



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Adaptación de las herramientas Agile a Industria 5.0:

Una visión teórica

Autor: Iñigo Maiztegui Helguera

Director: Alfredo Amor Del Olmo

Co-Director: Mariano Jiménez Calzado

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título Adaptación de las herramientas Agile a Industria 5.0: Una visión teórica en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2023-2024 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Iñigo Maiztegui Helguera

Fecha: 09/01/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Alfredo Amor Del Olmo

Fecha: 09/01/2024



Fdo.: Mariano Jiménez Calzado

Fecha: 09/01/2024

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Autor: Maiztegui Helguera, Iñigo.

Director: Amor Del Olmo, Alfredo

Co-Director: Jiménez Calzado, Mariano

Entidad Colaboradora: Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Este documento, realizado en el marco del Máster en Ingeniería Industrial, se enfoca en analizar la importancia y la interacción entre las metodologías Agile y la novedosa Industria 5.0. Inicia estableciendo el contexto de la Industria 5.0, sucesora de la Industria 4.0, que se distingue por priorizar aspectos humanos, la sostenibilidad y la resiliencia, en lugar de la pura eficiencia y automatización. Este cambio representa retos y oportunidades para las empresas, especialmente en eficiencia, adaptabilidad y sostenibilidad.

El estudio resalta la relevancia de las metodologías Agile, famosas por su flexibilidad y su capacidad para responder rápidamente a los cambios, enfocándose en la colaboración y la satisfacción del cliente. Originadas en el desarrollo de software, estas metodologías son cada vez más aplicadas en diferentes sectores industriales y empresariales gracias a su naturaleza iterativa y adaptable.

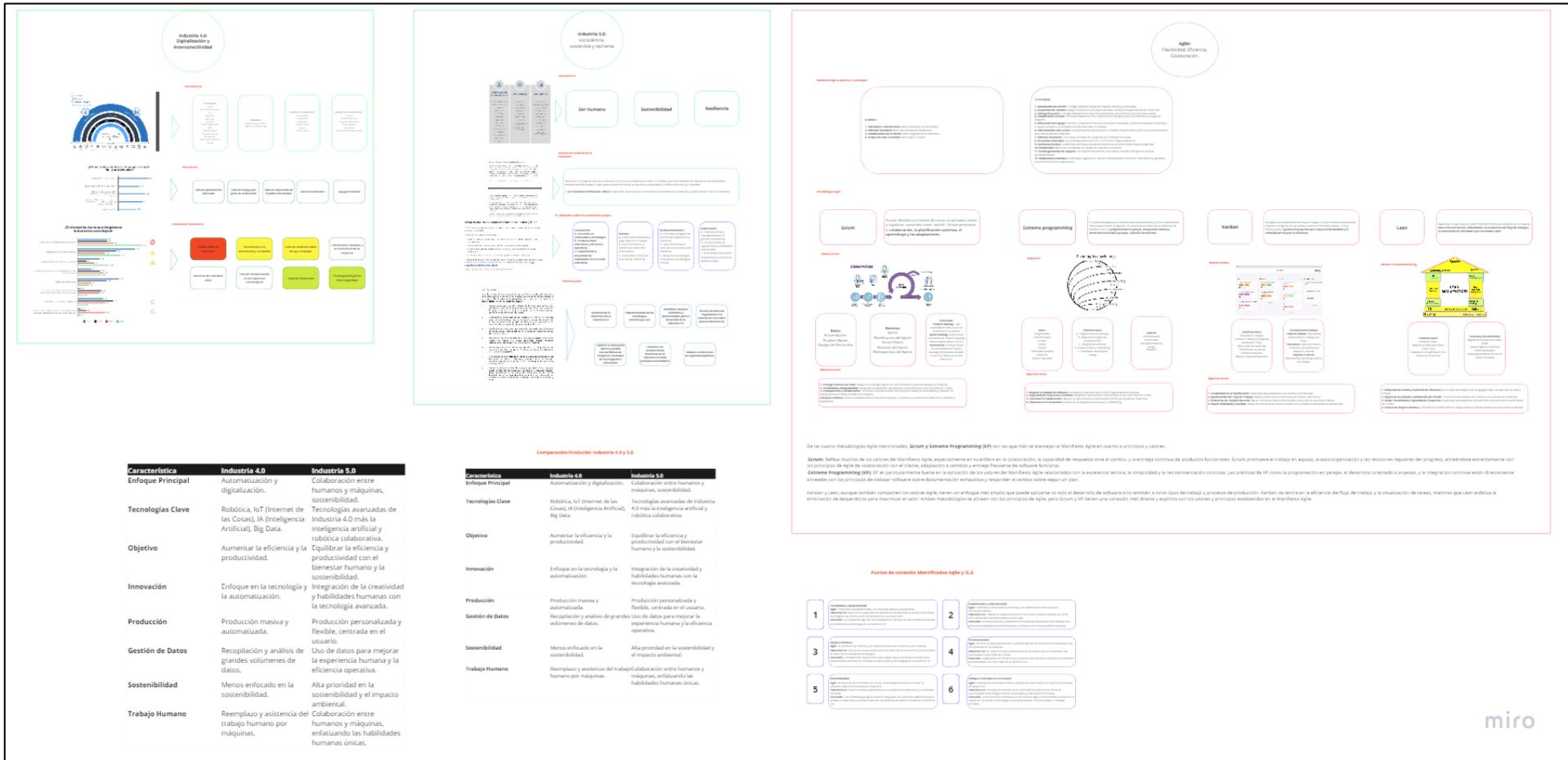
El objetivo principal del trabajo es investigar cómo las herramientas y principios de Agile pueden ser adaptados y aplicados con eficacia en el contexto de la Industria 5.0. Se propone que la integración de Agile con las tecnologías y estrategias de la Industria 5.0 podría brindar beneficios significativos a las organizaciones, haciéndolas más resilientes, ágiles y preparadas para el futuro en un entorno empresarial dinámico.

Este análisis teórico pretende proporcionar una base para futuras investigaciones prácticas y aplicaciones en los campos de la ingeniería y gestión industrial, buscando aportar una perspectiva que complemente a la literatura actual de ambos campos, enfocándose en las ventajas de combinar Agile con la Industria 5.0.

Metodología

El proyecto se fundamenta en una revisión de una variedad de artículos y documentos, un enfoque metodológico esencial para obtener una comprensión y un análisis de cómo las metodologías Agile pueden ser adaptadas y empleadas en el marco de la Industria 5.0. Este proceso implica seleccionar y examinar las diferentes fuentes y el estado de la cuestión, incluyendo estudios académicos, informes sectoriales, artículos de revistas especializadas y trabajos de investigación anteriores. Con este método se busca un entendimiento profundo de los temas tratados, permitiendo una valoración crítica de las tendencias actuales, las teorías en evolución y las prácticas novedosas en los ámbitos de la industria, innovación y gestión del cambio.

A través del análisis de los distintos documentos, se crea un mapa conceptual que examina y relaciona los diversos conceptos asociados a estas áreas. Este mapa busca identificar y explorar los puntos de conexión entre estos conceptos. El mapa conceptual resultante se presenta a continuación:



Mapa conceptual de disección - I4.0, I5.0 y metodologías Agile

Resultados

En la sección final del trabajo, se establece la hipótesis de investigación y se detallan estrategias para incorporar las metodologías Agile en el contexto de la Industria 5.0. Se sugiere la implementación de indicadores clave de rendimiento (KPIs) específicos para evaluar la efectividad de esta integración, con un enfoque particular en la adaptabilidad, eficiencia y satisfacción del cliente, que son aspectos cruciales para medir el éxito de la combinación de Agile y las innovaciones de la Industria 5.0.

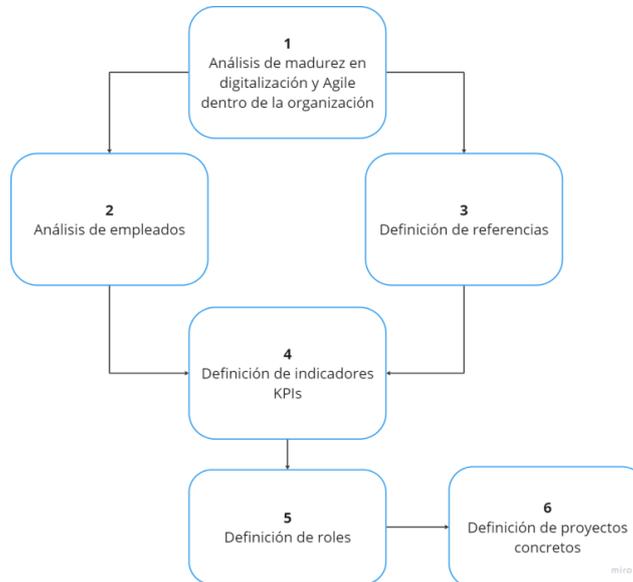
Propuestas de Adaptación: En la primera sección, se presenta la hipótesis para adaptar Agile al entorno de la Industria 5.0, concretamente el papel del Scrum Master. Esto implica modificar y afinar el rol tradicional del Scrum Master como facilitador de la metodología, para que se alinee con los requerimientos y las características de la Industria 5.0. Se consideran aspectos como la colaboración humana aumentada por tecnología, la sostenibilidad y la resiliencia, elementos centrales de la Industria 5.0, y cómo Agile puede ser reformulado para apoyar estos enfoques. En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre el papel tradicional del scrum master y el nuevo papel propuesto:

	Rol Tradicional del Scrum Master	Rol Adaptado del Scrum Master para la Industria 5.0
Enfoque	Facilitar las prácticas de Scrum y asegurar la adherencia del equipo a los principios Agile.	Extender el enfoque para incluir principios de la Industria 5.0 como la centralidad humana, sostenibilidad y resiliencia.
Responsabilidades	Eliminar impedimentos, entrenar al equipo, gestionar el proceso.	Además, abogar por prácticas sostenibles y resilientes, integrar tecnologías avanzadas con un enfoque centrado en el ser humano.
Habilidades Requeridas	Metodologías Agile, facilitación de equipo, resolución de problemas.	Integración de tecnología avanzada, prácticas de sostenibilidad, gestión del cambio, colaboración humano-tecnología.
Interacción con el Equipo	Guiar al equipo a través de procesos Agile, fomentar la colaboración.	Fomentar la colaboración, pero con un mayor énfasis en integrar diversos conjuntos de habilidades, incluyendo la experiencia tecnológica.
Compromiso con los Stakeholders	Gestionar expectativas, facilitar la comunicación entre el equipo y los stakeholders.	Compromiso más amplio para incluir discusiones sobre sostenibilidad, adaptación tecnológica y resiliencia a largo plazo.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Mejora Continua	Enfocarse en la mejora del proceso y del producto dentro del equipo.	Ampliarse para incluir el aprendizaje continuo sobre nuevas tendencias industriales, estrategias de sostenibilidad y resiliencia.
Impacto Organizacional	Principalmente limitado a la eficiencia y efectividad a nivel de equipo.	Contribuir al cambio en toda la organización, alineando prácticas Agile con los objetivos de la Industria 5.0

Estrategias de Transformación: La segunda parte del capítulo se enfoca en las estrategias de transformación necesarias para implementar Agile en la Industria 5.0. Se describen diferentes metodologías que las organizaciones pueden usar para cambiar sus procesos, estructuras y cultura para incorporar prácticas Agile de manera efectiva. Se discute la necesidad de una mentalidad flexible y adaptable, el fomento de la colaboración interdisciplinaria, y la importancia de la innovación continua para mantenerse competitivos en un entorno industrial cambiante. Además se facilita un esquema con el que se pretende que sirva de guía para la implementación del nuevo rol adaptado del Scrum Master.



Propuesta de Métricas: Finalmente, se propone un conjunto de métricas para evaluar la efectividad de la implementación de Agile en la Industria 5.0. Con estas métricas se propone un método para a medir el progreso y el impacto de las prácticas Agile en el contexto de la Industria 5.0, permitiendo a las organizaciones realizar ajustes y mejoras continuas:

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

KPI	Definición
Tasa de Logro de Objetivos del Sprint	Porcentaje de sprints donde el equipo logra con éxito sus objetivos predefinidos.
Tendencia de Velocidad	Medición del cambio en la productividad del equipo a lo largo del tiempo, reflejando el impacto del Scrum Master en la eficiencia del equipo.
Tasa de Defectos	Número de defectos o problemas reportados por sprint, indicando la calidad del trabajo bajo la guía del Scrum Master.
Índice de Innovación	Tasa de nuevas ideas o mejoras implementadas, demostrando la influencia del Scrum Master en fomentar la innovación.
Puntuación de Colaboración del Equipo	Una métrica derivada de encuestas que evalúan el nivel de colaboración efectiva dentro del equipo.
Satisfacción de los Stakeholders	Niveles de satisfacción de los stakeholders con los resultados del proyecto y las interacciones con el Scrum Master, medidos a través de mecanismos de feedback.
Tasa de Implementación de Cambios	Tasa a la que el equipo se adapta con éxito a nuevos requisitos o cambios, mostrando el liderazgo adaptativo del Scrum Master.
Tasa de Finalización de Acciones de la Retrospectiva del Sprint	Porcentaje de acciones de las retrospectivas de sprint que se completan, indicando eficacia en impulsar la mejora continua.
Índice de Satisfacción y Bienestar de los Empleados	Una puntuación basada en encuestas de los miembros del equipo centradas en la moral y el bienestar, reflejando el enfoque centrado en el ser humano del Scrum Master.
Adopción de Iniciativas de Sostenibilidad	Tasa de implementación de iniciativas de sostenibilidad dentro de los proyectos, midiendo el compromiso con los objetivos de sostenibilidad.
Índice de Resiliencia	Evaluación de la capacidad del equipo para gestionar y recuperarse de desafíos o contratiempos.
Efectividad de Respuesta a Crisis	Evaluación de la efectividad del Scrum Master en la gestión y mitigación durante situaciones de crisis.

Conclusiones

El análisis destacó la evolución del Scrum Master como clave para integrar Agile en la Industria 5.0, redefiniendo su rol para facilitar prácticas centradas en lo humano, sostenibles y resilientes, y para cerrar la brecha entre tecnología y colaboración humana. Este cambio implica desafíos como la necesidad de formación avanzada y equilibrar enfoques tecnológicos con los centrados en lo humano.

El proyecto también identificó oportunidades para innovar y mejorar la eficiencia, destacando la importancia del Scrum Master en la adaptación organizacional. Sin embargo, las estrategias para implementar Agile en la Industria 5.0 resultaron más conceptuales que pragmáticas, sin abordar completamente las realidades industriales complejas.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Aunque el proyecto logró sus objetivos principales, los resultados carecen de pruebas empíricas. Los KPIs propuestos para medir la efectividad de Agile en la Industria 5.0 son teóricamente sólidos, pero no se probaron en la práctica. Además, la investigación ofrece un punto de partida, pero se requiere más investigación empírica para mejorar la calidad y aplicabilidad de los hallazgos.

En resumen, aunque el proyecto alcanzó sus metas básicas, sus hallazgos son mayormente teóricos y carecen de evidencia empírica y perspectiva práctica necesarias para impactar significativamente en la Industria 5.0 en constante evolución. Este trabajo sirve más como una exploración inicial que como una guía definitiva, necesitando investigaciones más profundas y prácticas para avanzar en la comprensión y aplicación de Agile en la Industria 5.0.

ADAPTING AGILE TOOLS TO INDUSTRY 5.0: A THEORETICAL OVERVIEW

Author: Maiztegui Helguera, Iñigo.

Director: Amor Del Olmo, Alfredo

Co-Director: Jiménez Calzado, Mariano

Colaborating Entity: Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

Introduction

The following work focuses on contextualizing the relevance and synergy between Agile methodologies and the emerging Industry 5.0. This document, prepared within the framework of the Master's Degree in Industrial Engineering, addresses a topic of growing interest in the field of industrial engineering and business management.

The work begins by outlining the current context of Industry 5.0, an evolutionary phase following the well-known Industry 4.0. This new era is characterized by a shift in focus from seeking efficiency and intelligent automation, to a focus on human-centric dimensions, sustainability, and resilience. This scenario presents unique challenges and opportunities for companies, especially in terms of efficiency, adaptability, and sustainability.

In this context, the importance of Agile methodologies, known for their flexibility, rapid response to change, and focus on collaboration and customer satisfaction, is highlighted. These methodologies, which initially emerged in the software development sector, have gained ground in various industrial and business areas due to their iterative and adaptable approach.

