

Validación del método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software: Estudios de caso

Leandro M. Moreno¹, Marisa Panizzi^{1,2}, Roberto Bertone³

¹ Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Escuela de Posgrado. Universidad Tecnológica Nacional. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951, C.A.B.A, Argentina.

² Instituto de Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional de Hurlingham, Av. Vergara 2222 (B1688GEZ) - Villa Tesei - Bs. As. Argentina.

³ Instituto de Investigación en Informática (III-LIDI). Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata. Calle 50 y 120 - La Plata - Bs. As. – Argentina.

leandro.moreno@gmail.com, marisa.panizzi@outlook.com,
pbertone@lidi.unlp.edu.ar

Resumen. *En este artículo se presenta la validación de la aplicabilidad de un método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software, que consiste en el análisis de las dimensiones Organización, Proceso, Personas, Producto y Prácticas, herramientas y técnicas del proceso de despliegue. Se realizaron dos estudios de caso en Pequeñas y Medianas empresas (PyMES) desarrolladoras de software de Argentina en los que se evaluaron las percepciones de los usuarios sobre el método. Se obtuvieron resultados que validan la facilidad, utilidad e intención de uso del método, con dimensiones del método muy bien valoradas excepto las dimensiones Personas y Organización que deberán tenerse en cuenta para refinar el método.*

1. Introducción

El proceso de despliegue de sistemas de software es un proceso crucial del ciclo de vida de su desarrollo. En sentido estricto, se circunscribe al momento en el que el sistema finalmente estará operativo para que el cliente pueda beneficiarse económicamente de su uso [Subramanian 2017]. La implementación de estándares existentes en el mercado frecuentemente se percibe costosa y compleja de realizar [Jansen y Brinkkemper 2006], por lo que las organizaciones más pequeñas deben enfrentar el desafío de hallar el equilibrio entre sus prácticas cotidianas horizontales y los procedimientos formales, definidos y documentados inherentes a la aplicación de procesos de mejora de software más avanzados [Subramanian 2017], [Paredes y Carvalho 2017]. Las fallas totales o parciales en los procesos de despliegue 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. Esto puede ocasionar potenciales pérdidas económicas relacionadas al incumplimiento de objetivos y los retrasos experimentados en cada proyecto. En sentido contrario, los procesos exitosos de despliegue pueden aumentar sensiblemente la percepción de la calidad del software y, en consecuencia, sus expectativas comerciales [Jansen y Brinkkemper 2006]. Dado que aproximadamente el 80% de las organizaciones dedicadas al desarrollo de software en la Argentina son PyMES [Ministerio de Producción y Trabajo 2018], los aportes realizados

para este tipo de organizaciones contribuyen a la mejora continua de la industria del software.

Dada la relevancia del proceso de despliegue, los inconvenientes que conlleva un despliegue inadecuado más la necesidad de las PyMES de disponer de herramientas que las ayude a identificar los elementos del despliegue que requieren ajustes o revisiones para lograr la entrega satisfactoria, decidimos definir un método que permita analizar la factibilidad de despliegue de sistemas de software. Este método se basa en un análisis de cinco dimensiones que inciden directa o indirectamente sobre el proceso de despliegue: “Organización” (estructura organizacional en donde se desarrolla el proyecto de software), “Proceso” (flujo de trabajo del despliegue), “Personas” (factor humano que participa en el proceso de despliegue), “Producto” (sistema de software a desplegar) y “Prácticas, herramientas y técnicas” (abordajes sistematizados para llevar adelante el despliegue) [Petersen y Wohlin 2009]. A partir de la aplicación del método, se podrán identificar elementos del despliegue que requieran ajustes o revisiones para lograr un resultado exitoso, integrando una visión organizacional al análisis técnico, cuyo valor radica en la transversalidad de la evaluación que considera aspectos procedimentales, metodológicos y humanos, sumando mayor exhaustividad y permitiendo mejorar la calidad del proceso de toma de decisiones al momento de ejecutar cada despliegue.

En este artículo se presentan los resultados de la validación del método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software mediante dos estudios de caso que permitieron evaluar la percepción de los usuarios del método en PyMES desarrolladoras de software de Argentina para detectar las fortalezas y debilidades del método. Las tres variables de percepción tomadas del *Technology Acceptance Model* (TAM) [Davis 1989] son: “Facilidad de Uso Percibida” (en inglés, *Perceived Ease of Use* o PEOU), “Utilidad Percibida” (en inglés, *Perceived Usefulness* o PU) e “Intención de Uso” (en inglés, *Intention to Use* o ITU).

Para el diseño del método, realizamos el estado del arte mediante un mapeo sistemático de la literatura [Moreno *et al.* 2022] que nos permitió identificar la relevancia de las dimensiones “Organización”, “Proceso”, “Personas”, “Producto” y “Prácticas, herramientas y técnicas” y logramos evidenciar que existe preponderancia de las dimensiones “Organización” y “Proceso” sobre las restantes, además de la ausencia de enfoques integrales en que se encuentren presentes las cinco dimensiones en un mismo análisis.

