo con estudiantes, usando un enfoque Lean UX, es posible e impacta positivamente en su experiencia de aprendizaje.** Se ha obtenido evidencia de que la experiencia del estudiante, medida en función de su opinión y la necesidad de cambios, mejora si se le implica en el diseño del recurso educativo desde el principio. Los resultados han mostrado que al estudiante le gusta participar en el diseño

de un recurso educativo que beneficia su aprendizaje y, que involucrarle desde las etapas más tempranas del proceso, **incrementa su compromiso y su percepción de aprendizaje**. Hasta el momento de la realización del estudio, no se han encontrado trabajos publicados sobre experiencias de diseño Lean UX con estudiantes participando de manera consciente en la creación de un recurso educativo que satisfaga sus necesidades y les ayude a aprender.

Por otro lado, uno de los principales retos en la enseñanza sigue siendo **despertar el interés del estudiante y mantenerlo en el tiempo**. En este sentido, una segunda aportación de la tesis ha sido proponer **el mínimo producto viable de un modelo para crear recursos educativos atractivos, eficaces y que satisfagan las necesidades, tanto del estudiante como del profesor**. Se trata de un modelo educativo ágil centrado en la mejora de la experiencia de usuario, que facilita la creación compartida de recursos. Lo novedoso del modelo es que **promueve la innovación docente a partir de un proceso en el que se implica al estudiante desde el principio hasta el fin de la experiencia proporcionándole un entorno de aprendizaje estimulante y motivador**. En este modelo, tanto el profesor como el estudiante participan durante todo el proceso de creación y uso del recurso educativo, a diferencia de otros modelos ágiles aplicados en educación que no promueven la implicación temprana y continua del estudiante en el proceso de creación de un recurso que le ayude a aprender.

En relación con la experiencia de aprendizaje, la tercera aportación del modelo es que pone el **foco del análisis de la experiencia del estudiante su compromiso y en la percepción de aprendizaje, tanto desde el punto de vista del proceso de creación del recurso educativo como desde el punto de vista de su uso**. Además, el compromiso del estudiante se evalúa en función del uso del recurso y de la participación en su proceso de creación. Por un lado, dando el estudiante su opinión en cuanto a la satisfacción de uso del recurso educativo y, por otro lado, aportando cambios que mejoren su experiencia de aprendizaje.

Dada la naturaleza de los marcos ágiles, la cuarta aportación del modelo propuesto es que facilita el desarrollo de competencias transversales cada vez más valoradas a nivel profesional como son la capacidad de la adaptación al cambio, la colaboración, la comunicación, la creatividad y el aprendizaje permanente entre otras.

El estudio empírico llevado a cabo para la elaboración de esta tesis se ha publicado el siguiente artículo [151]:

M. C. Ramos-Vega, V. M. Palma-Morales, D. Pérez-Marín, and J. M. Moguerza,

“Stimulating children’s engagement with an educational serious videogame using Lean UX co-design,” *Entertainment Computing*, vol. 38, p. 100405, May 2021, doi: 10.1016/J.ENTCOM.2021.100405.

9.4. Líneas de investigación

A partir del estudio realizado en la presente tesis y con el fin de seguir ampliando el conocimiento de la implantación de los marcos ágiles en el entorno educativo, se plantean múltiples líneas de investigación.

Con el propósito de generalizar la validez de los resultados del estudio empírico, se considera extender la evaluación de la aplicación del modelo propuesto a soluciones educativas de distinta naturaleza, a estudiantes de diferentes ciclos educativos y a materias de diversa índole. Con este mismo propósito, también se contempla validar el modelo desde el punto de vista de la experiencia del profesor.

En relación con la evolución del modelo propuesto se pretende abrir varias vías de investigación que lo complementen en función de diferentes propósitos:

- Respecto a la dimensión humana, se plantea explorar aspectos psicológicos y sociales que puedan impactar de manera positiva en el diseño ágil de la experiencia del estudiante.
- Con el fin de plantear experiencias de aprendizaje satisfactorias, se plantea profundizar en la aplicación de métodos específicos de descubrimiento de clientes y de diseño de la propuesta de valor.
- Con el fin de facilitar al profesor la configuración de sus propios modelos ágiles, se plantea completar el modelo propuesto con un conjunto de catálogos ágiles centrados en la mejora de la experiencia de aprendizaje:
 - Catálogo de patrones educativos ágiles centrados en la experiencia de enseñanza y de aprendizaje.
 - Catálogo de prácticas educativas ágiles centradas en la experiencia tanto del profesor como del estudiante.
 - Catálogo de herramientas que agilicen el diseño de la experiencia de aprendizaje, sobre todo las relativas al descubrimiento del estudiante.
 - Catálogo de herramientas que agilicen la gestión de la enseñanza y del aprendizaje.

- Con el propósito de descubrir nuevos modelos educativos ágiles centrados en la experiencia de usuario, se plantea explorar nuevos enfoques basados en la integración del marco Scrum con otros marcos específicos de diseño e innovación como Design Thinking o Lean Startup.

