



**Marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de
software**

María Cristina Tafur Preciado

Director (a):

Alix Erica Rojas Hernández

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá D.C., Colombia

30 de noviembre de 2023

**Marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de
software**

María Cristina Tafur Preciado

Director (a):

Alix Erica Rojas Hernández

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Modalidad:

Monografía

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría En Gerencia De Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá D.C., Colombia

30 de noviembre de 2023

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

A Dios por darme las fuerzas y la persistencia de continuar. A mis padres cuyo amor y sacrificio han sido pieza fundamental para formarme como la persona y la profesional que soy. A mi esposo, por estar ahí apoyándome siempre. A mis hijos, por ser la fuente de inspiración. A todos aquellos que de un modo u otro contribuyeron a hacer de este logro una realidad brindándome el apoyo, acompañamiento e impulso necesarios para cumplir esta meta.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por ser el motor que me impulso todo el tiempo a seguir adelante y culminar esta maestría. A la ingeniera Alix Erica Rojas, por su orientación y apoyo durante toda investigación. Un agradecimiento muy especial a mi familia por el apoyo constante e incondicional sin los cuales este logro no habría sido posible; Lili, Wilson, Chela y Alvaro con sus aportes invaluable siempre a mi lado sin importar el día ni la hora, los quiero mucho. También quiero expresar mi gratitud a Oscar, Jorge Ivan, Milton, Wilson, Alvaro Francisco, María Isabel, Yenny, Marco T, Xiomara y Diego por sus valiosos consejos y orientaciones que me permitieron ir perfeccionando a cada paso que avanzaba.

Resumen

En el panorama dinámico del desarrollo de software, el éxito del proyecto depende de la gestión de las complejidades inherentes a la interacción entre los requisitos del usuario, las metodologías, los desafíos imprevistos y la inevitable necesidad de cambio. En este documento se explora el contexto de las metodologías de gestión de proyectos, utilizando el Project Management Institute (PMI) como marco fundamental. Se revisan diferentes estudios realizados sobre el resultado de los proyectos por organizaciones reconocidas como ACIS, Standish group, PMI y La Universidad de Cambridge, para identificar las causas clave de las desviaciones y fallas en los proyectos de software identificando la gestión de cambios como un factor influyente en el resultado de los proyectos por lo que en el documento se presenta el proceso de gestión de cambios detallando la actividad de decidir acerca de los cambios.

Reconociendo la necesidad de un enfoque estructurado para evaluar el impacto de los cambios en los proyectos de software, esta investigación propone un marco metodológico basado en el método de vinculación Función-Comportamiento-Estructura (FBS). El marco propuesto tiene como objetivo proporcionar una perspectiva sistemática sobre el impacto de un cambio a través de una adaptación del método FBS Linkage, el cual describe las relaciones entre las funciones que realiza el sistema, los elementos de la solución, el comportamiento inherente entre estos dos y las dependencias entre estos. Por lo que este marco ofrece un enfoque estructurado para medir y analizar las repercusiones de los cambios introducidos durante el ciclo de vida del proyecto, que permitirá contar con una mayor perspectiva de lo que implica el cambio, apalancando la toma de decisiones con elementos de valor y de forma más acertada.

Con el fin de validar el marco metodológico propuesto, se emplea el juicio de expertos como método de validación para verificar la fiabilidad de la metodología propuesta. Expertos con diferentes perfiles en gestión de proyectos y desarrollo de software aportan sus conocimientos y valoraciones en la aplicabilidad del marco en diversos escenarios, destacando la importancia de contar con un mecanismo que permita contar con mayor detalle las implicaciones de realizar un cambio y la posibilidad de su uso en el ámbito profesional.

Palabras clave: PMI, Gestión de cambios, Desarrollo de software, mapas de impacto, método de vinculación; comportamiento estructura, propagación del cambio

Abstract

In the dynamic landscape of software development, project success depends on managing the complexities inherent in the interaction between user requirements, methodologies, unforeseen challenges, and the inevitable need for change. This document explores the context of project management methodologies, using the Project Management Institute (PMI) as a fundamental framework. Different studies carried out on the results of projects by recognized organizations such as ACIS, Standish group, PMI and The University of Cambridge are reviewed to identify the key causes of deviations and failures in software projects, identifying change management as a factor. influential in the results of the projects, which is why the document presents the change management process detailing the activity of deciding about changes.

Recognizing the need for a structured approach to evaluate the impact of changes in software projects, this research proposes a methodological framework based on the Function-Behavior-Structure (FBS) linking method. The proposed framework aims to provide a systematic perspective on the impact of a change through an adaptation of the FBS Linkage method, which describes the relationships between the functions performed by the system, the elements of the solution, the inherent behavior between these two and the dependencies between them. Therefore, this framework offers a structured approach to measure and analyze the impacts of changes introduced during the project life cycle, which will allow for greater insight into what the change entails, leveraging decision making with elements of value. and in a more accurate way.

In order to validate the proposed methodological framework, expert judgment is used as a validation method to verify the reliability of the proposed methodology. Experts with different profiles in project management and software development contribute their

knowledge and assessments of the applicability of the framework in various scenarios, highlighting the importance of having a mechanism that allows for greater detail on the implications of making a change and the possibility of its use in the professional field.

Keywords: PMI, Change Management, Software Development, Impact Maps, Linking Method; behavior structure, propagation of change

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	13
Lista de Tablas.....	13
Introducción.....	16
<i>Problema de investigación</i>	18
<i>Planeamiento del problema</i>	19
Objetivos	22
<i>Objetivo general</i>	22
<i>Objetivos específicos</i>	22
Justificación	22
Marco de referencia.....	25
<i>Metodología de gestión de proyectos PMI</i>	26
<i>Principios para la administración de proyectos</i>	27
<i>Dominios de desempeño</i>	27
<i>Procesos de gestión de proyectos</i>	28
<i>Estudios realizados sobre el resultado de los proyectos</i>	29
<i>Proceso de Gestión de cambios</i>	38
<i>Decidir acerca de los cambios</i>	41
Mapas de Impacto	43
<i>Método FBS Linkage</i>	48
Hipótesis	52

Metodología	52
Desarrollo del marco metodológico	53
<i>Necesidad del marco metodológico</i>	53
<i>Marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en un proyecto</i>	59
Evaluación del marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de Software.....	73
<i>Identificación de las características a evaluar por los expertos</i>	74
<i>Selección de los expertos</i>	75
<i>Diseño de la entrevista para la recolección de datos</i>	76
<i>Consulta a los expertos</i>	77
<i>Resultado de la evaluación de expertos</i>	78
Conclusiones	82
Recomendaciones	84
Referencias	86

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Dominios de desempeño definidos en el PMBOK 7	28
Figura 2 Impulsores de éxito de los proyectos	32
Figura 3 Proceso control Integrado de cambios	40
Figura 4 Herramientas de control de cambios	41
Figura 5 Preguntas Mapas de Impacto.....	44
Figura 6 Tipos de Actores.....	45
Figura 7 Rol de los mapas de impacto.....	48
Figura 8 Concepto del método FBS Linkage	49
Figura 9 Pasos método Juicio de expertos	53
Figura 10 Herramientas para decidir acerca de los cambios.	58
Figura 11 Pasos Marco Metodológico para la validación del cambio.	60

