

DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.5168>



Caracterización y comparación de metodologías ágiles y tradicionales de desarrollo de producto*

Juana Valentina Martínez Padua^a ■ Julián Stiven Quitian Monroy^b
■ Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez^c

Resumen: En 1968 se formalizó la primera metodología de desarrollo de producto y actualmente se encuentran en la literatura más de 45 que integran en sus etapas factores que permiten crear con éxito un producto, bien sea tangible o intangible. A lo largo de los años las metodologías han incorporado diversidad de factores en sus etapas para crear con éxito un producto. Pese a esto, no se ha encontrado en la literatura una investigación que integre los factores más relevantes, que permitan hacer una comparación de metodologías de desarrollo. El presente artículo contempla dos objetivos: el primero, identificar los factores principales mediante la ejecución de un análisis cualitativo de contenido, con el fin de utilizarlos para la elaboración de una matriz de comparación de metodologías de desarrollo, y el segundo, elaborar dos cuadros de ponderación en los cuales se expondrá la frecuencia de los factores en metodologías ágiles o tradicionales y la frecuencia de los factores más relevantes en el sector tecnológico. Se espera que los resultados obtenidos aporten a futuros investigadores un punto de partida que les permita entender de una forma sencilla los principales factores de las metodologías para su eventual selección, incluyendo los más representativos para el sector tecnológico, además de servir como insumo para la creación de metodologías ágiles o tradicionales enfocadas al desarrollo de producto.

Palabras clave: desarrollo de producto; metodologías; agilidad; análisis cualitativo de contenido; sector tecnológico

Recibido: 27/08/2020 **Aceptado:** 29/03/2022

Disponible en línea: 30/12/2022

Cómo citar: Quitian Monroy, J. S., Martínez Padua, J. V., & Castiblanco Jiménez, I. A. (2022). Caracterización y comparación de metodologías ágiles y tradicionales de desarrollo de producto. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 32(2), 9-26. <https://doi.org/10.18359/rcin.5168>

* Artículo de revisión

- a Pregrado, Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C, Colombia. Correo electrónico: juana.martinez@mail.escuelaing.edu.co ORCID: 0000-0002-2683-3380
- b Pregrado, Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C, Colombia. Correo electrónico: julian.quitian@mail.escuelaing.edu.co ORCID: 0000-0002-2102-7603
- c Ph. D. in Management, Production and Design. Politecnico di Torino, Torino, Italia. Second Level Master's Degree, Automatización Industrial. Politecnico di Torino, Torino, Italia. M. Sc., Ingeniería Mecatrónica. Politecnico di Torino, Torino, Italia. Pregrado, Ingeniería Electrónica. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C, Colombia. Correo electrónico: ivonne.castiblanco@polito.it ORCID: 0000-0001-5866-078X

Characterization and comparison of agile and traditional product development methodologies

Abstract: in 1968 the first product development methodology was formalized, and currently, there are more than 45 methodologies in the literature that integrate into their stages factors that allow the successful creation of a product, either tangible or intangible. Over the years, methodologies have incorporated a variety of factors in their stages to successfully create a product. Despite this, no research has been found in the literature that integrates the most relevant factors, allowing a comparison of development methodologies. This article has two objectives: first, to identify the main factors by means of qualitative content analysis in order to use them for the elaboration of a development methodologies comparison matrix, and second, to elaborate two weighting tables in which the frequency of the factors in agile or traditional methodologies and the frequency of the most relevant factors in the technology sector will be exposed. It is expected that the results obtained will provide future researchers with a starting point that will allow them to understand thoroughly the main factors of the methodologies for their eventual selection, including the most representative ones for the technological sector, besides serving as an input for the creation of agile or traditional methodologies focused on product development.

Keywords: product development; methodologies; agility; qualitative content analysis; technology sector.

Introducción

Una metodología (de ahora en adelante denominada con la abreviatura MD) se refiere a los principios, procedimientos y prácticas que se desarrollan para obtener un resultado determinado [1]. Estas son de relevancia para el desarrollo de producto, ya que ayudan a cumplir el objetivo orientado a que los productos obtenidos sean apropiados y se ajusten a las necesidades de los usuarios [2], además de dar estructura y mejorar el proceso de desarrollo [3].

Las primeras MD, también conocidas como MD tradicionales, han sido utilizadas desde la década de los sesenta y siguen siendo relevantes en la actualidad. Aunque con el paso de los años evolucionaron para adaptarse a los cambios en el entorno y para aumentar la satisfacción de los clientes, obteniendo como resultado MD ágiles, que generan ciclos de desarrollo de producto en menor tiempo, muchos desarrolladores tienen un conocimiento limitado de ellas y prefieren continuar con el uso de las MD tradicionales, mientras se supera la fase de aceptación [3].

Las MD se diferencian según el periodo en el que fueron creadas, el sector al que se dirigen y los factores que las identifican. Al tener cada una características específicas, estas se enfocan en diferentes aspectos, por ejemplo, innovación o calidad, por lo que una de las tareas de mayor dificultad a la hora de desarrollar un producto es la selección de la MD adecuada, ya que esta debe asegurarse de cumplir con los objetivos esperados de los *stakeholders* y ser la apropiada para el equipo o la empresa que la va a poner en marcha [3] [4].

En la actualidad existen más de 45 MD que pueden escogerse para el desarrollo de un nuevo producto. Esta decisión implica un desafío para todos los sectores, especialmente para el tecnológico, debido a que la mayoría de ellas se enfoca en este, y la selección e implementación de una MD inadecuada es una de las problemáticas más relevantes y repetitivas en este sector [5].

A partir de la revisión de la literatura no se evidencia un documento que compile de forma global

los diferentes factores pertenecientes a las MD ágiles y tradicionales. Por tanto, uno de los objetivos de este artículo de investigación es la elaboración de una matriz de caracterización de MD, en la que se describen con claridad los factores pertenecientes a las MD de desarrollo existentes. En esta matriz se incluyen las de todos los sectores, ya que se pretende una visión global de su transformación y que se conozcan las que pueden ser usadas para desarrollar un producto. Adicionalmente, dentro de esta matriz se hace una distinción entre productos tangibles e intangibles, para diferenciar las enfocadas al sector tecnológico.

Partiendo de este resultado se desarrollarán dos cuadros de ponderación: en el primero se indica la frecuencia de aparición de cada factor en las MD ágiles y tradicionales, organizándolos en orden descendente, para así reconocer cuáles son los más relevantes en cada uno de estos dos grupos. En el segundo cuadro se indica la frecuencia de aparición de los factores más importantes enfocados al sector tecnológico, debido a su relevancia. El hallazgo de la frecuencia de estos elementos en las MD ágiles y tradicionales servirá como insumo para futuras investigaciones relacionadas con el desarrollo de producto, incluyendo la creación de nuevas MD, especialmente relacionadas en el sector tecnológico.