En la actualidad, se está diseñando un conjunto de cuestionarios para el descubrimiento del estudiante con el fin de involucrarle de manera temprana y consciente en su proceso de aprendizaje, así como conocer sus expectativas, su compromiso inicial y su nivel de competencia en el momento de iniciar el proceso de enseñanza.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Jovanovic, antoni L. Mesquida, antonia Mas, and R. Colomo-Palacios, "Agile Transition and Adoption Frameworks, Issues and Factors: a Systematic Mapping," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 15711–15735, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2967839.
- [2] D. Kerpen, J. Conrad, and D. Wallach, "A product/process model approach to formalize collaborative user experience design," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12200 LNCS, pp. 160–175, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-49713-2_11/FIGURES/4.
- [3] I. Signoretti, L. Salerno, S. Marczak, and R. Bastos, "Combining User-Centered Design and Lean Startup with Agile Software Development: A Case Study of Two Agile Teams," *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 383 LNBIP, pp. 39–55, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-49392-9_3/FIGURES/2.
- [4] M. Kropp and A. Meier, "Teaching agile software development at university level: Values, management, and craftsmanship," *Software Engineering Education Conference, Proceedings*, pp. 179–188, 2013, doi: 10.1109/CSEET.2013.6595249.
- [5] M. Griffiths, "Teaching agile project management to the PMI," *Proceedings - AGILE Confernce 2005*, vol. 2005, pp. 318–322, 2005, doi: 10.1109/ADC.2005.45.
- [6] J. Mäkiö, E. Mäkiö-Marusik, and E. Yablochnikov, "Task-centric holistic agile approach on teaching cyber physical systems engineering," *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, pp. 6608–6614, Dec. 2016, doi: 10.1109/IECON.2016.7793806.
- [7] S. Duvall, D. R. Hutchings, and R. C. Duvall, "Scrumage: A method for incorporating multiple, simultaneous pedagogical styles in the classroom," *SIGCSE 2018 - Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, vol. 2018-January, pp. 928–933, Feb. 2018, doi: 10.1145/3159450.3159596.
- [8] C. Steglich *et al.*, "Agile Accelerator Program: From Industry-Academia Collaboration to Effective Agile Training," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 21–30, Oct. 2020, doi: 10.1145/3422392.3422485.
- [9] M. Cubric, "Agile learning & teaching with wikis: Building a pattern," *WikiSym 2008 - The 4th International Symposium on Wikis, Proceedings*, 2008, doi: 10.1145/1822258.1822296.

- [10] A. H. W. Chun, "The Agile Teaching/Learning Methodology and Its e-Learning Platform," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3143, pp. 11–18, 2004, doi: 10.1007/978-3-540-27859-7_2.
- [11] V. Niculescu, A. Sterca, and D. Bufeana, "Agile and cyclic learning in teaching parallel and distributed computing," *EASEAI 2020 - Proceedings of the 2nd ACM SIGSOFT International Workshop on Education through Advanced Software Engineering and Artificial Intelligence, Co-located with ESEC/FSE 2020*, pp. 27–33, Nov. 2020, doi: 10.1145/3412453.3423198.
- [12] A. Ciupe, S. Meza, R. Ionescu, and B. Orza, "Practical agile in higher education: A systematic mapping study," *ICAT 2017 - 26th International Conference on Information, Communication and Automation Technologies, Proceedings*, vol. 2017-December, pp. 1–6, Dec. 2017, doi: 10.1109/ICAT.2017.8171626.
- [13] M. Paul, L. K. Jena, and K. Sahoo, "Workplace Spirituality and Workforce Agility: A Psychological Exploration Among Teaching Professionals," *J Relig Health*, vol. 59, no. 1, pp. 135–153, Feb. 2020, doi: 10.1007/S10943-019-00918-3/FIGURES/1.
- [14] H.-. Estler, M. Nordio, C. A. Furia, B. Meyer, and J. Schneider, "Agile vs. Structured Distributed Software Development: A Case Study," in *2012 IEEE Seventh International Conference on Global Software Engineering, 2012*, pp. 11–20. doi: 10.1109/ICGSE.2012.22.
- [15] H. Oliveira, C. Araujo, and K. Gama, "A Scrum-Based Method for Autonomous Learning Management," *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, vol. 2021-October, 2021, doi: 10.1109/FIE49875.2021.9637391.
- [16] E. Makio, J. Makio, A. W. Colombo, R. Harrison, B. Ahmad, and F. Azmat, "Work in progress: Task-centric holistic teaching approach to teaching programming with java," *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, vol. 2020-April, pp. 1487–1492, Apr. 2020, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125168.
- [17] F. Anseel, "Agile learning strategies for sustainable careers: a review and integrated model of feedback-seeking behavior and reflection," *Curr Opin Environ Sustain*, vol. 28, pp. 51–57, Oct. 2017, doi: 10.1016/J.COSUST.2017.07.001.
- [18] K. Lundqvist, A. Ahmed, D. Fridman, and J. G. Bernard, "Interdisciplinary Agile Teaching," *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, vol. 2019-October, Oct. 2019, doi: 10.1109/FIE43999.2019.9028544.
- [19] M. Hernández-de-Menéndez, A. Vallejo Guevara, J. C. Tudón Martínez, D. Hernández Alcántara, and R. Morales-Menendez, "Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 13, no. 3, pp. 909–922, Sep. 2019, doi: 10.1007/S12008-019-00557-8/FIGURES/2.