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

Figura 12 Actividad descomponer el producto.	60
Figura 13 Actividad Descomponer el producto.	61
Figura 14 Identificar dependencias entre atributos.	66
Figura 15 Identificar y calcular la propagación del cambio.....	68
Figura 16 Realizar Valoración del cambio	72
Figura 17 Resultado porcentual por respuesta	80

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Resultados mano ganadora versus mano perdedora.....	30
Tabla 2 Métricas de desempeño de los proyectos innovadoras en PMTQ versus Rezagadas en PMTQ.....	33
Tabla 3 Resultados de proyectos	36
Tabla 4 Resultado de proyectos por habilidades en toma de decisiones.....	37
Tabla 5 Resultado por tipo de proyecto.....	37
Tabla 6 Principales Causas de desviaciones y/o fracasos en los proyectos.....	54
Tabla 7 Ubicación del proceso realizar el control integrado de cambios.	56
Tabla 8 Listado de Productos.....	61
Tabla 9 Listado de Funcionalidades	62
Tabla 10 Atributos de estructura.	63
Tabla 11 Matriz de dependencias/enlaces entre atributos de estructura.	64
Tabla 12 Atributos de Comportamiento.	65
Tabla 13 Matriz de dependencias entre atributos de estructura y de comportamiento.....	67
Tabla 14 Matriz de dependencias entre funciones y atributos de estructura.....	67
Tabla 15 Identificación de cambios.....	69
Tabla 16 Identificar propagación directa.	70
Tabla 17 Identificar Propagación Indirecta	71
Tabla 18 Realizar la valoración del cambio	72
Tabla 19 Variables a evaluar	74
Tabla 20 Indicadores por variable.....	74
Tabla 21 Descripción de perfil de expertos	76
Tabla 22 Diseño de encuesta	77
Tabla 23 Respuestas de valoración del marco metodológico por parte de los expertos	79

Introducción

Los proyectos son utilizados en las organizaciones para atender sus necesidades en búsqueda de innovar, mejorar procesos o resolver situaciones adversas, sin embargo, los resultados de estos están determinados por múltiples factores, dado que al igual que las organizaciones, los proyectos se desarrollan en entornos complejos, variantes y competitivos, afectados por los acelerados avances tecnológicos, los cambios sociales y los cambios en el mercado, los cuales finalmente terminan repercutiendo en los proyectos que se desarrollen dentro de las mismas. En otras palabras, los cambios son inherentes a los proyectos y pueden presentarse en cualquier momento.

A lo largo de la historia, el resultado de los proyectos se ha visto afectado por diversas causas, las cuales inicialmente se atribuían a la gestión de requerimientos, pero con el tiempo una de las causales de que los proyectos no se finalicen con el alcance, tiempo y presupuesto definidos es la latencia en la toma de decisiones. A pesar de que existen marcos y modelos para gestionar los cambios que se presenten en los proyectos es clave poder contar con un mecanismo que apoye la toma de decisiones sobre los controles de cambio recibidos.

Esta investigación busca diseñar un marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de Software. Partiendo de la premisa que todo cambio en una parte del desarrollo puede afectar otras partes, propagándose a lo largo de los elementos y entregables. Contar con una forma de identificar cómo se propaga el cambio brindará elementos adicionales para que apoyen las decisiones a tomar sobre este ya sea aceptar o rechazar el cambio.

Este trabajo está estructurado en once capítulos. El **primer capítulo**, compuesto por la introducción, la identificación del problema de investigación y el planteamiento del

problema; el **segundo capítulo** contiene los objetivos del trabajo: el objetivo general y los objetivos específicos; y el **tercer capítulo** la justificación.

El **cuarto capítulo** contiene el marco de referencia que inicia con las generalidades de metodología de gestión de proyectos PMI como marco de referencia para la gestión de proyectos y continúa con una recopilación de estudios realizados sobre el resultado de la gestión de proyectos donde se presentan las principales causas de desviaciones y/o fracasos en estos, identificando la gestión de cambios como un factor importante que influye en el resultado de los proyectos por lo que se describe el proceso de gestión de cambios detallando la actividad de decidir acerca de los cambios, presentando los mapas de impacto como técnica de análisis de problemas extrapolable a análisis de cambios; y finalmente el método FBS Linkage el cual permite realizar un modelado y análisis detallado de los cambios en ingeniería. En el **quinto capítulo** se plantea la hipótesis del trabajo y en el **sexto capítulo** en el que se identifica la metodología de investigación.

En el **séptimo capítulo** se realiza una descripción del trabajo de investigación realizado. En el que se expone el marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de software, basado en el método FBS Linkage. En el **octavo capítulo**, se realiza la evaluación del marco metodológico propuesto mediante el juicio de expertos.

El **noveno capítulo** presenta las conclusiones del trabajo realizado para en el **capítulo décimo**, dar las recomendaciones sobre los resultados investigación; en el **capítulo once**, están las referencias de las fuentes utilizadas para el desarrollo de la propuesta, y finalmente están los **anexos** con el detalle de las entrevistas realizada a los expertos para la evaluación del marco metodológico.

Problema de investigación

A menudo se presentan proyectos de desarrollo de software inconclusos, no culminados en los tiempos previstos, ni con el presupuesto estimado, que no apoyan los procesos de negocio, o simplemente no cumplen con las expectativas del cliente, lo cual por mucho tiempo fue atribuido a levantamiento de requerimientos imprecisos. Sin embargo, de acuerdo a los estudios realizados sobre la gestión y resultado de los proyectos como los informes del pulso de la profesión de PMI, el chaos report de Standish Group, la Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI de ACIS, entre otros y a la experiencia propia, el resultado de los proyectos puede afectarse por diversas causas, como:

- El desconocimiento de los procesos de negocio o la desarticulación del requerimiento frente a los procesos de negocio.
- Requerimientos que involucran más de un área de negocio.
- Procesos en entornos cambiantes.
- Cambios en la legislación.
- Desinterés de los líderes de proceso.
- Mala definición de la necesidad.
- Requerimientos sin un alcance delimitado claramente.
- Requerimientos no alineados a los procesos del negocio.
- Latencia en la toma de decisiones.
- Cambios no controlados.

Lo anterior concuerda con lo indicado en CMMI para Desarrollo, Versión 1.3 en donde manifiestan que existen situaciones donde se presentan conflictos entre los requerimientos del cliente y las partes interesadas. Así como también puede presentarse

fuentes no identificadas dentro de los requerimientos como políticas de negocio, estándares, decisiones y principios de diseño de arquitectura previos, requisitos del entorno de negocio, reutilización de componentes, entre otros (CMMI, 2010). Todos estos factores finalmente repercutirán en el proyecto dando origen a solicitudes de cambio, siendo de gran importancia analizarlas para tomar la decisión de aprobarlos, rechazarlos, aplazarlos o cualquier otra decisión.

Comprender todas las implicaciones de los cambios, en términos de cómo un cambio en un solo componente puede propagarse más allá de ese componente en todo el sistema, sigue siendo un problema para la industria (University of Cambridge, 2023). El impacto resultante de un cambio puede ser representativo y generar aumentos no planificados en alcance, tiempo y costos, comprometiendo la continuidad del proyecto. Siendo de gran importancia poder determinar la necesidad y urgencia del cambio, los efectos de no aplicarlos, lo que se gana o los beneficios que trae.