Para lograr los dos objetivos ya mencionados, se realiza una revisión literaria mediante la cual se presenta un recuento de MD de desarrollo de producto y su evolución durante los últimos cincuenta años. Posteriormente, se identifican mediante un análisis cualitativo de contenido, los diez factores que forman parte de las 45 MD de desarrollo de producto tomadas en cuenta para esta investigación, entendiendo como análisis cualitativo de contenido (ACC) un procedimiento enfocado, cuyo objetivo es encontrar ciertas características particulares mediante el análisis de textos que serán el foco o la base de una investigación [6]. Cabe aclarar que, para la elaboración de la matriz de comparación de MD, al tener una MD varias versiones, se tomó en cuenta la más actualizada para propósitos de esta investigación.

Materiales y métodos

Antecedentes

A lo largo de los años se han creado variedad de MD de desarrollo de producto enfocadas a diferentes sectores. Estas poseen factores que las diferencian y que las hacen idóneas para el desarrollo de determinados productos y, a su vez, para la satisfacción de necesidades específicas de los clientes [7].

Iterative Multi-Level Modeling fue la primera MD de desarrollo de producto existente, originada en 1968. Se dedica a la creación de productos intangibles, y permite mediante una serie de pasos obtener como resultado un sistema de cómputo sin mayor dificultad, que involucra a un equipo de desarrollo por medio de la comunicación. Cabe resaltar que el autor de esta MD revela ciertos imperfechos, que hacen que se la cuestione como una herramienta útil [8].

En 1982 Booz, Allen y Hamilton's idearon una MD de siete etapas dirigida únicamente al desarrollo de productos tangibles, centrada en su durabilidad, el crecimiento futuro —mediante la reducción del riesgo de desarrollo— y la ampliación de la viabilidad económica [9]. Después de esta aparecieron otras en 1986, como Stage Gate, que demostraba tener características similares a la mencionada en el párrafo anterior, con la excepción de que evolucionó en el tiempo y en 2016 presentó la última versión, que incluye características de mayor utilidad en el mercado y en las empresas, como la agilidad [10].

Desde inicios de los noventa se comenzó a escuchar el término agilidad. La Rapid Application Development (RAD) fue la primera MD en integrar este factor. RAD produce un *software* con una promesa de entrega al mercado en un tiempo menor [11]. Las MD ágiles surgieron a partir de las tradicionales, debido a la necesidad de que los procesos de desarrollo se adaptaran a los cambios en el entorno y a las necesidades de los clientes. Aunque las tradicionales son en parte una base de las ágiles, estas dos se diferencian en su enfoque y los factores que las caracterizan [12].

Las primeras MD creadas y modificadas pertenecen al sector tecnológico y se usan normalmente para el desarrollo de *software*. Esto se debe a que este sector se ve enfrentado constantemente a una alta demanda de nuevos desarrollos, ya que con el paso del tiempo la sociedad ha creado una mayor dependencia de la tecnología y del Internet [12].

Cabe destacar que solo la mitad de las organizaciones del sector tecnológico siguen de manera correcta lo indicado en una MD de desarrollo, debido a la resistencia que se puede presentar en el equipo. La elección errada de una MD de desarrollo puede llevar a usarla de manera impropia. Modificar una MD de desarrollo es uno de los errores más comunes que cometen los desarrolladores, lo que da como resultado una baja calidad o incumplimiento de los estándares en el producto final [13].

Una de las causas por las que se puede generar resistencia en el seguimiento de una MD en el sector tecnológico es la transición del uso de MD tradicionales a ágiles, ya que la aceptación y el uso de las ágiles se encuentra todavía en una fase temprana, en virtud del conocimiento limitado con el que cuentan los desarrolladores, con el antecedente de que muchas organizaciones habían estado empleando durante años las formas tradicionales de desarrollo [3].

La agilidad a la hora de realizar un producto es un aspecto fundamental que se ha venido estudiando desde hace algunos años y se ha ido modificando con el tiempo, en razón a algunas fuerzas que hacen que se produzca un cambio en el desarrollo de productos, como las múltiples competencias internacionales, la fragmentación de los mercados debido a la demanda, los clientes más sofisticados y exigentes, el ambiente económico y la transformación digital, que conlleva cambios y avance de la tecnología, lo que produce una reacción de cambio continuo, respuestas rápidas, mejora de la calidad y responsabilidad social de las empresas pertenecientes al mercado, en otras palabras, agilidad ante los cambios y el poder tomarlos como una ventaja [14][15].

Al mencionar el concepto de agilidad nos referimos a la capacidad de reaccionar en tiempo real

a los cambios del mercado, de acuerdo con las necesidades del cliente, y de integrar recursos y habilidades que permitan desarrollar productos con rapidez [16]. En este artículo se denominarán como MD tradicionales a todas aquellas que no incluyan la característica de agilidad mencionada. Las tradicionales, también llamadas “pesadas”, se siguen empleando en la actualidad, por lo cual se deben nombrar en esta investigación. Se caracterizan por consumir una gran cantidad de tiempo en virtud de la gran cantidad de actividades que se realizan en cada etapa [13].

Una MD contiene una variedad de factores que no son fáciles de identificar a simple vista, por lo cual en el presente artículo primero se desarrollará una matriz de comparación, en la que se expondrán con claridad los factores que posee una respectiva MD de desarrollo. A partir de este resultado se identificarán los aspectos más importantes presentes en las MD que se consideran como ágiles o tradicionales, y de igual forma los más destacados, orientados al sector tecnológico.

Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron un total de 45 MD de desarrollo de producto, halladas en diversas fuentes como libros, artículos

y tesis escritas entre 1968 y 2016 y encontradas en bases de datos como Scielo, SciencResearch, EBSCO y Google académico. Se buscaron las palabras clave “metodología de desarrollo de producto”, “metodología de desarrollo”, “metodologías de desarrollo tradicionales”, “metodologías de desarrollo ágiles” y “metodologías de *software*”, en inglés y en español. A partir de esta búsqueda se hizo una lista de todas las MD detectadas, teniendo en cuenta que solamente se seleccionaron las enfocadas en el desarrollo de producto de las que se tuvieran datos concretos respecto a sus etapas y características, junto con información sobre el año de creación y los autores.

A partir de la revisión de cada una de las fuentes investigadas, se identificaron los factores relevantes de todas las MD de desarrollo de producto. En la tabla 1 se presenta la lista preliminar de 59 de estos factores en español, con su respectiva traducción al inglés, que se usarán posteriormente en la ejecución del ACC.