- [20] T. F. Otero, R. Barwaldt, L. O. Topin, S. Vieira Menezes, M. J. Ramos Torres, and A. L. de Castro Freitas, "Agile methodologies at an educational context: a systematic review," *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp. 1–5, Oct. 2020, doi: 10.1109 / FIE44824.2020.9273997.
- [21] D. A. Dewi and M. Muniandy, "The agility of agile methodology for teaching and learning activities," *2014 8th Malaysian Software Engineering Conference, MySEC 2014*, pp. 255–259, Dec. 2014, doi: 10.1109/MYSEC.2014.6986024.
- [22] K. D. Könings, T. Seidel, and J. J. G. van Merriënboer, "Participatory design of learning environments: Integrating perspectives of students, teachers, and designers," *Instr Sci*, vol. 42, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2014, doi: 10.1007/S11251-013-9305-2/TABLES/1.
- [23] R. J. Kapadia, "Teaching and learning styles in engineering education," *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 2008, doi: 10.1109/FIE.2008.4720326.
- [24] S. Duvall, D. R. Hutchings, S. Spurlock, and R. C. Duvall, "A Study of the Scrumage Teaching Approach: Student Learning and Attitude Changes," *2020 Research on Equity and Sustained Participation in Engineering, Computing, and Technology, RESPECT 2020 - Proceedings*, Mar. 2020, doi: 10.1109/RESPECT49803.2020.9272452.
- [25] B. Kitchenham, S. Charters, K. BA, and S. Charters, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering," *Engineering*, vol. 2, 2007, doi: 10.1145/1134285.1134500.
- [26] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, "Experimentation in Software Engineering," *Springer Science & Business Media*, 2012.
- [27] A. Jedlitschka and D. Pfahl, "Reporting guidelines for controlled experiments in software engineering," *2005 International Symposium on Empirical Software Engineering, ISESE 2005*, pp. 95–104, 2005, doi: 10.1109/ISESE.2005.1541818.
- [28] L. Zamudio, J. A. Aguilar, C. Tripp, and S. Misra, "A requirements engineering techniques review in agile software development methods," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10408 LNCS, pp. 683–698, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-62404-4_50/TABLES/2.
- [29] A. Avasthi and G. Mishra, "A New Framework for the Agile Software Development Method," *Proceedings of the 2nd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2018*, pp. 436–438, Sep. 2018, doi: 10.1109/ICECA.2018.8474737.
- [30] T. Javdani Gandomani and M. Ziaei Nafchi, "An empirically-developed framework

- for Agile transition and adoption: A Grounded Theory approach,” *Journal of Systems and Software*, vol. 107, pp. 204–219, Sep. 2015, doi: 10.1016/J.JSS.2015.06.006.
- [31] K. Beck *et al.*, “Manifiesto for Agile Software Development,” 2001. <https://agilemanifesto.org/> (accessed Feb. 03, 2022).
- [32] K. Vlaanderen, S. Jansen, S. Brinkkemper, and E. Jaspers, “The agile requirements refinery: Applying SCRUM principles to software product management,” *Inf Softw Technol*, vol. 53, no. 1, pp. 58–70, Jan. 2011, doi: 10.1016/J.INFSOF.2010.08.004.
- [33] R. S. Pressman, *Software engineering: a practitioner’s approach. 6th.* Mc Graw Hill Higher Education, 2005.
- [34] A. F. Chowdhury and M. N. Huda, “Comparison between adaptive software development and feature driven development,” *Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology, ICCSNT 2011*, vol. 1, pp. 363–367, 2011, doi: 10.1109/ICCSNT.2011.6181977.
- [35] B. W. Boehm, “A Spiral Model of Software Development and Enhancement,” *Computer (Long Beach Calif)*, vol. 21, no. 5, pp. 61–72, 1988, doi: 10.1109/2.59.
- [36] GilbTom, “Evolutionary Delivery versus the ‘waterfall model,’” *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 10, no. 3, pp. 49–61, Jul. 1985, doi: 10.1145/1012483.1012490.
- [37] N. Abbas, A. M. Gravell, and G. B. Wills, “Historical roots of agile methods: Where did ‘Agile thinking’ come from?,” *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 9 LNBIP, pp. 94–103, 2008, doi: 10.1007/978-3-540-68255-4_10/COVER.
- [38] K. Parveen and F. Munir, “Visual backlog in agile management tools for rapid software development,” *ICOSST 2015 - 2015 International Conference on Open Source Systems and Technologies, Proceedings*, pp. 84–90, Feb. 2016, doi: 10.1109/ICOSST.2015.7396407.
- [39] J. Martin, *Rapid application development.* Publishing Co., Inc., 1991.
- [40] M. Pittman, “Lessons Learned in Managing Object-Oriented Development,” *IEEE Softw*, vol. 10, no. 1, pp. 43–53, 1993, doi: 10.1109/52.207226.
- [41] G. Booch, *Object Solutions: Managing the Object-Oriented Project.* Addison-Wesley, 1995.
- [42] K. Schwaber and J. Sutherland, “The Scrum Guide The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game,” 2020.
- [43] K. Schwaber, “SCRUM Development Process,” *Business Object Design and Implementation*, pp. 117–134, 1997, doi: 10.1007/978-1-4471-0947-1_11.

