

Revisión de la Literatura sobre el Análisis de Factibilidad del Despliegue de Sistemas de Software

Resumen

El despliegue de sistemas de software constituye una de las actividades fundamentales dentro del ciclo de vida del software. El impacto ocasionado por despliegues fallidos dentro de las organizaciones frecuentemente ocasiona pérdidas de recursos económicos y trae aparejado otras consecuencias negativas en la relación con los clientes. Este trabajo presenta la construcción del estado del arte mediante el desarrollo de un mapeo sistemático de la literatura (en inglés, Systematic Mapping Study o SMS) con el propósito de identificar los aportes respecto al análisis de factibilidad de los despliegues de sistemas de software. A partir de la lectura y análisis de 25 estudios primarios, se identificó la relevancia sobre los modelos de despliegue continuo y on cloud. Asimismo, se destaca la escasez de estudios que combinen las dimensiones técnica, organizacional y económica. Además, se logró evidenciar la ausencia de estudios que permitan evaluar la factibilidad de un despliegue de sistema de software con una perspectiva integral.

1. Introducción

El despliegue de sistemas de software es una de las actividades fundamentales dentro del proceso genérico de producción de software. En esta etapa, el sistema es entregado de forma completa o de forma parcial e incremental a un cliente para su uso y evaluación [1].

Esta actividad requiere además de una correcta examinación de los componentes internos y externos involucrados, atención y control sobre las configuraciones de los entornos de despliegue entorno y las personalizaciones realizadas sobre el producto, con el objetivo de reducir la probabilidad de fracaso [2]. Adicionalmente y en línea con lo expuesto por Dearle [3], los procesos de despliegue involucran no solo las actividades del final del ciclo de vida de desarrollo de software, la configuración, la instalación y la activación, sino que también refiere a las tareas de monitoreo, desactivación, actualización, reconfiguración, adaptación, redespiegue y repliegue del software.

Warketin *et al.* [4] señalan algunos factores de riesgo durante las actividades de despliegue, por ejemplo, el elemento técnico deficiente, los recursos disponibles y su escasez o calidad deficiente, el ordenamiento organizacional y otras variables exógenas relacionadas al

medioambiente, las prácticas culturales, las cuestiones legales y contractuales e incluso éticas.

Las fallas totales o parciales en los procesos de despliegue de sistemas de software pueden ocasionar numerosos inconvenientes a nivel de proyecto y en la relación comercial con los clientes de una organización, ya sea por la negativa a recibir un software incompleto o con defectos [5]. Esto puede ocasionar potenciales pérdidas económicas relacionadas al incumplimiento de objetivos y los retrasos experimentados [6]. En sentido contrario, los procesos exitosos de despliegue pueden aumentar sensiblemente la percepción de la calidad del software, por lo que su abordaje es un punto relevante para las organizaciones dedicadas a la industria del software [2], y las acciones preliminares de evaluación de factibilidad permiten incrementar la probabilidad de éxito.

En función de los inconvenientes que se presentan en los despliegues de sistemas de software expuestos anteriormente, se pretende diseñar una herramienta que permita evaluar la factibilidad de los despliegues de sistemas de software. Antes de comenzar con el diseño de la herramienta, decidimos conocer el estado del arte respecto al análisis de factibilidad en los procesos de despliegue de sistemas de software. Para la construcción del estado del arte, realizamos un mapeo sistemático de la literatura (en inglés, Systematic Mapping Study o SMS), de acuerdo con las directrices propuestas por Kitchenham *et al.* [7].

El artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 2 se describe la planificación del SMS, en la Sección 3 se describe su ejecución. Los resultados se presentan en la Sección 4. En la Sección 5 se presenta un análisis de las amenazas a la validez y, finalmente, en la Sección 6 se exponen las conclusiones y trabajos futuros.

2. Planificación del SMS

En esta sección se presentan los elementos del protocolo de revisión del SMS, que consiste en: preguntas de investigación (PI), estrategia de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión, proceso de selección, estrategia de extracción y síntesis de datos. La pregunta de investigación (PI) principal es:

¿Qué aportes se han realizado acerca de la evaluación de factibilidad sobre los procesos de despliegue de software?