Con base en la lista inicial de 59 factores, se identifican los más sobresalientes mediante un ACC ejecutado con el *software* Qualitative Content Analysis (QCAmap), el cual realiza un análisis metodológico e interpretativo de textos siguiendo reglas analíticas de contenido para

Tabla 1. Factores relevantes obtenidos a partir de la revisión de 45 MD de desarrollo de producto

Palabras			
Español		Inglés	
	Fast	Partes interesadas involucradas	Stakeholders involved
Ágil	Agile	Participación del cliente	User involve
Agilidad	Agility	Simple	Simply
Rápido	Rapid	Simplicidad	Simplicity
Velocidad	Speed	Simplificar	Simplify
Creatividad	Creativity	Comunicación	Communication
Creativo	Creative	Comunicar	Communicate
Innovación	Innovation	Coordinación	Coordination
Innovar	Innovate	Evolutiva	Evolutionary
Alta tecnología	High technology	Incremental	Incremental
Tecnología	Technology	Iterativo	Iterative
Tecnológica	Technological	Mejora	Enhancement

Continúa

Palabras			
Español	Inglés	Español	Inglés
Polivalente	Polyvalent	Retroalimentación	Feedback
Multifuncional	Cross functional	Cooperación	Cooperation
Empoderado	Empowered	Equipos	Teams
Independencia	Independence	Familiaridad de equipo	Team familiarity
Independiente	Independent	Orientación del equipo	Team orientation
Libertad	Freedom	Trabajo en equipo	Teamwork
Autonomía	Autonomy	Calidad	Improvement
Adaptar	Adapt	Calidad	Quality
Adaptativo	Adaptive	Detectar errores	Catch defects
Dinámica	Dynamical	Eliminación de errores	Eliminating errors
Flexibilidad	Flexibility	Bajo costo	Low cost
Flexible	Flexible	Costo razonable	Reasonable cost
Versatilidad	Quick	Rentabilidad	Profitability
Aceptación del cliente	Client acceptance	Respeto	Respect
Cliente	Customer	Bajo riesgo	Low risk
Integración de cliente	Customer integration	Factibilidad	Feasibility
Involucrado	Involved	Viable	Viable
Involucramiento del cliente	Customer involvement	Compromiso	Commitment

Fuente: elaboración propia.

lograr inicialmente una asignación de categorías en los textos y después obtener un análisis de frecuencias de cada una de las categorías obtenidas. En la figura 1 se presentan los cinco pasos ejecutados para el desarrollo del ACC, que se obtuvieron a partir del libro *Qualitative Content Analysis, theoretical Foundation Basic Procedures and Software Solution* de Philipp Mayring [17].

En la tabla 2 se observa el procedimiento realizado para el paso 1, en el que se establece la pregunta de investigación que permite identificar el contexto del análisis cualitativo, así como la técnica analítica de contenido, que para este caso fue la formación de la categoría inductiva, ya que permite establecer a través de procesos reductivos las categorías respectivas que permitirán caracterizar el contenido del material para estudiar. También fue necesario en este paso hacer la descripción del contexto, en donde se especifica el objetivo del ACC.

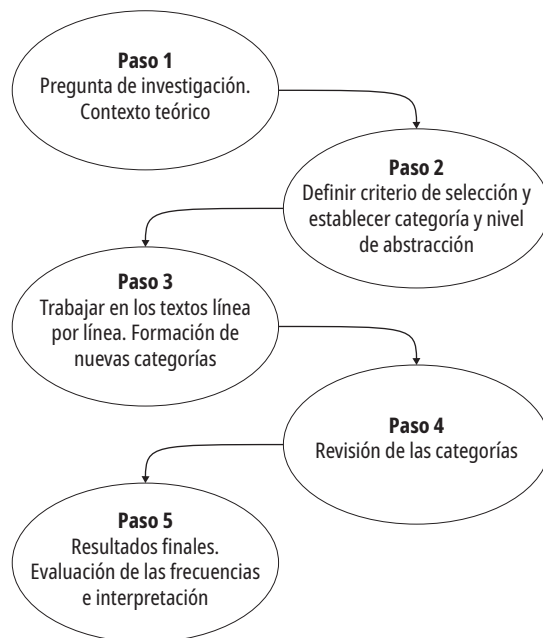


Figura 1. Procedimiento para el análisis cualitativo de contenido.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Información ingresada en QCAMap para la realización del paso 1

Información de contexto	
Pregunta de investigación	Identificación de las características más frecuentes en el estudio de diversas MD de desarrollo de producto.
Técnica analítica de contenido	Formación de categoría inductiva.
Descripción	El objetivo inicial de la investigación es generar un cuadro de comparación de MD, por lo que inicialmente se deben identificar los factores utilizados con mayor frecuencia en los artículos hallados con la revisión literaria.

Fuente: elaboración propia.

En la definición del criterio de selección del paso 2 se establecen las unidades analíticas de contenido, lo que implica determinar dos parámetros adicionales: unidad de codificación y unidad de contexto. Entre las opciones que se podían escoger en la unidad de codificación, se seleccionó “Frase u oración (secuencia de palabras)”, y para el parámetro de unidad de contexto se estableció “Factores que caracterizan las MD analizadas”.

Para la segunda parte del paso 2 se indica la categoría, que para el ACC de este artículo se establece como “Todos los factores que influyen en el desarrollo y la implementación de las MD de desarrollo”. Finalizando este paso se debe establecer el nivel de abstracción, que indica el alcance con el que se desea realizar el análisis, que en este caso se definió como “Factores específicos que se

integran en el desarrollo de una MD”. Puesto que para esta investigación se tienen artículos tanto en español como en inglés, para el desarrollo del ACC se crearon dos proyectos, uno para cada idioma. En el proyecto del ACC en inglés se introdujeron los 36 artículos que estaban en esta lengua, y para el proyecto del ACC en español, se integraron los restantes, completando así las 45 MD incluidas en la investigación.

Para definir las categorías del paso 3 se tomaron para cada proyecto los factores listados en la tabla 1 en el correspondiente idioma. Los 59 factores fueron organizados, estableciendo 16 categorías finales, nombradas de tal forma que representaran a todos los factores incluidos. En la figura 2 se observan las 16 categorías creadas y las unidades por las que están compuestas, además del código asignado por el *software*. De esta manera, por ejemplo, para la categoría de agilidad el código asignado corresponde a C1, con las unidades ágil, agilidad, rápido y velocidad. En la figura 2 se muestra la estructura establecida para el proyecto del ACC en español, usada para el proyecto en inglés con la respectiva traducción de los datos.

Después de definir todas las categorías, se realiza una revisión para confirmar que todos los factores listados en la tabla 1 se hayan incluido en los respectivos proyectos del ACC, con lo que se completa el paso 4.