- [44] H. Takeuchi and I. Nonaka, "The new new product development game," *Harv Bus Rev*, vol. 64, no. 1, pp. 137–146, 1986.
- [45] J. Stapleton, *DSDM: The Method in Practice*. Amsterdam: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1997.
- [46] Ö. Özcan-Top and F. McCaffery, "To what extent the medical device software regulations can be achieved with agile software development methods? XP—DSDM—Scrum," *Journal of Supercomputing*, vol. 75, no. 8, pp. 5227–5260, Aug. 2019, doi: 10.1007/S11227-019-02793-X/TABLES/8.
- [47] S. R. Palmer and M. Felsing, *A practical guide to feature-driven development*. Pearson Education, 2001. Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/600044>
- [48] K. Beck, "Embracing change with extreme programming," *Computer (Long Beach Calif)*, vol. 32, no. 10, pp. 70–77, Oct. 1999, doi: 10.1109/2.796139.
- [49] K. Beck, *Extreme programming eXplained: embrace change*. Addison-Wesley, 2000. Accessed: Jun. 13, 2019. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=318762>
- [50] P. Abrahamsson, O. Salo, J. Ronkainen, and J. Warsta, "Agile Software Development Methods: Review and Analysis." [Online]. Available: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P478.pdf>.
- [51] J. A. Highsmith, *Adaptative Software Development: A collaborate approach to managing complex systems*. New York: Dorset House Publisng, 2000.
- [52] K. Beck *et al.*, "Signatories: The Agile Manifesto," 2001. <https://agilemanifesto.org/authors.html> (accessed Feb. 03, 2022).
- [53] K. Beck *et al.*, "Principles behind the Agile Manifesto," 2001. <https://agilemanifesto.org/principles.html> (accessed Feb. 03, 2022).
- [54] H. van Manen and H. van Vliet, "Organization-wide agile expansion requires an organization-wide agile mindset," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8892, pp. 48–62, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-13835-0_4.
- [55] J. Miler and P. Gaida, "On the agile mindset of an effective team - An industrial opinion survey," *Proceedings of the 2019 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2019*, pp. 841–849, Sep. 2019, doi: 10.15439/2019F198.
- [56] M. Senapathi and A. Srinivasan, "Sustained agile usage: A systematic literature review," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 119–124, 2013, doi:

- 10.1145/2460999.2461016.
- [57] N. Ozkan, M. Şahin Gök, and B. Özdenizci Köse, "Towards a Better Understanding of Agile Mindset by Using Principles of Agile Methods", doi: 10.15439/2020F46.
- [58] A. Mordi, M. S.- ECIS, and undefined 2020, "Making it tangible-Creating a Definition of Agile mindset.," *researchgate.net*, 2020, Accessed: Jul. 15, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Azuka-Mordi/publication/342010154_Making_it_Tangible_-_Creating_a_Definition_of_Agile_Mindset/links/5ede47cc45851516e65ebed6/Making-it-Tangible-Creating-a-Definition-of-Agile-Mindset.pdf
- [59] S. Denning, "How to make the whole organization 'Agile,'" *Strategy & Leadership*, vol. 44, no. 4, pp. 10–17, 2016.
- [60] L. R.- org/resources/videos/the-power-of-an-agile-mindset and undefined 2011, "The power of an agile mindset," *agileconnection.com*, Accessed: Jul. 15, 2023. [Online]. Available: <https://www.agileconnection.com/sites/default/files/presentation/file/2018/K2%20Linda%20Rising.pdf>
- [61] K. Eilers, C. Peters, and J. M. Leimeister, "Why the agile mindset matters," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 179, p. 121650, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2022.121650.
- [62] "16th State of Agile Report | Resource Center | Digital.ai." <https://digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-agile-report/> (accessed Jun. 03, 2023).
- [63] E. Ries, *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Currency, 2011.
- [64] S. Blank, *The Four Steps to the Epiphany: Successful Strategies for Products that Win*. K&S Ranch Press, 2005.
- [65] T. Ohno, *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press, 1988.
- [66] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*, 1st edition. New York: Rawson Associates, 1990.
- [67] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press, Simon & Schuster Inc., 1996.
- [68] S. Blank and B. Dorf, *The startup owner's manual*, 1st edition. K&S Ranch, 2012.
- [69] A. Osterwalder and Y. Pigneur, *Business Model Generation*, 1rst edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.