Thus, the main objective is defined: to explore how Agile tools and principles can be adapted and effectively applied in the context of Industry 5.0. It is proposed that the combination of Agile with the technologies and approaches of Industry 5.0 can offer significant advantages for

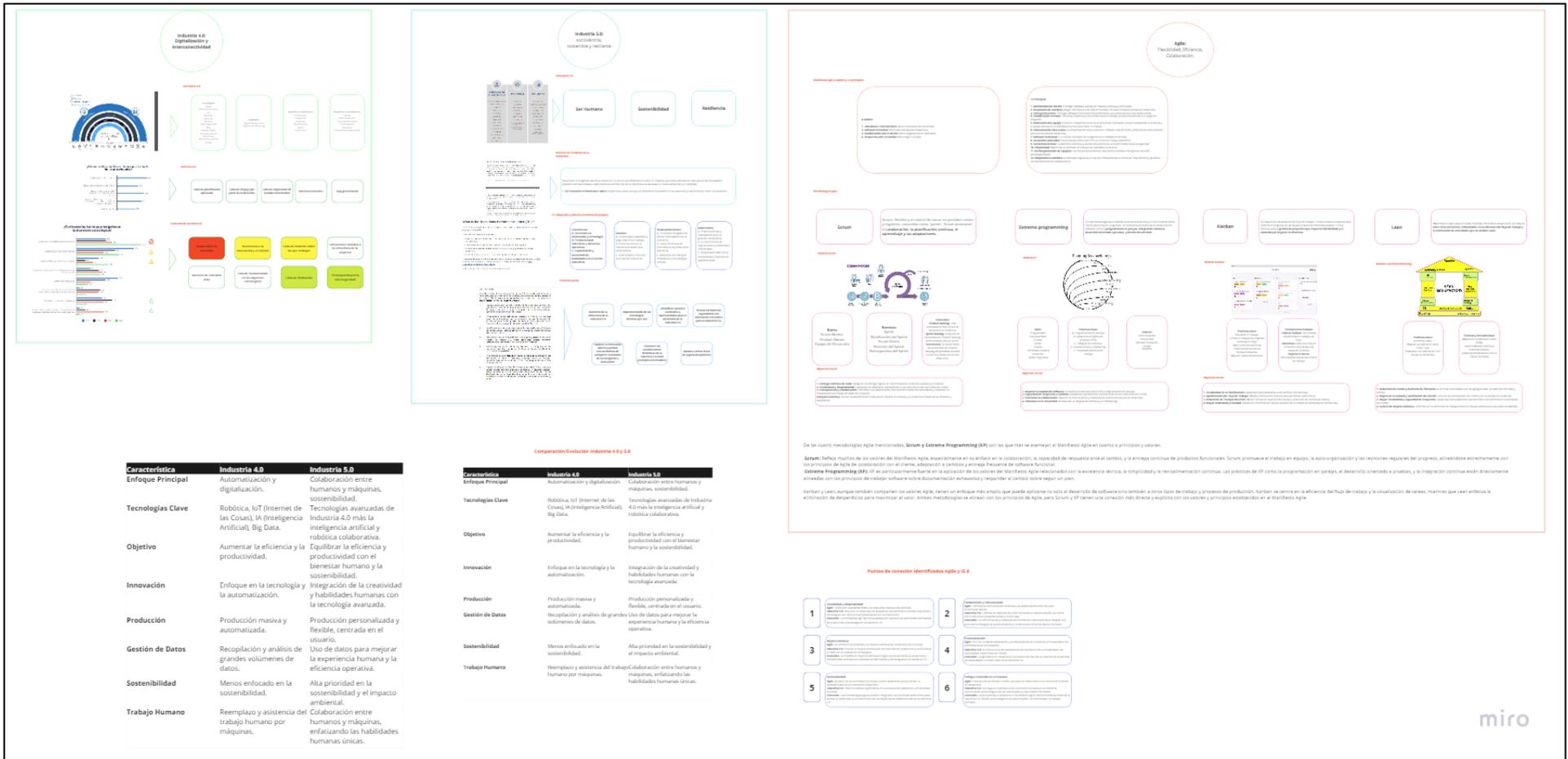
organizations, allowing them to be more resilient, agile, and future-oriented in an ever-changing business environment.

This academic work is presented as a theoretical analysis, providing a basis for future practical research and applications in the field of engineering and industrial management. In doing so, it seeks to fill a gap in the existing literature, offering a new approach to understanding and leveraging the advantages of the intersection of Agile and Industry 5.0.

Methodology

The project's work method is based on a review of different articles and documents. This methodological approach is fundamental to comprehensively understand and analyze how Agile methodologies can be adapted and applied in the context of Industry 5.0.

The bibliographic review process involves selecting and analyzing relevant sources, including academic studies, industry reports, specialized journal publications, and previous research. This approach ensures a greater understanding of the topics in question, allowing for a critical evaluation of existing trends, developing theories, and emerging practices in the field of industry, innovation, and change management.



Dissection conceptual map of I4.0, I5.0 and Agile Methodologies

Focusing on literature review, the adopted methodology is oriented towards a theoretical perspective, seeking to identify and synthesize key concepts, principles, and applications of Agile methodologies within the framework of Industry 5.0. This approach allows the author to build a solid theoretical framework upon which subsequent analysis and discussions in the work are based.

Results

As a theoretical framework, the work concludes with the formulation of the working hypothesis, detailing transformation strategies to integrate Agile into Industry 5.0. In addition, it proposes specific KPIs to measure the effectiveness of this integration, focusing on adaptability, efficiency, and customer satisfaction, key elements to evaluate the success of the fusion between Agile methodologies and the innovations of Industry 5.0.

Adaptation Proposals: In the first section, the hypothesis for adapting Agile to the environment of Industry 5.0 is presented, specifically the role of the Scrum Master. This involves modifying and refining the traditional role of the Scrum Master as a facilitator of the methodology, to align with the requirements and characteristics of Industry 5.0. Aspects such as human collaboration enhanced by technology, sustainability, and resilience, central elements of Industry 5.0, are considered, and how Agile can be reformulated to support these approaches.

Transformation Strategies: The second part of the chapter focuses on the transformation strategies necessary to implement Agile in Industry 5.0. Different methodologies are described that organizations can use to change their processes, structures, and culture to effectively incorporate Agile practices. The need for a flexible and adaptable mindset, fostering interdisciplinary collaboration, and the importance of continuous innovation to remain competitive in a changing industrial environment are discussed.

Metric Proposal: Finally, a set of metrics is proposed to evaluate the effectiveness of Agile implementation in Industry 5.0. With these metrics, a method is proposed to measure the progress and impact of Agile practices in the context of Industry 5.0, allowing organizations to make continuous adjustments and improvements.

Conclusions

It is concluded that methods like Scrum are adaptable to address the challenges of Industry 5.0, which emphasizes humanization, sustainability, and resilience. Agile methodologies provide flexibility, adaptability, and a customer-focused approach, aligning with the principles of Industry 5.0, such as continuous improvement and collaboration.

The evolution of the Scrum Master's role is crucial to the success of Agile implementation in this environment. This change implies that the Scrum Master not only facilitates technical agility but also promotes practices centered on human beings, sustainability, and improving organizational resilience. This new role goes beyond traditional Agile facilitation, incorporating a balance between technology and human focus.

The challenges of this transformation include the need for advanced training and balancing technology and humanization. However, adapting the Scrum Master role for Industry 5.0 also offers opportunities for innovation and efficiency improvement, ensuring the relevance and effectiveness of Agile methodologies in a more complex and scalable industrial environment. The role becomes vital in promoting an organizational culture that is adaptive and responsive to the unique needs of Industry 5.0.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

Capítulo 1. Introducción.....	19
1.1 Contexto de la Industria 5.0.....	19
1.2 Importancia de las metodologías Agile	20
1.3 Objetivos y alcance del proyecto.....	22
Capítulo 2. Fundamentos de la industria 5.0.....	25
2.1 Evolución de la Industria	25
2.2 Evolución del paradigma a Industria 5.0	30
2.3 Principales características y tecnologías.....	34
2.4 Impacto en la producción y la gestión empresarial	38
Capítulo 3. Metodologías Agile.....	40
3.1 Principios básicos del Agile.....	40
3.2 Herramientas y técnicas más comunes	42
3.2.1 Scrum	43
3.2.2 Extreme programming	47
3.2.3 Kanban.....	50
3.2.4 Lean	53
3.3 Beneficios y limitaciones de Agile.....	55
Capítulo 4. Intersección entre Agile e I5.0	58
4.1 Agile como complemento de Industria 5.0	58
4.2 Casos de estudio o ejemplos de integración exitosa.....	59
Capítulo 5. Adaptación de Agile a I5.0.....	63
5.1 Propuestas de adaptación.....	63
5.2 Estrategias de transformación	67
5.3 Propuesta de métricas	72
Capítulo 6. Conclusiones	74
6.1 Resumen de los hallazgos principales	74
6.2 Consecución de objetivos	75
6.3 Experiencias del trabajo.....	76
Capítulo 7. Futuras líneas de investigación.....	79

Anexo I. Alineación con ODS..... 81

Bibliografía 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Industria 5.0. Fuente: Comisión Europea	19
Figura 2. Mapa conceptual industria 4.0	29
Figura 3. Mapa conceptual industria 5.0	37
Figura 4. Estructura de la metodología Scrum. Fuente: Melon Helpx	44
Figura 5. Mapa conceptual Scrum.....	46
Figura 6. Estructura XP. Fuente: Wikipedia.....	47
Figura 7. Mapa conceptual XP.....	49
Figura 8. Funcionamiento modelo Kanban. Fuente: Wikipedia	51
Figura 9. Mapa conceptual Kanban.....	52
Figura 10. Mapa conceptual metodología Lean.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa I4.0 - I5.0	32
Tabla 2. Comparativa rol Scrum Master Tradicional vs Master 5.0	66
Tabla 3. Definición de KPIs para la hipótesis de adaptación	72

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO DE LA INDUSTRIA 5.0

La Industria 5.0 surge como un concepto innovador que trasciende la mera eficiencia y productividad para enfocarse en un valor añadido más humano y social. La Unión Europea describe la Industria 5.0 como una visión que coloca el bienestar del trabajador en el núcleo del proceso de producción, utilizando nuevas tecnologías para lograr una prosperidad que respeta los límites del planeta. Este enfoque refleja un cambio fundamental desde un valor puramente económico hacia un valor social, marcando una transición desde la "asistencia social" hacia el bienestar integral (Kraaijenbrink, 2022)

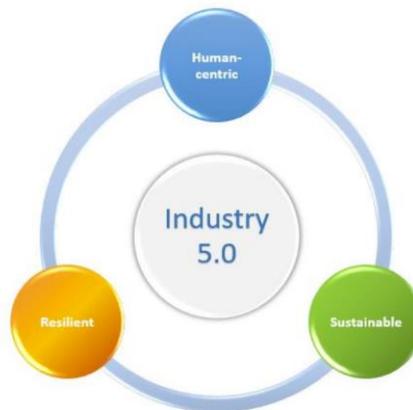


Figura 1. Industria 5.0. Fuente: Comisión Europea

El término Industria 5.0 ha ganado impulso recientemente debido a su alineación con una visión renovada sobre los negocios y la economía, poniendo un énfasis especial en el valor social en lugar de la ganancia pura (ICEMD, 2023). Mientras que la Industria 4.0 se centró en la automatización y la reducción de la participación humana en la línea de producción, la Industria 5.0 busca fusionar la computación cognitiva con el ingenio humano, concentrándose en el bienestar humano y ambiental, y no solo en los resultados finales (ICEMD, 2023).

La transformación que propone la Industria 5.0 se basa en cambiar el enfoque de una producción basada exclusivamente en el volumen a una producción basada en el valor, centrándose en beneficios sociales y ambientales, además de la obtención de ganancias. Esto se refleja en un mayor énfasis en el valor ambiental y social, como lo demuestran conceptos como ESG, RSE y el Triple Resultado Final (ICEMD, 2023).

Además de mejorar la eficiencia y la productividad, la Industria 5.0 introduce un proceso de fabricación centrado en el ser humano, implicando la interconexión de procesos, sistemas y máquinas para lograr objetivos comerciales a largo plazo. Se convierte así en una fuente de innovación y ventaja competitiva, permitiendo a las empresas diferenciarse de la competencia. Este concepto se basa en la simbiosis de tres segmentos distintos: tecnología, negocios y sociedad (ICEMD, 2023).

Un aspecto crucial de la Industria 5.0 es su papel en la provisión de soluciones a problemas urgentes de la sociedad, como el cambio climático, el agotamiento de los recursos y la estabilidad social. Favorece modelos de producción circulares y apoya tecnologías energéticamente eficientes. Al colocar a los trabajadores en el centro del proceso de producción y empoderarlos, las empresas pueden aumentar su competitividad y atraer a los mejores talentos. Asimismo, al revisar las cadenas de valor existentes, las industrias se vuelven más resistentes a choques externos como pandemias y crisis climáticas, haciendo que la producción sea más sostenible y centrada en el ser humano, respetando los límites de nuestro planeta (ICEMD, 2023).

1.2 IMPORTANCIA DE LAS METODOLOGÍAS AGILE

Las metodologías Agile han revolucionado la gestión empresarial, ofreciendo un enfoque flexible y adaptable que se ha convertido en esencial en el dinámico entorno de negocios de hoy. Originalmente diseñadas para el desarrollo de software, estas metodologías han encontrado aplicaciones en una variedad de sectores debido a su eficacia y flexibilidad.

Agile surgió como una respuesta a métodos de gestión más tradicionales y estáticos, buscando mejorar la interacción y colaboración tanto dentro de los equipos como con los clientes. Esta

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

metodología se caracteriza por su rapidez y flexibilidad, permitiendo a las empresas adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes y del mercado, y mantenerse Agile en un entorno empresarial en constante evolución (Game-Learn, 2020). En el 2001, se formalizó el Manifiesto Agile, que consolidó los principios y buenas prácticas de Agile, demostrando su éxito en el sector de software y promoviendo su adopción en otras áreas (Game-Learn, 2020).

Las metodologías Agile permiten a las empresas gestionar sus proyectos de manera flexible y autónoma, lo que lleva a un incremento en la productividad y una reducción de costos. En lugar de seguir un plan de producto rígido, el producto evoluciona a través de ciclos de retroalimentación, adaptándose continuamente a las necesidades y feedback del cliente, lo que garantiza un mayor nivel de satisfacción del cliente y una mejor calidad del producto (Game-Learn, 2020).

En un contexto caracterizado por la volatilidad, la incertidumbre, la complejidad y la ambigüedad, las metodologías Agile ofrecen a las organizaciones la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios del entorno. Estas metodologías se enfocan en optimizar los procesos internos para entregar productos y servicios de mayor calidad, minimizando costos y acortando plazos (Gonzalez, 2021).

Los beneficios de adoptar metodologías Agile en la gestión empresarial incluyen:

- Mejora de la calidad del producto/servicio: Estas metodologías incrementan la excelencia del producto a través de la integración, comprobación y mejora continua.
- Mayor satisfacción del cliente: Los clientes se involucran más en el proceso de desarrollo, lo que lleva a una mayor satisfacción gracias a la retroalimentación continua y las entregas preliminares.
- Mayor motivación de los trabajadores: Agile fomenta la proactividad y autogestión de los equipos, estimulando la creatividad y la innovación.
- Trabajo colaborativo: La división de tareas y roles, combinada con reuniones frecuentes, mejora la organización del trabajo.
- Métricas más relevantes: Permite una mejor estimación de parámetros como tiempo, costos y rendimiento.

- Más control y capacidad de predicción: Ofrece la posibilidad de revisar y adaptar el producto continuamente, mejorando el control sobre el proyecto y la capacidad de anticipar cambios.
- Reducción de costos: La identificación y corrección temprana de errores previene fracasos costosos y optimiza el presupuesto (Gonzalez, 2021).

En conclusión, la adopción de metodologías Agile en la gestión empresarial no solo mejora la eficiencia y productividad, sino que también promueve un entorno más colaborativo y adaptable, esencial para el éxito en el dinámico mundo empresarial actual.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad explorar y analizar la adaptación de las metodologías Agile a la Industria 5.0, centrando su atención en la intersección entre estas dos corrientes revolucionarias. Se busca entender cómo las prácticas Agile, nacidas en el mundo del desarrollo de software, pueden ser efectivas en el contexto de la Industria 5.0, caracterizada por su énfasis en la sostenibilidad, la tecnología avanzada, y el bienestar humano.

Objetivos del Proyecto

- A. Comprender la transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0: Explorar las características y diferencias clave entre la Industria 4.0 y la Industria 5.0, haciendo especial hincapié en el cambio hacia la centralidad humana, la sostenibilidad y la resiliencia en la Industria 5.0.
- B. Analizar el papel de Agile en la Industria 5.0: Investigar cómo las metodologías Agile, conocidas por su flexibilidad y adaptabilidad, pueden aplicarse y resultar beneficiosas en el contexto de la Industria 5.0, y cómo se alinean con sus principios fundamentales.
- C. Evolución del rol del Scrum Master: Examinar específicamente cómo el papel del Scrum Master necesita evolucionar en respuesta a las demandas únicas de la Industria 5.0. Esto incluye la ampliación de las responsabilidades tradicionales para incorporar el liderazgo en la sostenibilidad, la capacidad de recuperación, y los enfoques centrados en el ser humano.

- D. Desarrollar estrategias para la implementación Agile: Identificar y proponer estrategias para implantar eficazmente metodologías Agile en entornos de Industria 5.0, incluyendo formación, comunicación y cambio cultural.
- E. Creación de un marco para la adaptación Agile: Desarrollar un marco exhaustivo que describa el proceso paso a paso de integración de metodologías Agile en la Industria 5.0, teniendo en cuenta las adaptaciones necesarias en prácticas y roles.
- F. Establecer métricas de evaluación: Proponer Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) para evaluar la eficacia de las metodologías Agile adaptadas y el rol del Scrum Master en entornos de Industria 5.0. Alcance del Proyecto

El proyecto se enfoca en:

- La aplicación de metodologías Agile en entornos de Industria 5.0, sin limitarse a un sector específico, permitiendo una amplia gama de aplicaciones industriales.
- La evaluación de estudios de caso y literatura existente relacionada con la implementación de Agile en diversos contextos, incluyendo, pero no limitado al desarrollo de software.
- El desarrollo de un marco conceptual que integre Agile e Industria 5.0, resaltando sinergias y oportunidades de mejora.
- La propuesta de estrategias y recomendaciones prácticas basadas en el análisis realizado.

Limitaciones del Proyecto

Durante el desarrollo del proyecto se han encontrado las siguientes limitaciones:

- Disponibilidad de información: Dado que la Industria 5.0 es un concepto relativamente nuevo, puede haber una limitación en la cantidad de estudios de caso y literatura específica disponible.
- Generalización de resultados: Las conclusiones y recomendaciones pueden no ser universalmente aplicables a todas las industrias o contextos debido a la diversidad en las aplicaciones de la Industria 5.0 y Agile.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

- Cambios rápidos en la tecnología y las prácticas industriales: La evolución constante de la tecnología y las prácticas empresariales puede hacer que algunas de las conclusiones y recomendaciones se vuelvan obsoletas rápidamente.

Este proyecto pretende aportar una comprensión profunda de cómo la agilidad puede ser una herramienta poderosa en la era de la Industria 5.0, ofreciendo una visión para futuras investigaciones y prácticas empresariales. La intención es contribuir tanto al ámbito académico como al profesional, proporcionando una guía útil para la implementación de Agile en el contexto de la Industria 5.0 y destacando las oportunidades y desafíos de esta integración.

Capítulo 2. FUNDAMENTOS DE LA INDUSTRIA 5.0

2.1 EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA

Primera revolución Industrial

La Primera Revolución Industrial, iniciada a finales del siglo XVIII, representó un cambio trascendental en los métodos de producción, pasando de técnicas manuales y artesanales a la mecanización. Este periodo, que tuvo su epicentro en Gran Bretaña, sentó las bases para la modernización industrial y económica global.

Uno de los hitos más destacados fue el perfeccionamiento de la máquina de vapor por James Watt, lo que revolucionó sectores como el textil y el transporte, particularmente con el desarrollo de los ferrocarriles. Esta innovación tecnológica no solo aumentó la producción, sino que también mejoró la eficiencia y redujo los costos, impulsando así el crecimiento económico.