En el paso 5 se realiza el análisis de cada uno de los proyectos y como resultado se obtiene el conteo de cada una de las categorías programadas, tal como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Frecuencias obtenidas para cada una de las categorías a partir del ACC

Categoría	Frecuencia
Integración del cliente	3569
Agilidad	2168
Innovación	1644
Integración de tecnología	1268
Mejora continua	1114
Grupo multifuncional	1015
Comunicación	889
Grupo de desarrollo autónomo	789

Fuente: elaboración propia.

Categoría	Frecuencia
Simplicidad	315
Versatilidad	282
Trabajo en equipo	216
Calidad	203
Rentabilidad	192
Viabilidad	163
Compromiso	131
Respeto	97

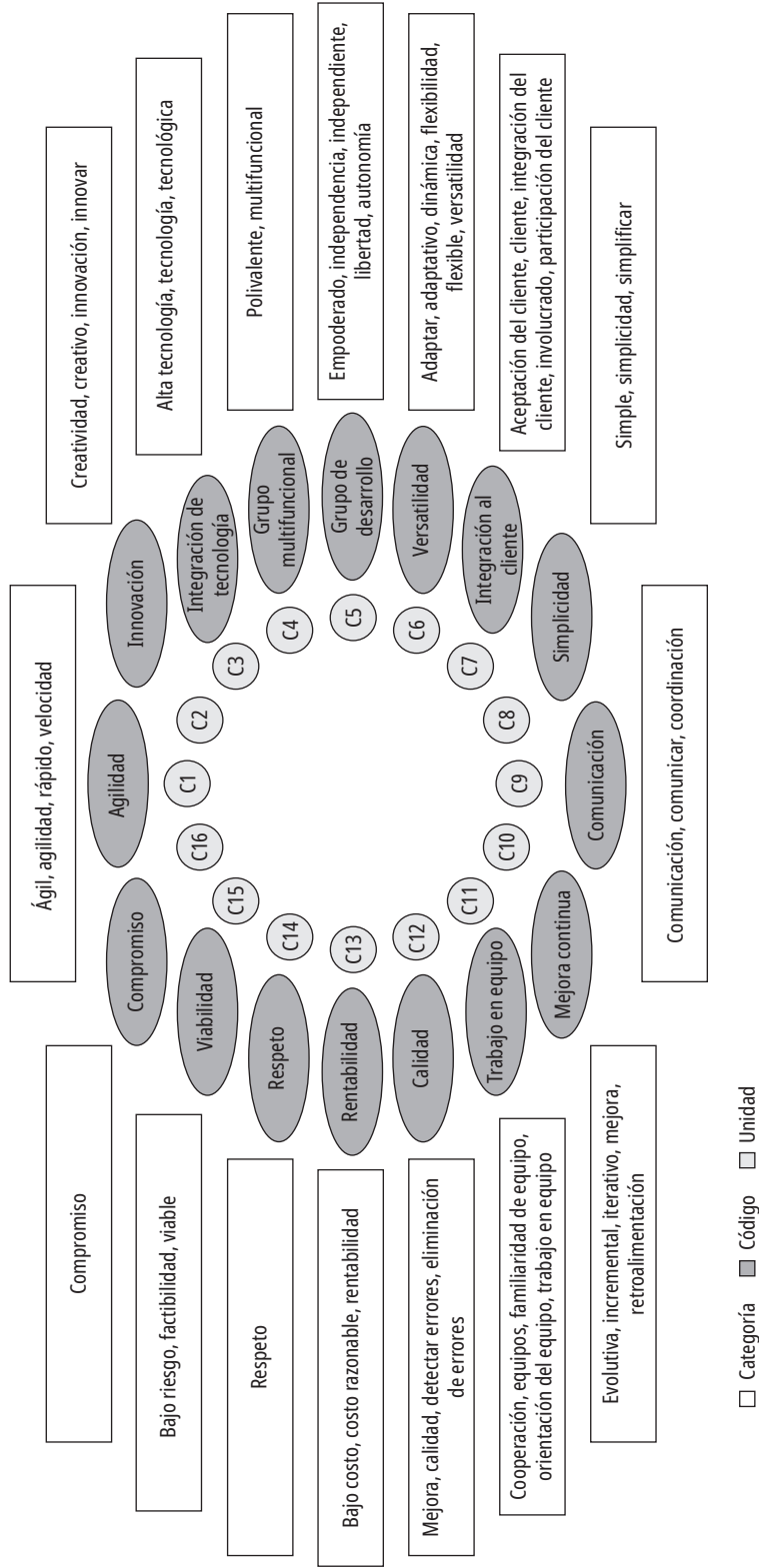


Figura 2. Categorías, códigos y unidades creados para el desarrollo del análisis cualitativo

Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos, se seleccionaron las diez categorías con mayor frecuencia, que permiten calificar y comparar todas las MD involucradas en la revisión literaria. Adicional a estas, y por criterio de los autores, se decidió incluir dos categorías más con el fin de indicar si una MD está orientada al desarrollo de productos tangibles o intangibles, obteniendo así un total de 12 categorías, que serán tomadas desde ahora como los factores con los que se generará la matriz de comparación de MD.

En esta matriz se ubican en las columnas los factores mencionados, y en las filas, cada una de las MD incluidas en la investigación, ordenadas de manera ascendente, según la fecha de publicación de los artículos. Para la calificación de esta matriz se pone una *x* en una celda, en el caso de que la MD listada contenga los factores de la parte superior, lo que permite al lector identificar cuáles se involucran en cada MD. Esto servirá de base para investigaciones futuras o como una herramienta para seleccionar una MD para el desarrollo de un

producto, dependiendo de los factores que se quieran involucrar en el proceso.

Con los resultados de la matriz de comparación se realiza un cuadro de ponderación, en el que se categorizan las MD en ágiles o tradicionales, con el fin de mostrar porcentualmente en forma descendente las que integran los diez factores arrojados por el ACC. Adicionalmente, se genera un cuadro de ponderación orientado al sector tecnológico que también muestra los porcentajes correspondientes de cada factor en este sector.

Resultados y discusiones

Matriz de comparación de MD de desarrollo de producto

El análisis de las 45 MD se realizó acorde con los 12 factores establecidos previamente. Para garantizar una calificación acertada de ellas, se estableció una definición estándar de los factores, tal como se advierte en la tabla 4.