Esta investigación busca identificar las principales causas de que un proyecto de software no termine de forma exitosa y cómo gestionar las solicitudes de cambios de forma tal que permita apoyar el proceso de toma de decisiones sobre estas reduciendo la latencia y el nivel de incertidumbre en pro del desarrollo del proyecto.

Planeamiento del problema

A través de la historia la gestión de los proyectos ha presentado cambios, de acuerdo con lo indicado en los estudios referenciados, el resultado de los proyectos y su finalización exitosa: dentro del presupuesto, a tiempo y logrando la satisfacción del usuario, se ha visto afectado a través de los años por diversas causas. Durante mucho tiempo la principal causa de la desviación o fracaso de los proyectos fue atribuida a la deficiente definición de los requerimientos, con el paso del tiempo y con el cambio del

entorno, de las nuevas tendencias en gestión de proyectos y nuevas metodologías de desarrollo, estos inician con requerimientos a alto nivel cobrando importancia: el contar con el apoyo de los patrocinadores y de las directivas de la empresa, contar con equipos altamente capacitados y reducir la complejidad de los proyectos de tal modo que puedan ser desarrollados en periodos máximo de 12 meses, así como la aplicación de metodologías ágiles como la Scrum. Se debe tener siempre presente que lo importante en los proyectos, adicional a entregar en tiempo, dentro costos y con calidad, es entregar valor al negocio para que el proyecto sea considerado como exitoso.

A pesar de que en el Informe Pulso de la profesión del Project Management Institute (PMI) del 2021, se evidenció una “disminución del 11,4 % al 9,4 % en la inversión desperdiciada debido a un mal desempeño del proyecto (PMI, 2021, p. 2) , los cambios siguen siendo parte de los proyectos, lo importante según lo indicado en el estándar de arquitectura empresarial TOGAF es que, “la capacidad para hacer frente a los cambios de requerimientos es crucial para el proceso del ADM (Método de Desarrollo de la Arquitectura), dado que la arquitectura, por su propia naturaleza, aborda la incertidumbre y el cambio” (Josey et al, 2013), lo mismo se puede decir de los proyectos, la incertidumbre y el cambio son inherentes a estos, lo que hace necesario mejorar la capacidad para hacerles frente.

Por lo tanto, algo constante en los proyectos son los cambios que, sin importar su origen, terminan afectando el alcance de este y si no se logra darle una adecuada gestión repercute en incrementos del tiempo de ejecución y/o del presupuesto, comprometiendo el resultado y la satisfacción del cliente. Por lo que, con el fin de optimizar el gasto de recursos, aumentar la satisfacción de los clientes y por ende los beneficios del proyecto, se requiere realizar el control del alcance de los proyectos (PMI,

2018). De acuerdo con lo expuesto en el informe pulso de la profesión de 2018, los impulsores del éxito de los proyectos son: 1. Contar con patrocinadores comprometidos 2. Evitar cambios no controlados 3. Aumentar el nivel de madurez de las capacidades de entrega de valor (PMI, 2018).

Si bien no se pueden evitar los cambios, es necesario determinar hasta qué punto están permitidos, si deben aceptarse todos los que se soliciten o cómo determinar cuándo, cómo y hasta qué nivel debe aceptarse y aplicarse un cambio. Es importante gestionarlos y controlarlos de tal modo que no comprometan el éxito del proyecto, lo que incluye reducir la latencia en la toma de decisiones asociadas a la gestión de solicitudes de cambio y la documentación de estos.

Partiendo de la experiencia propia y de los estudios realizados por diferentes organizaciones, donde se identifica la importancia de la gestión de cambios en los resultados de un proyecto de desarrollo de software, se plantean los siguientes interrogantes para guiar y delimitar el problema de investigación:

¿Cuáles con las principales causas de que un proyecto no termine con éxito?

¿Cómo determinar si se debe aceptar una solicitud cambio en el proyecto?

¿Qué acciones al interior de la organización pueden ayudar a reducir la latencia en la toma de decisiones en la gestión de cambios?

¿Cómo determinar el impacto en el proyecto frente a la aceptación de solicitudes de cambio?

Objetivos

Con base en los estudios analizados y en las preguntas de investigación formuladas, este proyecto busca alcanzar los siguientes objetivos:

Objetivo general

Proponer un marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de software que sirva de apoyo para la toma de decisiones en un proceso de gestión integral de cambios.

Objetivos específicos

1. Caracterizar las causas por las que un proyecto de software no termina de acuerdo con lo planeado.
2. Establecer las actividades necesarias para identificar el impacto de una solicitud de cambio en un proyecto de software.
3. Definir el procedimiento a seguir para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de software.
4. Validar la aplicabilidad del marco metodológico propuesto mediante juicio de expertos.

Justificación

La gerencia de proyectos de software, al igual que las organizaciones, se ven afectados por los acelerados avances tecnológicos, los cambios sociales y los cambios en el mercado; haciendo que los proyectos requieran renegociación de los tiempos, del alcance y/o del presupuesto o en otros casos reforzar el equipo para poder continuar con su ejecución, en promedio el 11,4% de la inversión se desperdicia debido a un desempeño deficiente en los proyectos (PMI, 2020). En estudio realizado sobre el

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

desempeño de los proyectos se encuentra que cerca del 60% de los proyectos no cumple las fechas objetivo que fueron propuestas y presenta retrasos, y cerca del 30% de los proyectos requiere más presupuesto del estipulado inicialmente (ACIS, 2018). En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2014, se identificaron como principales causales de que los proyectos no lleguen a feliz término: el cambio del alcance, ineficiencia en las comunicaciones, la poca de participación de los interesados, y la falta de apoyo del patrocinador; los cuales a su vez fueron asociados a los requisitos identificando un panorama general de baja madurez en la gestión de requerimientos, siendo esta la principal causa del fracaso de los proyectos en el 2014 (34%), “cuando los proyectos no cumplen con sus objetivos y propósitos de negocio originales, casi la mitad de las veces (47%) la causa principal de este resultado es la gestión deficiente de los requisitos” (PMI, 2014, p.5).

En los estudios realizados sobre el resultado de los proyectos revisados en esta investigación, se observa que existen metodologías de desarrollo que no necesitan requerimientos con alto detalle de definición para iniciar el proyecto, adicionalmente destacan los cambios como algo común e inherente a los proyectos. Para lograr una buena gestión de los requerimientos, es necesario manejar adecuadamente los cambios que se presentan con el fin de reducir su impacto en los proyectos o como se indica en el informe pulso de la profesión de 2018 (PMI,2018), evitar la corrupción del alcance o cambios no controlados en el alcance del proyecto. Ahora la tendencia es identificar la causa del problema en lugar de buscar culpas. En este sentido para una gestión eficaz de los cambios en los requerimientos es necesario identificar su causa lo que permitirá la identificación de las mejores soluciones (Carballo & Barrientos, 2021). Sin embargo, en el informe del pulso de la profesión de 2021 se considera que se debe ser permeable a los

cambios, “las empresas gimnásticas van más allá de reaccionar al aceptar el cambio: empoderan a su gente para que hagan que el cambio suceda. Permiten a sus empleados dominar diferentes formas de trabajar” (PMI, 2021, p.2).