La aparición de fábricas marcó otro punto de inflexión, centralizando la producción y cambiando radicalmente la organización laboral. Esto condujo a una urbanización masiva y al surgimiento de una nueva clase trabajadora industrial. Estas transformaciones tuvieron un impacto profundo en la estructura social, económica y política, reconfigurando la dinámica de las sociedades.

Sin embargo, la Primera Revolución Industrial también trajo consigo desafíos significativos, como condiciones laborales precarias y la explotación de trabajadores, incluidos niños. La falta de regulaciones adecuadas en las fábricas llevó a jornadas laborales extenuantes y a entornos de trabajo peligrosos.

En resumen, la Primera Revolución Industrial fue un período de grandes avances tecnológicos y cambios sociales, sentando las bases para el desarrollo industrial moderno y los paradigmas industriales posteriores.

Segunda revolución industrial

La Segunda Revolución Industrial, que se desarrolló desde finales del siglo XIX hasta principios del siglo XX, fue un período de expansión y profundización de la industrialización iniciada en la primera revolución. Este periodo se caracterizó por avances tecnológicos notables, la expansión de la industrialización a nivel global y un impacto significativo en la vida social y económica.

Una de las innovaciones más destacadas de esta era fue la electrificación. La introducción de la electricidad en los procesos de producción permitió una mayor eficiencia y flexibilidad en las fábricas. Esto, combinado con el desarrollo de motores eléctricos y la iluminación, transformó completamente el ambiente de trabajo y extendió las posibilidades de producción.

El acero también jugó un papel crucial en la Segunda Revolución Industrial. Gracias a nuevos métodos de producción como el proceso Bessemer, se pudo producir acero en masa, lo que fue fundamental para la construcción de infraestructuras como edificios, puentes y ferrocarriles, y para el desarrollo de nuevas máquinas e industrias.

Otro factor importante fue el avance en los sistemas de transporte y comunicación. La expansión de la red ferroviaria, junto con la invención del automóvil y el avión, revolucionó el transporte de personas y mercancías. Paralelamente, el telégrafo y, posteriormente, el teléfono, transformaron las comunicaciones, facilitando el comercio y la expansión empresarial.

Además, la Segunda Revolución Industrial vio el surgimiento de nuevas formas de organización empresarial, como el modelo de producción en masa y el sistema de línea de montaje, popularizados por figuras como Henry Ford. Estos modelos permitieron la producción de bienes a una escala sin precedentes, lo que llevó a un cambio significativo en el consumo y el estilo de vida de las personas.

La Segunda Revolución Industrial, por lo tanto, marcó el comienzo de la era moderna de la industrialización, caracterizada por una mayor globalización, avances tecnológicos y una profunda transformación en la estructura económica y social.

Tercera revolución industrial

La Tercera Revolución Industrial, también conocida como la Revolución Digital, comenzó en la segunda mitad del siglo XX y se caracterizó por un cambio drástico en la tecnología, pasando de la mecánica y la analógica a la digital. Esta era marcó el inicio de la era de la información y la automatización en la fabricación.

Un avance clave de este periodo fue el desarrollo y la proliferación de la computación y la microelectrónica, especialmente con la creación del microprocesador en la década de 1970. Estas tecnologías permitieron el procesamiento de datos a una velocidad y una escala sin precedentes, dando lugar a sistemas de producción más eficientes y flexibles, y abriendo las puertas a la automatización en la industria.

La Tercera Revolución Industrial también vio el advenimiento de Internet, que revolucionó la comunicación y el intercambio de información, transformando no solo las operaciones industriales sino también la vida cotidiana. Esta era ha sido definida por la integración de tecnologías de la información en la producción, dando lugar a lo que se conoce como la fabricación automatizada y la industria de alta tecnología.

Otro aspecto significativo fue el desarrollo de la robótica y su aplicación en la manufactura. Los robots comenzaron a desempeñar un papel cada vez más importante en las líneas de montaje, aumentando la eficiencia y reduciendo los costos de mano de obra, al mismo tiempo que mejoraban la precisión y la calidad del producto.

En resumen, la Tercera Revolución Industrial transformó la forma en que se producen y distribuyen los bienes, estableciendo las bases para la era de la digitalización y la automatización en la manufactura y otros sectores.

Cuarta revolución industrial – Industria 4.0

La Cuarta Revolución Industrial, a menudo denominada Industria 4.0, comenzó a principios del siglo XXI y representa una continuación y profundización de la digitalización iniciada en la Tercera Revolución. Esta era se caracteriza por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, llevando la automatización y la interconexión a un nivel completamente nuevo.

Un aspecto distintivo de la Industria 4.0 es el Internet de las Cosas (IoT), que permite la conexión de máquinas, sistemas y dispositivos a través de Internet, creando redes inteligentes a lo largo de la cadena de valor que pueden controlar y analizar procesos de forma autónoma. Esto facilita una producción más eficiente y flexible, adaptada a las necesidades cambiantes del mercado y los consumidores.

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático también son pilares de esta revolución. Estas tecnologías permiten a las máquinas analizar grandes cantidades de datos, aprender de ellos y tomar decisiones de forma independiente, mejorando así la eficiencia y abriendo nuevas posibilidades de innovación.

Otra innovación clave es la fabricación aditiva, o impresión 3D, que transforma la manera en que se diseñan y producen los objetos, permitiendo una personalización masiva y reduciendo el desperdicio de materiales.

La Industria 4.0 también implica cambios significativos en el trabajo y el empleo, con un enfoque en habilidades digitales, creatividad y flexibilidad. A pesar de los temores sobre la pérdida de empleos debido a la automatización, esta revolución ofrece oportunidades para trabajos más cualificados y creativos.

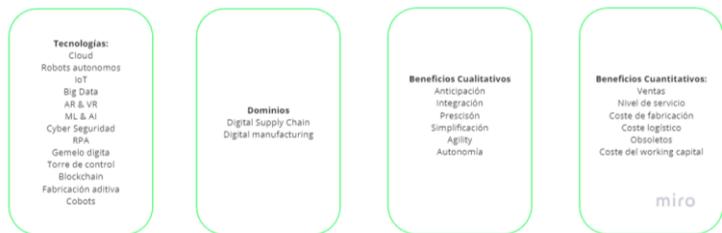
En resumen, la Cuarta Revolución Industrial marca un cambio significativo en la producción y la gestión industrial, impulsada por tecnologías avanzadas que integran el mundo digital con el físico, remodelando no solo la industria sino también la sociedad en su conjunto.

Como la Industria 4.0 sienta las bases de la tecnologías se ha realizado una disección de la a través de los informes anuales de NTT data. El mapa conceptual queda la siguiente manera:

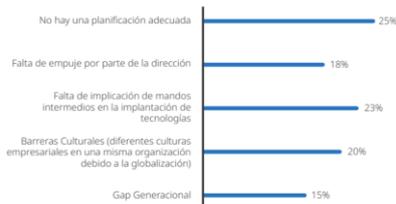
ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA



Conceptos 4.0



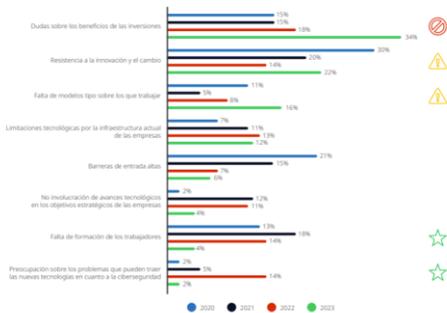
¿Cuál se considera como la mayor barrera para la adopción digital en las compañías?



Barreras 4.0



¿Cuáles son las barreras principales en la transformación digital?



Evolución de las barreras



Figura 2. Mapa conceptual industria 4.0

2.2 EVOLUCIÓN DEL PARADIGMA A INDUSTRIA 5.0

Necesidad del Cambio

La transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 surge como una respuesta a varias limitaciones inherentes al enfoque de la Industria 4.0. Aunque esta última ha sido revolucionaria en términos de automatización y eficiencia, surgieron desafíos significativos que impulsaron la necesidad de un nuevo paradigma.

- A. Automatización vs. Empleo Humano: La Industria 4.0, a pesar de su avance en eficiencia mediante la automatización, generó preocupaciones sobre la pérdida de empleos y la deshumanización del trabajo. Gorecky et al. (2014) discuten este dilema, destacando cómo la automatización extensiva afecta a el empleo humano y la necesidad de un equilibrio entre máquinas y trabajadores.
- B. Falta de Sostenibilidad Ambiental: La Industria 4.0 mejoró la producción, pero no se centró suficientemente en la sostenibilidad ambiental. Se identificó una brecha crítica en su capacidad para integrar prácticas de producción sostenibles y ecológicas, una necesidad cada vez más urgente en la era moderna.
- C. Cuestiones de Seguridad y Privacidad: Con la creciente digitalización en la Industria 4.0, emergieron serias preocupaciones sobre la seguridad cibernética y la privacidad de datos. La protección contra ciberataques y la gestión segura de información se convirtieron en aspectos críticos de la producción industrial.
- D. Desafíos en la Personalización a Gran Escala: Aunque la Industria 4.0 facilitó la producción en masa, enfrentó limitaciones en la personalización a gran escala, un aspecto cada vez más demandado por los consumidores en la era actual.
- E. Integración del Factor Humano: La Industria 4.0 se enfocó en la tecnología, pero a menudo subestimó la importancia del elemento humano. La creatividad, la intuición y la toma de decisiones ética que los humanos aportan al proceso productivo no se integraron plenamente en el modelo de la Industria 4.0.

Estas limitaciones llevaron al desarrollo de la Industria 5.0, un modelo que busca no solo superar estos desafíos, sino también realinear la producción industrial con valores humanos y medioambientales más amplios.

Industria 5.0

La Industria 5.0 lleva la evolución industrial un paso más allá, integrando la inteligencia y la creatividad humana con las capacidades de las máquinas. Este enfoque busca armonizar la eficiencia de la máquina con la creatividad y la empatía humanas, promoviendo un equilibrio entre la productividad y el bienestar social. A diferencia de la Industria 4.0, que se centró principalmente en la tecnología y la automatización, la Industria 5.0 pone énfasis en el retorno al humanismo en la manufactura. Aquí, la tecnología no solo sirve para mejorar la eficiencia, sino también para mejorar la calidad de vida, fomentar la sostenibilidad y permitir una mayor personalización y flexibilidad en la producción.

Diferencias Clave entre Industria 4.0 e Industria 5.0

La transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 va más allá de la mera evolución tecnológica, representando un cambio fundamental en la filosofía y el enfoque de la producción industrial. Aunque ambas revoluciones comparten el uso de tecnologías avanzadas, difieren significativamente en sus objetivos y enfoques.

- **Enfoque Tecnológico vs. Humano-Céntrico:** Mientras que la Industria 4.0 se centró en la tecnología, la automatización y la eficiencia a través de sistemas digitales, la Industria 5.0 pone énfasis en la colaboración entre humanos y máquinas. En la Industria 5.0, la tecnología se utiliza para potenciar y complementar las capacidades humanas, no para reemplazarlas.
- **Eficiencia vs. Sostenibilidad:** La Industria 4.0 se enfocó en maximizar la eficiencia y la productividad, mientras que la Industria 5.0 añade una dimensión crucial de sostenibilidad y responsabilidad medioambiental. Se busca un equilibrio entre la producción eficiente y el impacto ambiental, fomentando prácticas de producción más verdes y sostenibles.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

- **Automatización vs. Personalización Masiva:** Aunque la Industria 4.0 avanzó en la automatización de la producción, la Industria 5.0 se mueve hacia la personalización masiva. Utiliza tecnologías avanzadas para producir bienes personalizados en respuesta a las necesidades y preferencias individuales de los consumidores.
- **Producción Centralizada vs. Descentralizada:** La Industria 4.0 tendía a centralizar la producción, mientras que la Industria 5.0 promueve modelos más descentralizados y flexibles, aprovechando las tecnologías digitales para distribuir la producción de manera más eficiente y adaptativa.
- **Datos y Ciberseguridad:** Ambas industrias dependen de la recopilación y análisis de datos, pero la Industria 5.0 pone un mayor énfasis en la ética de datos y la seguridad cibernética, abordando las preocupaciones sobre privacidad y uso responsable de la información.

En términos de características las industrias 4.0 y la 5.0 se comparan de la siguiente forma:

Tabla 1. Comparativa I4.0 - I5.0

Característica	Industria 4.0	Industria 5.0
Enfoque Principal	Automatización y digitalización.	Colaboración entre humanos y máquinas, sostenibilidad.
Tecnologías Clave	Robótica, IoT (Internet de las Cosas), IA (Inteligencia Artificial), Big Data.	Tecnologías avanzadas de Industria 4.0 más la inteligencia artificial y robótica colaborativa.
Objetivo	Aumentar la eficiencia y la productividad.	Equilibrar la eficiencia y productividad con el bienestar humano y la sostenibilidad.
Innovación	Enfoque en la tecnología y la automatización.	Integración de la creatividad y habilidades humanas con la tecnología avanzada.
Producción	Producción masiva y automatizada.	Producción personalizada y flexible, centrada en el usuario.

Gestión de Datos	Recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos.	Uso de datos para mejorar la experiencia humana y la eficiencia operativa.
Sostenibilidad	Menos enfocado en la sostenibilidad.	Alta prioridad en la sostenibilidad y el impacto ambiental.
Trabajo Humano	Reemplazo y asistencia del trabajo humano por máquinas.	Colaboración entre humanos y máquinas, enfatizando las habilidades humanas únicas.

La transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 representa una evolución significativa en la revolución industrial, marcando un cambio de paradigma de la automatización y digitalización hacia una integración más profunda de la creatividad humana y la sostenibilidad en los procesos. Este desarrollo no solo refleja avances tecnológicos, sino también un cambio en la filosofía empresarial y de producción.

Esta transición implica varios cambios significativos en el paradigma industrial:

- **Modelos de Negocio:** Las empresas deben adaptar sus modelos de negocio para integrar la sostenibilidad, la personalización y un enfoque más humano en sus operaciones.
- **Competencias Laborales:** Se requieren nuevas habilidades y competencias, incluyendo la colaboración con IA y robots, y un enfoque en la creatividad y la innovación.
- **Desafíos Éticos y Sociales:** La Industria 5.0 plantea importantes cuestiones éticas y sociales, como la sostenibilidad, la equidad y la inclusión en el lugar de trabajo, y la responsabilidad social corporativa.

La transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0 representa un cambio paradigmático en la forma en que entendemos y abordamos la producción y la gestión industrial. Esta evolución no solo implica la adopción de nuevas tecnologías, sino también un cambio hacia un enfoque más integrador y sostenible, que coloca al ser humano y al medio ambiente en el centro del desarrollo industrial. Este enfoque promete no solo eficiencia y productividad, sino también un futuro más sostenible y ético para la industria mundial.

2.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y TECNOLOGÍAS

La Industria 5.0 se apoya en una variedad de tecnologías emergentes y características clave que definen su enfoque y sus capacidades. A continuación, se detallan las 13 tecnologías y características más importantes que subrayan la esencia de la Industria 5.0. Destacar que estas tecnologías provienen de la industria predecesora, la 4.0, si bien el enfoque en cuanto a las mismas no es el mismo:

1. **Cloud Computing:** El Cloud Computing en la Industria 5.0 representa una piedra angular para la gestión de datos y operaciones. Ofrece almacenamiento y procesamiento de datos en la nube, lo que permite a las empresas acceder a información vital y a aplicaciones desde cualquier lugar y en cualquier momento. Esta tecnología mejora la colaboración, la escalabilidad y la flexibilidad, facilitando la adaptación rápida a las cambiantes demandas del mercado y permitiendo una mejor toma de decisiones basada en datos en tiempo real.
2. **Robots Autónomos:** Los robots autónomos en la Industria 5.0 son fundamentales para mejorar la eficiencia y la precisión en la producción. Estos sistemas robotizados avanzan la automatización al realizar tareas complejas de manera independiente, mejorando la seguridad y reduciendo los errores humanos. Su capacidad para adaptarse a diferentes entornos y necesidades de producción los hace herramientas valiosas para una amplia gama de aplicaciones industriales.
3. **Internet de las Cosas (IoT):** El IoT en la Industria 5.0 conecta máquinas, dispositivos y sistemas, permitiendo una interacción y un control optimizados. Esta red de dispositivos interconectados recopila y analiza datos en tiempo real, lo que mejora la eficiencia operativa y el mantenimiento predictivo. El IoT facilita un ecosistema de producción más inteligente y conectado, mejorando la calidad y la velocidad de los procesos de producción.
4. **Big Data y Analítica Avanzada:** Big Data y Analítica Avanzada en la Industria 5.0 transforman grandes volúmenes de datos en insights valiosos. El análisis de estos datos ayuda a las empresas a optimizar operaciones, predecir tendencias de mercado y mejorar

la toma de decisiones. La capacidad de analizar y actuar sobre datos complejos en tiempo real es crucial para mantener la competitividad en un mercado dinámico.

5. Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR): AR y VR en la Industria 5.0 revolucionan el diseño de productos, la formación y el mantenimiento. Estas tecnologías proporcionan simulaciones interactivas y visualizaciones detalladas, mejorando la comprensión y la eficiencia en las operaciones. Desde la formación de empleados hasta la visualización de diseños complejos, AR y VR aportan una dimensión adicional a la interacción humana con los procesos de producción.
6. Machine Learning (ML) e Inteligencia Artificial (IA): El ML y la IA en la Industria 5.0 son fundamentales para impulsar la automatización inteligente y la toma de decisiones basada en datos. Estas tecnologías permiten que las máquinas aprendan de los datos, identifiquen patrones y realicen tareas complejas con una eficiencia y precisión mejoradas. Se utilizan para optimizar operaciones, mejorar el control de calidad y personalizar la producción.
7. Ciberseguridad: La Ciberseguridad es crucial en la Industria 5.0 debido a la creciente interconexión de dispositivos y sistemas. Protege los datos y operaciones industriales contra amenazas cibernéticas, garantizando la integridad y confidencialidad de la información. La seguridad robusta es esencial para mantener la confianza y el funcionamiento ininterrumpido de los sistemas de producción.
8. Automatización de Procesos Robóticos (RPA): El RPA en la Industria 5.0 se refiere al uso de software para automatizar tareas repetitivas y de alto volumen. Mejora la eficiencia operativa y reduce los errores humanos, liberando a los trabajadores para que se centren en tareas más complejas y creativas. El RPA es una herramienta clave para incrementar la productividad y agilizar los procesos empresariales.
9. Gemelo Digital: Los Gemelos Digitales en la Industria 5.0 crean réplicas digitales exactas de objetos físicos o sistemas. Estos modelos permiten simular, analizar y predecir el comportamiento, mejorando la comprensión y la gestión de los sistemas de producción. Son fundamentales para el mantenimiento predictivo, la optimización de procesos y la innovación en el diseño de productos.