Tabla 4. Factores seleccionados con sus respectivas definiciones

Parámetro	Definición
Agilidad	Rápida ejecución de las etapas que comprenden una MD de desarrollo de producto [16].
Innovación	Capacidad de enfocarse en nuevas oportunidades de mercado desarrollando productos novedosos o mejorando uno existente a partir de técnicas de desarrollo, gestión y comercialización [18] [19].
Integración de tecnología	Introducción de cambios tecnológicos (adquiridos de fuentes externas o desarrollados de manera interna) en las etapas de investigación y desarrollo de productos y en la mejora de los procesos productivos [20] [21].
Grupo multifuncional	Capacidad de un equipo para compartir habilidades y conocimientos en común para desarrollar múltiples actividades a lo largo del proceso de desarrollo de producto [22].
Grupo de desarrollo autónomo	Capacidad del equipo para ejecutar cambios en las etapas de desarrollo de producto, definiendo aspectos como el responsable y el tiempo de ejecución [23] [24].
Versatilidad	Facilidad para adaptarse a los cambios externos que puedan presentarse [25].
Integración del cliente	Capacidad para integrar al cliente en las etapas individuales del proceso de diseño y desarrollo de producto [26].
Simplicidad	Facilidad para desarrollar las diferentes etapas de la MD de desarrollo de producto.
Comunicación	Transmisión de información de forma efectiva con los miembros del equipo de desarrollo.
Mejora continua	Inclusión de la mejora del producto dentro de una o varias etapas de desarrollo de manera iterativa por medio de la retroalimentación hecha por el mismo equipo o con el cliente.
Productos tangibles	Productos que son fabricados combinando, moldeando o transformando materiales y que hasta cierto punto pueden experimentarse directamente, ya sea por medio del tacto, la vista, el olfato; también pueden testearse físicamente [27].
Productos intangibles	Productos inmateriales que no tienen dimensiones físicas o coordenadas espaciales propias, tienen que ser registrados y almacenados en medios físicos y se pueden transmitir electrónicamente [28].

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se observa la matriz de comparación de MD con los componentes previamente establecidos, teniendo en cuenta que, para una mejor

visualización, inicialmente se asignó en la tabla 5 un número a cada uno de los artículos evaluados, ubicado en la columna llamada “Numeración”.

Tabla 5. Numeración de artículos evaluados

Nombre	Fecha	Autores	Numeración	Referencia
Iterative Multi-Level Modeling	1968	B. Randell	1	[8]
Waterfall	1970	W. W. Royce	2	[29]
Prototyping	1982	J. D. N. A. M. Jenkins	3	[30]
Booz, Allen and Hamilton's new product process	1982	Booz, Allen Hamilton Inc.	4	[9]
Spiral Model	1986	B. W. Boehm	5	[31]
Desarrollo de producto: pasos, deficiencias e impactos	1986	R. G. Cooper, and E. J. Kleinschmidt	6	[32]
B-Model	1988	J. R. Abrial	7	[33]
Rapid Application Development (RAD)	1990	J. Martin	8	[11]
Vee ++ Model	1991	H. Mooz, and K. Forsberg	9	[34]
New product process activities and project outcomes. R&d Management	1991	L. Dwyer, and R. Mellor	10	[35]
Evaluating QFDS Use in United-States Firms as a Process for Developing Products	1992	A. Griffin	11	[36]
Cleanroom	1993	Harlan D. Mills	12	[37]
SCRUM	1995	K. Schwaber	13	[38]
Personal Software Process	1995	Watts Humphrey	14	[39]
Proceso de desarrollo de nuevos servicios y productos	1996	L. J. Krajewwsky, and L. P. Ritzman	15	[40]
Rational Unified Process (RUP)	1998	IBM	16	[41]
Feature Driven Development	1999	B. P. Coad, E. Lefebvre, and J. De Luca	17	[42]
Adaptive Software Development	2000	J. A. Highsmith	18	[43]
Deep Dive “The IDEO process”	2001	R. Moen, and IDEO	19	[44]
Test Driven Development (TDD)	2002	K. Beck	20	[45]
Open source development	2002	S. Sharma, V. Sugumaran, and B. Rajagopalan	21	[46]
Agile Modeling (AM)	2002	S. W. Ambler	22	[47]
Internet-speed Development	2003	R. Baskerville, B. Ramesh, L. Levine, J. Pries-Heje, and S. Slaughter	23	[48]
Open innovation	2003	H. Cherbrough	24	[49]
Lean Software Development	2003	B. M. Poppendieck, and T. Poppendieck	25	[50]
Microsoft Solution Framework (MSF) process model	2003	G. Lory, D. Campbell, and A. Robin	26	[51]
Circular Chaos	2003	J. Buijs	27	[52]
Crystal	2004	A. Cockburn	28	[53]

Continúa

Nombre	Fecha	Autores	Numeración	Referencia
Extreme Programming (XP)	2004	Kent Beck	29	[54]
Molécula de acción	2004	J. P. Giraldo	30	[55]
Iconix	2005	D. Rosenberg, M. Stephens, and M. Collins-Cope	31	[56]
Win Win Spiral	2007	B. W. Boehm, A. Egyed, J. Kwan, D. Port, A. Shah, and R. Madachy	32	[57]
Dynamic System Development Method	2008	El consorcio de DSDM	33	[58]
Metodología para el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos	2008	N. Montoya	34	[59]
Metodología DNP	2009	J. Arango, and M. Velásquez	35	[60]
Metodología basada en el enfoque sistémico para el desarrollo de productos	2010	K. González, and B. Pérez	36	[61]
Sales, Marketing, and Research-and-Development Cooperation Across New Product Development Stages: Implications for Success	2010	Holger Ernst, Wayne D. Hoyer, and Carsten Rübsaamen	37	[62]
Metodología para el desarrollo de productos	2011	C. Ramírez	38	[63]
DMADV	2011	R. Gómez, and S. Barrera	39	[64]
Apple Design Process	2012	A. Lashinky	40	[65]
Modelo de metodología sobre el diseño y desarrollo de producto de Ulrich y Eppinger	2013	Karl T. Ulrich, and Steven D. Eppinger	41	[66]
Stage-Gate	2016	R. G. Cooper, and A. F. Sommer	42	[10]
Design Thinking	2016	Jhon E. Arnold	43	[67]
Design Sprint	2016	R. Banfield, C. T. Lombardo, and T. Wax	44	[68]
Modelo de procesos de desarrollo de productos con base en la MD PRISM y la Estrategia P5	2016	L. Salcedo Díaz, A. F. Porto Solano, C. Echeverry Gutiérrez, J. Boss Agudelo, and C. A. Moreno Ortiz	45	[69]

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Matriz de comparación de MD

Numeración	Integración del cliente	Agilidad	Innovación	Integración de tecnología	Mejora continua	Grupo multifuncional	Comunicación	Simplicidad	Versatilidad	Grupo de desarrollo autónomo	Productos tangibles	Productos intangibles
1						X	X	X	X			X
2	X			X								X
3	X			X	X		X		X			X
4	X		X		X		X	X	X	X	X	
5				X								X
6	X		X	X	X	X	X	X			X	
7			X	X	X	X	X	X		X		X