Esta pregunta de investigación principal (PI) se descompone en un conjunto de sub-preguntas (PI1-3), que junto con su motivación se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación (PI).

Pregunta de investigación (PI)	Motivación
PI1: ¿Qué contribuciones se han realizado para evaluar la factibilidad de los procesos de despliegue de software?	Conocer cuáles son los aportes para evaluar los procesos de despliegue de sistemas de software.
PI2: ¿Qué factores se consideran en las evaluaciones que se realizan sobre los procesos de despliegue de software?	Descubrir cuáles son los factores en la evaluación de la factibilidad de los procesos de despliegue, para mejorar los niveles de éxito de estos, a partir de la clasificación propuesta por Petersen <i>et al.</i> en [8].
PI3: ¿Qué tipos de investigación se encuentra en los artículos?	Identificar los tipos de investigación realizada en los estudios primarios de acuerdo con la clasificación propuesta por Wieringa <i>et al.</i> [9].

Se decidió realizar una búsqueda automática en las librerías y plataformas digitales *Scopus*, *IEEE Xplore* y *ACM Digital Library*, por tratarse de las bibliotecas más utilizadas en investigación en Ingeniería del software, seleccionando artículos de congresos y artículos de revistas. La búsqueda se realizó en el período comprendido entre enero del año 2016 hasta julio del año 2022. Para ello, se elaboró la siguiente cadena de búsqueda:

(software AND deployment AND (feasibility OR viability OR evaluation OR analysis))

Los términos principales son “*deployment*”, “*software*” y “*feasibility*”, y los términos alternativos o sinónimos para el tercer término son: “*viability*”, “*evaluation*” y “*analysis*”, para considerar los aportes que versen sobre la factibilidad y/o viabilidad de procesos de despliegue a través del análisis o evaluación de variables. La inclusión de estos términos alternativos permite recuperar una mayor cantidad de artículos para su análisis.

Los criterios de inclusión y exclusión utilizados para el proceso de selección de artículos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión
I1. Artículos que responden las preguntas de investigación.
I2. Artículos duplicados: si hay varios artículos de un mismo autor que contemple la misma investigación, se considerará el más completo y el más reciente.
I3. Artículos en idioma inglés.
I4. Artículos publicados entre enero de 2016 y julio de 2022.

Criterios de inclusión
I5. Artículos que contengan cadenas candidatas en el título, palabras clave y/o en el resumen.
Criterios de exclusión
E1. Informes técnicos, presentaciones en MS Power Point, tesis de grado.
E2. Artículos que refieran a sistemas no considerados como sistemas de software, tal como software embebido, sistemas operativos, software middleware, servicios y servicios web, servidores, software para optimización de redes de comunicación, entre otros.

Para dar respuesta a cada una de las preguntas de investigación (PI) se definió un esquema de clasificación, que se presenta en la Tabla 3. Se utiliza una síntesis temática basada en dicho esquema que se representará a través de tablas.

Tabla 3. Esquema de clasificación de los estudios primarios.

Dimensión	Categorías
Contribución.	Herramienta Modelo Método Guía Framework Otra
Factores analizados.	Producto Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Factor humano Organización Mercado
Tipos de investigación.	Evaluación Trabajo filosófico Propuesta de solución Validación Experiencia personal Opinión

El proceso de selección de los estudios consistió en los siguientes pasos: 1) realizar la búsqueda en las fuentes definidas aplicando la cadena en el título y/o en el resumen, 2) eliminar los artículos duplicados, 3) aplicar los criterios de inclusión y exclusión en el título, resumen y palabras clave, 4) aplicar los criterios de inclusión y exclusión al texto completo. Este proceso permitió la selección de los estudios primarios que se analizaron para dar respuesta a las preguntas de investigación (PI) formuladas.