Aunque se han realizado estudios sobre el impacto de los cambios en los proyectos, no se encontraron muchos trabajos sobre la gestión de cambios, ni sobre impacto de los cambios en los proyectos de software que oriente y de las pautas necesarias para reducir el impacto negativo de estos sobre el resultado final del proyecto. No obstante, Hamraz y Clarkson (2015), en el artículo del *Journal of Engineering Design*, presentan un método para la gestión de cambios en ingeniería aplicándolo en la industria automotriz este método llamado *FBS Linkage*, permite modelar el producto con mayor detalle y con ello un análisis más minucioso de los cambios, este método puede servir como base y adaptarse como herramienta para la valoración del impacto de una solicitud de cambio en un proyecto de software, propuesta que será desarrollada en esa investigación.

Este trabajo se encuentra enmarcado en el grupo de investigación dirección y gestión de proyectos y dentro la línea de investigación modelos, metodologías y sistemas en gestión de proyectos, mediante la cual se busca identificar las mejores prácticas en gestión de cambios en proyectos tecnológicos y los lineamientos dados en los diferentes estándares para consolidar una base de información que permita identificar los pasos a seguir dentro de un marco metodológico para decidir sobre los cambios en los proyectos de software contando con los elementos necesarios para identificar el impacto de los mismos en el proyecto.

La utilidad metodológica de esta investigación es suministrar un instrumento que permita apoyar la gestión de cambios en los proyectos tecnológicos mediante la identificación de los componentes que se afectarán con la aplicación del cambio y su

impacto, de tal forma que permita contar con una valoración del cambio que apoye la toma de decisiones sobre la solicitud recibida.

Marco de referencia

Dando cumplimiento al primer objetivo específico planteado para este trabajo, en el que se busca caracterizar las causas de que un proyecto de software no termine de acuerdo con lo planeado, en este capítulo se presenta el resultado de este análisis no sin antes realizar una inmersión en la metodología de gestión de proyectos PMI. Durante el desarrollo de este análisis se identificó la necesidad de ampliar la información sobre el proceso de gestión de cambios y se presentan dos metodologías desarrolladas para la gestión de cambios como son los mapas de impacto y el método FBS Linkage.

Teniendo en cuenta lo expuesto, es importante saber que un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana (Baca Urbina, 2010). Independientemente de los beneficios que se busquen, cómo ser más eficientes, aumentar los márgenes de rentabilidad o impulsar la innovación, las organizaciones utilizan los proyectos para lograr sus objetivos (PMI, 2018). Los proyectos se desarrollan en entornos complejos, variantes y competitivos, afectados por los acelerados avances tecnológicos, los cambios sociales y los cambios en el mercado, que de un modo u otro repercute en su resultado. Según el Informe Pulso de la profesión de PMI realizado en el 2018, se identificó que los negocios son afectados por cambios en las tendencias del mercado, avances tecnológicos, legislaciones y cambios ambientales. (PMI, 2018) los cuales finalmente terminan repercutiendo en los proyectos que se desarrollen dentro de las mismas ya que es inevitable que se presenten los cambios en las organizaciones y no se puede resistir a estos (Vargas Alfonso, 2019).

Independientemente de cuál sea el cambio, requiere de un análisis en el marco del proceso de gestión del cambio, para poder aceptarlo o rechazarlo. En caso de ser aceptado, se requiere de actividades de seguimiento y control para asegurarse de que se cumpla su alcance y dentro del presupuesto asignado. En caso de presentarse un cambio, que generalmente siempre ocurre, se requiere contar con un mecanismo para controlarlos que puede estar dado por un proceso formal de gestión de cambios del proyectos, el cual “consiste en supervisar las solicitudes de cambio en un proyecto y aprobar los cambios que se consideren pertinentes para la evolución de dicho proyecto” (Vargas Alfonso, 2019, p.13).

Metodología de gestión de proyectos PMI

La metodología PMI, puede describirse como una guía o marco metodológico para la gestión de proyectos elaborada por el Project Management Institute (PMI) y se ha constituido como un instrumento estándar y altamente aceptado para la gestión de proyectos aplicable a diversas industria. Esta metodología es conocida como PMBOK. La versión más reciente es el PMBOK séptima edición, que a diferencia de las anteriores versiones, no reemplaza su anterior versión, sino que es un complemento de esta.

En la versión PMBOK 6.0, se presentan 49 procesos con sus respectivas entradas, herramientas y técnicas y salidas, sin que sea necesario implementar todos los procesos en un proyecto, solo constituyen una guía para que cada director pueda elegir cuales implementar. Cada uno de los procesos se encuentra organizado dentro de los cinco grupos de procesos: iniciar, planificar, ejecutar, supervisar y cerrar, y distribuidos por las 10 áreas del conocimiento: integración, alcance, cronograma, coste, calidad, recursos, comunicación, riesgos, adquisiciones e interesados (PMI, 2017).

Principios para la administración de proyectos

La guía PMBOK 7, presenta 12 principios para la administración de proyectos que deberían tener los administradores de proyectos, los cuales dictan las normas de comportamiento. Estos principios pueden ser aplicados en todos los tipos de gestión de proyectos (Blanco Sánchez, 2023).

1. Administración
2. Equipos
3. Interesados
4. Valor
5. Pensamientos Sistémico
6. Adaptación
7. Calidad
8. Complejidad
9. Riesgo
10. Adaptabilidad y resiliencia
11. Cambio
12. Liderazgo

Dominios de desempeño

Los dominios en el PMBOK 7 dan los lineamientos de desempeño propendiendo a la entrega efectiva de resultados. Se debe tener presente que la forma en que se interrelacionan estos dominios va a variar de un proyecto a otro. En la Figura 1 se presentan los dominios de desempeño definidos en el PMBOK 7, así como las actividades y funciones de las que se encarga cada dominio.

Figura 1

Dominios de desempeño definidos en el PMBOK 7



Nota. Elaboración basada en PMI (2021).

Procesos de gestión de proyectos

En la versión PMBOK 6.0, se presentan 49 procesos y para cada uno de indican las entradas, las herramientas y técnicas y las salidas, sin que sea necesario implementar todos los procesos en un proyecto, solo constituyen una guía para que cada director pueda elegir cuales implementar. Cada uno de los procesos se encuentra organizado dentro de los cinco grupos de procesos: 1. iniciar, 2. planificar, 3. ejecutar, 4. supervisar y 5. Cerrar, estos distribuidos por las 10 áreas del conocimiento: 1. integración, 2. alcance,

3. cronograma, 4. coste, 5. calidad, 6. recursos, 7. comunicación, 8. riesgos, 9. adquisiciones y 10. Interesados(PMI,2017).

El PMBOK 7.0 no sustituye la anterior versión, sino que fue creado para complementarla, por lo tanto, es válido seguir hablando de los 49 procesos presentados en PMBOK 6.0 para realizar la gestión de proyectos y aplicar los que se requieran o se estimen necesarios en un proyecto dado.