Continúa

Numeraación	Integración del cliente	Agilidad	Innovación	Integración de tecnología	Mejora continua	Grupo multifuncional	Comunicación	Simplicidad	Versatilidad	Grupo de desarrollo autónomo	Productos tangibles	Productos intangibles
8	x	x		x	x	x	x	x		x		x
9				x			x		x			x
10	x		x	x		x	x		x	x	x	
11	x		x			x	x	x	x	x	x	
12	x	x	x	x	x		x			x		x
13		x		x	x	x	x		x	x	x	x
14				x		x						x
15	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
16	x			x				x	x			x
17		x		x		x	x	x	x			x
18	x	x		x		x	x	x	x			x
19	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
20	x			x	x		x	x		x		x
21		x	x	x		x	x		x	x		x
22	x	x		x	x	x	x	x	x			x
23	x	x	x	x	x	x	x			x		x
24	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
25	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
26	x	x		x		x	x	x	x	x		x
27	x		x	x			x		x		x	
28	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x
29	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	
31	x	x		x	x	x	x	x	x			x
32	x		x	x	x		x					x
33	x	x	x	x		x	x		x			x
34	x		x	x		x	x				x	
35	x		x		x						x	
36	x		x	x	x	x	x	x		x	x	
37	x		x	x	x	x	x		x		x	
38		x				x	x		x		x	
39	x			x		x	x				x	x

Continúa

Numera- ción	Integración del cliente	Agilidad	Innovación	Integración de tecnología	Mejora continua	Grupo multifuncional	Comunicación	Simplicidad	Versatilidad	Grupo de desarrollo autónomo	Productos tangibles	Productos intangibles
40	x		x	x	x	x	x			x	x	x
41	x		x	x	x	x	x	x	x		x	
42	x				x	x	x				x	x
43		x	x			x	x	x	x	x	x	
44	x	x	x			x	x	x	x		x	
45	x		x	x				x	x		x	

Fuente: elaboración propia.

A partir de la matriz de comparación de MD de desarrollo de producto resultante, se destaca que el 47% se orienta a desarrollo de productos intangibles, como *software*, el 36% al desarrollo de productos tangibles y un 18% a productos tangibles e intangibles. Por otra parte, se observa que desde 1990 se comienza a ver la inclusión del factor agilidad en las MD de desarrollo de producto. De todo el conjunto, el 44% se caracteriza por ser ágil, mientras que el 56% restante no integra este factor dentro de su proceso.

Análisis del cuadro de metodologías

En la tabla 7 se muestra el porcentaje de frecuencia de los factores que tienen las MD ágiles y las tradicionales, ordenadas de mayor a menor.

El factor predominante en las MD ágiles es la comunicación, con un 100% de frecuencia. La importancia de este factor se evidencia en el *Manifiesto ágil*, un documento referente en el que se presentan doce principios que diferencian los procesos ágiles de los tradicionales, incluyendo a la comunicación cara a cara como el método más eficiente para compartir información y establecer una buena relación de trabajo en equipo. Respecto a las tradicionales, se evidencia que el factor predominante es la integración de tecnología con un 80%, seguido de la integración del cliente. Cabe aclarar que dentro de los modelos tradicionales o de cascada utilizados en el sector tecnológico, el factor de integración al cliente inicialmente se limitaba a su participación solo en etapas de seguimiento y control [70].

Tabla 7. Cuadro de ponderación

Ágiles		Tradicionales	
Comunicación	100 %	Integración de tecnología	80 %
Grupo multifuncional	95,0 %	Integración del cliente	80 %
Versatilidad	85,0 %	Comunicación	76 %
Integración de tecnología	80,0 %	Innovación	56 %
Integración del cliente	75,0 %	Grupo multifuncional	56 %
Simplicidad	60,0 %	Mejora continua	52 %
Innovación	55,0 %	Versatilidad	48 %
Grupo de desarrollo autónomo	55,0 %	Simplicidad	44 %
Mejora continua	55,0 %	Grupo de desarrollo autónomo	32 %

Fuente: elaboración propia.

El factor de grupo multifuncional tiene un 95 % de frecuencia en las MD ágiles, en comparación con el 56 % de frecuencia presente en las tradicionales, lo que puede indicar que la implementación de este factor puede influir en la reducción del tiempo de desarrollo.

Asimismo, la versatilidad ocupa un rol notable en las ágiles, con un 85 % de frecuencia en contraste con el 48 % evidenciado en las tradicionales. La relevancia de este factor en las ágiles puede generarse debido al desafío que enfrentan las empresas para mantenerse competitivas en un mercado global, por lo cual es posible decir que hay una estrecha relación entre la agilidad y la versatilidad [71]. Sin embargo, aunque exista esta relación, el uso de MD ágiles puede limitarse por aspectos como el tamaño del proyecto, la dificultad o el sector de aplicación.

Cabe notar que los dos factores con mayor frecuencia en las ágiles son característicos de la ingeniería concurrente, que se define como la ejecución de varias actividades simultáneas en el desarrollo del producto que busca reducir el *time to market* [72] [73]. Teniendo en cuenta que el porcentaje de grupos multifuncionales en MD ágiles y tradicionales es de 95 % y 56 %, respectivamente, esta diferencia indicaría por qué las tradicionales ocupan mayor tiempo en el proceso de desarrollo.

Por otra parte, realizando el análisis de la matriz de comparación de MD dirigido al sector tecnológico, que abarcaría el 64 % de las MD incluidas en la investigación, se obtienen los hallazgos plasmados en la tabla 8. Según los resultados, el factor con mayor porcentaje de frecuencia identificado corresponde, así como en las tradicionales, a la integración de tecnología. Adicionalmente, los factores que le siguen son la comunicación y grupo multifuncional, que también se reflejan como algunos de los más importantes al momento de analizar las ágiles. Por otra parte, se evidencia que el 55 % de las MD del sector tecnológico incluyen el factor de agilidad, lo que mostraría la posibilidad de utilizar enfoques de MD tanto tradicionales como ágiles.

Tabla 8. Cuadro de ponderación - Sector tecnológico

Sector tecnológico	
Factor	Porcentaje
Integración de tecnología	90 %
Comunicación	86 %
Grupo multifuncional	73 %
Integración del cliente	73 %
Versatilidad	59 %
Agilidad	55 %
Mejora continua	55 %
Simplicidad	45 %
Grupo de desarrollo autónomo	45 %
Innovación	38 %

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

A partir de la MD seguida para la elaboración del artículo se logró construir una matriz de comparación que involucra 45 MD de desarrollo de producto. En ella se visualiza si cada una está orientada a la elaboración de productos tangibles o intangibles, y cuáles de los diez factores obtenidos mediante el ACC incluyen. Esta información podrán usarla desarrolladores en futuras investigaciones y para facilitar la selección de una MD de desarrollo en un determinado producto, dependiendo de las metas que se quieran alcanzar.