Para elaborar las categorías de la dimensión “contribución” se utilizaron definiciones extraídas de estándares reconocidos internacionalmente, y se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Categorías de la dimensión “Contribución”

Categorías de la dimensión “Contribución”	Descripción
Herramienta:	Producto de software que brinda utilizado como soporte [10].
Modelo:	Una representación de un proceso del mundo real, un dispositivo o un concepto [10].
Método:	Una implementación de una operación [10].
Guía:	Información elaborada para instruir, indicar y aconsejar sobre la realización de un objetivo [11]. Se toma en consideración el uso adoptado en la ISO/IEC/IEEE 24765 [12] para dicho término.
Framework:	Conjunto estandarizado de conceptos y prácticas que sirven como referencia para la resolución de un problema.
Otra:	Contribución que no es posible clasificarla dentro de las categorías mencionadas anteriormente.

Por otra parte, para definir las categorías de la dimensión “Factores Analizados”, se utilizó la propuesta de Petersen *et al.* [8], presentadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Categorías de la dimensión “Factores analizados”

Categorías de la dimensión “Factores analizados”	Descripción
Producto:	Evaluación sobre uno o varios sistemas de software. Entre los aspectos que permiten entender y evaluarlo en contexto, se destacan: la madurez, la calidad, el tamaño, el tipo de sistema, el nivel de personalización o adaptación y el lenguaje de programación.
Procesos:	Involucra el flujo de trabajo del desarrollo. Dentro de los aspectos de análisis se encuentran las actividades involucradas, el flujo de trabajo y orden de ejecución de las actividades y los artefactos resultado de cada actividad o iteración.
Prácticas, herramientas y técnicas:	Comprende los aspectos que brindan un abordaje sistematizado en la interacción con el objeto de estudio. Aquí destacan las herramientas CASE y las metodologías aplicadas.
Factor humano:	Roles y perfiles asignados al proyecto de software y su experiencia.
Organización:	Estructura de una organización, atendiendo al modelo jerárquico y flujo de comunicaciones, las

	certificaciones que obtiene a partir de la capacitación y la proyección (local, internacional).
Mercado:	Relación y dinámica entre competidores y potenciales clientes, estrategia de ventas en el largo plazo y restricciones.

En la Tabla 6, se presenta el formulario de extracción de datos de los estudios primarios. Se compone de dos partes; la primera se refiere a los metadatos de cada uno de los estudios primarios y la segunda se refiere a cada una de las preguntas de investigación (PI).

Tabla 6. Formulario de extracción de datos

Metadatos	Paper ID, año, título, autores, tipo de publicación (revista o conferencia), país, palabras clave.
PI / Dimensión.	Categorías
PI1/ Contribución.	Herramienta, modelo, método, guía, framework, otra.
PI2/ Factores analizados.	Producto, proceso, prácticas, herramientas y técnicas, factor humano, organización, mercado.
PI3/Tipos de investigación.	Evaluación, trabajo filosófico, propuesta de solución, validación, experiencia personal, opinión.

3. Ejecución del SMS

En esta sección, se presenta la búsqueda realizada en las librerías y plataformas digitales, y la selección de estudios primarios de acuerdo con lo definido en el protocolo de revisión del SMS.

Se aplicó la cadena de búsqueda en las librerías con algunas adecuaciones necesarias en función de las particularidades de cada una.

En la Tabla 7, se describen las cadenas introducidas en cada una de las librerías y plataformas digitales en las que se realizó la búsqueda, adaptadas a partir de la original, en función de las funcionalidades propias de cada aplicativo. Asimismo, se indica cuántos resultados arrojó cada búsqueda.

Tabla 7. Resultados obtenidos.

Motor de búsqueda	Cadena principal	Resultados obtenidos
Scopus	(TITLE (software) AND TITLE (deploy*) AND TITLE-ABS-KEY (feasibility) OR TITLE-ABS-KEY (viability) OR TITLE-ABS-KEY (evaluat*) OR TITLE-ABS-KEY (analy*)	86

) AND LANGUAGE (english)) AND PUBYEAR > 2015 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP"))	
<i>ACM Digital Library</i>	[Title: software] AND [Title: deploy*] AND [[All: feasibility] OR [All: viability] OR [All: analy*] OR [All: evaluat*]] AND [Publication Date: (01/01/2016 TO 07/31/2022)]	42
<i>IEEE Xplore</i>	("Document Title":deploy* AND "Document Title":software) AND ("All Metadata":viability OR "All Metadata":evaluat* OR "All Metadata":analy* OR "All Metadata":feasibility)	49
Total de resultados obtenidos:		177

De un total de 177 artículos encontrados, se analizaron 25 estudios primarios. El listado de los estudios primarios analizados se presenta en la Tabla 8.