Estudios realizados sobre el resultado de los proyectos

En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2014, se identificaron como principales causales de que los proyectos no lleguen a feliz término: “la corrupción del alcance, las comunicaciones deficientes, la falta de participación de las partes implicadas y el apoyo inadecuado por parte del patrocinador ejecutivo”(PMI,2014, p.2); estos a su vez fueron asociados a los requisitos, identificado un panorama general de baja madurez en la gestión de requerimientos, siendo esta la principal causa del fracaso de los proyectos en el 2014 (34%), los cuales fueron desencadenados por una asignación inadecuada de recursos, falta o deficiencia en los procesos, ausencia de prácticas formales en la definición de requerimientos y falta de apoyo de los directivos de las organizaciones a estas actividades de gestión de requisitos, haciendo que se desaprovechara el 5.1% de la inversión del proyecto.

Este estudio identificó: “que cuando los proyectos no cumplen con los objetivos y propósitos de negocio originales, casi la mitad de las veces (47%) la causa principal de este resultado es la gestión deficiente de los requisitos” (PMI, 2014, p.5). Sin embargo, los errores en los proyectos por falencias en la gestión de requerimientos se descubren, generalmente, en fases posteriores del proyecto o cuando el desarrollo ha sido

implementado, generando costos adicionales en su gestión haciéndose más altos en la medida de que tan avanzado se encuentre el proyecto (Pohl & Rupp, 2015).

Otro estudio, reveló el 56% de los defectos que se presentan durante las pruebas, son originados por falencias en la fase de requisitos (Rodríguez, 2017).

Tras 22 años analizando y estudiando proyectos, The Standish Group en el chaos report de 2016, identifica: que muchos de los proyectos exitosos se iniciaron con objetivos vagos, que el grado de complejidad de estos conlleva al 72% de los fracasos, a que el 59% presente desafíos y que las capacidades del personal y la metodología utilizada afectan directamente el resultado obtenido, en tal sentido, presenta la “mano ganadora” para el éxito de los proyectos (The Standish Group, 2016).

La cual, aplicada correctamente, aumentará la posibilidad de terminar proyectos exitosamente de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 1.

Tabla 1

Resultados mano ganadora versus mano perdedora

	Resultado del proyecto			Retorno de valor	
	Exitoso	Con desafíos	Fallido	Alto	Bajo
Mano Ganadora	81%	18%	1%	64%	15%
Mano perdedora	1%	35%	64%	9%	79%

Nota. Elaboración basado en The Standish Group (2016).

La mano ganadora se logra aplicando cinco conceptos:

1. Tamaño: el proyecto debe ser pequeño, conformado por un equipo de máximo seis miembros y con un intervalo de tiempo de seis meses o menos.

2. Metodología: el proceso debe ser ágil, como la metodología Scrum.
3. Equipo: debe ser ágil y estar altamente capacitado tanto en el proceso ágil como en la tecnología.
4. Propietario o patrocinador del producto debe ser altamente calificado.
5. Organización debe estar altamente capacitada

Por su parte, en el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2018, indica que todo proyecto está sujeto a presentar un crecimiento del alcance del proyecto sin que se realice modificaciones de tiempo, costo y recursos, en otras palabras, a presentar una corrupción del alcance, el cual se ha experimentado en el 52% de los proyectos del periodo examinado, ocasionando pérdida de dinero, disminución de la satisfacción del cliente y demorando la entrega de beneficios.

En este informe, se manifiesta que las empresas que cuentan con talento humano con conocimiento y experiencia en proyectos” tienen índices de éxito más altos en los proyectos (92% frente 32% de las organizaciones con bajo desempeño)”(PMI,2018,p.5), adicionalmente, presentan menos desperdicio de dinero “21 veces menos o solo 1,4% de cada dólar se desperdicia, frente a 29,1% “(PMI,2018,p.5), de las organizaciones sin estas características.

Como resultado de los hallazgos realizados, en la Figura 2, se presentan como principales impulsores del éxito de los proyectos: 1. Contar patrocinadores comprometidos 2. Evitar los cambios no controlados en el alcance y 3. Aumentar el nivel de madurez de las capacidades de entrega de valor (PMI, 2018).

Figura 2

Impulsores de éxito de los proyectos



Nota. Elaboración basado en Project Management Institute (2018)

En el informe de resultados de la XVI Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS, se refleja la dificultad que tienen quienes lideran proyectos de estimar correctamente la duración de estos. “1 de 3 proyectos planeados en un año o menos, será completado después de más de un año, y los proyectos planeados a dos años o más, crecerán en un 50% entre lo planeado y lo real” (ACIS, 2018, p.8).

De acuerdo al desempeño observado en los proyectos, se encuentra que el 60% de los proyectos no terminan en los tiempos previstos y el 30% de los proyectos requieren adiciones al presupuesto planeado, trayendo como consecuencias la renegociación de los tiempos del proyecto (83.2%), la renegociación del alcance del proyecto (60.4%), el refuerzo del equipo del proyecto (55.5%), la renegociación del costo del proyecto (53.5%) y el cambio de gerente (16.8%), siendo el tiempo el factor más afectado negativamente mientras que el alcance y el presupuesto presentaron mejores índices de desempeño (ACIS, 2018).

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2019, se le apuesta al desarrollo del coeficiente tecnológico de dirección de proyectos, PMTQ por sus siglas en inglés, con equipos que conozcan las tecnologías y sobre dirección de proyectos liderado por PMTQ (PMI, 2019). Las métricas de desempeño obtenidas en proyectos con desarrollo del coeficiente tecnológico de dirección de proyecto reflejan la obtención de mejores resultados frente a las que no lo usan como puede observarse en la Tabla 2.

Tabla 2

Métricas de desempeño de los proyectos innovadoras en PMTQ versus Rezagadas en PMTQ

Métricas de desempeño	Innovadoras en PMTQ	Rezagadas en PMTP
Cumplieron con los objetivos e intención de negocio iniciales	76%	61%
Se terminaron dentro del presupuesto	66%	47%
Se terminaron a tiempo	61%	41%
Pérdidas de presupuesto por proyectos fracasados	33%	42%
Experimentaron corrupción del alcance	29%	46%
Fracasos	12%	18%

Nota. Elaboración basada en PMI (2019).

En el informe de resultados de la XVII Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI de 2019, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS, el desempeño de los proyectos con respecto a la duración planeada versus la real presenta en la medida que aumenta el tiempo planeado, una mayor desviación del tiempo de ejecución, del mismo modo, se evidencian menos proyectos con planeación superior a los 15 meses, resultados que han sido observados durante los últimos años. Mientras que la tendencia del país de contratar a costo fijo se considera que sea la causa de que se presenten

menos desviaciones en el presupuesto junto con presencia de un 80% que tienen una relación dominando entre clientes y proveedores (ACIS,2019).

Según la encuesta, el 53,5% de los encuestados reporta que su organización ha establecido una Oficinas de Dirección de Proyectos (PMO). De ellos, el 85,9% asegura que la PMO tiene un impacto positivo o totalmente positivo en el desempeño de los proyectos (ACIS, 2019).

En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2020, se identificó que un desempeño deficiente en los proyectos trae consigo un promedio de 11.4% de desperdicio de la inversión. En tal sentido, las organizaciones en búsqueda de lograr proyectos exitosos están dando prioridad a los siguientes aspectos del desarrollo del talento humano: Habilidades técnicas 68%, habilidades de liderazgo 65%, habilidades de negocios 58% y conocimientos informáticos 50%. En este informe se muestra que las organizaciones de vanguardia adoptan tres principios: La capacidad es agilidad, la tecnología manda, pero la gente influye, es un mundo dominado por los líderes de proyecto (PMI, 2020).