Del mismo modo, se identificó el conjunto de factores más representativos de las MD ágiles y tradicionales, que muestran la frecuencia con la que cada uno hace presencia en forma porcentual. Los factores más representativos de las MD ágiles son la comunicación y los grupos multifuncionales, con un 90 % y un 95 % de frecuencia, respectivamente, y la integración de tecnología e integración del cliente los más representativos para las MD tradicionales, con un 80 % de frecuencia para ambos. Se espera que los resultados identificados en los cuadros de ponderación sirvan como insumo para futuras investigaciones que busquen el desarrollo de nuevas MD.

De las 45 MD empleadas en esta investigación, el 64 % va dirigida al sector tecnológico. Aunque dentro de los artículos incluidos en esta investigación se han criticado las MD tradicionales, estas siguen teniendo relevancia actualmente en este sector, porque solo el 55 % de las MD incluye el factor de agilidad.

Referencias

- [1] D. Beerbaum, "Anwendung der agilen Methodik auf regulatorische Compliance-Projekte in der Finanzbranche: Eine Fallstudie", *Res. Gate*, 2020.
- [2] D. E. Avison y G. Fitzgerald, "Where now for development methodologies". 2003.
- [3] F. K. Y. Chan and J. Y. L. Thong, "Acceptance of agile methodologies: A critical review and conceptual framework", *Decis. Support Syst.*, vol. 46, n.º 4, 2009, pp. 803-814.
- [4] B. Valderrama, "Transformación digital y organizaciones ágiles Pojopy digital jeporu ha tembiapo ñembopya' eve Digital transformation and agile organizations Mombykypyre", *Arandu Utic*, vol. VI, 2019, pp. 15-54.
- [5] B. Molina Montero, H. Vite Cevallos y J. Dávila Cuesta, "Metologías ágiles frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software", *Espirales Rev. Multidiscip. Investig.*, n.º June, 2018, pp. 114-121.
- [6] A. Twycross y L. Shields, "Content analysis", *Paediatr. Nurs.*, vol. 20, n.º 6, p. 38, 2019.
- [7] S. Denning, "Succeeding in an increasingly Agile world," *Strategy and Leadership*, vol. 46, n.º 3, 2018, pp. 3-9.
- [8] B. Randell, "Iterative Multi-Level Modeling - A Methodology for Computer System Design," *Proc. IFIP Congr.* 68, n.º May, 1968, pp. 138-142.
- [9] A. H. C. Booz, *Booz, Allen and Hamilton's New Product Development*, 1982.
- [10] R. G. Cooper y A. F. Sommer, "The Agile-Stage-Gate Hybrid Model: A Promising New Approach and a New Research Opportunity," *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 33, n.º 5, 2016.
- [11] J. Martin, "Rapid Application Development," 1990.
- [12] S. Ashmore y K. Runyan, *Introduction to agile Methods*, Addison-Wesley Professional, 2014.
- [13] L. N. Medina Velandia y W. M. López López, "Escojer una metodología para desarrollar software, difícil decisión," *Rev. Educ. en Ing.*, vol. 10, n.º 20, 2015, pp. 98-109.
- [14] H. Sharifi y Z. Zhang, "Methodology for achieving agility in manufacturing organisations: an introduction," *Int. J. Prod. Econ.*, 1999.
- [15] S. I. Hallstedt, O. Isaksson y A. A. Ö. Rönnbäck, "The need for new product development capabilities from digitalization, sustainability, and servitization trends," *Sustain.*, vol. 12, n.º 23, 2020, pp. 1-26.
- [16] J. Böhm, *Erfolgsfaktor Agilität: Warum Scrum und Kanban zu zufriedenen Mitarbeitern und erfolgreichen Kunden führen*, 2019.
- [17] P. Mayring, "Qualitative Content Analysis. Theoretical Foundation," *Empir. Methods Bioeth. A Prim.*, vol. 11, n.º June, 2008, pp. 39-62.
- [18] OECD/Eurostat, "Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation," *Paris: OECD Publishing*, 2018, pp. 85-102.
- [19] S. Kang y J. T. Hwang, "An investigation into the performance of an ambidextrously balanced innovator and its relatedness to open innovation," *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 5, n.º 2, 2019, pp. 1-12.
- [20] L. P. Pacheco, "Exportaciones, salarios e innovación tecnológica", pp. 5-21, 2018.
- [21] R. O. Marin y P. C. Kaminski, "Open innovation integration to product development: A sector level analysis within the manufacturing industry," *Production*, vol. 30, 2020, pp. 1-20.
- [22] D. Brosseau, S. Ebrahim, C. Handscomb y S. Thaker, "The journey to an agile organization," *McKinsey Insights*, n.º May, 2019, p. 10.
- [23] K. Schwaber, J. Sutherland, L. Guía, D. De Scrum y L. Reglas, "La Guía Scrum", 2020.
- [24] E. Rebentisch *et al.*, "Agility factors and their impact on product development performance," *Proc. Int. Des. Conf. Des.*, vol. 1, 2018, pp. 893-904.
- [25] H. von Patrick Bettinger, K. Rummeler y K. D. Wolf, "Lernkulturen und Persönlichkeit. Warum MOOCs doch nicht die Bildungsungleichheit auflösen konnten", n.º 42, 2021, pp. 134-151.
- [26] C. C. Wuttke *et al.*, "Individualized customer integration process for the design of IPSS", *Procedia CIRP*, vol. 83, 2019, pp. 83-88.
- [27] P. Schönsleben, "Tangible services and intangible products in industrial product service systems", *Procedia CIRP*, vol. 83, 2019, pp. 28-31.
- [28] P. Hill, "Tangibles, Intangibles and Services: A New Taxonomy for the Classification of Output", *Can. J. Econ. / Rev. Can. d'Economique*, vol. 32, n.º 2, 1999.
- [29] W. W. Royce, "Managing the Development of large Software Systems", *Ieee Wescon*, n.º August, 1970, pp. 1-9.