Para incrementar la cantidad de artículos, se aplicó el método “bola de nieve hacia atrás” (en inglés, “backward snowballing”) de acuerdo con las directrices propuestas por Wohlin [13]. Finalmente, no se obtuvieron artículos adicionales para un análisis posterior.

Tabla 8. Estudios primarios

Id	Estudio primario
[EP1]	Gullhav AN, Nygreen B.: A Branch and Price Approach for Deployment of Multi-Tier Software Services in Clouds. Elsevier (2016).
[EP2]	Colomo-Palacios R., Fernandes E., Soto-Acosta P., Larrucea X. A.: Case Analysis of Enabling Continuous Software Deployment through Knowledge Management. Elsevier Science Publishers B. V. (2018).
[EP3]	Ortiz F., Panizzi M., Bertone R.: A Case Study to Validate Feasibility of Risk Proposal in the Deployment Process of Software Systems. Communications in Computer and Information Science (2021).
[EP4]	Chen Z, Cao Y, Liu Y, Wang H, Xie T, Liu X.: A Comprehensive Study on Challenges in Deploying Deep Learning Based Software. Association for Computing Machinery (2020).
[EP5]	Johnsen E. B.; Pun K. I.; Tarifa S. L. T.: A formal model of cloud-deployed software and its application to workflow processing. 2017 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM). (2017).

Id	Estudio primario
[EP6]	Ribeiro F.M., Jr., da Rocha T., Santos J.C.S., Moreno E.D.: A model-driven solution for automatic software deployment in the cloud. Advances in Intelligent Systems and Computing (2016).
[EP7]	Yu, J., Han, J., Schneider, Hine, C., Versteeg. S.: A Petri-Net-Based Virtual Deployment Testing Environment for Enterprise Software Systems. The Computer Journal (2017).
[EP8]	Rivera L. F., Villegas N. M., Tamura G., Jiménez M., Müller H.A.: UML-Driven Automated Software Deployment. IBM Corp. (2018).
[EP9]	Bakar A. A., Yussof, S., Rahim, R. A., Ramli, R., Anuar, N. K., Bakar, A. A.: A Review on Software Deployment Environments for Privacy Protection in an Organizations. 2020 8th International Conference on Information Technology and Multimedia (ICIMU) (2020).
[EP10]	Nunnari F., Sonntag D.: A Software Toolbox for Deploying Deep Learning Decision Support Systems with XAI Capabilities. EICS 2021 - Companion of the 2021 ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (2021).
[EP11]	Lăcătușu M., Ionita A.D., Anton F.D., Lăcătușu F.: Analysis of Complexity and Performance for Automated Deployment of a Software Environment into the Cloud. Applied Sciences (Switzerland) (2022).
[EP12]	Alghamdi A., Niazi A. M.: Challenges of Secure Software Deployment: An Empirical Study. Association for Computing Machinery (2022).
[EP13]	Rossi C., Shibley E., Su S., Beck K., Savor T., Stumm M.: Continuous deployment of mobile software at facebook (showcase). Proceedings of the ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (2016).
[EP14]	Kang K.W., Park K.W.: Toward Software-Defined Moving Target Defense for Secure Service Deployment Enhanced with a User-Defined Orchestration. ACM International Conference Proceeding Series (2020).
[EP15]	Andrade H. S., Schroeder J., Crnkovic, I.: Software Deployment on Heterogeneous Platforms: A Systematic Mapping Study. IEEE Transactions on Software Engineering (2021).
[EP16]	Pardo M.A.P., Erazo H.A.O., Lozada C.A.C.: Documenting and implementing DevOEP good practices with test automation and continuous deployment tools through software refinement. Periodicals of Engineering and Natural Sciences (2021).
[EP17]	Loseva E., Obeid A., Richter H., Backes R., Eichhorn D.: Fixit, A Semi-Automatic Software