10. Torre de Control1: Las Torres de Control son sistemas centralizados que ofrecen una visión en tiempo real y un control integral sobre las operaciones de la cadena de suministro. En la Industria 5.0, mejoran significativamente la toma de decisiones al proporcionar una perspectiva holística y datos actualizados de todas las operaciones, desde la producción hasta la logística.
11. Blockchain: El Blockchain en la Industria 5.0 aporta transparencia, seguridad y eficiencia en las transacciones y en la gestión de datos. Esta tecnología es clave para garantizar la trazabilidad de los productos, la seguridad en las cadenas de suministro y la integridad de los datos en un entorno de producción cada vez más interconectado.
12. Fabricación Aditiva (Impresión 3D): La Fabricación Aditiva, especialmente la impresión 3D, es una tecnología disruptiva en la Industria 5.0 que permite la producción rápida y flexible de piezas. Facilita la personalización masiva, la reducción de residuos y la eficiencia en el uso de materiales, jugando un papel crucial en la producción sostenible y personalizada.
13. Cobots (Robots Colaborativos): Los Cobots en la Industria 5.0 son diseñados para trabajar de manera segura y eficiente junto a los humanos. Estos robots colaborativos mejoran la productividad y la ergonomía en el lugar de trabajo, combinando las capacidades y habilidades humanas con la eficiencia y precisión de las máquinas.

Estas 13 tecnologías se pueden enmarcar bajo los dominios de digital supply chain y digital manufacturing, aportando tanto beneficios cuantitativos, como cualitativos, tal y como se explica en le informe anual de NTT Data:

De esta forma, y con las directrices establecidas por la comisión europea, la Industria 5.0 queda reflejada en el mapa conceptual.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

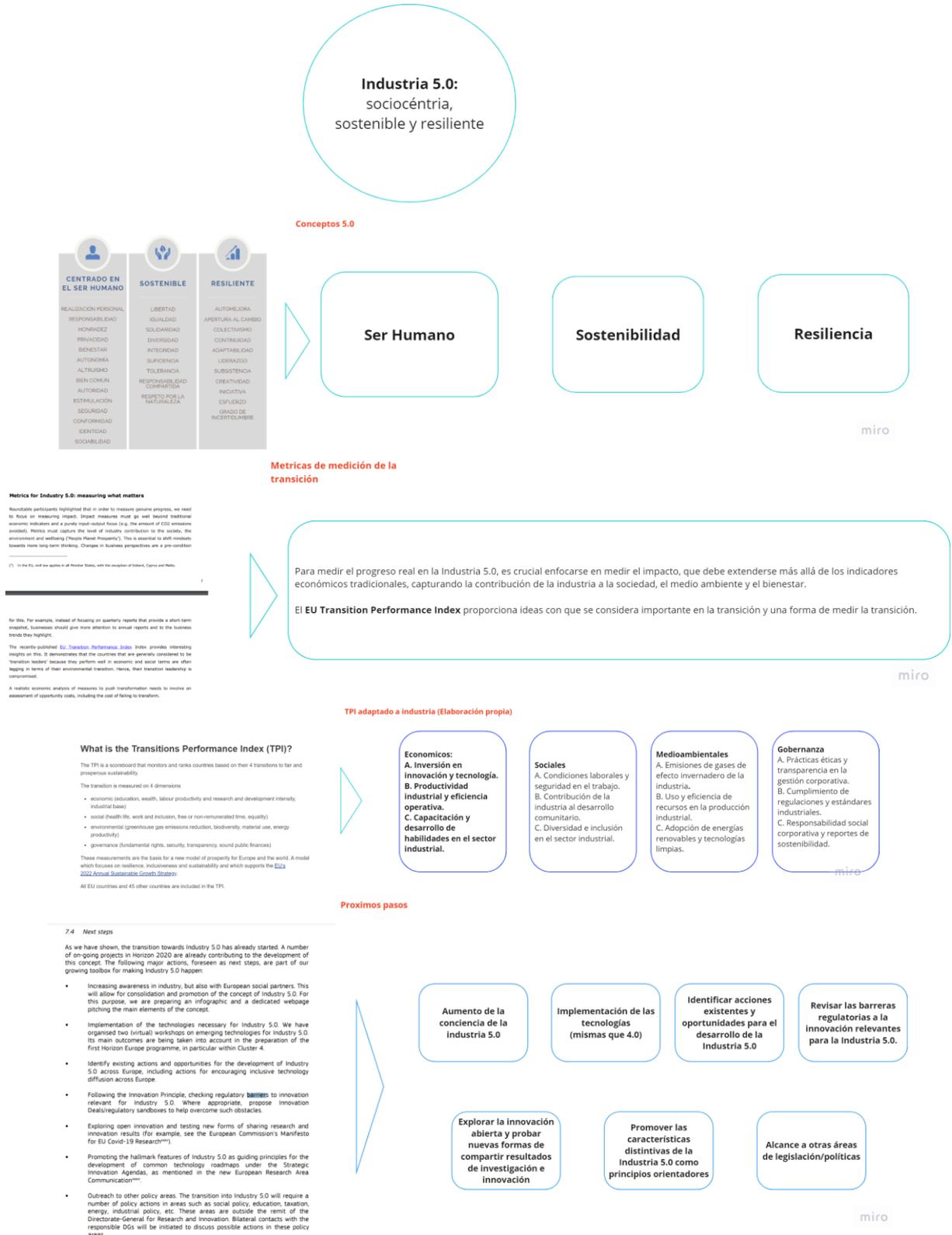


Figura 3. Mapa conceptual industria 5.0

2.4 IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN Y LA GESTIÓN EMPRESARIAL

La Industria 5.0 representa un cambio significativo en el paradigma industrial, donde la tecnología y la humanidad convergen para crear un futuro más sostenible y centrado en el ser humano. Este nuevo enfoque tiene implicaciones profundas en la producción y la gestión empresarial.

Sentando las Bases de la Industria 5.0 La Industria 5.0 se construye sobre los logros tecnológicos de la Industria 4.0, pero con un enfoque renovado en la colaboración entre humanos y máquinas, la sostenibilidad y la personalización. A diferencia de la Industria 4.0, que priorizaba la automatización y la eficiencia, la Industria 5.0 pone énfasis en el valor del trabajo humano en armonía con las máquinas, y en la producción que no solo es eficiente sino también responsable y sostenible desde el punto de vista medioambiental y social.

Importancia de la Industria 5.0

- **Humanización de la Tecnología:** La Industria 5.0 devuelve el elemento humano al centro del proceso productivo, reconociendo que la creatividad y la innovación humana son indispensables y no pueden ser completamente reemplazadas por máquinas.
- **Producción Sostenible:** Con un enfoque creciente en los problemas medioambientales y la responsabilidad social, la Industria 5.0 promueve prácticas de producción que son sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- **Personalización y Flexibilidad:** La capacidad de adaptarse y personalizar la producción en respuesta a las necesidades específicas del cliente es una ventaja competitiva clave en la Industria 5.0.
- **Integración de Nuevas Tecnologías:** Aunque continúa la tendencia de la digitalización y la automatización, la Industria 5.0 integra estas tecnologías de una manera que mejora y complementa las capacidades humanas.
- **Modelos de Negocio Innovadores:** La Industria 5.0 está impulsando la creación de nuevos modelos de negocio que son Agile, adaptables y centrados en el cliente.

Impacto en la Producción y Gestión

- A. Cambio en la Cultura Organizacional: La Industria 5.0 requiere un cambio en la cultura de la empresa hacia una mayor agilidad, innovación y colaboración interdepartamental.
- B. Desarrollo de Habilidades: Las empresas necesitan desarrollar habilidades en su fuerza laboral que van más allá de lo técnico, incluyendo creatividad, pensamiento crítico y habilidades interpersonales.
- C. Enfoque en la Sostenibilidad: Las estrategias empresariales deben incorporar consideraciones de sostenibilidad, lo que implica reevaluar las prácticas de producción y la cadena de suministro.
- D. Gestión Avanzada de Datos: La Industria 5.0 también implica un uso más sofisticado y ético de los datos, lo que requiere sistemas robustos de gestión de datos y ciberseguridad.
- E. Desafíos en la Implementación: Adaptarse a la Industria 5.0 implica superar desafíos como la resistencia al cambio, la inversión en nuevas tecnologías y la reestructuración de los procesos empresariales

Capítulo 3. METODOLOGÍAS AGILE

3.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL AGILE

Las metodologías Agile han revolucionado el campo del desarrollo de software y la gestión de proyectos desde su inicio a principios de los años 2000. El movimiento Agile comenzó como respuesta a las limitaciones de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos, que a menudo resultaban ser demasiado rígidos y pesados para el paisaje tecnológico rápido y en constante evolución. El Manifiesto Agile, formulado en 2001, sentó las bases de este enfoque, enfatizando la flexibilidad, la colaboración con el cliente y la capacidad de respuesta al cambio (Beck et al., 2001).

El núcleo de Agile radica en sus valores y principios, que priorizan a las personas y las interacciones, soluciones en funcionamiento, la colaboración con el cliente y la respuesta al cambio sobre procesos rígidos, documentación exhaustiva, negociación de contratos y estricta adherencia a los planes. Este cambio de enfoque ha llevado a procesos de desarrollo más adaptativos, receptivos y centrados en el cliente, marcando una desviación significativa de las metodologías tradicionales de cascada.

Los 4 principios del manifiesto se describen como:

Individuos e Interacciones Sobre Procesos y Herramientas: Las metodologías Agile dan gran valor a las personas y sus relaciones. La creencia es que la comunicación y colaboración efectivas son más cruciales para el éxito de un proyecto que los procesos o herramientas específicos utilizados (Cockburn & Highsmith, 2001). Este valor enfatiza la necesidad de dinámicas de equipo y competencia individual, fomentando un entorno donde los miembros del equipo pueden colaborar efectivamente.

Software Funcionante Sobre Documentación Exhaustiva: Agile prioriza la entrega de software funcional sobre la documentación extensa. Si bien la documentación no se descarta, Agile reconoce que la medida principal del progreso es la entrega de software operativo que cumple

con las necesidades del cliente (Fowler & Highsmith, 2001). Este enfoque permite una entrega y retroalimentación más rápidas, asegurando que el producto evolucione según los requisitos del mundo real.

Colaboración con el Cliente Sobre Negociación de Contratos: Este valor resalta la importancia de la participación continua del cliente y su retroalimentación. Las metodologías Agile abogan por una colaboración regular y cercana con el cliente, considerando su aporte vital para el éxito del proyecto (Cohn & Ford, 2003). Esta colaboración asegura que el producto se alinee con las expectativas y necesidades del cliente, llevando a una mayor satisfacción.

Responder al Cambio Sobre Seguir un Plan: Agile se construye sobre el principio de que se debe acoger el cambio, incluso en etapas avanzadas del desarrollo. La capacidad de adaptarse a los requisitos cambiantes, las tendencias del mercado o la retroalimentación del cliente se considera más importante que seguir estrictamente un plan inicial (Highsmith, 2002). Esta flexibilidad permite a los equipos Agile entregar soluciones más relevantes y efectivas.

Los doce principios detrás del Manifiesto Agile clarifican aún más la metodología Agile. Los principios clave incluyen:

1. Satisfacción del cliente a través de la entrega temprana y continua de software valioso.
2. Acoger requisitos cambiantes, incluso en etapas avanzadas del desarrollo.
3. Entregar software funcional con frecuencia, con preferencia por escalas de tiempo más cortas.
4. Cooperación estrecha y diaria entre empresarios y desarrolladores.
5. Los proyectos se construyen alrededor de individuos motivados, a quienes se debe confiar.
6. La conversación cara a cara es la mejor forma de comunicación.
7. El software funcional es la medida principal del progreso.
8. Los procesos Agile promueven un desarrollo sostenible.
9. Atención continua a la excelencia técnica y buen diseño.
10. La simplicidad, el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños surgen de equipos autoorganizados.

12. A intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo, luego ajusta y afina su comportamiento en consecuencia.

Estos principios guían la implementación de las metodologías Agile, asegurando que el enfoque se mantenga fiel a sus valores centrales mientras se adapta a diversas necesidades y entornos de proyectos.

3.2 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS MÁS COMUNES

Las metodologías Agile, inicialmente concebidas para el desarrollo de software, han evolucionado y diversificado rápidamente, reflejando su adopción generalizada en diversas industrias. El estado actual de Agile se caracteriza por su adaptabilidad y la multitud de metodologías que han surgido bajo su paraguas. Cada metodología, mientras se adhiere a los principios fundamentales del Manifiesto Agile, ofrece enfoques y prácticas únicos adaptados a las necesidades específicas del proyecto y los entornos organizativos.

Las metodologías Agile han evolucionado desde sus raíces en el desarrollo de software para convertirse en un enfoque dominante en la gestión de proyectos en diversos sectores. Esta evolución está marcada por un cambio de los modelos tradicionales y lineales a procesos más iterativos y flexibles. El 15º Informe Anual del Estado de Agile (n.f. 2021) destaca la creciente diversidad de prácticas Agile y la incorporación creciente de estas metodologías en las estrategias comerciales y de TI convencionales.

El espectro de metodologías Agile es amplio, que abarca desde marcos altamente estructurados hasta enfoques más fluidos y adaptables. Cada metodología aporta una mezcla única de prácticas y principios, ofreciendo diferentes niveles de control, flexibilidad y énfasis en varios aspectos de la gestión de proyectos.

Scrum: Quizás la metodología Agile más implementada, Scrum es conocida por su marco estructurado que divide los proyectos en iteraciones manejables conocidas como Sprints. Hace énfasis en roles (Scrum Master, Product Owner y Miembros del Equipo), ceremonias (como

reuniones diarias, revisiones de sprint y retrospectivas) y artefactos (como registros de producto y de sprint) (Schwaber & Sutherland, 2020).

Kanban: Originado en la fabricación esbelta, Kanban se centra en visualizar el trabajo, limitar el trabajo en progreso y optimizar el flujo de tareas. Es conocido por su flexibilidad y simplicidad, lo que lo hace fácilmente adaptable a varios entornos (Anderson, 2010).

Programación Extrema (XP): XP enfatiza la excelencia técnica y la satisfacción del cliente. Se caracteriza por prácticas como el desarrollo guiado por pruebas, la integración continua y lanzamientos frecuentes que se adaptan a los requisitos cambiantes del cliente (Beck, 2004).

Desarrollo de Software Lean: Inspirado en los principios de fabricación esbelta, esta metodología se centra en optimizar la eficiencia, eliminar desperdicios y entregar valor al cliente. Enfatiza principios como construir calidad, crear conocimiento, aplazar compromisos y entregar rápidamente (Poppendieck & Poppendieck, 2003).

3.2.1 SCRUM

Scrum es una metodología Agile altamente estructurada y al mismo tiempo flexible, conocida por su capacidad para gestionar proyectos complejos de desarrollo de software. Organiza el trabajo en iteraciones de duración fija conocidas como Sprints, que suelen durar de dos a cuatro semanas. El objetivo principal de Scrum es producir un incremento de producto potencialmente entregable al final de cada Sprint.

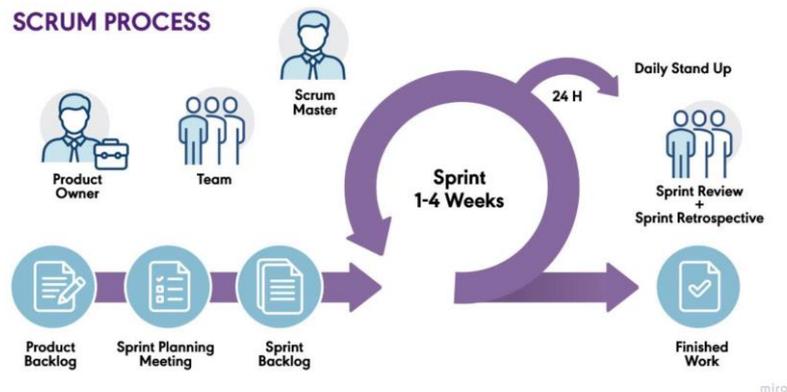


Figura 4. Estructura de la metodología Scrum. Fuente: Melon Helpx

Roles: Hay tres roles principales en Scrum:

- A. Scrum Master: Facilita el proceso, elimina impedimentos y asegura que el equipo se adhiera a las prácticas de Scrum.
- B. Propietario del Producto (Product Owner): Representa a los stakeholders y la voz del cliente, responsable de definir el backlog del producto y priorizar el trabajo basado en el valor comercial.
- C. Equipo de Desarrollo: Grupo multifuncional responsable de entregar el producto. Los equipos son autoorganizados y colaborativos.

Ceremonias: Scrum incorpora varias ceremonias para estructurar el proceso de trabajo, incluyendo:

1. Planificación del Sprint: Una reunión donde el equipo selecciona el trabajo del backlog del producto para entregar durante el Sprint.
2. Reunión Diaria (Daily Stand-up): Una reunión corta y diaria donde los miembros del equipo informan sobre el progreso, los planes y los impedimentos.
3. Revisión del Sprint: Se realiza al final de cada Sprint para inspeccionar el incremento y adaptar el backlog del producto según sea necesario.
4. Retrospectiva del Sprint: Una reunión después de la Revisión del Sprint para reflexionar sobre el Sprint y planificar mejoras en el próximo Sprint.

Artefactos: Scrum utiliza tres artefactos principales:

1. Backlog del Producto: Una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto, mantenida por el Propietario del Producto.
2. Backlog del Sprint: Un subconjunto del Backlog del Producto seleccionado para el Sprint, más un plan para entregar el incremento del producto y realizar el Objetivo del Sprint.
3. Incremento: La suma de todos los ítems del Backlog del Producto completados durante un Sprint y todos los Sprints anteriores.

La efectividad de Scrum radica en su enfoque iterativo, que permite flexibilidad, retroalimentación regular y mejora continua. Es particularmente útil en proyectos donde se espera que los requisitos cambien o no se conozcan completamente al principio (Schwaber & Sutherland, 2020).