Posteriormente, construimos una primera versión del método considerando las dimensiones “Organización” y “Proceso”, las cuales fueron validadas mediante un estudio de caso [Moreno *et al.* 2023]. Este estudio arrojó que el 93,3% del total de 60 preguntas del análisis sobre la factibilidad del despliegue de sistema de software del método fueron fáciles de comprender y relevantes. Asimismo, el 6,7% de dichas preguntas tuvieron deficiencias en la claridad y 3,35% en la precisión. Los resultados obtenidos de este estudio nos permitieron refinar y continuar con el desarrollo del método incorporando las tres dimensiones de análisis restantes (Personas, Producto, y Prácticas, herramientas y técnicas).

2. Descripción general del método

Para el diseño del método para analizar la factibilidad del despliegue de un sistema de software, se consideraron las dimensiones de análisis de los procesos de software

propuestas por Petersen y Wohlin [Petersen y Wohlin 2009], estas son: “Organización”, “Proceso”, “Personas”, “Producto” y “Prácticas, herramientas y técnicas”.

El método propuesto se basa en el principio de los sistemas de inferencia difuso [Jang 1993] y recoge el formato de tabulación y cálculo de un modelo de evaluación de proyectos de explotación de información [Pytel 2014], aplicado en escenarios de medición de variables de origen multidimensional cuyo valor proviene de la interpretación de un usuario. Del mismo modo, el método de análisis de factibilidad de despliegue de un sistema de software propone la evaluación de dimensiones de análisis, a partir de la codificación de un conjunto limitado de valores lingüísticos para cada respuesta a preguntas contenidas en una plantilla. Cada una de las dimensiones seleccionadas se componen de categorías que abarcan diferentes conceptos sobre los que se realizan cada una de las preguntas de un cuestionario, cuyas respuestas representan un determinado nivel de certeza o completitud. Esto permite mitigar parcialmente potenciales desvíos producidos por la asignación de valores fijos, que podrían verse distorsionados de acuerdo con la percepción de cada usuario. Cada respuesta tiene un intervalo difuso asociado, con cuatro puntos de ruptura cuyos valores oscilan entre 0 al 10: “Nada” (0,01;0,01;1,2;2,2); “Poco” (1,2;2,2;3,4;4,4); “Regular” (3,4;4,4;5,6;6,6); Mucho (5,6;6,6;7,88;8); “Todo” (7,8;8,8;10;10). Asimismo, tomando en cuenta que el análisis de cada variable no tiene una relevancia constante dentro del método, se le brindó a cada pregunta un peso relativo y un umbral o valor mínimo esperado, cuyo incumplimiento no permite aprobar el puntaje mínimo requerido para dar por aprobado el análisis de factibilidad. Posteriormente, se obtiene el valor resultante por cada dimensión, y finalmente, el resultado total del método que consistirá en la igualación o superación de un umbral general.

En la Tabla 1, se presentan las categorías identificadas para cada una de las dimensiones definidas en el método. Por restricciones de espacio, la plantilla del cuestionario que conforma al método se encuentra detallada en un anexo [Moreno *et al.* 2024]. Para el cálculo del resultado del análisis de factibilidad del despliegue de software, se utiliza una planilla de cálculo que se presenta en el siguiente enlace: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1PJuOTH1xhPYD83JdWNMLlcQT5RHycUPB_wOyqYfy4SY.

Este método al realizarse en la instancia previa al despliegue del sistema de software permite identificar con los puntajes obtenidos a través de la observación de categorías contenidas en cada dimensión analizada, aquellas que requieran ajustes o revisiones para lograr un despliegue exitoso. Asimismo, cabe destacarse que el perfil indicado para llevarlo adelante es el de líder de proyecto, por ser el responsable ante el cliente que puede ser externo o interno. Tiene, además, conocimiento para solicitar cambios en caso de ser necesario y una visión transversal sobre cada dimensión estudiada. Finalmente, los puntajes parciales obtenidos en cada resultado de cada dimensión son sujetos a un cálculo global cuyo límite será traducido en una alerta visual representada por tres colores: a) Rojo: no factible; b) Amarillo: potencialmente no factible; c) Verde: potencialmente factible. Esto brindará insumos para evaluar qué dimensiones no cumplen individualmente el umbral de aprobación e identificar los elementos a observar, corregir y/o accionar.

Tabla 1. Dimensiones y categorías del método.