Id	Estudio primario
	Deployment Tool for Arbitrary Targets. Association for Computing Machinery (2018).
[EP18]	Caron E., Chevalier, N., Baillon-Bachoc, N., Vion A. L.: Heuristic for license-aware, performant and energy efficient deployment of multiple software in Cloud architecture. 2021 12th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS) (2021).
[EP19]	Dong B., Ying S., Li L., Luo H., Yang Z.: Impact Analysis about Response Time Considering Deployment Change of SaaS Software. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering (2020).
[EP20]	Nowrin I., Khanam, F.: Importance of Cloud Deployment Model and Security Issues of Software as a Service (SaaS) for Cloud Computing. 2019 International Conference on Applied Machine Learning (ICAML) (2019).
[EP21]	Azevedo L.G., Tizzei L.P., De Bayser M., Cerqueira R.: Installation service: Supporting deployment of scientific software as a service. 2015 7th IEEE Latin-American Conference on Communications, LATINCOM 2015 (2016).
[EP22]	Chesterman C.W., Castelle K., Shauger J.J.: Interpreting barriers to success in software development and deployment using systems theory. International Journal of System of Systems Engineering (2016)
[EP23]	Maikantis T., Chaikalis T., Ampatzoglou A., Chatzigeorgiou A.: SmartCLIDE: Shortening the Toolchain of SOA-Based Cloud Software Development by Automating Service Creation, Composition, Testing, and Deployment. Association for Computing Machinery. (2021).
[EP24]	Mann, Z. Á., Metzger, A.: Optimized Cloud Deployment of Multi-tenant Software Considering Data Protection Concerns. 2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID) (2017).
[EP25]	Xia, T., Bhardwaj S., Dmitriev P., Fabijan, D.: Safe Velocity: A Practical Guide to Software Deployment at Scale using Controlled Rollout. 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP) (2019).

4. Síntesis del SMS

En la Tabla 9 se presenta una síntesis de los resultados del análisis de los estudios primarios en base a lo establecido en el esquema de clasificación definido anteriormente en la sección 2. A continuación, se pretende

dar respuesta a las preguntas de investigación en base al material analizado.

Tabla 9. Síntesis de los resultados obtenidos

Id	Resultados por cada PI		
	Contribución (PI1)	Factores analizados (PI2)	Tipos de investigación (PI3)
[EP1]	Modelo	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Propuesta de solución
[EP2]	Otra	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Factor humano Organización	Evaluación
[EP3]	Otra	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Factor humano Organización	Propuesta de solución
[EP4]	Otra	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Organización	Evaluación
[EP5]	Modelo	Procesos	Propuesta de solución
[EP6]	Modelo	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Validación
[EP7]	Modelo	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Validación
[EP8]	Herramienta	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Propuesta de solución
[EP9]	Guía	Procesos Factor humano Organización	Evaluación
[EP10]	Herramienta	Producto Procesos	Validación
[EP11]	Guía	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Validación
[EP12]	Otra	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Evaluación

[EP13]	Guía	Producto Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Mercado	Validación
[EP14]	Framework	Producto Procesos	Propuesta de solución
[EP15]	Otra	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Organización	Evaluación
[EP16]	Guía	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Propuesta de solución
[EP17]	Herramienta	Producto Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Propuesta de solución
[EP18]	Método	Producto Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Organización	Validación
[EP19]	Método	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Validación
[EP20]	Otra	Prácticas, herramientas y técnicas	Evaluación
[EP21]	Herramienta	Producto Prácticas, herramientas y técnicas	Propuesta de solución
[EP22]	Otra	Producto Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Factor humano Organización	Evaluación
[EP23]	Herramienta	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Organización	Propuesta de solución
[EP24]	Modelo	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas	Validación
[EP25]	Guía	Procesos Prácticas, herramientas y técnicas Organización Mercado	Validación

PI1: ¿Qué contribuciones se han realizado para evaluar la factibilidad del proceso de despliegue de sistemas de software?