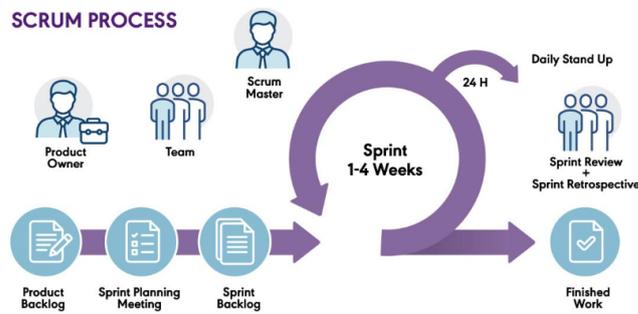
De esta forma, la metodología scrum queda definida de la siguiente manera en el mapa conceptual:

Metodologías Agile

Scrum

Scrum: Gestión y el control de tareas en períodos cortos y regulares, conocidos como 'sprints'. Scrum promueve la **colaboración, la planificación continua, el aprendizaje y las adaptaciones.**

Modelo Scrum



miro

Roles:
 Scrum Master.
 Product Owner.
 Equipo de Desarrollo.

Eventos:
 Sprint.
 Planificación del Sprint.
 Scrum Diario.
 Revisión del Sprint.
 Retrospectiva del Sprint.

Elementos:
Product Backlog: Lista ordenada de todo lo que se necesita en el producto.
Sprint Backlog: Conjunto de elementos del Product Backlog seleccionados para el Sprint.
Incremento: Suma de todos los elementos del Product Backlog completados durante un Sprint y todos los Sprints anteriores.

Objetivos Scrum

- Entrega Continua de Valor:** Asegurar la entrega regular de incrementos de producto valiosos y utilizables.
- Flexibilidad y Adaptabilidad:** Capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en los requisitos del cliente.
- Transparencia y Colaboración:** Fomentar una colaboración efectiva entre todos los interesados y mantener la transparencia en todas las fases del proyecto.
- Mejora Continua:** Buscar constantemente maneras de mejorar el proceso y el producto a través de la reflexión y adaptación.

miro

Figura 5. Mapa conceptual Scrum

3.2.2 EXTREME PROGRAMMING

Programación Extrema (XP) es una metodología de desarrollo de software Agile que enfatiza la adaptabilidad, resultados de alta calidad y la satisfacción del cliente. Desarrollada por Kent Beck, XP es reconocida por su capacidad de adaptarse a los requisitos cambiantes mientras asegura un alto nivel de excelencia técnica. Esta metodología es particularmente efectiva en entornos dinámicos donde se espera que los requisitos del producto evolucionen durante el proceso de desarrollo.

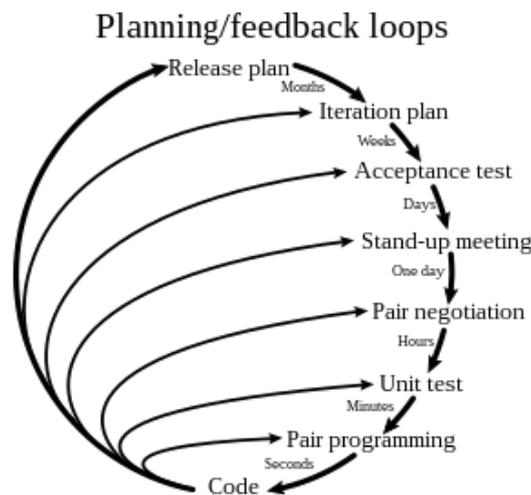


Figura 6. Estructura XP. Fuente: Wikipedia

Prácticas Fundamentales de XP

1. Desarrollo Guiado por Pruebas (TDD): Los desarrolladores escriben pruebas automatizadas para nuevas características antes de escribir el código real. Este enfoque asegura que cada nueva característica se implemente correctamente desde el principio.
2. Integración Continua (CI): Los cambios de código se integran y prueban frecuentemente, minimizando los problemas de integración y permitiendo la detección y corrección rápida de defectos.
3. Refactorización: Refinamiento regular del código para mejorar su estructura y eficiencia sin cambiar su comportamiento externo, mejorando así la mantenibilidad y reduciendo la complejidad.

4. Programación en Pareja: Dos programadores trabajan juntos en una sola estación de trabajo. Uno, el conductor, escribe el código mientras el otro, el observador, revisa cada línea de código a medida que se escribe. Esta práctica mejora la calidad del código y facilita el intercambio de conocimientos.
5. Diseño Simple: El enfoque está en crear la solución más simple posible que cumpla con los requisitos actuales, evitando la complejidad innecesaria y la sobredimensión.
6. Propiedad Colectiva del Código: Cada miembro del equipo tiene el derecho de cambiar cualquier parte del código en cualquier momento, fomentando así un enfoque colaborativo para la codificación y la resolución de problemas.
7. Involucramiento del Cliente: XP requiere que un representante del cliente o usuario sea parte integral del equipo, disponible a tiempo completo para proporcionar retroalimentación, establecer prioridades y asegurar que el desarrollo se alinee con las necesidades y objetivos del cliente.

Beneficios y Aplicación

El enfoque de XP para el desarrollo de software ofrece varios beneficios:

- Flexibilidad: Se adapta fácilmente a los requisitos cambiantes, asegurando que el producto final esté más alineado con las necesidades del cliente.
- Calidad: Enfatiza la excelencia técnica, lo que lleva a un software de mayor calidad.
- Eficiencia: A través de prácticas como TDD y CI, XP reduce el tiempo dedicado a la corrección de errores y retrabajo.

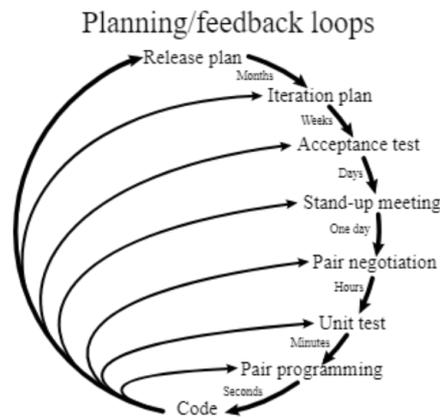
Sin embargo, XP exige un alto nivel de disciplina y colaboración cercana, lo que puede ser desafiante de mantener en equipos más grandes o entornos distribuidos.

De esta forma, la metodología XP queda definida de la siguiente manera en el mapa conceptual:

Extreme programming

Es una metodología que enfatiza la excelencia técnica y el buen diseño como medio para mejorar la agilidad. Se concentra en prácticas de desarrollo de software como la **programación en parejas, integración continua, desarrollo orientado a pruebas, y diseño incremental.**

Modelo XP



miro

Roles:

Programador
 Test developer
 Cliente
 Tester
 Tracker
 Entrenador (coach)
 Consultor
 Gestor (Big boss)

Prácticas clave:

- A. Programación en parejas.
- B. Desarrollo dirigido por pruebas (TDD).
- C. Integración continua.
- D. Diseño simple y refactoring.
- E. Propiedad colectiva del código

Valores:

Comunicación.
 Simplicidad.
 Retroalimentación.
 Coraje.
 Respeto.

Objetivos Scrum

1. **Mejorar la Calidad del Software:** A través de prácticas como TDD y programación en parejas.
2. **Capacidad de Respuesta a Cambios:** Adaptarse rápidamente a los cambios en los requisitos del cliente.
3. **Fomentar la Colaboración:** Mejorar la comunicación y colaboración dentro del equipo de desarrollo.
4. **Eficiencia en el Desarrollo:** A través de la integración continua y el refactoring.

miro

Figura 7. Mapa conceptual XP

3.2.3 KANBAN

Kanban es una metodología popular a menudo asociada con Agile debido a su énfasis en cambios incrementales y evolutivos en procesos y sistemas. Sin embargo, es importante señalar que Kanban se origina en los principios de fabricación esbelta desarrollados en el Sistema de Producción de Toyota, en lugar de en el Manifiesto Agile. A pesar de este origen diferente, Kanban comparte principios fundamentales con las metodologías Agile, como la mejora continua, la flexibilidad y un enfoque en entregar valor a los clientes.

Kanban fue desarrollado por Taiichi Ohno en Toyota a finales de los años 40 y principios de los 50. Inicialmente fue un sistema de programación para la fabricación esbelta, pero desde entonces se ha adaptado para el trabajo de conocimiento como un método para visualizar y gestionar el trabajo. Los principios centrales de Kanban en el contexto del desarrollo de software y la gestión de proyectos incluyen:

1. Visualizar el Trabajo: Utilizando un tablero Kanban para representar todo el trabajo en un formato visual, típicamente con columnas que representan diferentes etapas del proceso.
2. Limitar el Trabajo en Progreso (WIP): Al establecer límites en cuántos elementos pueden estar en una etapa particular en un momento dado, Kanban ayuda a los equipos a concentrarse en las tareas actuales, reducir cuellos de botella y mejorar el flujo.
3. Gestionar el Flujo: Observar y gestionar el flujo de trabajo a través del sistema para mejorar la eficiencia y previsibilidad.
4. Hacer Explícitas las Políticas del Proceso: Definir políticas claras para cómo se debe manejar y progresar el trabajo a través del sistema.
5. Implementar Bucles de Retroalimentación: Revisiones regulares y adaptación del proceso para asegurar la mejora continua.
6. Mejorar Colaborativamente, Evolucionar Experimentalmente: Usar datos y retroalimentación del equipo para hacer cambios incrementales y mejoras en el proceso.

Kanban se distingue por su flexibilidad y su enfoque en la entrega continua sin sobrecargar al equipo. Es particularmente efectivo en entornos donde los requisitos de trabajo están cambiando

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

continuamente, y hay una necesidad de un flujo constante de trabajo, en lugar de lotes iterativos. Esto lo hace adecuado para equipos de soporte y mantenimiento, así como en entornos de operaciones y desarrollo.

La visualización del trabajo de Kanban ayuda a identificar cuellos de botella e ineficiencias, facilitando un flujo de trabajo más suave y ajustes más rápidos a las prioridades cambiantes. Este aspecto alinea a Kanban con los principios Agile, aunque no se origina directamente del Manifiesto Agile. Ofrece un enfoque más fluido y menos prescriptivo en comparación con metodologías como Scrum, haciéndolo adaptable a varias estructuras de equipo y tipos de proyectos (Anderson, 2010).

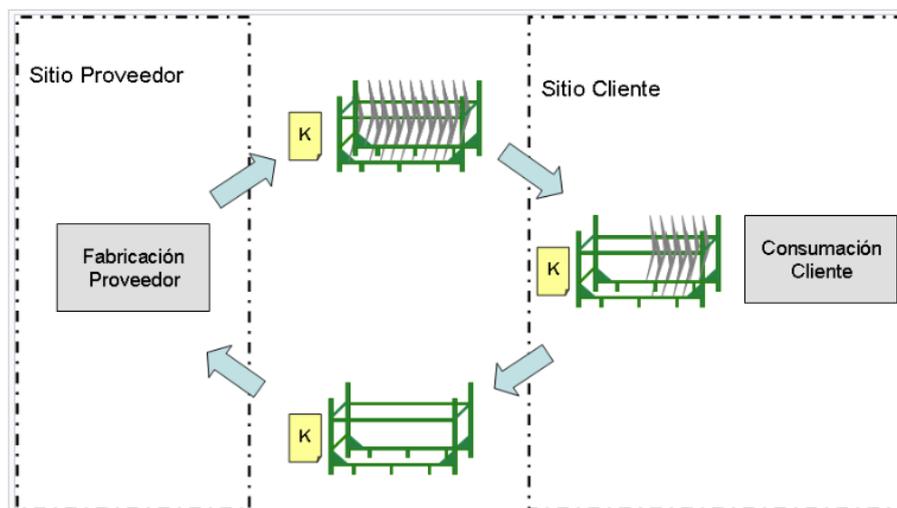


Figura 8. Funcionamiento modelo Kanban. Fuente: Wikipedia

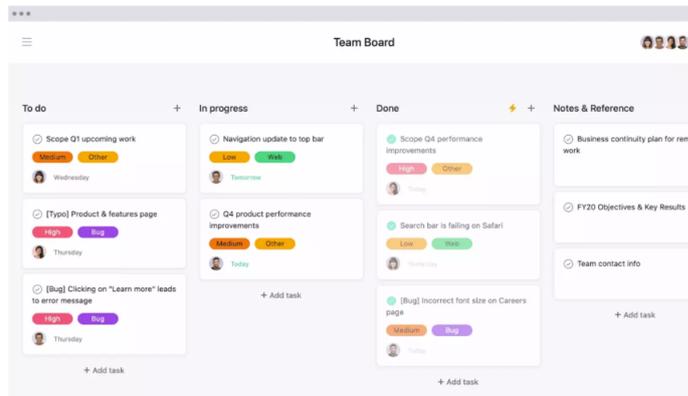
De esta forma, la metodología kanban queda definida de la siguiente manera en el mapa conceptual:

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Kanban

Se basa en la visualización del flujo de trabajo. Utiliza un tablero Kanban para mostrar el progreso de las tareas a través de diferentes etapas. Es muy efectivo para la **gestión de proyectos que requieren flexibilidad y es conocido por mejorar la eficiencia.**

Modelo Kanban



miro

Practicas clave:
 Visualizar el trabajo.
 Limitar el trabajo en progreso.
 Gestionar el flujo.
 Hacer políticas explícitas.
 Implementar bucles de retroalimentación.
 Mejorar colaborativamente.

Herramientas Kanban:
Tablero Kanban: Representa visualmente el trabajo y su flujo.
Columnas: Cada columna en el tablero representa una etapa del proceso.
Tarjetas o Tareas: Representan las tareas o ítems de trabajo.

Objetivos Scrum

1. **Flexibilidad en la Planificación:** Capacidad para adaptarse a los cambios con facilidad.
2. **Optimización del Flujo de Trabajo:** Mejora continua del proceso para aumentar la eficiencia.
3. **Reducción de Tiempos Muertos:** Menor tiempo de espera entre tareas y reducción de cuellos de botella.
4. **Mayor Visibilidad y Claridad:** Todos los miembros del equipo pueden ver el estado de las tareas en tiempo real.

miro

Figura 9. Mapa conceptual Kanban

3.2.4 LEAN

El Desarrollo de Software Lean, a menudo asociado con las metodologías Agile debido a su enfoque compartido en la eficiencia y flexibilidad, no tiene sus raíces en el Manifiesto Agile sino en los principios de fabricación esbelta. Originario del Sistema de Producción de Toyota, Lean enfatiza en optimizar la eficiencia, eliminar el desperdicio y entregar valor al cliente. Su adaptación al desarrollo de software ofrece un marco que, aunque distinto, se alinea con muchos principios Agile.

La Fabricación Lean fue desarrollada en Toyota por Taiichi Ohno y Eiji Toyoda a mediados del siglo XX, enfocándose en maximizar el valor para el cliente a través de la eliminación de desperdicios. En el contexto del desarrollo de software, Lean fue popularizado por Mary y Tom Poppendieck, quienes tradujeron estos principios a un contexto de desarrollo de software en su libro "Lean Software Development: An Agile Toolkit" (Poppendieck & Poppendieck, 2003).

Los principios centrales del Desarrollo de Software Lean incluyen:

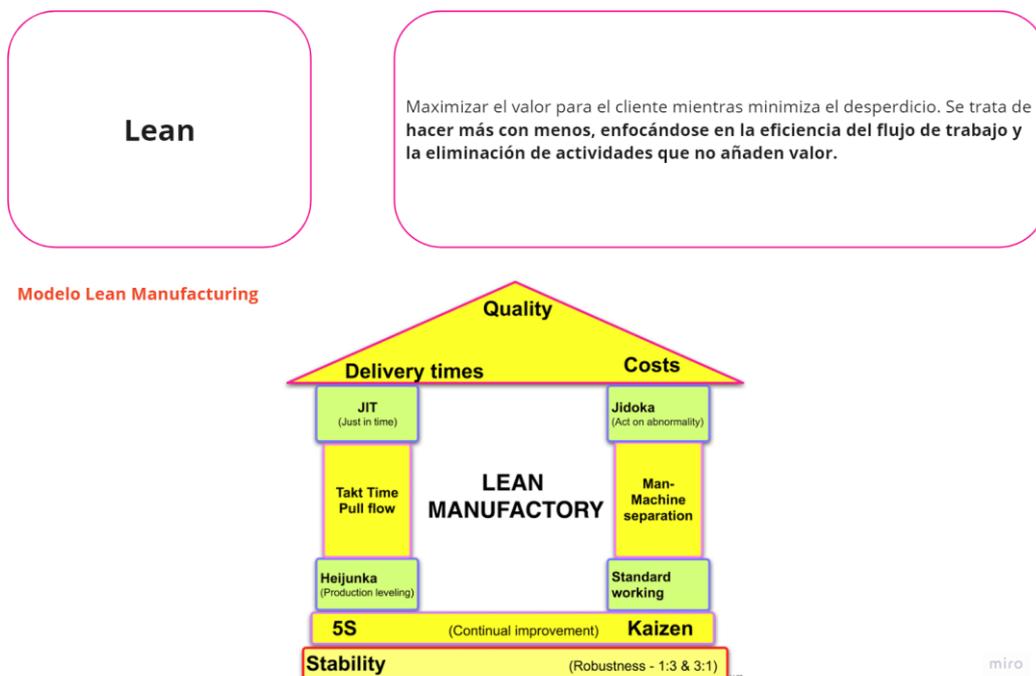
1. **Eliminar el Desperdicio:** Simplificar el proceso de desarrollo eliminando actividades que no agregan valor al cliente.
2. **Amplificar el Aprendizaje:** Fomentar el aprendizaje y la adaptación continua, a menudo a través del desarrollo iterativo y bucles de retroalimentación frecuentes.
3. **Decidir lo Más Tarde Posible:** Retrasar las decisiones hasta que se basen en la máxima cantidad de información, reduciendo así el riesgo de cambios costosos.
4. **Entregar lo Más Rápido Posible:** Enfocarse en acelerar la entrega de valor a los clientes, enfatizando un ciclo de desarrollo rápido y eficiente.
5. **Empoderar al Equipo:** Dar a los equipos la autonomía y las herramientas que necesitan para tomar decisiones y resolver problemas de manera creativa.
6. **Construir Integridad:** Crear un producto de alta calidad a través de pruebas exhaustivas, atención al detalle y adherencia a los estándares.
7. **Optimizar el Todo:** Ver el proceso de desarrollo de manera holística para asegurar que cada parte funcione sin problemas con las demás y optimice el flujo de valor general.