- [70] A. Yagüe, J. Garbajosa, J. Díaz, and E. González, "An exploratory study in communication in Agile Global Software Development," *Comput Stand Interfaces*, vol. 48, pp. 184–197, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.06.002>.
- [71] R. Ahmad, R. F. M. Amin, and S. A. Mustafa, "Value stream mapping with lean thinking model for effective non-value added identification, evaluation and solution processes," *Operations Management Research*, vol. 15, no. 3–4, pp. 1490–1509, Dec. 2022, doi: [10.1007/S12063-022-00265-9/TABLES/5](https://doi.org/10.1007/S12063-022-00265-9/TABLES/5).
- [72] P. Middleton and D. Joyce, "Lean software management: BBC worldwide case study," *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 59, no. 1, pp. 20–32, Feb. 2012, doi: [10.1109/TEM.2010.2081675](https://doi.org/10.1109/TEM.2010.2081675).
- [73] M. Holweg, "The genealogy of lean production," *Journal of Operations Management*, vol. 25, no. 2, pp. 420–437, Mar. 2007, doi: [10.1016/J.JOM.2006.04.001](https://doi.org/10.1016/J.JOM.2006.04.001).
- [74] M. (Mary B.) Poppendieck and T. David. Poppendieck, *Lean software development : an agile toolkit*. Addison-Wesley, 2003.
- [75] J. Gothelf and J. Seiden, *Lean UX: Applying lean principles to improve user experience*. O'Reilly Media, Inc.*, 2013.
- [76] T. Brown, *Change by design, revised and updated: how design thinking transforms organizations and inspires innovation*. HarperCollins, 2019.
- [77] J. Gothelf and J. Seiden, *Lean UX: Designing great products with agile teams*. 2021.
- [78] L. Waidelich, A. Richter, B. Kolmel, and R. Bulander, "Design Thinking Process Model Review," *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2018 - Proceedings*, Aug. 2018, doi: [10.1109/ICE.2018.8436281](https://doi.org/10.1109/ICE.2018.8436281).
- [79] T. Batova, "Extended abstract: Lean UX and innovation in teaching," *IEEE International Professional Communication Conference*, vol. 2016-November, Nov. 2016, doi: [10.1109/IPCC.2016.7740500](https://doi.org/10.1109/IPCC.2016.7740500).
- [80] F. Elberzhager, K. Holl, B. Karn, and T. Immich, "Rapid lean UX development through user feedback revelation," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10611 LNCS, pp. 535–542, 2017, doi: [10.1007/978-3-319-69926-4_43/TABLES/1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69926-4_43/TABLES/1).
- [81] J. C. Pereira and R. de F. S. M. Russo, "Design Thinking Integrated in Agile Software Development: A Systematic Literature Review," *Procedia Comput Sci*, vol. 138, pp. 775–782, Jan. 2018, doi: [10.1016/J.PROCS.2018.10.101](https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2018.10.101).
- [82] M. Levy, "Promoting the elicitation of usability and accessibility requirements in

- design thinking: Using a designed object as a boundary object,” *Proceedings - 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops, REW 2017*, pp. 156–159, Sep. 2017, doi: 10.1109/REW.2017.29.
- [83] B. Grossman-Kahn and R. Rosensweig, “Skip the silver bullet: driving innovation through small bets and diverse practices,” in *2012 International Design Management Research Conference in “Leading Innovation Through Design,”* 2012, pp. 815–830.
- [84] L. Hokkanen and M. Leppänen, “Three patterns for user involvement in startups,” *ACM International Conference Proceeding Series*, vol. 08-12-July-2015, Jul. 2015, doi: 10.1145/2855321.2855373.
- [85] P. Micheli, S. J. S. Wilner, S. H. Bhatti, M. Mura, and M. B. Beverland, “Doing Design Thinking: Conceptual Review, Synthesis, and Research Agenda,” *Journal of Product Innovation Management*, vol. 36, no. 2, pp. 124–148, Mar. 2019, doi: 10.1111/JPIM.12466.
- [86] H. Park and S. McKilligan, “A systematic literature review for human-computer interaction and design thinking process integration,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10918 LNCS, pp. 725–740, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-91797-9_50/FIGURES/3.
- [87] B. H. Ximenes, I. N. Alves, and C. C. Araújo, “Software Project Management Combining Agile, Lean Startup and Design Thinking,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9186, pp. 356–367, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-20886-2_34.
- [88] S. Kikitamara and A. A. Noviyanti, “A conceptual model of user experience in scrum practice,” *Proceedings of 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Smart Technology for Better Society, ICITEE 2018*, pp. 581–586, Nov. 2018, doi: 10.1109/ICITEED.2018.8534905.
- [89] “ISO 9241-210:2019(en), Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems.” <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en> (accessed Jul. 28, 2023).
- [90] A. G. Mirnig, A. Meschtscherjakov, D. Wurhofer, T. Meneweger, and M. Tscheligi, “A formal analysis of the ISO 9241-210 definition of user experience,” *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, vol. 18, pp. 437–446, Apr. 2015, doi: 10.1145/2702613.2732511.
- [91] N. A. Hidayah, Zulfiandri, A. Rafiuddin, Y. Durachman, and E. Rustamaji, “User Experience Design Analysis Using Lean UX Method,” *2021 9th International*

- Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2021*, 2021, doi: 10.1109/CITSM52892.2021.9588905.
- [92] M. Poppendieck and M. A. Cusumano, "Lean software development: A tutorial," *IEEE Softw*, vol. 29, no. 5, pp. 26–32, 2012, doi: 10.1109/MS.2012.107.
- [93] G. Jurca, T. D. Hellmann, and F. Maurer, "Integrating agile and user-centered design: A systematic mapping and review of evaluation and validation studies of agile-UX," *Proceedings - 2014 Agile Conference, AGILE 2014*, pp. 24–32, Sep. 2014, doi: 10.1109/AGILE.2014.17.
- [94] B. Cook and P. Twidle, "Increasing awareness of Alzheimer's disease through a mobile game," *Proceedings - 2016 International Conference on Interactive Technologies and Games: EduRob in Conjunction with iTAG 2016, iTAG 2016*, pp. 55–60, Dec. 2016, doi: 10.1109/ITAG.2016.16.
- [95] N. Karamanis, M. Pignatelli, D. Carvalho-Silva, F. Rowland, J. A. Cham, and I. Dunham, "Designing an intuitive web application for drug discovery scientists," *Drug Discov Today*, vol. 23, no. 6, pp. 1169–1174, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2018.01.032>.
- [96] G. Getto, S. Flanagan, and J. T. Labriola, "Designing Boater Advocacy: A Lean UX Mobile App Project to Increase Emergency Response Accountability," *Proceedings of the 39th ACM International Conference on Design of Communication*, 2021, doi: 10.1145/3472714.
- [97] L. Miller, "Case study of customer input for a successful product," in *Proceedings - AGILE Conference 2005*, 2005, pp. 225–234. doi: 10.1109/ADC.2005.16.
- [98] E. Ibragimova, L. Verboom, and N. Mueller, "Building a team to champion user-centered design within an agile process," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10288 LNCS, pp. 584–596, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-58634-2_43/FIGURES/5.
- [99] K. Krout, J. P. Carrascal, and T. Lowdermilk, "Lean UX research at scale: A case study," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 53–59, Sep. 2020, doi: 10.1145/3404983.3405587.
- [100] K. Kuusinen, "Task allocation between ux specialists and developers in agile software development projects," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9298, pp. 27–44, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-22698-9_3/TABLES/7.
- [101] SyDesirée, "Adapting usability investigations for agile user-centered design," *J Usability Stud*, May 2007, doi: 10.5555/2835547.2835549.

- [102] S. Chamberlain, H. Sharp, and N. Maiden, "Towards a framework for integrating agile development and user-centred design," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 4044 LNCS, pp. 143–153, 2006, doi: 10.1007/11774129_15/COVER.
- [103] D. Salah, R. Paige, and P. Cairns, "Patterns for integrating agile development processes and user centred design," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Jul. 2015. doi: 10.1145/2855321.2855341.
- [104] L. A. Liikkanen, H. Kilpiö, L. Svan, and M. Hiltunen, "Lean UX - The next generation of user-centered Agile development?," *Proceedings of the NordiCHI 2014: The 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, pp. 1095–1100, Oct. 2014, doi: 10.1145/2639189.2670285.
- [105] "The Lean UX Manifesto: Principle-Driven Design — Smashing Magazine." <https://www.smashingmagazine.com/2014/01/lean-ux-manifesto-principle-driven-design/> (accessed Jun. 15, 2023).
- [106] D. Aarlien and R. Colomo-Palacios, "Lean UX: A Systematic Literature Review," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12254 LNCS, pp. 500–510, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-58817-5_37/TABLES/2.
- [107] S. Chan, G. Chen, and L. Fu, "Understanding emerging markets by applying Lean UX," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8528 LNCS, pp. 417–426, 2014, doi: 10.1007/978-3-319-07308-8_40/COVER.
- [108] H. Alahyari, T. Gorschek, and R. Berntsson Svensson, "An exploratory study of waste in software development organizations using agile or lean approaches: A multiple case study at 14 organizations," *Inf Softw Technol*, vol. 105, pp. 78–94, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.INFSOF.2018.08.006.
- [109] F. Dobrigkeit and D. de Paula, "The best of three worlds - The creation of InnoDev a software development approach that integrates Design Thinking, Scrum and Lean Startup," *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17), Vol. 8: Human Behaviour in Design, Vancouver, Canada, 21.-25.08.2017*, 2017.
- [110] T. Dingsoeyr, D. Falessi, and K. Power, "Agile Development at Scale: The Next Frontier," *IEEE Softw*, vol. 36, no. 2, pp. 30–38, Mar. 2019, doi: 10.1109/MS.2018.2884884.
- [111] A. Tkalich, R. Ulfsnes, and N. B. Moe, "Toward an Agile Product Management: What Do Product Managers Do in Agile Companies?," *Lecture Notes in Business*