En el informe de resultados, correspondiente a la XVIII Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI de 2020, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS, se identifica que gran cantidad de los proyectos son planeados con duración inferior a un año, es decir, 2/3 partes de los proyectos y el 78% de estos ha logrado finalizar a tiempo, consecuentemente los proyectos de menor cuantía presentan menos desviaciones en el presupuesto planeado versus el ejecutado. En la encuesta realizada, por primera vez, se evidencia un impacto positivo en los proyectos de aquellas PMO con más de 5 años de creación (alcance, presupuesto y cronograma evidencian una clara mejoría en el desempeño) (ACIS, 2020). Por lo cual se puede inferir la importancia de equipos capacitados, con experiencia y la madurez organizacional como elementos clave para el

desarrollo con éxito de los proyectos, unido a la planeación a corto plazo y menor cuantía para gestionar de forma más correcta las variaciones que se presenten.

En el informe de resultados, correspondiente a la XIX Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI de 2021, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS, se evidencia que, para los proyectos de TI, se cuenta con profesionales altamente calificados, casi el 80% ha completado estudios de postgrado. Dentro de los resultados arrojados por la encuesta se encontró que “los proyectos gestionados por personas con certificación Scrum Máster tienen una tasa de cumplimiento y adelanto sobre el cronograma del 55%, por encima del 45% de la media” (ACIS, 2021, p.12).

En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2021, presentan que a pesar de la pandemia y los cambios que esta trajo en nuestros trabajos, empresas y vidas, y "aunque muchos proyectos planificados se suspendieron, de los que siguieron adelante, más cumplieron los objetivos originales y la intención de negocios, y más se completaron dentro del presupuesto y a tiempo, en comparación con el informe del año pasado" (PMI,2021, p.2). Lo que vemos es un cambio fundamental en la manera en que las organizaciones líderes y sus equipos planifican y ejecutan iniciativas. Les llamaron empresas gimnásticas: las cuales “se centran en los resultados en lugar de en el proceso, con un claro sentido de cómo equilibrar la estructura y la gobernanza con la necesidad de flexibilizar y pivotar a pedido" (PMI,2021, p.2).

"Las empresas gimnásticas van más allá de reaccionar al o aceptar el cambio: empoderan a su gente para que hagan que el cambio suceda" (PMI,2021, p.2), lo que trajo consigo mejores resultados reflejados en la Tabla 3, logrando “niveles más altos de agilidad organizacional, prácticas de gestión de riesgos más estandarizadas y menor corrupción o menor deslizamiento del alcance del

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

proyecto, entre otros beneficios, contribuyen a mejorar el desempeño del proyecto (PMI,2021, p.2).

Tabla 3*Resultados de proyectos*

Resultado	2019	2020	2021
Objetivos originales/ Intención de negocios cumplido	68%	69%	73%
Completado dentro del presupuesto original	57%	59%	62%
Completado a tiempo	51%	53%	55%
Proyecto fallido/ Presupuesto perdido	37%	37%	35%
Se experimentó una corrupción o un deslizamiento del alcance	37%	35%	34%
Fallas consideradas	15%	13%	12%

Nota. Elaboración basada en PMI(2021).

The Standish Group, en su reporte del caos de 2021 titulado: Modernización sin fin: Cómo Infinite Flow mantiene actualizado el software. Propone a infinite Flow, como un principio para la gestión de proyectos en el que se contempla un proceso continuo permanente que contrarresta al diseño convencional de proyectos a base de eventos con principio y fin definidos. Flow es un método para administrar el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de software a través de un proceso continuo, en lugar de hacer proyectos. En el reporte concluyen que se han logrado resultados superiores utilizando infinite Flow encontrando que esa la única forma de evitar proyectos fracasados, tras investigaciones realizadas durante 25 años (The Standish Group, 2021).

En este informe, The Standish Group, (2021) también resalta la latencia en la toma de decisiones como la causante de los problemas en el rendimiento de los proyectos, por lo que impulsa a las organizaciones a encontrar formas de tomar decisiones más

rápidamente y mejorar las habilidades para reducir la latencia en la toma de decisiones, lo anterior, respaldados en los resultados reflejados en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultado de proyectos por habilidades en toma de decisiones

Nivel de habilidad en toma de decisiones	Exitoso	Cambiado	Fallido
Altamente calificado	63%	30%	7%
Experto	28%	61%	11%
Moderadamente ágil	20%	51%	29%
Pobremente calificado	18%	47%	35%

Nota. Elaboración basado en The Standish Group(2021).

Bajo la premisa de que un proyecto exitoso es aquel que se finaliza: Dentro del presupuesto, a tiempo y logrando la satisfacción del usuario, que en ingles sería: OnBudget, OnTime, Customer Satisfied, en la Tabla 5 se observa como los proyectos Infinite Flow presentan mejores resultados sobre otros tipos de proyectos, lo anterior, sumado a que también presentan aproximadamente la mitad del promedio en toma de decisiones que en los demás tipos de proyectos al contar con equipos autoguidados que toma decisiones por sí mismos reducen la latencia para la toma de decisiones. Otra característica de los proyectos infinite Flow es que son pequeños e iterativos y presentan una tasa de satisfacción del cliente cuatro veces mayor a la de un proyecto grande y una tasa de decepción de solo el 8%.

Tabla 5

Resultado por tipo de proyecto

Tipo de proyecto	Exitoso	Cambiado	Fallido
Desarrollo desde cero	26%	54%	20%
Desarrollo usando componentes	37%	46%	17%

Aplicación comprada (COTS)	44%	36%	20%
Modernización del flujo	71%	28%	1%

Nota. Elaboración basado en (The Standish Group, 2021).

En la investigación realizada por Carballo & Barrientos (2021) sobre las causas del cambio en los requerimientos de software, con una revisión de información publicada entre el 2005 y el 2019, identifican que más de la mitad de los requisitos de un software puede cambiar antes su implementación, estos cambios pueden ocurrir durante cualquier fase del desarrollo de software e incluso pueden provocar cambios en los requisitos generales del sistema. En su investigación concluyen que no existe alguna causa específica para que se presenten los cambios y que estos siguen presentando diversas causas cada vez más variantes, por lo que manifiestan que debe aceptar que los cambios son inevitables. También resaltan que más importante que los requisitos es contar con la capacidad de responder ante el cambio para lo cual es necesario conocer la causa de los cambios para gestionarlos de forma correcta (Carballo & Barrientos, 2021).

Proceso de Gestión de cambios

Las necesidades de cambio pueden presentarse en cualquier momento durante el desarrollo de un proyecto desde diferentes orígenes sin que se pueda evitar que ocurran e incluso en la mayoría de las veces son imprevisibles. El cambio puede ser la solicitud de nuevos requisitos, o de modificar o eliminar alguno o algunos de los requisitos actuales (Del Aguila Cano, 2019).