El Desarrollo de Software Lean se alinea con Agile en su enfoque en el valor para el cliente, la adaptabilidad y la mejora continua. Sin embargo, pone un mayor énfasis en la eficiencia general del proceso de desarrollo y la eliminación de desperdicios, ya sea en forma de código innecesario, tareas o procesos.

Esta metodología es particularmente efectiva en entornos donde maximizar la eficiencia y minimizar el gasto de recursos son prioridades. Atrae a organizaciones que buscan optimizar sus procesos y asegurarse de que cada aspecto del desarrollo contribuya directamente a entregar valor al cliente.

Los principios de Lean de empoderar a los equipos y optimizar todo el sistema resuenan con el énfasis de Agile en la colaboración y la mejora iterativa. Sin embargo, su enfoque único en la reducción de desperdicios y eficiencia lo hace un enfoque distinto dentro del espectro más amplio de Agile (Poppendieck & Poppendieck, 2003).

De esta forma, la metodología Lean queda definida de la siguiente manera en el mapa conceptual:



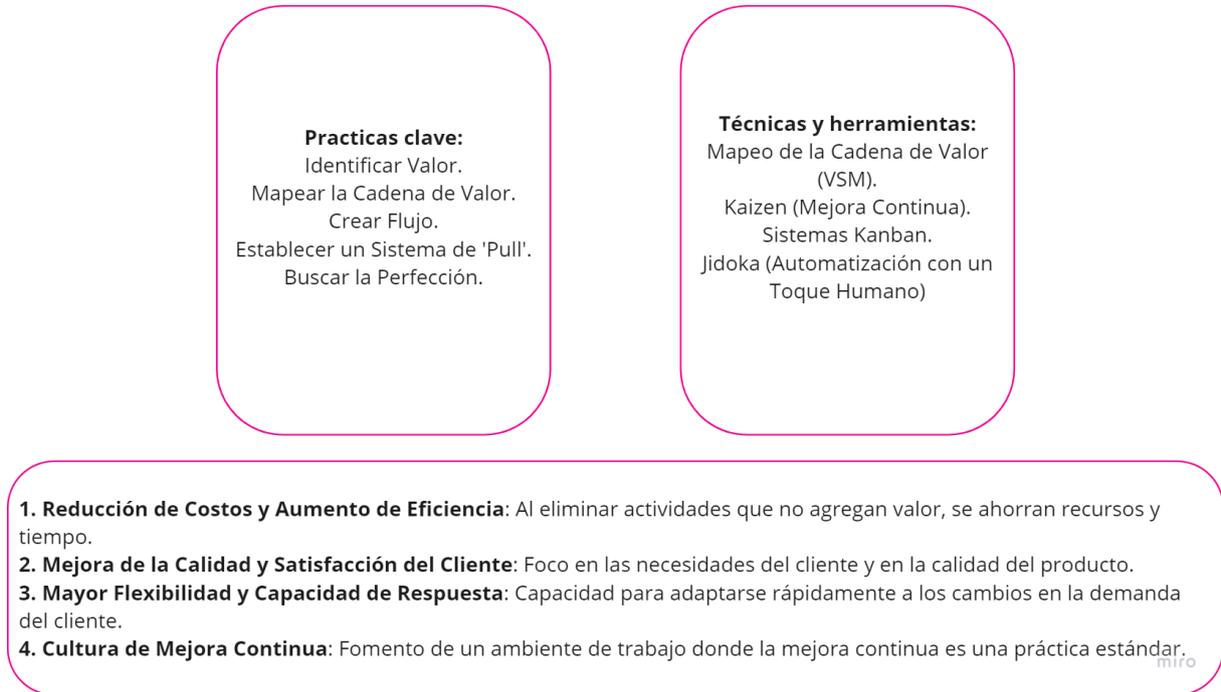


Figura 10. Mapa conceptual metodología Lean

3.3 BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE AGILE

Las metodologías Agile han impactado significativamente en el mundo del desarrollo de software y la gestión de proyectos, ofreciendo numerosos beneficios y presentando ciertas limitaciones. Este capítulo explora ambos lados de Agile, utilizando casos del mundo real para ilustrar su efectividad y desafíos.

Beneficios de agile:

- **Flexibilidad y Adaptabilidad:** La naturaleza iterativa de Agile permite flexibilidad en la gestión de cambios. Esto quedó evidenciado en un estudio de caso de IBM, donde la adopción de metodologías Agile llevó a una reducción del 25% en el tiempo de salida al mercado, ya que las prácticas Agile les ayudaron a adaptarse rápidamente a los requisitos cambiantes (IBM, 2012).
- **Mejora en la Calidad del Producto:** A través de pruebas y retroalimentación continuas, las metodologías Agile aseguran una mayor calidad del producto final. Un estudio de

Microsoft encontró que después de implementar prácticas Agile, la calidad del código mejoró significativamente, reduciendo la tasa de fallos reportados después del lanzamiento en un 12% (Nagappan et al., 2008).

- **Satisfacción del Cliente:** Con iteraciones y retroalimentación regulares, Agile asegura que el producto evolucione según las necesidades del cliente. Un ejemplo notable es Spotify, que utilizó con éxito metodologías Agile para mejorar la satisfacción del usuario adaptándose rápidamente a los comentarios de los usuarios y a las demandas cambiantes del mercado (Kniberg & Ivarsson, 2012).
- **Aumento de la Moral y Colaboración del Equipo:** Agile fomenta una cultura colaborativa. Una encuesta de digital.ai (2021) reveló que el 83% de las organizaciones observaron un aumento en la moral del equipo después de adoptar prácticas Agile.
- **Mejora en la Visibilidad del Proyecto y Gestión de Riesgos:** El enfoque de Agile en revisiones y actualizaciones regulares proporciona a los interesados una mejor visibilidad del progreso del proyecto y los riesgos potenciales. Cisco Systems informó de una mejor gestión de riesgos y visibilidad del proyecto con la implementación de Agile, lo que llevó a una disminución del 40% en defectos críticos (Cooper, 2013).

Limitaciones de Agile

- **Dificultad en la Escalabilidad:** Agile puede ser desafiante de escalar en organizaciones grandes o proyectos complejos. Un estudio de caso de un gran banco multinacional mostró que el banco luchó con la escalabilidad de Agile debido a la complejidad organizativa y la resistencia al cambio (Dikert, Paasivaara & Lassenius, 2016).
- **Resistencia Cultural y Organizacional:** Agile requiere un cambio cultural significativo, lo cual puede ser una barrera. Los intentos iniciales de Hewlett-Packard con Agile se encontraron con resistencia debido a la cultura y estructura organizacional existentes, destacando la necesidad de un entorno de apoyo (Elssamadisy & Schalliol, 2008).
- **Falta de Planificación a Largo Plazo:** El enfoque de Agile en iteraciones a corto plazo a veces puede llevar a descuidar la planificación a largo plazo y los objetivos estratégicos. Esto fue un desafío para organizaciones como Procter & Gamble, que tuvieron que

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

adaptar las metodologías Agile para ajustarse a sus necesidades de planificación estratégica a largo plazo (Rubin, 2012).

- Procesos y métricas inconsistentes: Sin un enfoque estandarizado, Agile puede llevar a inconsistencias en el proceso y las métricas, dificultando la medición efectiva del progreso. Este problema se observó en un estudio que involucra a varias pequeñas y medianas empresas (PYMES) en transición a Agile (Gregory et al., 2016).

Las metodologías Agile ofrecen beneficios significativos en términos de flexibilidad, satisfacción del cliente y calidad del producto, pero no están exentas de desafíos. La clave para implementar Agile con éxito radica en comprender sus limitaciones y adaptar las metodologías al contexto específico de una organización. Al reconocer y abordar estos desafíos, las organizaciones pueden aprovechar las metodologías Agile para lograr una mayor eficiencia, innovación y alineación con el cliente.

Capítulo 4. INTERSECCIÓN ENTRE AGILE E I5.0

4.1 AGILE COMO COMPLEMENTO DE INDUSTRIA 5.0

La intersección de las metodologías Agile con la Industria 5.0 presenta una fascinante convergencia de principios destinados a mejorar la eficiencia, adaptabilidad y tecnología centrada en el ser humano. La Industria 5.0, que surge como una evolución de la Industria 4.0, introduce un paradigma donde la creatividad y la artesanía humana coexisten con tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y la robótica. Esta integración subraya la importancia de los principios Agile para navegar las complejidades y el dinamismo de los paisajes industriales modernos.

Mentalidad Agile en la Industria 5.0

Los principios fundamentales de Agile – flexibilidad, adaptabilidad y enfoque en el cliente – son cada vez más relevantes en el entorno de la Industria 5.0. La Industria 5.0 enfatiza en soluciones personalizadas y sostenibles, alineándose estrechamente con el enfoque de Agile en satisfacer necesidades específicas del cliente a través del desarrollo iterativo y bucles de retroalimentación. Esta sinergia se destaca en el trabajo de Schwaber y Sutherland (2020), quienes describen a Agile como una mentalidad que prospera en la adaptabilidad y la colaboración con el cliente, cualidades esenciales en el paisaje a medida y en rápida evolución de la Industria 5.0.

Además, el principio Agile de abrazar el cambio y la mejora continua se complementa con el enfoque de la Industria 5.0 en la innovación y sostenibilidad. Las metodologías Agile, con sus ciclos iterativos y evaluaciones retrospectivas, ofrecen un marco que puede acomodar eficazmente los avances tecnológicos en evolución y los objetivos de sostenibilidad inherentes a la Industria 5.0.

Desarrollo Colaborativo

Un aspecto crucial de la Industria 5.0 es la colaboración entre humanos y máquinas, creando un entorno donde la ingeniosidad humana se ve aumentada por la precisión y eficiencia tecnológica. Las metodologías Agile, con su énfasis en el trabajo en equipo y la comunicación, son adecuadas para facilitar esta colaboración. El marco Agile fomenta dinámicas de equipo multifuncionales, que pueden extenderse para incluir la colaboración entre trabajadores humanos y sistemas inteligentes. En este contexto, el enfoque centrado en el ser humano de Agile puede asegurar que la tecnología sirva para mejorar, en lugar de reemplazar, las habilidades y creatividad humanas.

La aplicación de Agile en la fabricación inteligente, un componente clave de la Industria 5.0, ilustra aún más el potencial de sinergia. El enfoque iterativo de Agile permite la creación de prototipos y pruebas rápidamente, siendo esenciales en un entorno donde los procesos de producción física se entrelazan con tecnologías digitales. Este concepto está respaldado por la investigación de Sjödin, Parida y Leksell (2018), quienes demuestran cómo las prácticas agile pueden acelerar la innovación y eficiencia en entornos de fabricación inteligente, facilitando una integración más fluida de nuevas tecnologías y procesos.

Los principios de transparencia y retroalimentación regular de Agile también juegan un papel crucial en la Industria 5.0. Al fomentar la comunicación abierta y la retroalimentación continua, las metodologías Agile pueden ayudar a gestionar la complejidad de los sistemas humano-máquina, asegurando que los avances tecnológicos se alineen con los valores humanos y los objetivos organizacionales. Esta alineación es vital para realizar el pleno potencial de la Industria 5.0, donde la integración de la intuición humana y la inteligencia de las máquinas es clave para la innovación y sostenibilidad.

4.2 CASOS DE ESTUDIO O EJEMPLOS DE INTEGRACIÓN EXITOSA

Dada la naturaleza emergente de la Industria 5.0 y su integración gradual en el tejido industrial, los casos prácticos que combinan específicamente la Industria 5.0 y las metodologías Agile son escasos. Sin embargo, examinar la aplicación de Agile en contextos de Industria 4.0 ofrece percepciones valiosas. Estos casos ofrecen una imagen realista de los éxitos y desafíos de

implementar metodologías Agile en un entorno industrial de alta tecnología e interconexión, que se pueden extrapolar para predecir su impacto potencial en la Industria 5.0.

Aplicaciones Exitosas de Agile en la Industria 4.0

- **Siemens AG:** Siemens, una potencia global en ingeniería eléctrica y electrónica, implementó metodologías Agile en sus unidades de desarrollo de software como parte de sus iniciativas de Industria 4.0. Esta transición condujo a mejoras notables en la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la productividad del equipo. Las prácticas Agile permitieron a Siemens responder más rápidamente a las demandas cambiantes del mercado y a los avances tecnológicos. La historia de éxito de Siemens destaca el potencial de Agile para mejorar la adaptabilidad y eficiencia en entornos complejos y tecnológicamente impulsados.
- **Bosch:** Bosch, otro líder en el sector industrial y tecnológico, adoptó prácticas Agile para agilizar su desarrollo de software para productos conectados y habilitados para IoT. La transformación Agile en Bosch no solo aceleró el proceso de desarrollo, sino que también mejoró la colaboración interfuncional y la innovación. Este caso subraya el papel de Agile en fomentar una cultura de aprendizaje continuo y colaboración, esencial en el paisaje impulsado por IoT de la Industria 4.0 (de Morree, 2021).

Desafíos y Aplicaciones No Exitosas

- **General Electric (GE):** El intento de GE de implementar Agile en su proyecto de transformación digital encontró desafíos significativos. A pesar del entusiasmo inicial, GE luchó por alinear su estructura jerárquica tradicional con el enfoque colaborativo y funcional de Agile. Esta incompatibilidad condujo a ineficiencias y retrasos en sus iniciativas digitales, ilustrando la importancia de la compatibilidad de la cultura organizacional al adoptar metodologías Agile (Tumbas, Berente & vom Brocke, 2018).
- **Un Ejemplo de la Industria Automotriz:** En el sector automotriz, un fabricante líder intentó implementar Agile para mejorar su desarrollo de software para vehículos conectados. Sin embargo, la iniciativa se vio obstaculizada por la resistencia de la gerencia media y la falta de entrenadores Agile calificados. Este caso destaca los

desafíos en escalar Agile en organizaciones grandes y tradicionalmente estructuradas y el papel crítico de los practicantes capacitados y el liderazgo de apoyo en las transformaciones Agile (Yampolskiy, 2018).

Lecciones Aprendidas de los Casos de la Industria 4.0

De estos casos de la Industria 4.0, se pueden extraer varias lecciones clave para la adaptación potencial de las metodologías Agile en la Industria 5.0:

- A. **Importancia del Alineamiento Cultural:** La implementación exitosa de Agile requiere una cultura organizacional que respalde la flexibilidad, colaboración y mejora continua. Las empresas necesitan evaluar y adaptar sus prácticas culturales para alinearse con los valores Agile.
- B. **Liderazgo y Apoyo:** El papel del liderazgo es crucial en impulsar las transformaciones Agile. Los líderes deben no solo apoyar las prácticas Agile, sino también participar activamente en y facilitar el cambio cultural hacia un enfoque más colaborativo y adaptativo.
- C. **Formación y Experiencia:** La formación adecuada y la presencia de practicantes Agile calificados son vitales para la adopción exitosa de metodologías Agile. Esto es particularmente importante en entornos industriales complejos donde los conceptos Agile pueden ser novedosos o contraintuitivos.
- D. **Escalabilidad y Estructura:** Adaptar las metodologías Agile a operaciones industriales a gran escala plantea desafíos. Las organizaciones necesitan encontrar un equilibrio entre mantener el control y la jerarquía mientras abrazan la descentralización y autonomía de equipo promovidas por Agile.
- E. **Mejora Continua y Adaptabilidad:** El enfoque iterativo de Agile, con su énfasis en la retroalimentación y mejora continua, es clave para manejar la complejidad y dinamismo de la Industria 4.0, y por extensión, la Industria 5.0.

Aunque los casos directos de Agile en la Industria 5.0 aún están por documentarse extensamente, las experiencias de la Industria 4.0 proporcionan lecciones valiosas. Estas percepciones pueden guiar a las organizaciones en la integración efectiva de metodologías

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Agile dentro de la Industria 5.0, ayudándolas a navegar las complejidades de las tecnologías avanzadas de fabricación, el diseño centrado en el ser humano y la transformación digital.

Capítulo 5. ADAPTACIÓN DE AGILE A I5.0

5.1 PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN

En el contexto de la transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0, la adaptación de las metodologías Agile pueden jugar un papel fundamental. Las lecciones aprendidas de la implementación de Agile en la Industria 4.0 son críticas para dar forma al enfoque de esta transición. Estos conocimientos sirven como base para hipotetizar cómo las metodologías Agile puede ser efectivamente adaptado para satisfacer las demandas distintivas de la Industria 5.0, asegurando que las metodologías no solo respondan a los avances tecnológicos, sino que también estén alineadas con las dimensiones más amplias de la Industria 5.0.

Las cinco lecciones clave derivadas de la aplicación de las metodologías Agile en entornos de la Industria 4.0 destacan áreas esenciales para la consideración. Estas incluyen la importancia del alineamiento cultural dentro de las organizaciones, la necesidad de un liderazgo fuerte y apoyo para las iniciativas Agile, la necesidad de una formación y experiencia integral en prácticas Agile, los desafíos de escalabilidad y estructuración en entornos industriales a gran escala, y el énfasis en la mejora continua y adaptabilidad en entornos rápidamente evolutivos.

Incorporando estas lecciones, la hipótesis en este capítulo explorará cómo las metodologías Agile pueden abordar los desafíos encontrados en la adopción de la Industria 4.0. También examinará el potencial de Agile para facilitar la integración del alcance tridimensional de la Industria 5.0: centralidad humana, sostenibilidad y resiliencia. Esta exploración tiene como objetivo demostrar cómo las metodologías Agile, más allá de superar los desafíos actuales, pueden habilitar efectivamente la transición al marco avanzado y matizado de la Industria 5.0.

A partir de los conocimientos obtenidos de la aplicación de Agile en la Industria 4. r, se propone la siguiente hipótesis para guiar la exploración de las metodologías Agile en el contexto de la Industria 5.0:

“La adaptación de metodologías Agile, en particular a través del papel evolucionado del Scrum Master, es esencial para implantar con éxito la Industria 5.0, ya que facilita la integración de tecnologías avanzadas con un enfoque centrado en el ser humano, al tiempo que promueve la sostenibilidad y la resiliencia en los procesos organizativos.”