Dimensión	Categoría	Concepto	Descripción
Organización (OR)	Estructura organizacional	Flexibilidad y distribución	Adaptabilidad y flexibilidad de la organización [Nagappan <i>et al.</i> 2018].
	Gestión del conocimiento y comunicación	Capacitación, integración, conocimiento	Administración de los recursos intelectuales de la organización y flujo de información [Nagappan <i>et al.</i> 2018].
	Gestión del proyecto	Institucionalización, relevancia interna y asignación de recursos	Institucionalización de procesos, traducido en la adherencia de las prácticas previstas para su desarrollo [Nagappan <i>et al.</i> 2018].
	Estándares y regulación	Legislación, contrato, restricciones de la industria, restricciones internas	Restricciones y regulaciones que afectan el desempeño de las actividades [Nagappan <i>et al.</i> 2018].
Proceso (PR)	Institucionalización	Internalización, adherencia, madurez y proyección	Adherencia, internalización, madurez y proyección organizacional del proceso [CMMI Product Team 2018].
	Sistematicidad	Integridad, integralidad, prerrequisitos, verificabilidad, trazabilidad, métricas y roles	Integridad y satisfacción de requisitos necesarios para cumplir con el proceso de despliegue [CMMI Product Team 2018].
	Comunicación	Difusión	Publicidad del proceso de despliegue [CMMI Product Team 2018].
	Riesgo	Identificación y formalización	Acciones de identificación y mitigación de riesgos [CMMI Product Team 2018].
Personas (PE)	Recursos humanos y roles	Definición, involucramiento y dedicación	Generación de roles y perfiles adecuados en cada actividad [Nagappan <i>et al.</i> 2018].
Producto (PD)	Complejidad	Origen y tamaño	Multiplicidad o diversidad de orígenes y tamaño de los artefactos involucrados [Petersen y Wohlin 2009].
	Madurez	Evolución	Evolución para alcanzar un grado de madurez en la última versión, a partir del uso sostenido por parte de los usuarios finales, de acuerdo con el estándar ISO/IEC 25010 [ISO/IEC 2017].
	Mantenibilidad	Desarrollo, modularidad, código fuente, analizabilidad, capacidad de prueba	Criterios de mantenibilidad y escalabilidad, propuestos por los estándares ISO/IEC 25010 e ISO 5055 [ISO/IEC 2017] [ISO 2021] [Petersen y Wohlin 2009].
	Compatibilidad	Desarrollo	Coexistencia con otros sistemas en infraestructuras compartidas, según el estándar ISO/IEC 25010 [ISO/IEC 2017].
	Fiabilidad	Tolerancia a fallos	Capacidad para operar según lo previsto en presencia de fallos hardware

Dimensión	Categoría	Concepto	Descripción
			o software, según el estándar ISO/IEC 25010 [ISO/IEC 2017].
Prácticas, herramientas y Técnicas (PHT)	Monitorización	Monitorización de procesos y artefactos	Existencia de dispositivos que permitan visualizar y controlar el proceso de despliegue y sus componentes, propuesto por el estándar ISO/IEC 19770 [ISO/IEC 2017b].
	Mejora continua	Mejora continua	Mecanismos de retroalimentación sobre experiencias anteriores aplicables al proceso [CMMI Product Team 2018].
	Automatizaciones	Automatizaciones	Prácticas automatizadas ya sea para el despliegue como para la ejecución de pruebas, de acuerdo a los estándares ISO/IEC/IEEE 29119 e ISO/IEC/IEEE 32675 [ISO/IEC/IEEE 2022], [ISO/IEC/IEEE 2022b].
	Configuración	Gestión de la configuración	Prácticas de gestión de la configuración en el marco del proyecto, conforme a CMMI [CMMI Product Team 2018].
	Prácticas y técnicas	Prácticas, entrega continua e integración continua	Técnicas de replicación de ambientes, estrategias de rollback, despliegue continuo e integración continua como instrumentos para el despliegue, de acuerdo a la ISO/IEC/IEEE 32675 [ISO/IEC/IEEE 2022b].

3. Estudios de caso

En esta sección se presentan dos estudios de caso (EC1 y EC2) realizados en PyMES desarrolladoras de software de Argentina, con el propósito de validar el método de análisis de factibilidad de despliegue de sistema de software propuesto para detectar sus fortalezas y debilidades. En estos estudios se evaluaron las percepciones de las variables PEOU, PU e ITU tomadas como se mencionó anteriormente del *Technology Acceptance Model* (TAM) [Davis 1989]. Para la realización y reporte de los estudios de casos se siguieron las directrices propuestas por en [Runeson *et al.* 2012].

3.1. Objetivos y preguntas de investigación (PI) de los estudios de caso

En la Tabla 2 se presenta el objetivo de los estudios de caso siguiendo el paradigma Goal-Question-Metric [Basili *et al.* 1988].

Tabla 2. Objetivo de los estudios de caso.

Analizar	la aplicación del método de análisis de factibilidad para el despliegue de sistemas de software,
con el propósito de	evaluar la percepción de los usuarios,
con respecto a	la “Facilidad de Uso Percibida”, “Utilidad Percibida” e “Intención de Uso”,
desde el punto de vista	de profesionales de la industria del software,
en el contexto de	PyMES de Argentina.

Para lograr este objetivo se plantearon las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI1: ¿Cuál ha sido la percepción de los profesionales de la industria del software al aplicar el método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software?

Para dar respuesta a esta pregunta, como se comentó anteriormente, se evaluaron tres variables de percepción tomadas de (TAM) [Davis 1989].

PI2: ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades informadas por la organización al aplicar el método propuesto?

Con esta pregunta se busca indagar las fortalezas y debilidades del uso del método, y así indagar sobre qué aspectos sería necesario mejorar.

3.2. Contexto, caso y unidad de análisis (EC1 y EC2)

De acuerdo con la clasificación de Yin [Yin 2014] los dos estudios de caso son holísticos y de casos únicos caracterizados por los elementos que se presentan en la Tabla 3. Se utilizó la clasificación de PyMES en Argentina según la cantidad de empleados [Ministerio de Desarrollo Productivo 2018].