Los cambios son inevitables, por lo que se debe planificar para atender y gestionar los cambios a lo largo del desarrollo del proyecto, incluso posterior a su entrega (Del Aguila Cano, 2019). Las solicitudes de cambio pueden incluir acciones correctivas, acciones preventivas, reparaciones de defectos, así como actualizaciones a documentos o

entregables formalmente controlados para reflejar ideas o contenido modificado o adicional (PMI, 2017). Lo esperado es que cuando un cambio se presenta es porque la necesidad del cliente cambió, independientemente del origen, cambió y para lograr un mayor grado de satisfacción y cumplimiento de estas necesidades debemos aceptar y aplicar los cambios.

“La ventaja de utilizar un proceso formal para gestionar el cambio es que todos los cambios propuestos son tratados de forma consistente y que los cambios en el documento de requerimiento se hacen de forma controlada” (Sommerville, 2005, p.89)

De acuerdo con lo indicado en el PMBOK 6, por medio del proceso de control de cambios se realiza la validación de todas las solicitudes de cambio recibidas, realiza la aprobación y gestión de estos. (PMI, 2017). Se debe tener presente que “la gestión de cambio de los requerimientos debe ser aplicada a todos los cambios propuestos en los requerimientos (Sommerville, 2005, p.89).

Establecer un procedimiento formal para gestionar los cambios en los proyectos, permite contar con una guía a seguir para establecer las acciones a desarrollar desde que se recibe un cambio hasta que es aplicado o rechazado. Permitiendo trabajar de una forma ordenada y eficiente. Sommerville (2005), propone que se realice en tres pasos: 1. Análisis del problema y especificación del cambio, 2. Análisis del problema y cálculo de costos y 3. Implementación del cambio (Sommerville, 2005).

Por su parte, Del Aguila Cano (2019) propone los siguientes pasos para el proceso de control de cambios:

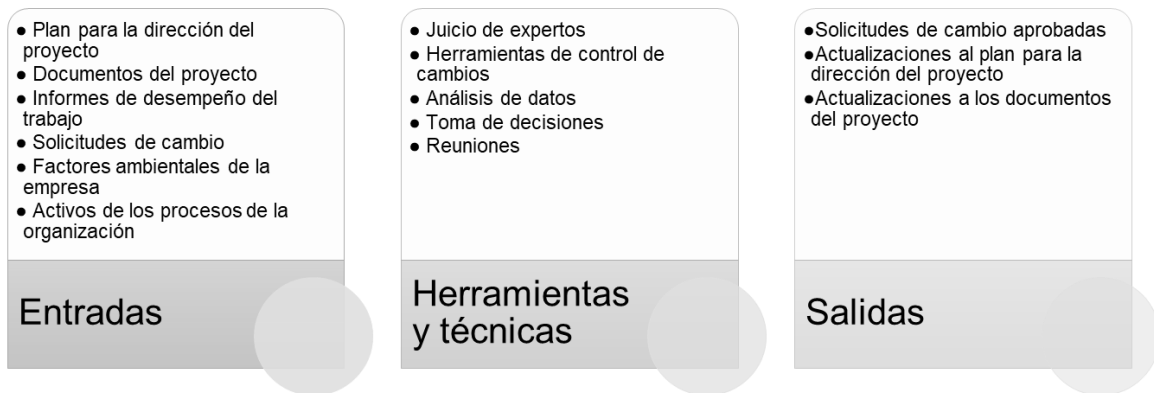
- Recepción de la solicitud
- Análisis del impacto del cambio
- Documentar el cambio

Una vez tomada la decisión sobre aprobar o rechazar el cambio se debe asignar una prioridad, determinar una fecha de implementación y comunicar a los afectados.

En PMBOK 6.0 se habla de realizar el control integrado de cambios, proponiendo unas entradas y salidas junto con unas herramientas y técnicas, presentadas en la Figura 3.

Figura 3 3

Proceso control Integrado de cambios



Nota. Elaboración basado en PMI(2017).

Adicionalmente, propone las siguientes actividades para la gestión de cambios, las cuales deben estar apoyadas por las herramientas:

“Identificar cambios. Identificar y seleccionar un elemento de cambio para los procesos o documentos del proyecto.

Documentar cambios. Documentar el cambio en una solicitud de cambio adecuada.

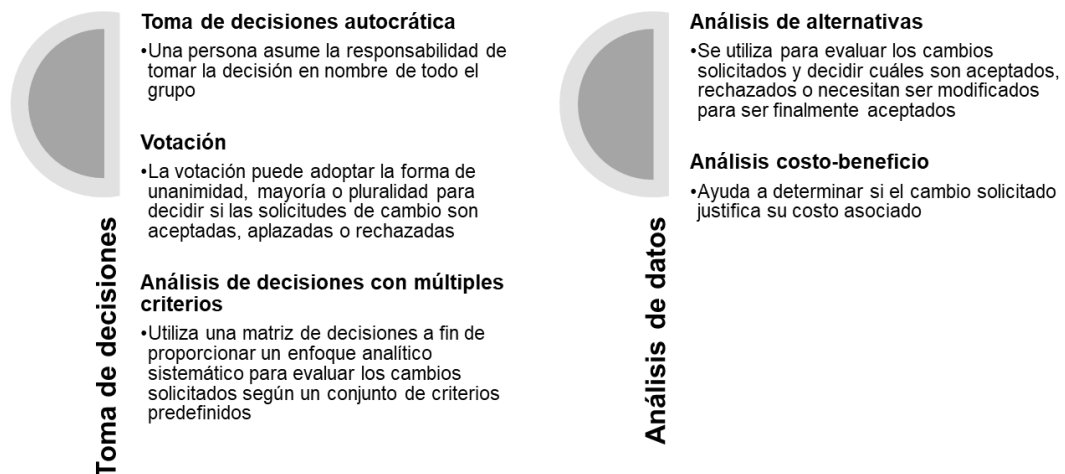
Decidir acerca de los cambios. Revisar los cambios; aprobar, rechazar, aplazar o tomar cualquier otra decisión acerca de los cambios a los documentos, entregables o líneas base del proyecto.

Hacer seguimiento de los cambios. Verificar que los cambios sean registrados, evaluados, aprobados y monitoreados y comunicar los resultados finales a los interesados” (Project Management Institute, 2017).

De las herramientas propuestas, son de interés para el desarrollo de este proyecto las herramientas de análisis de datos y de toma de decisiones, descritas en la Figura 4 Herramientas de control de cambios.

Figura 4

4 Herramientas de control de cambios



Nota. Elaboración basado PMI(2017)

Decidir acerca de los cambios

No todos los cambios solicitados son requeridos ni de aplicación inmediata durante el desarrollo del proyecto, por lo que se debe establecer un mecanismo que permita determinar si se debe aceptar o no un cambio dado que siempre generan un costo, así el cambio no sea aceptado dado que se requiere inversión de tiempo para llegar a la conclusión de rechazarlo(Del Aguila Cano, 2019).

En este sentido, contar con un proceso formal de gestión de cambios permitirá, como su nombre lo indica, permitirá realizar una gestión de cambios más organizada y contar con una guía a seguir para establecer las acciones a desarrollar desde que se recibe un cambio hasta que es aplicado o rechazado. Permitiendo trabajar de una forma ordenada y eficiente.