Del total de los 25 estudios primarios, 5 trabajos (21%) se clasifican como “guía”: Bakar *et al.* en [EP9], presentan casos de uso enfocados en el refinamiento de los riesgos asociados a las actividades de despliegue y en los diferentes métodos y tipos de configuraciones aplicables a procesos de despliegue. Lăcătușu *et al.* en [EP11] y Pastrana *et al.* en [EP16] indagan sobre modelos sobre la nube automatizados y entornos contenerizados; Rossi *et al.* en [EP13] y Xia *et al.* en [EP25] presentan estrategias de despliegue continuo.

Las contribuciones de tipo “herramienta” han sido contempladas por 5 estudios (20%): Rivera *et al.* en [EP8], presentan un modelo basado en UML (Unified Modelling Language), Nunnari *et al.* en [EP10], proponen el uso librerías de inteligencia artificial. Loseva *et al.* en [EP17] presentan Fixit, utilizada como apoyo a los despliegues en forma de servicios. En [EP21], Azevedo *et al.* y Maikantis *et al.* en [EP23], proponen elementos de apoyo a la automatización de despliegues on cloud.

Por otra parte, 5 artículos (20%) proponen un “modelo” como solución o método de evaluación: Johnsen *et al.* en [EP5] centran su propuesta en la detección y prevención de errores. Ribeiro *et al.* en [EP6] presentan un modelo basado en lenguaje unificado de modelado (en inglés, Unified Modeling Language o UML). Yu *et al.* en [EP7], aplican una Red de Petri para verificar la viabilidad de un despliegue.

Sobre las contribuciones del tipo “método” se hallaron 2 estudios (8%): Caron *et al.* en [EP18] y Dong *et al.* en [EP19] centran sus propuestas en la mejora del rendimiento y niveles de respuesta del producto durante y luego de un despliegue.

Se extrae un único aporte de tipo “framework” (4%): Ki-Wan *et al.* en [EP14], indagan sobre una solución que permite la implementación de Moving Target Defense.

A 7 estudios primarios (28%) se le han asignado la categoría “Otra”: Colomo-Palacios *et al.* en [EP2] y Ortiz *et al.* en [EP3] presentan casos de estudio, observando la gestión del conocimiento y la gestión de riesgos, respectivamente; Alghamdi *et al.* en [EP12], Andrade *et al.* en [EP15] y Chesterman *et al.* [EP22] presentan revisiones sistemáticas de la literatura centradas en la identificación de factores adicionales a los estrictamente técnicos en los procesos de despliegue. Nowrin *et al.* [EP20] presentan un informe comparando modelos on cloud y on premise.

PI2: ¿Qué factores se consideran en las evaluaciones que se realizan sobre los procesos de despliegue de software?

Del total de estudios primarios analizados, 23 (92%) consideran al “proceso” como factor de su análisis y/o aporte; 19 estudios (76%) a las “prácticas, herramientas y técnicas”; 7 artículos (28%) al “producto” y 9 estudios

(36%) a la “organización”. Finalmente, 4 estudios (16%) mencionan al “factor humano” y 2 (8%), al “mercado”.

Respecto a las variables “procesos” y “prácticas, herramientas y técnicas”, Ribeiro *et al.* en [EP6] y Rivera *et al.* en [EP8], evalúan la carga de trabajo sobre los encargados de despliegue y la automatización, respectivamente, centrandos su análisis en los componentes y la arquitectura. Por otra parte, Yu *et al.* en [EP7], Lăcătușu *et al.* en [EP11] y Mann *et al.* [EP24], analizan los mismos factores en sus propuestas de validación y optimización de tareas.

Sobre la categoría “producto”, Caron *et al.* en [EP18] describen una heurística, con una óptica en gestión de activos de software. En [EP21], Azevedo *et al.*, toman en consideración principalmente el dimensionamiento del producto.

Respecto a las categorías “organización” y “factor humano”, Bakar *et al.* en [EP9], Colomo-Palacios *et al.* en [EP2] y Chesterman *et al.* en [EP22] presentan en sus propuestas enfoques integrales, considerando los aspectos procesales, técnicos, organizacionales y humanos. Colomo-Palacios *et al.* apuntan a la gestión del conocimiento.