Tabla 3. Contexto: actores, contexto, caso y unidad de análisis de los estudios de caso (EC1, EC2).

Estudios de caso	Actores	Contexto	Caso	Unidad de análisis
EC1	PyME mediana de tramo 1 de 46 empleados, ubicada en Argentina, que ofrece servicios del rubro financiero.	La empresa utiliza una metodología de desarrollo ágil, en la que se cumplen las etapas de recolección de	Despliegue de un sistema web de gestión de accesos e identidad de clientes.	Aplicación del método de análisis de factibilidad de despliegue de sistema de software.
EC2	PyME mediana de tramo 1 de 55 empleados, ubicada en Argentina, que ofrece servicios del rubro financiero.	requerimientos, análisis, codificación e implementación de los desarrollos dentro de cada sprint, finalizando con el proceso de despliegue en ambiente productivo.	Despliegue de un paquete de evolutivos para un sistema de enrolamiento con datos biométricos de una empresa del sector financiero.	

En la Tabla 4 se muestra el detalle de cada uno de los módulos involucrados en el despliegue para cada uno de los estudios de caso. Las fechas de despliegue (puesta en producción) y de capacitación han sido acordadas entre el cliente y las PyMES

Tabla 4. Módulos involucrados en el despliegue y su descripción.

Estudios de caso	Nombre del módulo	Descripción
EC1	Formularios de autenticación.	Identificador de origen de sesión Implementación de mecanismo de prevención de inyección de datos Look and Feel.
	Autogestión de identidad.	Edición de datos personales Look and Feel.
EC2	Dashboard de uso de reconocimiento facial.	Monitor actualizado en tiempo real con datos de transacciones sobre la aplicación.
	Dashboard histórico de conversiones.	Reporte histórico con datos de fechas pasadas que incluye enrolamientos.

3.3. Preparación para la recolección de los datos

En los estudios de caso participaron dos líderes de proyectos, uno de cada una de las PyMES a los cuales se les brindó una capacitación sobre el método propuesto, en dos sesiones de dos horas cada una de manera virtual a través de *Microsoft Teams*.

Para facilitar la recolección de los datos y dar respuesta a la primera pregunta de investigación (PI1), se utilizó un cuestionario basado en TAM, para evaluar la percepción de los usuarios una vez aplicado el método de análisis de factibilidad de despliegue dentro de sus respectivos procesos de despliegue (Ver Tabla 5). Este cuestionario contiene 20 ítems definidos para medir las dimensiones descritas anteriormente. Cada ítem se evalúa con una escala Likert de 5 puntos utilizando etiquetas lingüísticas. Las etiquetas lingüísticas utilizadas son: “Totalmente de acuerdo”, “De acuerdo”, “Parcialmente de acuerdo”, “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo”.

La estructura del cuestionario cuenta con un primer nivel con cada una de las dimensiones definidas en el método (Organización, Proceso, Personas, Producto y Prácticas, herramientas y técnicas). Cada una de éstas cuenta con un segundo nivel para cada una de las variables de percepción a medir (PEOU, PU y ITU). La variable PEOU se mide utilizando diez ítems de la encuesta (P1, P3, P5, P8, P9, P11, P13, P15, P17 y P19). La variable PU se mide con cinco ítems de la encuesta (P2, P7, P10, P14 y P18). Y la variable ITU se mide con cinco ítems (P4, P6, P12, P16 y P20). Además, en el cuestionario se plantearon algunos ítems de manera positiva y algunos ítems de manera negativa para mitigar los desvíos de un posible sesgo por parte del usuario al responder en serie. El cuestionario basado en TAM se envió a los Líderes de proyecto vía correo electrónico.

Tabla 5. Cuestionario basado en TAM.

Ítems del cuestionario	Variable a medir
Dimensión Organización	
P1.- Considero que las preguntas incluidas dentro de la dimensión Organización del método son claras y fáciles de entender.	PEOU

P2.- En general, encuentro útiles las preguntas propuestas para la dimensión Organización.	PU
P3.- Considero que las preguntas formuladas en la dimensión Organización son claras y fáciles de aplicar.	PEOU
P4.- Usaré la sección correspondiente a la dimensión Organización para futuros despliegues de sistemas de software	ITU
Dimensión Proceso	
P5.- Encuentro que los recursos propuestos en la dimensión Proceso son fáciles de aplicar.	PEOU
P6.- Usaré las preguntas de la dimensión Proceso para ejecutar el despliegue de sistemas de software.	ITU
P7.- Considero que las preguntas de la dimensión Proceso mejorarían el proceso de despliegue de sistemas de software.	PU
P8.- Las preguntas planteadas en la dimensión Proceso son fáciles de aplicar en el despliegue de software.	PEOU
Dimensión Personas	
P9.- Encuentro las preguntas del relativas a la dimensión Personas complejas y difíciles de responder.	PEOU
P10.- Considero que el proceso de elaboración de las respuestas en la dimensión Personas permitirían reducir problemas en el despliegue.	PU
P11.- Considero que la estructura del cuestionario en la dimensión Personas es confusa y difícil de entender.	PEOU
P12.- No tengo la intención de utilizar la dimensión Personas del método en los futuros despliegues de sistemas de software.	ITU
Dimensión Producto	
P13.- Encuentro las preguntas relativas a la dimensión Producto complejas y difíciles de responder.	PEOU
P14.- Considero que el proceso de elaboración de las respuestas en la dimensión Producto permitirían reducir problemas en el despliegue.	PU
P15.- Considero que tanto la estructura del cuestionario en la dimensión Producto es confuso y difícil de entender.	PEOU
P16.- No tengo la intención de aplicar la Dimensión Producto del método en los futros despliegues de sistemas de software.	ITU
Dimensión Prácticas, herramientas y técnicas	
P17.- Encuentro las preguntas relativas a la dimensión Prácticas, herramientas y técnicas complejas y difíciles de responder.	PEOU
P18.- Considero que el proceso de elaboración de las respuestas en la dimensión Prácticas, herramientas y técnicas permitirían reducir problemas en el despliegue.	PU
P19.- Considero que tanto la estructura en la dimensión Prácticas, herramientas y técnicas es confusa y difícil de entender.	PEOU
P20.- No tengo la intención de utilizar la dimensión Prácticas, herramientas y técnicas en los futuros despliegues de sistemas de software.	ITU