- Information Processing*, vol. 445 LNBP, pp. 168–184, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-08169-9_11/FIGURES/1.
- [112] S. Theobald, N. Prenner, A. Krieg, and K. Schneider, “Agile Leadership and Agile Management on Organizational Level - A Systematic Literature Review,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 12562 LNCS, pp. 20–36, Nov. 2020, doi: 10.1007/978-3-030-64148-1_2.
- [113] L. Bo and J. Xiaomin, “Research on the Construction of Industrial Design Knowledge Agile Management System,” *Proceedings - 2015 6th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, ISDEA 2015*, pp. 672–675, Apr. 2016, doi: 10.1109/ISDEA.2015.173.
- [114] J. F. De Almeida, D. C. Amaral, and R. T. Coelho, “Innovative Framework to manage New Product Development (NPD) Integrating Additive Manufacturing (AM) and Agile Management,” *Procedia CIRP*, vol. 103, pp. 128–133, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROCIR.2021.10.020.
- [115] L. Moi and F. Cabiddu, “An agile marketing capability maturity framework,” *Tour Manag*, vol. 86, p. 104347, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.TOURMAN.2021.104347.
- [116] L. M. H. Cruz, H. Cosgaya, R. C. C. Canul, D. C. M. Alvarez, J. R. Ortegón, and Y. G. S. Vega, “Scrum for life, methodology applied in the scientific production of the teacher: ‘writing a Paper,’” *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, Jun. 2021, doi: 10.23919/CISTI52073.2021.9476476.
- [117] E. L. Cano, J. M. García-Camús, J. Garzás, J. M. Moguerza, and N. N. Sánchez, “A Scrum-based framework for new product development in the non-software industry,” *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 61, p. 101634, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.JENGTECMAN.2021.101634.
- [118] D. McKinney and L. F. Denton, “Developing collaborative skills early in the CS curriculum in a laboratory environment,” *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 38, no. 1, pp. 138–142, Mar. 2006, doi: 10.1145/1124706.1121387.
- [119] A. Domínguez, J. Saenz-De-Navarrete, L. De-Marcos, L. Fernández-Sanz, C. Pagés, and J. J. Martínez-Herráiz, “Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes,” *Comput Educ*, vol. 63, pp. 380–392, Apr. 2013, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2012.12.020.
- [120] J. Hammami and M. Khemaja, “Towards Agile and Gamified Flipped Learning Design models: Application to the System and Data Integration Course,” *Procedia Comput Sci*, vol. 164, pp. 239–244, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROCS.2019.12.178.
- [121] U. K. Durrani, G. Al Naymat, R. M. Ayoubi, M. M. Kamal, and H. Hussain, “Gamified flipped classroom versus traditional classroom learning: Which approach is more

- efficient in business education?," *The International Journal of Management Education*, vol. 20, no. 1, p. 100595, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.IJME.2021.100595.
- [122] C. M. Shinkle, "Applying the Dreyfus Model of Skill Acquisition to the Adoption of Kanban Systems at Software Engineering Professionals (SEP)," in *2009 Agile Conference*, IEEE, Aug. 2009, pp. 186–191. doi: 10.1109/AGILE.2009.25.
- [123] R. M. Felder, "MATTERS OF STYLE," *ASEE Prism*, vol. 6, no. 4, pp. 18–23, 1996.
- [124] P. Paredes and P. Rodriguez, "The application of learning styles in both individual and collaborative learning," *Proceedings - Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2006*, vol. 2006, pp. 1141–1142, 2006, doi: 10.1109/ICALT.2006.1652663.
- [125] E. Scott, G. Rodríguez, Á. Soria, and M. Campo, "Towards better Scrum learning using learning styles," *Journal of Systems and Software*, vol. 111, pp. 242–253, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.JSS.2015.10.022.
- [126] G. T. Huamani and E. Alca, "Supply chain management in the development of learning objects," *EDUNINE 2018 - 2nd IEEE World Engineering Education Conference: The Role of Professional Associations in Contemporaneous Engineer Careers, Proceedings*, Aug. 2018, doi: 10.1109/EDUNINE.2018.8450985.
- [127] R. M. Felder and L. K. Silverman, "LEARNING AND TEACHING STYLES IN ENGINEERING EDUCATION," 2002, Accessed: Jan. 28, 2022. [Online]. Available: <http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSpage.html>
- [128] J. C. Stewart, C. S. Decusatis, K. Kidder, J. R. Massi, and K. M. Anne, "Evaluating Agile Principles in Active and Cooperative Learning," 2009.
- [129] V. Kamat, "Agile manifesto in higher education," *Proceedings - 2012 IEEE 4th International Conference on Technology for Education, T4E 2012*, pp. 231–232, 2012, doi: 10.1109/T4E.2012.49.
- [130] L. O. Seman, R. Hausmann, and E. A. Bezerra, "On the students' perceptions of the knowledge formation when submitted to a Project-Based Learning environment using web applications," *Comput Educ*, vol. 117, pp. 16–30, Feb. 2018, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2017.10.001.
- [131] V. Niculescu, D. Suciu, and D. Bufnea, "Agile principles applied in learning contexts," *EASEAI 2021 - Proceedings of the 3rd International Workshop on Education through Advanced Software Engineering and Artificial Intelligence, co-located with ESEC/FSE 2021*, pp. 31–38, Aug. 2021, doi: 10.1145/3472673.3473963.
- [132] I. Noguera, A. E. Guerrero-Roldán, and R. Masó, "Collaborative agile learning in online environments: Strategies for improving team regulation and project management," *Comput Educ*, vol. 116, pp. 110–129, Jan. 2018, doi:

- 10.1016/J.COMPEDU.2017.09.008.
- [133] A. L. Skrede, O. Bjelland, and E. Honore-Livermore, "Work-in-progress: An agile approach to formative assessment in higher education," *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, vol. 2021-April, pp. 1126–1130, Apr. 2021, doi: 10.1109/EDUCON46332.2021.9454060.
- [134] G. C. Gannod, D. A. Troy, J. E. Luczaj, and D. T. Rover, "Agile way of educating," *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, vol. 2015, Dec. 2015, doi: 10.1109/FIE.2015.7344019.
- [135] L. Castillo, "The use of SCRUM for laboratory sessions monitoring and evaluation in a university course enforcing transverse competencies," *2014 International Symposium on Computers in Education, SIIE 2014*, pp. 47–52, Jan. 2014, doi: 10.1109/SIIE.2014.7017703.
- [136] E. Einum, "Discursive lecturing: An agile and student-centred teaching approach with response technology," *Journal of Educational Change*, vol. 20, no. 2, pp. 249–281, May 2019, doi: 10.1007/S10833-019-09341-7/FIGURES/6.
- [137] J. Yu *et al.*, "Construction of Agile Teaching Team for Software Engineering Major under Background of New Engineering," in *2020 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, IEEE, Jun. 2020, pp. 329–333. doi: 10.1109/ICAIE50891.2020.00084.
- [138] A. Battou, O. Baz, and D. Mammass, "Toward a virtual learning environment based on agile learner-centered design," *2017 Intelligent Systems and Computer Vision, ISCV 2017*, Sep. 2017, doi: 10.1109/ISACV.2017.8054972.
- [139] D. Parsons, R. Thorn, M. Inkila, and K. MacCallum, "Using Trello to Support Agile and Lean Learning with Scrum and Kanban in Teacher Professional Development," *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2018*, pp. 720–724, Jan. 2019, doi: 10.1109/TALE.2018.8615399.
- [140] A. Mora, P. Zaharias, C. González, and J. Arnedo-Moreno, "FRAGGLE: A framework for agile gamification of learning experiences," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9599, pp. 530–539, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-40216-1_57/FIGURES/1.
- [141] J. Longmuß and B. P. Höhne, "Agile Learning for Vocationally Trained Expert Workers. Expanding Workplace-based Learning One Sprint at a Time," *Procedia Manuf.*, vol. 9, pp. 262–268, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROMFG.2017.04.003.
- [142] J. Makio, E. Makio-Marusik, E. Yablochnikov, V. Arckhipov, and K. Kipriianov, "Teaching cyber physical systems engineering," *Proceedings IECON 2017 - 43rd*

- Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, vol. 2017-January, pp. 3530–3535, Dec. 2017, doi: 10.1109/IECON.2017.8216597.
- [143] E. Makio, E. Yablochnikov, A. W. Colombo, J. Makio, and R. Harrison, “Applying Task-centric Holistic Teaching Approach in Education of Industrial Cyber Physical Systems,” *Proceedings - 2020 IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems, ICPS 2020*, pp. 359–364, Jun. 2020, doi: 10.1109/ICPS48405.2020.9274773.
- [144] M. Resnick *et al.*, “Scratch: programming for all,” *Commun ACM*, vol. 52, no. 11, pp. 60–67, 2009.
- [145] P. Savicky, “pspearman: Spearman’s rank correlation test. R package version 0.3-0,” <https://CRAN.R-project.org/package=pspearman>, 2014.
- [146] T. Hothorn, K. Hornik, M. A. Van De Wiel, and A. Zeileis, “A lego system for conditional inference,” *Am Stat*, vol. 60, no. 3, pp. 257–263, 2006.
- [147] R Core Team, “R: A language and environment for statistical computing,” *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. <http://www.R-project.org/>, 2016.
- [148] M. G. Kendall, *Rank correlation methods*. 1948.
- [149] E. Cabello, C. Conde, I. M. de Diego, J. M. Moguerza, and A. Redchuk, “Combination and Selection of Traffic Safety Expert Judgments for the Prevention of Driving Risks,” *Sensors 2012, Vol. 12, Pages 14711-14729*, vol. 12, no. 11, pp. 14711–14729, Nov. 2012, doi: 10.3390/S121114711.
- [150] M. Hollander, D. A. Wolfe, and E. Chicken, *Nonparametric statistical methods*. John Wiley & Sons, 2013.
- [151] M. C. Ramos-Vega, V. M. Palma-Morales, D. Pérez-Marín, and J. M. Moguerza, “Stimulating children’s engagement with an educational serious videogame using Lean UX co-design,” *Entertain Comput*, vol. 38, p. 100405, May 2021, doi: 10.1016/J.ENTCOM.2021.100405.