Finalmente, Rossi *et al.* en [EP13], Xia *et al.* en [EP25] añaden en sus análisis el factor “mercado”, evaluando la implementación de prácticas de despliegue continuo en Microsoft Office y Facebook.

PI3: ¿Qué tipos de investigación se encuentra en los artículos?

Del total seleccionado, 9 estudios (36%) tienen como propósito de investigación realizar una “propuesta de solución”, otros 9 presentan una “validación” y finalmente, 7 artículos (28%) corresponden al tipo “evaluación”.

Respecto a los estudios de tipo “evaluación”, Colomo-Palacios *et al.* en [EP2], Chen *et al.* en [EP4], Bakar *et al.* en [EP9] y Nowrin *et al.* [EP20] presentan una evaluación de las características comparadas recogidas de la comunidad científica, la opinión de desarrolladores y de casos testigo.

Respecto al tipo “propuesta de solución”, Pastrana *et al.* en [EP16] y Loseva *et al.* en [EP17] y Maikantis *et al.* en [EP23] presentan soluciones aplicables para el desarrollo y despliegue de software en arquitecturas orientadas a servicio (SOA, por sus siglas en inglés), como así también para modelos tradicionales.

Finalmente, dentro de la categoría “validación”, Yu *et al.* en [EP7] presenta un estudio basado en el uso de una Red de Petri; Nunnari *et al.* en [EP10], muestran los resultados de una herramienta que involucra librerías de inteligencia artificial para usuarios no expertos. Adicionalmente, Lăcătușu *et al.* en [EP11] y Dong *et al.* en [EP19], efectúan una validación de soluciones de despliegue en la nube automatizados.

5. Amenazas a la validez

En esta sección, se analizan las potenciales amenazas a la validez que podrían afectar el estudio, a partir de las cuatro categorías sugeridas por Wohlin *et al.* [14]

- Validez del constructo. Con el objetivo de mitigar estas amenazas, para la definición de las categorías de las dimensiones del esquema de clasificación se utilizaron estándares, definiciones y clasificaciones internacionalmente reconocidos [1, 2, 3, 4, 10, 12].

- Validez interna. Se diseñó un protocolo de revisión por parte del primer autor, y posteriormente revisado por los dos autores restantes.

- Validez externa. Se utilizaron solamente tres motores de búsqueda de artículos de congresos que tienen relevancia y prestigio en investigación en Ingeniería de software. Se excluyeron informes técnicos, presentaciones en MS Power Point y tesis de grado, ya que podrían comprometer la validez de los resultados.

- Confiabilidad. Con el objetivo de mitigar el impacto de un posible sesgo en este trabajo, se procede inicialmente a (a) definir los criterios de inclusión, (b) seleccionar los estudios primarios y (c) establecer los criterios de exclusión para establecer los límites de la búsqueda, basándose en las preguntas de investigación definidas anteriormente. El procedimiento de extracción fue realizado de forma integral por el primer autor del presente trabajo, mientras que, de forma paralela, el segundo replicó el mismo procedimiento para obtener el listado de estudios primarios. A continuación, ambos resultados fueron comparados y discutidos por los tres autores, con el propósito de obtener una versión final. Adicionalmente, el trabajo de extracción de datos de los estudios se llevó a cabo confeccionando un formulario de extracción de datos y se mapearon los estudios primarios, a partir del esquema de clasificación definido previamente en el protocolo de revisión.

6. Conclusiones y trabajos futuros

En esta sección se detallan los resultados obtenidos del SMS, que permitió la construcción del estado del arte respecto a los aportes existentes sobre el análisis de factibilidad en los procesos de despliegue de sistemas de software. Se analizaron 25 estudios primarios, de un conjunto inicial de 177 artículos encontrados en las librerías académicas *Scopus*, *IEEE Xplore* y *ACM Digital Library*, publicados en el período comprendido entre enero de 2016 y julio de 2022.