El tipo de recolección de datos definida en EC1 y EC2 se corresponde a la técnica de recolección de primer grado según la clasificación propuesta por Lethbridge *et al.* [Lethbridge *et al.* 2005].

La etapa de recolección de datos cualitativos en EC1 y EC2 se completa a través de codificación de las respuestas y la realización de los cálculos de las respuestas del cuestionario basado en TAM, en la planilla de cálculo ubicada en <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Z3j-iJaeAzyZtkB5uUZ6IGjQGsb2HnD4Q2FFTWNyhE> . Con esto se obtuvo respuesta a la primera pregunta de investigación (PI1).

Posteriormente, para dar respuesta a la segunda pregunta de investigación (PI2), se realiza una entrevista semiestructurada a cada uno de los líderes de proyecto que aplicaron el método propuesto, con el objetivo de indagar sobre las fortalezas y debilidades de este. El cuestionario empleado en la entrevista se divide en tres categorías de preguntas. Para las preguntas de la primera categoría respecto a las preguntas demográficas (PE1 y PE2) se consideraron las preguntas del estudio HELENA [Kurmman *et al.* 2018] por tratarse de un estudio internacionalmente reconocido. Las restantes preguntas se focalizan en las dimensiones del método (PE3 y PE4) y finalmente, sobre la experiencia general del método que han aplicado los líderes de proyectos (PE5, PE6 y PE7). En la Tabla 6 se presentan las preguntas del cuestionario utilizado en la entrevista.

Tabla 6. Preguntas del cuestionario utilizadas en la entrevista de EC1 y EC2.

Categoría 1: Preguntas demográficas.
PE1.- ¿Cuál es su rol actual en la empresa?
PE2.- ¿Cuánto tiempo hace que trabaja en la industria del software?
Categoría 2: Preguntas sobre los instrumentos del método.
PE3.- ¿Completó todas las dimensiones definidas en el método (Organización, Proceso, Personas, Producto y Prácticas, herramientas y técnicas)?
PE4.- ¿Cuál es su opinión respecto al cuestionario del método?
Categoría 3: Preguntas sobre el método en general
PE5.- ¿Qué agregaría o quitaría al método?
PE6.- ¿Cuál es su valoración sobre su experiencia del uso del método? (Muy buena/Buena/Parcialmente buena/Regular/Mala).
PE7.- ¿Cómo valora el impacto de usar el método en la calidad de sus futuros despliegues? Alto/Medio/Bajo.

Los resultados de las entrevistas cuyo objetivo consiste en dar respuesta a la PI2 respecto a las fortalezas y debilidades descritas por la PyME al aplicar el método se encuentran detallados en el Anexo [Moreno *et al.* 2024]. El tiempo empleado para entrevistar al líder de proyecto ha sido de aproximadamente 15 minutos. El desarrollo de la entrevista consistió en las siguientes fases:

- Fase 1: explicación del objetivo de la entrevista. En esta etapa se solicitó permiso para la grabación.
- Fase 2: en esta etapa se realizaron preguntas demográficas relacionadas a la experiencia profesional en la industria del software, rol que desempeña en la empresa (PE1, PE2).
- Fase 3: en esta etapa se realizaron las preguntas relacionadas a las dimensiones del método (PE3, PE4).
- Fase 4: en esta etapa se realizaron preguntas relacionadas con la experiencia general del uso del método (PE5, PE6 y PE7).

- Fase post entrevista: se realizó la transcripción de la entrevista y se validó con el entrevistado para asegurar la fiabilidad de las respuestas interpretadas.

Para facilitar el análisis de los datos recopilados en las entrevistas y realizar un registro sistemático de los datos se definió una planilla con un esquema de codificación de acuerdo con el enfoque de la plantilla [Runeson *et al.* 2012], que se encuentra en el Anexo [Moreno *et al.* 2024]. Esto permite satisfacer el requisito de formalismo y estructuración que garantizan la revisión entre los pares investigadores, la trazabilidad y la capacidad de replicación.