De esta forma se propone el papel del Scrum Master, y la readaptación de su papel en el contexto de industria 5.0, como piedra angular de la hipótesis. Por ello, el papel del Scrum Master, tradicionalmente central en la implementación de la metodología Scrum, adquiere un significado adicional en el contexto de la Industria 4.0 y 5.0, donde los retos no son sólo tecnológicos, sino también organizativos y culturales.

El Scrum Master en la adopción de Agile

El Scrum Master es más que un simple facilitador del equipo, siendo la figura que refleja y mantiene los principios Agile dentro del equipo. Su principal responsabilidad es garantizar que el equipo se adhiera a las prácticas y principios Agile y facilitar la eliminación de cualquier impedimento que obstaculice el progreso del equipo. Como Schwaber y Sutherland (2020) elucidan en la Guía Scrum, el Scrum Master desempeña un papel crucial en la promoción y el apoyo a Scrum tal como se define en la Guía Scrum, ayudando a todos a entender la teoría, prácticas, reglas y valores de Scrum.

En el contexto de la Industria 4.0, donde las organizaciones luchan con la integración de tecnologías avanzadas y la gestión de flujos de datos complejos, el papel del Scrum Master se extiende a asegurar que las prácticas Agile estén efectivamente alineadas con estos nuevos desafíos. Facilitan la colaboración y la comunicación entre equipos multifuncionales, integrando la experiencia técnica con metodologías Agile para optimizar el flujo de trabajo y los resultados del proyecto.

El papel del Scrum Master en la Industria 5.0

A medida que las organizaciones hacen la transición a la Industria 5.0, el papel del Scrum Master debe evolucionar para hacer frente a los desafíos y oportunidades únicas que presenta este nuevo paradigma industrial. Esta evolución implica la ampliación de las responsabilidades

y habilidades tradicionales del Scrum Master para alinearse con los principios de centricidad humana, sostenibilidad y resiliencia que definen la Industria 5.0.

Facilitar prácticas Agile centradas en el ser humano:

- En la Industria 5.0, el nuevo papel del Scrum Master contribuye a que las prácticas Agile no se centren únicamente en la eficiencia tecnológica, sino también en la mejora de los enfoques centrados en el ser humano. Esto implica abogar por entornos de trabajo donde la tecnología sirva para aumentar las capacidades humanas y la creatividad.
- El Scrum Master facilita la entrada de los procesos que incorporen los factores humanos en la toma de decisiones, garantizando que la implementación de la tecnología tenga en cuenta el bienestar de los empleados y los aspectos ergonómicos.

Promover la Sostenibilidad dentro de los Marcos Agile:

- El papel del Scrum Master en la Industria 5.0 incluye la defensa de las prácticas de desarrollo sostenible. Esto implica integrar los objetivos de sostenibilidad en la planificación del proyecto y animar a los equipos a considerar el impacto ambiental y social de su trabajo.
- Guiar a los equipos para desarrollar soluciones sostenibles, garantizando que las prácticas Agile contribuyan positivamente a los objetivos de sostenibilidad más amplios de la organización.

Aumento de la resiliencia organizativa mediante la agilidad:

- La Industria 5.0 exigirá una mayor resiliencia frente a los rápidos cambios tecnológicos y de mercado. El nuevo papel del Scrum Master promueve en la creación de equipos adaptables y flexibles que puedan responder eficazmente a estos cambios.
- Mediante el fomento de una cultura de aprendizaje y mejora continua, el Scrum Master puede mejorar la capacidad de la organización para anticipar, adaptarse y recuperarse de las perturbaciones.

Tendiendo un puente entre la tecnología y la colaboración humana:

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

- Un aspecto crucial del papel evolucionado del Scrum Master en la Industria 5.0 es actuar como puente entre los expertos técnicos y el resto del equipo, asegurando que los avances tecnológicos están alineados con las capacidades del equipo y los objetivos del proyecto.
- El papel del Scrum Master en la Industria 5.0 facilita la comunicación efectiva y la colaboración entre los miembros del equipo con diversas habilidades y antecedentes, asegurando un enfoque cohesivo para la integración de tecnologías avanzadas.

Adaptación a una cultura organizacional cambiante:

- El Scrum Master en la Industria 5.0 permite navegar y liderar a través del cambio cultural. Deben desempeñar un papel clave en la conducción de la adopción de una mentalidad que abraza la innovación continua y un enfoque centrado en el ser humano a la tecnología.
- Este papel puede implicar el coaching y la tutoría de los miembros del equipo y las partes interesadas para abrazar los cambios provocados por la Industria 5.0, ayudando a aliviar la resistencia y fomentar una actitud positiva hacia la transformación.

De esta forma definimos las diferencias entre el papel tradicional del scrum master, con las nuevas responsabilidades del mismo:

Tabla 2. Comparativa rol Scrum Master Tradicional vs Master 5.0

	Rol Tradicional del Scrum Master	Rol Adaptado del Scrum Master para la Industria 5.0
Enfoque	Facilitar las prácticas de Scrum y asegurar la adherencia del equipo a los principios Agile.	Extender el enfoque para incluir principios de la Industria 5.0 como la centralidad humana, sostenibilidad y resiliencia.
Responsabilidades	Eliminar impedimentos, entrenar al equipo, gestionar el proceso.	Además, abogar por prácticas sostenibles y resilientes, integrar tecnologías avanzadas con un enfoque centrado en el ser humano.
Habilidades Requeridas	Metodologías Agile, facilitación de equipo, resolución de problemas.	Integración de tecnología avanzada, prácticas de sostenibilidad, gestión del cambio, colaboración humano-tecnología.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Interacción con el Equipo	Guiar al equipo a través de procesos Agile, fomentar la colaboración.	Fomentar la colaboración, pero con un mayor énfasis en integrar diversos conjuntos de habilidades, incluyendo la experiencia tecnológica.
Compromiso con los Stakeholders	Gestionar expectativas, facilitar la comunicación entre el equipo y los stakeholders.	Compromiso más amplio para incluir discusiones sobre sostenibilidad, adaptación tecnológica y resiliencia a largo plazo.
Mejora Continua	Enfocarse en la mejora del proceso y del producto dentro del equipo.	Ampliarse para incluir el aprendizaje continuo sobre nuevas tendencias industriales, estrategias de sostenibilidad y resiliencia.
Impacto Organizacional	Principalmente limitado a la eficiencia y efectividad a nivel de equipo.	Contribuir al cambio en toda la organización, alineando prácticas Agile con los objetivos de la Industria 5.0

5.2 ESTRATEGIAS DE TRANSFORMACIÓN

Lukic y Ackerson (2023) establecen unas estrategias claras para una implementación exitosa de las metodologías Agile. De esta forma se han adaptado las diferentes técnicas de adopción de las metodologías para poder conseguir

1. Roles y Responsabilidades Claramente Definidos

- Adaptación de Roles para la Industria 5.0: Personalizar los roles de Scrum, especialmente el del Scrum Master, para alinearlos con el enfoque de la Industria 5.0 en centralidad humana, sostenibilidad y resiliencia.
- Equipos Multifuncionales: Formar equipos con conjuntos de habilidades diversas, cruciales para abordar los complejos desafíos de la Industria 5.0.

2. Establecimiento de Objetivos Claros y Métricas

- Establecimiento de Metas Alineadas con la Industria 5.0: Crear objetivos que se alineen con los principios de la Industria 5.0, integrando tecnología y factores humanos.
- Resultados Medibles: Implementar métricas que midan el éxito en términos de integración tecnológica, sostenibilidad y resultados centrados en el ser humano.

3. Revisiones y Ajustes Regulares

- **Retrospectivas Frecuentes:** Llevar a cabo retrospectivas centradas en la mejora continua, crucial para adaptarse al entorno de la Industria 5.0 en rápida evolución.
- **Bucle de Retroalimentación Continua:** Establecer un mecanismo de retroalimentación que involucre a todos los interesados, incluidos expertos en tecnología y usuarios finales, para asegurar la alineación con los objetivos de la Industria 5.0.

4. Entrega de Capacitación y Educación

- **Desarrollo de Habilidades para la Industria 5.0:** Capacitar a los Scrum Masters y a los equipos en habilidades relevantes para la Industria 5.0, como la integración de tecnología avanzada, prácticas de sostenibilidad y estrategias de resiliencia.
- **Aprendizaje y Coaching:** Implementar un sistema de coaching donde los Scrum Masters puedan desarrollar competencias específicas para los desafíos de la Industria 5.0.

5. Fomentar la Comunicación Abierta y la Retroalimentación

- **Canales de Comunicación Transparentes:** Establecer canales de comunicación robustos que faciliten discusiones transparentes sobre el progreso del proyecto, la integración tecnológica y enfoques centrados en el ser humano.
- **Refinamiento del Product Backlog:** Refinar regularmente el product backlog para asegurar que se alinee con los objetivos evolutivos de la Industria 5.0 y las expectativas de los interesados.

6. Construyendo una Cultura de Mejora Continua

- **Cultivar una Mentalidad Agile:** Fomentar una mentalidad dentro del equipo que abrace la experimentación, la asunción de riesgos y la adaptación, esenciales en el dinámico paisaje de la Industria 5.0.
- **Mejoras Incrementales:** Fomentar mejoras incrementales en procesos y soluciones, enfocándose en mejorar la calidad del producto y la satisfacción del cliente en el contexto de la Industria 5.0.

A continuación, se propone un esquema de adaptación de las metodologías Agile mediante la adaptación del marco metodológico establecido por Bercisa y Rasnacs (2016) y la guía establecida por Pessl et al. (2017) para la implementación de las tecnologías de la industria 4.0.

El método propuesto para la adaptación e implantación de la metodología Agile de gestión del cambio basado en las mejores prácticas de gestión del cambio, adaptación e implantación de metodologías, y utiliza métodos de investigación sociométrica y de motivación. El proceso de desarrollo del método basado en la investigación de la ciencia del diseño que incluye la identificación del problema, el diseño del método propuesto y la evaluación con los estudios de casos (Bercisa y Rasnacs, 2016):

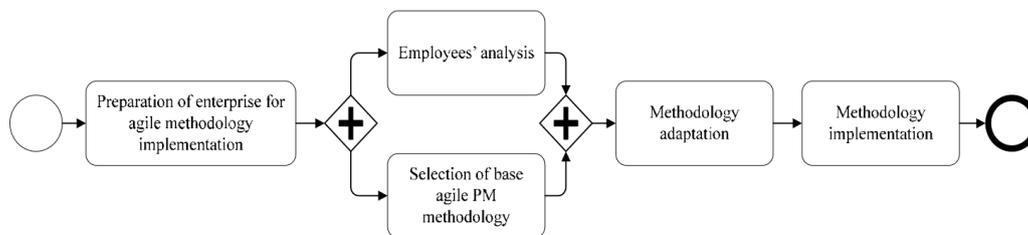


Figura 11. Fases básicas del método. Fuente: Bercisa y Rasnacs, 2016.

En cuanto a la implementación de las tecnologías la guía de Pessl et al. sirve como base y mapa de guía en la implementación de las tecnologías. Esta se basa en 3 fases de análisis, objetivos y finalización, las cuales a su vez se dividen en 2 subfases cada una. El roadmap queda definido en el siguiente diagrama:

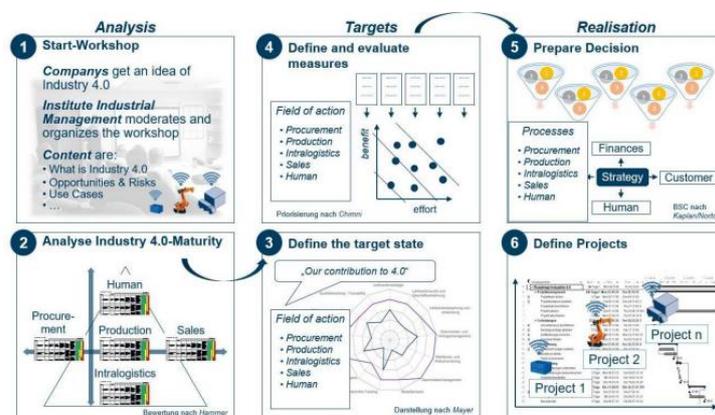


Figura 12. Hoja de ruta industria 4.0

Uniendo estas 2 hojas de ruta, se ha diseñado un diagrama básico dividido en 6 fases, definiendo así el proceso de adaptación para integrar metodologías Agile, particularmente un rol de Scrum Master adaptado en la Industria 5.0:

1. Análisis de madurez en digitalización y Agile dentro de la organización:

- Evaluar el estado actual de la tecnología y las prácticas Agile en la organización.
- Determinar cuán avanzada está la organización en términos de implementación tecnológica y madurez Agile.

2. Análisis de empleados:

- Evaluar las habilidades, fortalezas y roles de los empleados actuales.
- Identificar candidatos potenciales o conjuntos de habilidades necesarios para el rol de Scrum Master adaptado.

3. Definición de referencias:

- Establecer referencias analizando las mejores prácticas y historias de éxito de implementación Agile en contextos de industria similares.
- Usar estas referencias como punto de referencia para el proceso de adaptación de la organización.

4. Definición de KPI:

- Definir los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) que se utilizarán para medir el éxito de la integración Agile y la efectividad del rol de Scrum Master en el contexto de la Industria 5.0.
- Asegurarse de que los KPI se alineen con los objetivos específicos de la organización y los desafíos únicos de la Industria 5.0.

5. Definición de roles:

- Definir claramente los roles y responsabilidades dentro del marco Agile, especialmente el rol evolucionado del Scrum Master.

- Esbozar cómo estos roles interactuarán y contribuirán a los objetivos de la Industria 5.0 de la organización.

6. Definición del proyecto:

- Definir proyectos o iniciativas específicas donde se implementarán metodologías Agile, guiadas por el Scrum Master adaptado.
- Planificar estos proyectos en línea con los objetivos estratégicos de la organización para la adaptación a la Industria 5.0.

Con este enfoque estructurado se pretende facilitar una integración comprensiva y sistemática de las metodologías Agile en la Industria 5.0, adaptada al contexto y necesidades específicas de la organización.

De esta forma el diagrama con las fases previamente definidas queda como:

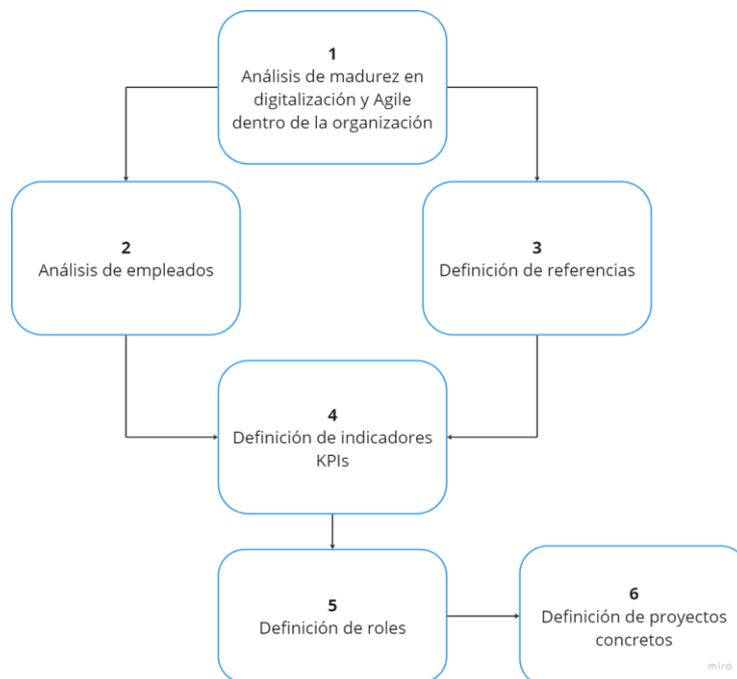


Figura 13. Esquema de implementación

5.3 PROPUESTA DE MÉTRICAS

Como se ha establecido en el apartado anterior, medir y evaluar eficazmente el impacto de la adaptación mediante los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) resulta esencial. Estos KPIs proporcionan métricas cuantificables que se pueden utilizar para evaluar diversos aspectos del desempeño del Scrum Master y la eficacia global de su papel en este nuevo contexto. La siguiente tabla presenta una lista concisa de KPIs propuestos junto con sus definiciones, cada uno centrado en un área específica de las responsabilidades del Scrum Master y su influencia dentro de un marco Agile alineado con la Industria 5.0.

Tabla 3. Definición de KPIs para la hipótesis de adaptación

KPI	Definición
Tasa de Logro de Objetivos del Sprint	Porcentaje de sprints donde el equipo logra con éxito sus objetivos predefinidos.
Tendencia de Velocidad	Medición del cambio en la productividad del equipo a lo largo del tiempo, reflejando el impacto del Scrum Master en la eficiencia del equipo.
Tasa de Defectos	Número de defectos o problemas reportados por sprint, indicando la calidad del trabajo bajo la guía del Scrum Master.
Índice de Innovación	Tasa de nuevas ideas o mejoras implementadas, demostrando la influencia del Scrum Master en fomentar la innovación.
Puntuación de Colaboración del Equipo	Una métrica derivada de encuestas que evalúan el nivel de colaboración efectiva dentro del equipo.
Satisfacción de los Stakeholders	Niveles de satisfacción de los stakeholders con los resultados del proyecto y las interacciones con el Scrum Master, medidos a través de mecanismos de retroalimentación.
Tasa de Implementación de Cambios	Tasa a la que el equipo se adapta con éxito a nuevos requisitos o cambios, mostrando el liderazgo adaptativo del Scrum Master.
Tasa de Finalización de Acciones de la Retrospectiva del Sprint	Porcentaje de acciones de las retrospectivas de sprint que se completan, indicando eficacia en impulsar la mejora continua.
Índice de Satisfacción y Bienestar de los Empleados	Una puntuación basada en encuestas de los miembros del equipo centradas en la moral y el bienestar, reflejando el enfoque centrado en el ser humano del Scrum Master.
Adopción de Iniciativas de Sostenibilidad	Tasa de implementación de iniciativas de sostenibilidad dentro de los proyectos, midiendo el compromiso con los objetivos de sostenibilidad.
Índice de Resiliencia	Evaluación de la capacidad del equipo para gestionar y recuperarse de desafíos o contratiempos.
Efectividad de Respuesta a Crisis	Evaluación de la efectividad del Scrum Master en la gestión y mitigación durante situaciones de crisis.