En primer lugar, se evidencia la relevancia y actualidad del tema estudiado y el interés suscitado en la comunidad sobre la problemática, a partir de la cantidad de estudios primarios hallados para su análisis.

En segundo lugar, cabe destacar el foco de los trabajos encontrados sobre aspectos procedimentales y técnicos. En términos generales, los trabajos de tipo prospectivos se encontraron mayoritariamente enfocados en los procesos,

tal como Ribeiro *et al.* en [EP6], Rivera *et al.* en [EP8], Yu *et al.* en [EP7], Lăcățusu *et al.* en [EP11] y Mann *et al.* [EP24]. Esto demuestra la importancia otorgada al análisis de los procesos, a la observancia a los procedimientos estándares aprobados por la comunidad científica y la utilidad de elementos auxiliares como el modelado basado en UML

Destaca la relevancia de las infraestructuras *on cloud* y la observación de sus características y requisitos, así como también los hallazgos sobre soluciones que combinan métricas y herramientas. En este sentido, Caron *et al.* en [EP18] y Azevedo *et al.* [EP21], presentan trabajos enfocados en el producto, al considerar el volumen del artefacto implementado y su proceso de desarrollo. Esto invita a indagar también sobre las variables exógenas a las organizaciones, relativas al control del funcionamiento de las infraestructuras base, y los riesgos asociados a su custodia y tercerización.

Otro hallazgo relevante es la escasa mención del factor mercado, tomando en cuenta que las actividades de despliegue de software dentro de la industria frecuentemente están asociadas a organizaciones lucrativas. En dos estudios (Rossi *et al.* en [EP13] y Xia *et al.* en [EP25]) se recoge esta inquietud al evaluar las prácticas y resultados de la implementación de productos masivos y con un alto grado de penetración en el mercado global.

En función de las conclusiones anteriores, posibles líneas de trabajo para desarrollar a futuro son: a) la investigación y generación de propuestas de análisis de factibilidad de despliegues de software bajo una óptica integral, tomando en cuenta las dimensiones organizaciones, humanas y de mercado; y b) la investigación sobre otras variables no consideradas, tales como el mercado y las externalidades asociadas al modelo de implementación sobre plataformas *on cloud*.

Referencias

- [1] Pressman, R.S., “Software Engineering: A Practitioner’s Approach”, 7th Edition, McGraw Hill, New York, 2010.
- [2] Jansen S., Brinkkemper S., “Definition and validation of the key process of release, delivery and deployment for product software vendors: Turning the ugly duckling into a swan” IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM, art. no. 4021334, 2006, pp. 166-175.
- [3] Dearle, A. “Software Deployment, Past, Present and Future.” IEEE Computer Society. Future of Software Engineering, 2007.
- [4] Warkentin, M., Moore, R., Bekkering, E., Johnston, A., “Analysis of Systems Development Project Risks: An Integrative Framework”, DATA BASE 40, 2009, pp. 8-27.
- [5] Subramanian N., “The software deployment process and automation”, CrossTalk, 30, 2017, pp. 28- 34.
- [6] Reascos I., Carvalho J., Bossano S., “Implanting IT Applications in Government Institutions: A Process Model Emerging from a Case Study in a Medium-Sized Municipality”, in Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance, 2019, pp. 80-85.
- [7] Kitchenham, B., Chartes, S., “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering”, Keele University, EBSE-2007-01, 2007.
- [8] Petersen, K. Wohlin, C., “Context in industrial software engineering research”, Third International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, 2009.
- [9] Wieringa, R., Maiden, N., Mead, N., Rolland, C., “Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion”, Requirements Engineering, 11, 2006, pp. 102-107.
- [10] Jacobson I, Booch G., Rumbaugh J., “The Unified Software Development Process”, 1st Edition Addison Wesley, USA, 1999.
- [11] Cambridge Dictionary, “Definition of Guideline”, Online version. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/guideline>, 2022.
- [12] IEEE ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E). “Systems and software engineering” – Vocabulary, 2010.
- [13] Wohlin C., “Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering”, in Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, 2014, pp. 1–10.
- [14] Wohlin C., Runeson P., Höst M., Ohlsson M., “Experimentation in Software Engineering”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.