3.4. Análisis e interpretación de los datos de EC1 y EC2

En esta sección, en primer lugar, se presentan los resultados obtenidos del cuestionario TAM sobre las percepciones de los usuarios (líderes de proyectos) del método para dar respuesta a la PI1. En segundo lugar, se describen los resultados de las entrevistas realizadas a cada uno de los usuarios con el propósito de dar respuesta a la PI2 respecto a las fortalezas y debilidades del método.

En la Tabla 7 se presentan los resultados de las tres variables de percepción obtenidas de cada usuario.

Tabla 7. Variables de percepción del método (EC1 y EC2).

Estudio de caso	Usuarios	PEOU	PU	ITU
EC1	Líder de proyecto	92%	84%	52%
EC2	Líder de proyecto	76%	84%	84%

Para lograr los resultados de cada una de las variables de percepción para cada uno de los usuarios se realizaron los pasos obtenidos de [Panizzi 2022].

Las percepciones obtenidas del usuario Líder de Proyecto sobre el método para EC1 y EC2, se recoge un valor 92% y 76% para cada uno, respecto a la variable “Facilidad de Uso Percibida”. Sobre la variable “Utilidad Percibida”, 84% para ambos casos. Finalmente, para medir la percepción de la variable “Intención de Uso”, se recogieron valores de 52% y 84% del método en futuros despliegues. Para lograr la descomposición porcentual de cada variable de percepción por cada una de las dimensiones del método se realizaron los siguientes pasos obtenidos de [Panizzi 2022]:

- 1) Para cada variable se calculó la percepción parcial por dimensión de la misma manera que se calcula la percepción total de la variable. Los valores para emplear en los cálculos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Cálculo de la variable de percepción (EC1 y EC2).

Cálculo de variable de percepción – Dimensión					
Total de Preguntas	Total de Respuestas	Puntuación Mínima posible	Puntuación Máxima Posible	Puntuación Total en la escala	% Percepción por dimensión

- 2) Una vez obtenidos los porcentajes para cada una de las dimensiones de una determinada variable de percepción, se realiza la sumatoria.

3) Para cada dimensión de una determinada variable de percepción se realiza el siguiente cálculo:

Porcentaje de la dimensión/Sumatoria de los porcentajes de todas dimensiones

De esta manera, se obtiene la descomposición porcentual de la variable para cada una de las dimensiones del método.

En Tabla 9 se presenta para cada uno de los casos (EC1 y E2) y variables de percepción (PEOU, PU e ITU), su composición en relación con las dimensiones propuestas en el método para el usuario objetivo.

Tabla 9. Percepción de cada dimensión del método (EC1 y EC2).

Dimensión	PEOU		PU		ITU	
	EC1	EC2	EC1	EC2	EC1	EC2
Organización	21,74%	5,26%	23,81%	23,81%	7,69%	23,81%
Proceso	21,74%	26,32%	23,81%	23,81%	38,46%	23,81%
Personas	21,74%	26,32%	4,76%	4,76%	7,69%	23,81%
Producto	21,74%	15,79%	23,81%	23,81%	38,46%	23,81%
Prácticas, herramientas y técnicas	13,04%	26,32%	23,81%	23,81%	7,69%	4,76%

Las transcripciones de las entrevistas realizadas a los líderes de proyecto fueron llevadas a cabo por uno de los investigadores y la codificación resultante fue examinada entre los tres autores para mitigar el riesgo de sesgo por parte del primero [Runeson *et al.* 2012]. El detalle de estas se encuentra en el anexo [Moreno *et al.* 2024].

3.5. Resultados de EC1

Los resultados obtenidos en EC1, llevado a cabo en una PyME de tramo 1 (46 empleados) desarrolladora de software de Argentina, relacionados con las preguntas de investigación son los siguientes:

PII: ¿Cuál ha sido la percepción de los profesionales de la industria del software al aplicar el método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software?

A partir de la lectura de las variables de percepción del cuestionario realizado al líder de proyecto, se considera que el método tiene niveles de aprobación en las variables “Facilidad de uso percibida” (92%) y “Utilidad percibida” (84%). Asimismo, respecto a la variable “Intención de uso”, el nivel fue notablemente menor (52%) que el resto.

Respecto a la representatividad de las dimensiones sobre cada variable, en primer lugar, con relación a las dimensiones Organización, Proceso, Personas y Producto, la variable “Facilidad de Uso Percibida” presenta el mayor valor (21,74%). El menor valor se presenta en la dimensión Prácticas, herramientas y técnicas. (13,04%). Con relación a la variable “Utilidad Percibida”, presentan un porcentaje más elevado (23,81%) las dimensiones Proceso, Producto y Prácticas, herramientas y técnicas. En último lugar se ubica la dimensión Personas (4,56%). En relación con las dimensiones Proceso y

Producto, la variable “Intención de Uso” presenta un alto porcentaje (38,46%). Las restantes dimensiones Organización, Personas y Prácticas, herramientas y técnicas se registran un menor valor de representatividad (7,69%).

PI2: ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades informadas por la organización al aplicar el método propuesto?