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

Estos KPIs ofrecen un marco integral para identificar y evaluar la eficacia de los Scrum Masters a medida que se adaptan a las cambiantes demandas de la Industria 5.0. Mediante el seguimiento de estos indicadores, las organizaciones pueden obtener información valiosa sobre lo bien que el Scrum Master está facilitando la integración de metodologías Agile en esta nueva era industrial, asegurando que los equipos sigan siendo productivos, innovadores y resilientes.

Capítulo 6. CONCLUSIONES

6.1 RESUMEN DE LOS HALLAZGOS PRINCIPALES

Este proyecto exploró la adaptación de las metodologías Agile, con especial atención al papel del Scrum Master, en el contexto de la Industria 5.0. Las principales conclusiones indican que las metodologías Agile, especialmente Scrum, pueden adaptarse eficazmente para afrontar los retos de la Industria 5.0, que hace hincapié en la centralidad humana, la sostenibilidad y la resiliencia.

Adaptación de las metodologías Agile

El análisis reveló que las metodologías Agile ofrecen flexibilidad, adaptabilidad y un enfoque centrado en el cliente que se alinea bien con la Industria 5.0. Los principios de mejora continua, colaboración y capacidad de respuesta de Agile son especialmente adecuados para la naturaleza dinámica e interconectada de la Industria 5.0.

Evolución del papel del Scrum Master

El proyecto ha puesto la evolución del papel del Scrum Master como elemento central para el éxito de la implantación de Agile en entornos de la Industria 5.0. Esta adaptación implica que el Scrum Master facilite los enfoques centrados en el ser humano, la defensa de prácticas sostenibles, la mejora de la capacidad de recuperación de la organización, y la reducción efectiva de la brecha entre la tecnología y la colaboración humana. El papel del Scrum Master se convierte en fundamental para garantizar que las prácticas Agile no sólo cumplen con la eficiencia tecnológica, sino que también apoyan los objetivos más amplios de la Industria 5.0.

Evaluación del papel del Scrum Master

Los resultados del proyecto subrayan la importancia de la evolución del papel del Scrum Master en el éxito de la integración de Agile en la Industria 5.0. Este nuevo papel va más allá de la facilitación tradicional de Agile, la incorporación de valores centrados en el ser humano, el

fomento de prácticas sostenibles, y la mejora de la capacidad de recuperación de la organización. Sin embargo, esta transformación presenta retos, como la necesidad de formación avanzada, el equilibrio entre los enfoques tecnológicos y los centrados en el ser humano, y la ampliación de las prácticas Agile en entornos industriales complejos y a gran escala.

Retos y oportunidades

La adaptación del rol de Scrum Master para la Industria 5.0 implica navegar por estos desafíos mientras se aprovechan las oportunidades para la innovación y la mejora de la eficiencia. El papel se convierte en crucial para asegurar que las metodologías Agile siguen siendo pertinentes y eficaces para hacer frente a las necesidades únicas de la Industria 5.0, en particular en el fomento de una cultura organizacional más adaptable y sensible.

6.2 CONSECUCIÓN DE OBJETIVOS

Al concluir este proyecto sobre la adaptación de las metodologías Agile a la Industria 5.0, con un enfoque en el papel evolutivo del Scrum Master, es importante reflexionar sobre el grado en que se han cumplido los objetivos establecidos al principio. Aunque el proyecto logró con éxito sus metas principales, la calidad de los resultados merece una evaluación crítica.

El proyecto exploró la transición de la Industria 4.0 a la Industria 5.0, proporcionando una comprensión clara del cambio hacia un paradigma industrial más centrado en el ser humano, sostenible y resiliente. Se investigó el papel de las metodologías Agile en este nuevo contexto, destacando sus posibles beneficios y adaptabilidad ante los desafíos de la Industria 5.0.

Se cumplió el objetivo de examinar la transformación del papel del Scrum Master, ofreciendo valiosas perspectivas sobre cómo esta posición clave Agile puede evolucionar para satisfacer las demandas de la Industria 5.0.

Sin embargo, las estrategias desarrolladas para implementar Agile en la Industria 5.0, a pesar de ser bien intencionadas, son más conceptuales que pragmáticas, no logrando abordar las complejas realidades de los entornos industriales donde la integración de tecnologías avanzadas con prácticas Agile a menudo se encuentra con desafíos imprevistos y resistencia.

Además, la calidad de los resultados se vio notablemente afectada por la falta de pruebas empíricas. Los KPIs propuestos para evaluar la efectividad de las metodologías Agile en la Industria 5.0, aunque teóricamente sólidos, permanecieron sin probar en la práctica.

Adicionalmente, aunque el proyecto contribuye tanto al conocimiento teórico como práctico, la profundidad y el alcance de esta contribución podrían expandirse. La investigación ofrece un punto de partida, pero son necesarios estudios más completos, especialmente investigaciones empíricas que involucren estudios de casos y aplicaciones del mundo real, para mejorar la calidad y aplicabilidad de los hallazgos.

En conclusión, aunque el proyecto cumplió con sus objetivos básicos, la calidad general de los resultados no ha sido óptima. Los hallazgos fueron en gran parte teóricos y carecían de la evidencia empírica y la perspectiva práctica necesarias para tener un impacto significativo en el campo de la Industria 5.0, en rápida evolución. Por lo tanto, este proyecto sirve más como una exploración preliminar que como una guía definitiva sobre el tema, necesitando más investigación en profundidad y una investigación práctica para avanzar verdaderamente en la comprensión y aplicación de las metodologías Agile en la Industria 5.0.

6.3 EXPERIENCIAS DEL TRABAJO

El hecho de explorar la adaptación de las metodologías Agile, particularmente el rol del Scrum Master en la Industria 5.0, ha sido tanto iluminador como desafiante. Esta investigación ha permitido un entendimiento teórico en el marco Agile y su potencial evolución en el contexto de la última revolución industrial, destacando la naturaleza dinámica de las metodologías Agile y la necesidad de una adaptación continua para mantenerse relevantes en paisajes industriales cambiantes.

El proceso de diseccionar el rol del Scrum Master y visualizar su transformación para alinearse con los principios de la Industria 5.0 proporcionó valiosas percepciones sobre el equilibrio crítico entre el avance tecnológico y los enfoques centrados en el ser humano, subrayando la

importancia de la sostenibilidad y la resiliencia, no solo como palabras de moda, sino como componentes esenciales de las prácticas comerciales modernas.

Desde una perspectiva de aprendizaje, este proyecto enfatizó la importancia del pensamiento interdisciplinario, combinando conceptos de los campos del desarrollo de software, la gestión de proyectos y la ingeniería industrial. También resaltó la importancia del aprendizaje y la adaptabilidad continuos, tanto para individuos como para organizaciones, para mantenerse relevantes y efectivos en un mundo en rápida evolución.

Al concluir esta exploración de las metodologías Agile en el contexto de la Industria 5.0, varios puntos clave se destacan. En primer lugar, el marco Agile, particularmente el rol del Scrum Master está bien posicionado para facilitar la transición a la Industria 5.0. Sin embargo, esto requiere una evolución significativa del rol, expandiendo su enfoque para incluir centralidad humana, sostenibilidad y resiliencia.

Los hallazgos de este proyecto sugieren que, aunque los desafíos de adaptar Agile a la Industria 5.0 no son triviales, son superados por las oportunidades que esta adaptación presenta. El rol evolucionado del Scrum Master puede actuar como un catalizador para el cambio, impulsando a las organizaciones hacia prácticas más sostenibles, resilientes y centradas en el ser humano.

Además, esta investigación destaca la necesidad de que los practicantes Agile adopten una mentalidad de mejora y aprendizaje continuos. A medida que la Industria 5.0 continúa evolucionando, mantenerse adaptable y receptivo a nuevos desafíos y oportunidades será crucial para el éxito.

En conclusión, la adaptación de las metodologías Agile, especialmente a través de la transformación del rol del Scrum Master, ofrece un camino prometedor para las organizaciones que navegan por las complejidades de la Industria 5.0. Esta transición marca un momento crucial en la evolución de las metodologías Agile, expandiendo su impacto más allá del desarrollo de software hacia el ámbito más amplio de las operaciones y la gestión industriales. A medida que avanzamos, los principios de Agile, junto con el espíritu innovador de la Industria

5.0, están destinados a desempeñar un papel clave en la configuración del futuro de las industrias y la forma en que trabajamos.

Capítulo 7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Líneas futuras de investigación tras este estudio sobre metodologías Agile e Industria 5.0 podrían explorar varios aspectos para profundizar el entendimiento y aplicación de estos conceptos. Aquí hay algunas áreas potenciales para investigaciones futuras:

- A. Estudios Empíricos sobre Agile en la Industria 5.0: Realizar investigaciones empíricas para validar la efectividad de las metodologías Agile adaptadas, especialmente el rol evolucionado del Scrum Master, en entornos reales de la Industria 5.0. Esto podría involucrar estudios de casos en diferentes sectores industriales, analizando el impacto en la productividad, innovación y satisfacción del empleado.
- B. Agile y Tecnologías Avanzadas: Investigar cómo las metodologías Agile pueden integrarse con tecnologías emergentes como la IA, IoT y robótica en la Industria 5.0. Los estudios podrían centrarse en desafíos específicos, como mantener los principios Agile en entornos altamente automatizados o aprovechar la IA para la gestión de proyectos Agile.
- C. Transformación Cultural en Organizaciones: Examinar los cambios culturales y organizativos necesarios para la implementación exitosa de Agile en la Industria 5.0. Esto podría incluir estrategias para gestionar la resistencia al cambio, desarrollar liderazgo Agile y fomentar una cultura de mejora continua e innovación.
- D. Sostenibilidad y Resiliencia en Marcos Agile: Explorar cómo las metodologías Agile pueden adaptarse explícitamente para mejorar la sostenibilidad y resiliencia en las operaciones industriales. La investigación podría centrarse en desarrollar métricas para la sostenibilidad y resiliencia dentro de proyectos Agile y evaluar su impacto a largo plazo.
- E. Evolución del Rol del Scrum Master: Profundizar más en la transformación del rol del Scrum Master en el contexto de la Industria 5.0. Investigaciones futuras

ADAPTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS AGILE A INDUSTRIA 5.0: UNA VISIÓN TEÓRICA

podrían explorar las habilidades, formación y competencias necesarias para los Scrum Masters en este nuevo contexto, así como el impacto de este rol en la dinámica de equipo y el éxito del proyecto.

- F. Agile en Entornos Industriales a Gran Escala: Investigar los desafíos de escalabilidad de Agile en organizaciones grandes y complejas típicas de la Industria 5.0. La investigación podría centrarse en desarrollar marcos o modelos para escalar efectivamente prácticas Agile en tales entornos.
- G. Prácticas Agile Centradas en el Ser Humano: Estudiar la integración de enfoques centrados en el ser humano dentro de las metodologías Agile en la Industria 5.0, explorando cómo Agile puede mejorar la interacción humano-tecnología, el bienestar de los empleados y la satisfacción del cliente.
- H. Perspectivas Globales y Estudios Comparativos: Realizar estudios comparativos de la implementación de Agile en la Industria 5.0 en diferentes contextos culturales y geográficos, entendiendo cómo las variaciones regionales impactan en la adaptación Agile.

Estas vías de investigación pueden contribuir significativamente al cuerpo de conocimiento sobre metodologías Agile y su aplicación en el paisaje en evolución de la Industria 5.0, ofreciendo perspectivas valiosas tanto para profesionales como para académicos.

ANEXO I. ALINEACIÓN CON ODS

La adopción de las metodologías Agile en la Industria 5.0 no solo permitiría a las empresas ser más eficientes y competitivas, sino que también estaría alineada con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Por un lado, el ODS 9, "Industria, innovación e infraestructura", se enfoca en el desarrollo de una industria sostenible y asequible, y fomenta la adopción de tecnologías más avanzadas y eficientes. La adopción de las herramientas Agile en la Industria 5.0 permitiría a las empresas avanzar en el cumplimiento de este objetivo, al permitir una mayor capacidad de respuesta y adaptabilidad en los procesos productivos.

Por otro lado, el ODS 12, "Producción y consumo responsables", tiene como objetivo fomentar la adopción de prácticas sostenibles en la producción y el consumo. La adopción de las metodologías agile también puede apoyar este objetivo, ya que permite asegurar una mayor eficiencia en el proceso productivo y utilizar solo los recursos necesarios para producir el producto o servicio, reduciendo así su impacto ambiental.

Asimismo, el ODS 3, "Salud y bienestar", está enfocado en mejorar la salud y el bienestar de las personas y fomentar la sostenibilidad en el sector salud. La adopción de prácticas Agile enfocadas en la colaboración y la comunicación eficiente en equipos de trabajo permitiría crear un ambiente laboral más agradable y colaborativo, mejorando la salud mental y la satisfacción de los empleados.

En definitiva, la adaptación de las metodologías Agile a la Industria 5.0 no solo sería beneficioso desde un punto de vista económico y productivo, sino que también estaría alineada con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, permitiendo una industria más sostenible, eficiente y colaborativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, D.J. (2010). Kanban Successful Evolutionary change for your Technology business. Blue Hole Press, Washington DC.
- <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2444636>
- Beck, K. (2001). The Agile Manifesto. Agile Alliance. Recuperado de <http://agilemanifesto.org/>
- Beck, K. (2004). Extreme Programming explained: Embrace change. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/242350998_Extreme_Programming_Explained_Embrace_Change
- Bercisa, S & Rasnaxis, A. (2016) *Method for Adaptation and Implementation of Agile Project Management Methodology*. Procedia Computer Science 104 (2017) 43 – 50.
- Case study: The secrets of Siemens Energy’s agile manufacturing evolution. (2023). *KC Professional*. <https://www.kcprofessional.com/en-gb/workplace-insights/agile-manufacturing/siemens-case-study>
- Cockburn, A., & Highsmith, J. A. (2001). Agile software development, the people factor. *IEEE Computer*, 34(11), 131–133. <https://doi.org/10.1109/2.963450>
- Cohn, M., & Ford, D. (2003). Introducing an agile process to an organization. *IEEE Computer*, 36(6), 74–78. <https://doi.org/10.1109/mc.2003.1204378>
- Cooper, R. G. (2016). Agile–Stage-Gate Hybrids. *Research-Technology Management*, 59(1), 21–29. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/08956308.2016.1117317>

- Dikert, K., Paasivaara, M., & Lassenius, C. (2016). Challenges and success factors for large-scale agile transformations: A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 119, 87–108. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.06.013>
- Elssamadisy, A. & Schalliol, G. *Recognizing and responding to “bad smells” in extreme programming*. (n.d.). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1008006?arnumber=1008006>
- Fowler, M., & Highsmith, J. (2000). The Agile Manifesto. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265620641_The_Agile_Manifesto
- Gamelearn Team. (2023, 23 marzo). La importancia de la metodología agile en las empresas. Gamelearn. Recuperado de <https://www.game-learn.com/es/recursos/blog/la-importancia-de-la-metodologia-agile-en-las-empresas/>
- Gonzalez, F. (2021, 28 septiembre). Metodologías Agile, clave de la transformación empresarial. DataScope. Recuperado de <https://datascope.io/es/blog/metodologias-Agile-clave-de-la-transformacion-empresarial/>
- Gregory, P., Barroca, L., Sharp, H., Deshpande, A., & Taylor, K. (2016). The challenges that challenge: Engaging with agile practitioners’ concerns. *Information & Software Technology*, 77, 92–104. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.04.006>
- Highsmith, J.A. (2002). *Agile Software Development Ecosystems*. Addison-Wesley Professional, Boston, Vol. 13. Recuperado de <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1706156>
- Industria 5.0: lo que significa y sus beneficios - ICEMD. (2022, 16 septiembre). ICEMD. Recuperado de <https://icemd.esic.edu/knowledge/articulos/industria-5-0-lo-que-significa-y-sus-beneficios/>
-

- Kniberg, H., & Ivarsson, A. (2012). Scaling Agile @ Spotify with Tribes, Squads, Chapters & Guilds. Recuperado de <https://blog.crisp.se/wp-content/uploads/2012/11/SpotifyScaling.pdf>
- Kraaijenbrink, J., & Kraaijenbrink, J. (2022, 16 junio). Qué es la industria 5.0 y cómo cambiará las empresas. Forbes España. Recuperado de <https://forbes.es/empresas/167359/que-es-la-industria-5-0-y-como-cambiara-las-empresas/>
- Lukić, D. (2023, June 30). Strategies for Successful Agile Implementation - Semaphore. Semaphore. Recuperado de <https://semaphoreci.com/blog/strategies-agile-implementation>
- Nagappan, N., Murphy, B., & Basili, V. (2008). The Influence of Organizational Structure on Software Quality: An Empirical Case Study. Proceedings of the 30th International Conference on Software Engineering, 521-530.
<https://doi.org/10.1145/1368088.1368160>
- NTT. Smart industry 4.0. Los retos en el camino hacia la Transformación Digital. VI Edición (2023). Recuperado de <https://es.nttdata.com/documents/smart-industry-40-2023-v4.pdf>
- de Morree, P. *Reinventing Bosch: a radically new way of working*. (2021, Septiembre). Corporate Rebels. <https://www.corporate-rebels.com/blog/transforming-bosch>
- Pessl, E., Sorko, S.R. & Mayer, B. (2017). *Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Roadmap-Industry-4.0-%E2%80%93-Implementation-Guideline-for-Pessl-Sorko/7244db49222f330454feb67ccbe9c114969b4837>
-

Poppendieck, M. and Poppendieck, T. (2003). Lean Software Development An Agile Toolkit.

Addison-Wesley, Boston. Recuperado de

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2006139>

Rubin, K. S. (2012). Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process.

Addison-Wesley.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The 2020 Scrum Guide. Recuperado de

<https://scrumguides.org/scrum-guide.html>

Sjödin, D., Parida, V., Leksell, M., & Petrović, A. (2018). Smart factory implementation and process innovation. *Research-Technology Management*, 61(5), 22–31. Recuperado de

<https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471277>

Tumbas, S., Berente, N., & Brocke, J. V. (2017). Three types of chief digital officers and the reasons organizations adopt the role. *ResearchGate*.

https://www.researchgate.net/publication/317770186_Three_types_of_chief_digital_officers_and_the_reasons_organizations_adopt_the_role

Yampolskiy, A. (2018, February 18). Problems you will face during implementing Agile in Automotive. *Medium*. <https://medium.com/@andreyyampolskiy/problems-you-will-face-during-implementing-agile-in-automotive-4886f36eedc1>

15th State of Agile Report (2021). Recuperado de <https://info.digital.ai/rs/981-LQX-968/images/SOA15.pdf>