- [30] J. D. Naumann y A. Milton Jenkins “Prototyping: The New Paradigm For Systems Development”, vol. 6, n.º 3, 1982, pp. 29-44.
- [31] B. W. Boehm, “A Spiral Model of Software Development and Enhancement”, 1986.
- [32] R. G. Cooper y E. J. Kleinschmidt, “An investigation into the new product process: Steps, deficiencies, and impact”, *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 3, n.º 2, 1986, pp. 71-85.
- [33] J. R. Abrial, “The B-Tool”, *J. Chem. Inf. Model.*, 1988.
- [34] H. Mooz y K. Forsberg, “A Visual Explanation of Development Methods and Strategies including the Waterfall, Spiral, Vee, Vee+, and Vee++ Models”, *INCOSE Int. Symp.*, vol. 11, n.º 1, 1991.
- [35] L. Dwyer y R. Mellor, “New product process activities and project outcomes”, *R&D Manag.*, vol. 21, n.º 1, 1991, pp. 31-42.
- [36] A. Griffin, “Evaluating QFD’s Use in US Firms as a Process for Developing Products,” *J. Prod. Innov. Manag.*, vol. 9, n.º 3, 1992, pp. 171-187.
- [37] H. D. Mills, *Zero Defect Software: Cleanroom Engineering*, vol. 36, n.º C., 1993.
- [38] K. Schwaber, “SCRUM Development Process”, *Bus. Object Des. Implement.*, n.º April 1987, 1995, pp. 117-134.
- [39] W. Humphrey, “Introduction to the Personal Software Process”, 1995, p. 280.
- [40] L. J. Krajewsky y L. P. Ritzman, “Operations Management: Strategy and Analysis”, *Cuad. Adm.*, 1996.
- [41] IBM, “Rational Unified Process”, *Development*, n.º 1999, 1998.
- [42] B. P. Coad, E. Lefebvre, y J. De Luca, *Java Modeling in Color with UML: Enterprise Components and Process*, 1999.
- [43] J. A. Highsmith, *Adaptive Software Development*, vol. 37, n.º 5, 2000.
- [44] R. Moen and IDEO, “A review of the IDEO Process”, *A Rev. IDEO Process*, 2001, pp. 1-10.
- [45] K. Beck, “Test-Driven Development: By Example”, *J. Object Technol.*, vol. 2, n.º 2, 2002, p. 203.
- [46] S. Sharma, V. Sugumaran y B. Rajagopalan, “A framework for creating hybrid-open source software communities”, *Inf. Syst. J.*, vol. 12, n.º 1, 2002, pp. 7-25.
- [47] S. W. Ambler, *Agile Modeling: Effective Practices for eXtreme Programming and Unified Process*, 2011.
- [48] R. Baskerville, B. Ramesh, L. Levine, J. Pries-Heje y S. Slaughter, “Is Internet-Speed Software Development Different?”, *IEEE Softw.*, vol. 20, n.º 6, 2003, pp. 70-77.
- [49] H. Cherbrough, *Open Innovation*, 2003.
- [50] B. M. Poppendieck y T. Poppendieck, *Lean software development: an agile toolkit*, vol. 36, n.º 8, 2003.
- [51] G. Lory, D. Campbell y A. Robin, “Microsoft Solutions version 3.0 Overview”, n.º June, 2003.
- [52] J. Buijs, “Processes , from Linear Logic to Circular Chaos”, *Design*, vol. 12, n.º 2, 2003, pp. 76-93.
- [53] A. Cockburn, “Crystal clear, A Human-Powered Methodology For Small Teams, including The Seven Properties of Effective Software Projects”, *Nature*, n.º January, 2004, p. 312.
- [54] K. Beck, *Extreme Programming Explained: Embrace Change, 2nd Edition (The XP Series)*, vol. 2, 2004.
- [55] J. P. Giraldo, “Metodología para el desarrollo de nuevos productos”, ¿Qué es diseño Hoy? Primer Encuentro Nacional de Investigación en Diseño, Universidad Icesi 2004. 2004.
- [56] D. Rosenberg, M. Stephens y M. Collins-Cope, “ICONIX Process: A Core UML Subset, *Agile Development with ICONIX Process: People, Process, and Pragmatism*, 2005, p. 39-59.2005.
- [57] B. W. Boehm, A. Egyed, J. Kwan, D. Port, A. Shah y R. Madachy, “Using the winwin spiral model: A case study”, *Softw. Eng. Barry W. Boehm’S Lifetime Contrib. to Softw. Dev. Manag. Res.*, n.º July, 2007, pp. 503-521.
- [58] D. Consortium, *DSDM Atern The Handbook*, 2008.
- [59] N. Montoya, “Metodología para el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos”, tesis de Maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, 2008.
- [60] J. Arango, “Propuesta de un modelo de desarrollo de nuevos productos (DNP) basado en un benchmarking realizado en 5 pymes del sector plástico en Medellín”, tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto, Universidad EAFIT, Medellín, 2009.
- [61] K. González y B. Pérez, “Metodología para el desarrollo de productos en las microempresas de la localidad de Engativá en el sector: fabricación de productos de plástico”, p. 210, 2010.
- [62] H. Ernst, W. D. Hoyer y C. Rübsaamen, “Sales, Marketing, and Research-and-Development Cooperation Across New Product Development Stages: Implications for Success”, *J. Mark.*, vol. 74, n.º September, 2010, pp. 80-92.
- [63] C. Ramírez, “Propuesta metodológica para el desarrollo de productos”, *En Vent. Informática. Manizales Fac. Ciencias e Ing. Univ. Manizales*, vol. 25, 2011, pp. 159-172.

- [64] R. Gómez y S. Barrera, "Six sigma: a theoretical focus applied in companies with a scientific information basis", *Corp. Univ. Lasallista*, 2011.
- [65] A. Lashinky, "Inside Apple: How America's Most Admired and secretive Company Really Works", *Res. Transp. Econ.*, vol. 52, pp. 3-14, 2012.
- [66] K. T. Ulrich y S. D. Eppinger, *Diseño y desarrollo de productos*, Nueva York: MacGraw Hill Education, 2013.
- [67] J. E. Arnold, "Creative engineering: Promoting Innovation by Thinking Differently", *Creat. Eng. Promot. Innov. by Think. Differ.*, 2016, pp. 198-217.
- [68] R. Banfield, C. T. Lombardo y T. Wax, *Design Sprint*, California, Estados Unidos: O'Reilly Media, 2016.
- [69] L. Salcedo Díaz, A. F. Porto Solano, C. Echeverry Gutiérrez, J. Boss Agudelo y C. A. Moreno Ortiz, "Responsabilidad Social Empresarial: Modelo de procesos de desarrollo de productos con base en la Metodología PRISM y la Estrategia P5", *Prod. + Limpia*, vol. 11, n.º 2, 2016, pp. 111-125.
- [70] E. H. Uribe y L. E. V. Ayala, "Del manifiesto ágil sus valores y principios," *Sci. Tech.*, vol. XIII, n.º 34, 2007, pp. 381-386.
- [71] M. K. I. Favela Herrera, M. T. Escobedo Portillo, R. Romero López, y J. A. Hernández Gómez, "Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización", *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 16, n.º 1, 2019, pp. 0-3.
- [72] L. Rihar y J. Kušar, "Implementing concurrent engineering and QFD method to achieve realization of sustainable project", *Sustain.*, vol. 13, n.º 3, 2021, pp. 1-28.
- [73] E. Kindler, "Concurrent engineering," *Sborník lékařský*, vol. 95, n.º 1, 1994, pp. 37-41.