El usuario entrevistado cumple el rol de líder de proyecto y cuenta con 8 años de experiencia en la industria del software. Este usuario indica que la experiencia general de la aplicación del método ha sido positiva en tanto logró identificar a través de una alerta por bajo puntaje global en forma de semáforo rojo sobre el área de resultados de la plantilla utilizada para llevarlo adelante, elementos sobre la Dimensión Proceso a reforzar y sobre los cuales capacitar. Asimismo, asegura que incorporar este método impactaría medianamente en la calidad de los futuros despliegues de sistemas de software de la empresa. Por otra parte, indica que, si bien el cuestionario del método pudo ser respondido en su totalidad, algunas preguntas relativas a la composición de los roles sobre la dimensión Personas resultaron menos relevantes, mientras que carece de elementos para responder otras de la dimensión Organización sobre la distribución interna de recursos. Por este motivo, sostiene que se debería poder omitir algunas preguntas o bien, prescindirse.

3.6. Resultados de EC2

Los resultados obtenidos en EC2, llevado a cabo en una PyME de tramo 1 (55 empleados) desarrolladora de software de Argentina, relacionados con las preguntas de investigación son los siguientes:

PI1: ¿Cuál ha sido la percepción de los profesionales de la industria del software al aplicar el método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software?

De acuerdo a lo obtenido en la respuesta de las preguntas del cuestionario de la Encuesta TAM por parte del usuario líder de proyecto, se considera que el método tiene un alto nivel en las tres variables analizadas: “Facilidad de uso percibida” (76%), “Utilidad percibida” (84%) e “Intención de uso” (84%). Asimismo, respecto a la representatividad de las dimensiones, con relación a las dimensiones Proceso, Personas y Prácticas, herramientas y técnicas, la variable “Facilidad de Uso Percibida” presenta el mayor valor (26,32%). En segundo lugar, se encuentra la dimensión Producto (15,79%). En último lugar se encuentra la dimensión Organización (5,26%). Con relación a la variable “Utilidad Percibida”, presentan el mayor porcentaje de representatividad (23,81%), las dimensiones Organización, Proceso, Producto y Prácticas, herramientas y técnicas. En último lugar se ubica la dimensión Personas (4,76%). En relación con las dimensiones, Organización, Proceso, Personas, Producto, la variable “Intención de Uso” presenta un alto porcentaje de representatividad (23,81%). La restante dimensión Prácticas, herramientas y técnicas se ubica con menor representatividad en la intención de uso (4,76%).

PI2: ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades informadas por la organización al aplicar el método propuesto?

El usuario entrevistado cumple el rol de líder de proyecto y cuenta con 12 años de experiencia en la industria de software. Este usuario indica que la experiencia general de

la aplicación del método ha sido muy buena al haber logrado ajustar elementos sobre la dimensión Proceso, así como revisar y accionar sobre otros de la dimensión Organización a través del trabajo en aspectos comunicacionales de la empresa. El método arrojó un puntaje parcial por debajo del umbral previsto en las dimensiones Organización y Proceso, por lo que el valor final fue representado por un indicador semáforo de color rojo sobre la sección de resultados. Por este motivo, argumenta que el potencial impacto en la calidad de los futuros despliegues de sistemas de software de la empresa es de nivel alto. Asimismo, desearía que pudieran omitirse ciertas preguntas relativas a las prácticas, herramientas y técnicas y/o considerar alguna forma de que se ignoren en la puntuación final. Particularmente, el usuario manifestó que las preguntas sobre el uso de herramientas de monitoreo y el desarrollo de automatizaciones no aplican ni podrían considerarse en su caso de despliegue y que sería conveniente poder eliminarlas o ignorarlas.

3.7. Amenazas a la validez

Para analizar las amenazas a la validez de EC1 y EC2 se tuvieron en cuenta los factores propuestos por Runeson *et al.* [Runeson *et al.* 2012].

- Validez del constructo. El cuestionario basado en TAM permitió evaluar la percepción de las tres variables y de todas las dimensiones que componen el método. Las entrevistas realizadas de manera personalizada permitieron comprender las preguntas por los usuarios (Líderes de proyectos). La formación impartida ha sido adecuada. Todas estas acciones realizadas nos permitieron mitigar este aspecto.
- Validez interna. Si bien la información obtenida a través del cuestionario basado en TAM y las entrevistas proviene de solo 2 Líderes de proyectos de 2 PyMES desarrolladoras de software en Argentina es importante resaltar que el método ha sido aplicado y evaluado en el contexto real y que se lograron responder las preguntas de investigación.
- Validez externa. El uso de un estudio de caso único y holístico puede limitar la generalización de los resultados. Encontramos que los dos líderes de proyectos coinciden en que el método les ha permitido identificar y evaluar accionables para la mejora de su proceso de despliegue, y basados en su experiencia, lo podrían extender a otros escenarios.
- Fiabilidad. Los datos de EC1 y EC2 fueron recopilados por un solo investigador. Aunque fueron analizados entre los tres autores, esto puede considerarse una amenaza para la investigación. Para agregar un mayor grado de confiabilidad, sería recomendable que otro investigador aplicara la estrategia del caso (cuestionario TAM y entrevista) en otros estudios de caso.

4. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se han presentado dos estudios de caso en los que se aplicó el método de análisis de factibilidad en el despliegue de sistemas de software por parte de los respectivos líderes de proyecto sobre escenarios reales. Ambos estudios fueron realizados en dos PyMES desarrolladoras de software de Argentina, obteniendo retroalimentación sobre la percepción de su facilidad de uso, utilidad e intención de uso:

- En ambos estudios de caso (EC1 y EC2), se obtuvo una respuesta favorable sobre la Facilidad de Uso Percibida (76% y 92% respectivamente), lo que nos brinda un indicador positivo respecto al registro lingüístico y a la estructura del método.

- Los entrevistados, con experiencia en la industria del software de 8 y 12 años respectivamente, en ambos estudios de caso (EC1 y EC2) hicieron mención sobre el menor grado de representatividad de la dimensión Personas respecto a la variable Utilidad Percibida. El usuario de EC1 mencionó que la
- Los estudios de caso (EC1 y EC2) arrojaron diferentes resultados respecto a la intención de uso global del método para el futuro. En EC1, la intención global de uso arrojó un 52%, mientras que en EC2, fue de 84%. En ambos casos se observa la mayor representatividad de las dimensiones Producto y Proceso, lo que puede considerarse una fortaleza para el método propuesto ya que ponderan tanto la evaluación propuesta sobre los aspectos procedimentales del despliegue como las variables del artefacto desplegado. No obstante, se recogió que tanto las dimensiones Personas como Prácticas, herramientas y técnicas fueron evaluadas con menor utilidad e intención de uso, lo que las hace menos atractivas para la adopción del método. Los usuarios del método señalaron la incapacidad para evaluar algunos aspectos de las personas involucradas en el proyecto como también la irrelevancia de otras variables relativas a las tecnologías utilizadas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los estudios de casos, el próximo paso en esta investigación será refinar el método revisando, simplificando o analizando la exclusión dinámica de ciertas preguntas de los cuestionarios de cada dimensión. Dada la diversidad de escenarios en los que se podría implementar el método, se introducirá la posibilidad de responder opcionalmente a través de la asignación de un valor residual del tipo “no aplica”. Asimismo, se considerará el desarrollo de alguna herramienta que permita automatizar en mayor medida la aplicación del método de forma más sencilla y en menor tiempo.

Otras posibles líneas de trabajo futuro son: a) extender la evaluación del método por fuera del universo de las PyMES de Argentina y b) evaluar continuar el método propuesto y desarrollar una funcionalidad de salida de datos exportables para su uso y explotación.

5. Bibliografía

- Basili V., Rombach D. (1988), The TAME project: towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 14(6).
- CMMI Product Team (2018), "CMMI for Development, Version 2.0," Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania.
- Davis F. (1989), Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly* 13, 13(3), pp. 319-340.
- ISO/IEC. (2017), ISO/IEC 25010. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)
- ISO/IEC. (2017b), ISO/IEC 19770. Information technology - IT asset management
- ISO/IEC/IEEE. (2022), ISO/IEC/IEEE 29119. Software Testing Standard.
- ISO/IEC/IEEE. (2022b), ISO/IEC/IEEE 32675. Information technology — DevOps —
- ISO. (2021), ISO 5055. Information technology. Software measurement.
- Jang, J.S.R. (1993), ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System.

- Jansen S., Brinkkemper S (2006), 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*, pp. 166-175.
- Kurmamm M., Tell P., Klünder J., Hebig R., Licorish S., MacDonell S. (2018), Complementing materials for the HELENA study.
- Ministerio de Producción y Trabajo. (2018), “Informe Argentina Productiva”, Presidencia de la Nación Argentina. Secretaría de la Transformación Productiva. - Economía del Conocimiento, <https://biblioteca.produccion.gob.ar/buscar/?fid=16>
- Moreno L., Panizzi M., Bertone R. (2022), Revisión de la Literatura sobre el Análisis de Factibilidad del Despliegue de Sistemas de Software. En *10mo Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI 2022*, pp. 731-738. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina. <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/1146/1059>
- Moreno L., Panizzi M., Bertone R. (2023), Refinamiento del método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software: Estudio de caso. En *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2023, Luján, Buenos Aires, Argentina*
- Moreno L., Panizzi M., Bertone R. (2024), Anexo: Validación del método de análisis de factibilidad del despliegue de sistemas de software: Estudios de caso. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.25093541>
- Panizzi M. (2022). *DepProMod: Modelo de Proceso de Despliegue de Sistemas de Software*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/139509>
- Nagappan, N., Murphy, B., Basili, V. (2018), The influence of organizational structure on software quality.
- Paredes I., Carvalho J. (2017), Research in Progress: Understanding the process of implantation IT Enterprise Applications in Small and Medium Enterprises (SMEs).
- Petersen, K. Wohlin, C. (2009), Context in industrial software engineering research.
- Pressman, R. S. (2010), *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. 7th Edition. MacGraw Hill, New York
- Pytel, P. (2014), Viabilidad y Estimación de proyectos de explotación de información. Tesis doctoral. Facultad de Informática. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43572>
- Runeson P., Höst M., Rainer A., Regnell B. (2012), *Case study research in software engineering: guidelines and examples*. Wiley Publishing, Hoboken.
- Subramanian N. (2017), The software deployment process and automation. pp. 28-34
- Yin R. (2014), *Case study research: design and methods*. Fifth Edition. Sage Publications.