Una de las actividades del proceso de gestión de cambios planteadas en el PMBOK es decidir acerca de los cambios, el cual debería estar respaldado por un análisis del impacto del cambio como lo propone Cano (2019) como uno de los pasos dentro del proceso de gestión de cambios. Estas definiciones cobran importancia teniendo en cuenta que los cambios realizados en una parte de un sistema tienden a propagarse entre partes de ese sistema de acuerdo con las relaciones entre sus partes (...) A su vez, estos cambios pueden requerir que se cambien aún más componentes. La propagación del cambio entre elementos relacionados también se puede observar en otros tipos de sistemas, como procesos, organizaciones, etc” (University of Cambridge, 2023).

Partiendo de estas premisas, se realiza el estudio de dos metodologías propuestas para el análisis del impacto de un cambio como son los mapas de impacto y el método FBS Linkage. Los mapas de impacto, como una propuesta en pro de una planeación colaborativa, de crear mejores planes de ruta y lograr la alineación de las soluciones de software con el negocio (Adzic, 2014) y el método FBS Linkage como una propuesta para respaldar la gestión de cambios de ingeniería proponiendo una mejora al método de predicción de cambios donde se adentran en los detalles de función, comportamiento y estructura de un sistema o producto (Hamraz & Clarkson, 2015).

Mapas de Impacto

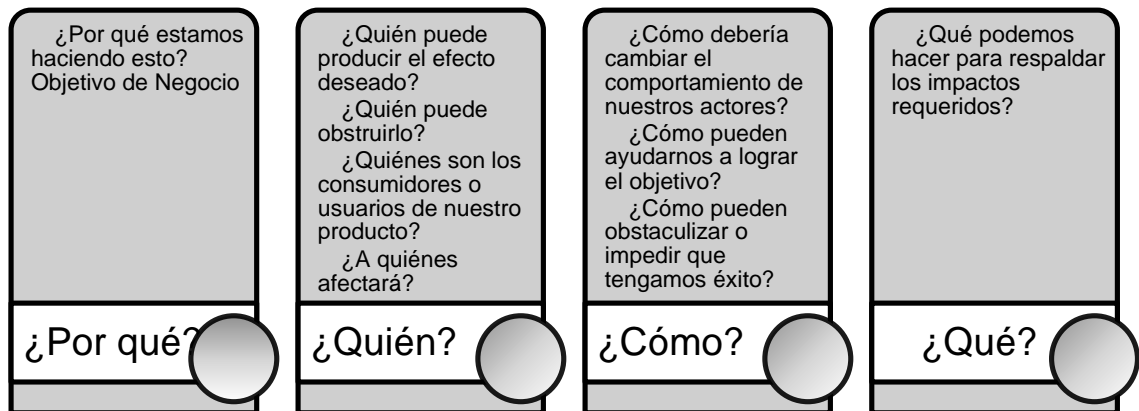
Con el fin de lograr comunicar a las organizaciones con el equipo de desarrollo de forma eficiente y eficaz, a pesar de las brechas existentes por la diversidad de vocabularios y enfoques (Adzic, 2014). En tal sentido, Adzic propone los mapas de impacto como una técnica para visualizar el problema de una manera que permita a las personas hablar sobre lo mismo contribuyendo desde la perspectiva de su disciplina individual. Para lo cual se basó en varias metodologías y tomó parte de cada una para finalmente proponer los mapas de impacto en pro de una planeación colaborativa, de crear mejores planes de ruta y lograr la alineación de las soluciones de software con el negocio.

Un mapa de impacto es un guion gráfico de nuestra comprensión conceptual de cómo abordar una meta o un objetivo, visualizan la relación dinámica entre los planes de entrega y el mundo que los rodea, capturando los supuestos más importantes, así como el alcance de la entrega. Nos ayudan a adaptar los planes de manera eficaz y reaccionar ante los cambios, al mismo tiempo que brindan una hoja de ruta para los equipos de entrega y una visión general para los patrocinadores comerciales (Adzic, 2014).

En otras palabras, Adzic también describe el mapa de impacto como una visualización del alcance y los supuestos subyacentes, creado en colaboración por técnicos y la gente de negocios. Es un mapa mental desarrollado durante una discusión facilitada al responder cuatro preguntas: ¿Por qué?, ¿Quién?, ¿Cómo? y ¿Qué?. En la Figura 5. Preguntas mapas de impacto, se presentan los interrogantes a responder con estas preguntas.

Figura 55

Preguntas Mapas de Impacto



Nota. Elaboración basado en (Adzic, 2014)

¿Por qué?

Saber por qué estamos haciendo algo es la clave para tomar buenas decisiones sobre el costo, el alcance y los plazos, tanto al principio como cuando las cosas cambien. Lo que ayuda a los equipos a alinear mejor sus actividades, identificar los requisitos reales y diseñar mejores soluciones.

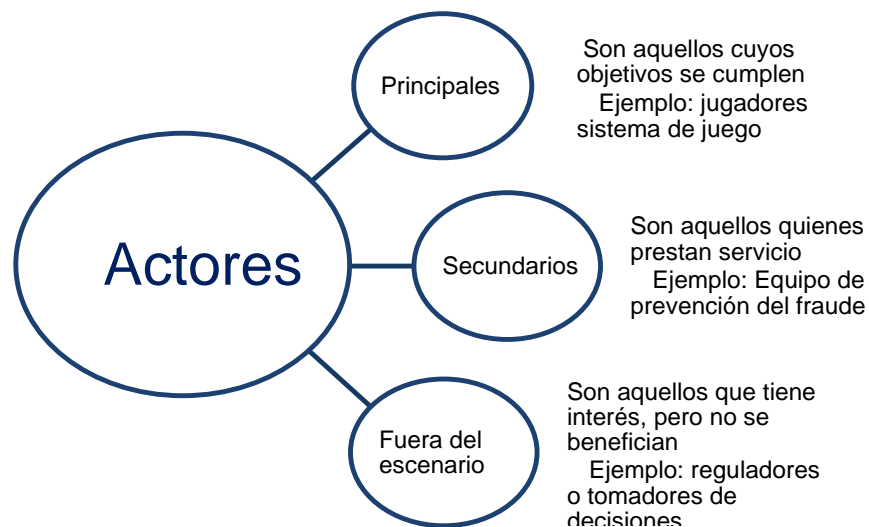
Adzic (2014), indica que los objetivos no deben estar relacionados con la creación de productos o la entrega del alcance del proyecto. Deberían explicar por qué sería útil lo que se desea obtener, las metas deben presentar el problema a resolver, no la solución.

¿Quién?

Se identifican los actores que pueden influir en el resultado, en los mapas de impacto el identificar los diferentes actores permite que se pueda priorizar mejor el trabajo, por ejemplo, enfocándonos en satisfacer primero a los actores más importantes. Los actores

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

importantes son aquellos que pueden influir significativamente en el éxito de un proyecto o un hito de producto, incluidos los usuarios finales y los tomadores de decisiones internos o externos, en la Figura 6 se presentan los diferentes tipos de actores.

Figura 66*Tipos de Actores*

Nota. Elaboración basada en (Adzic, 2014)

¿Cómo?

En este nivel del mapa de impacto, se ubican a los actores en la perspectiva de nuestro objetivo empresarial. Responde las siguientes preguntas: ¿Cómo debería cambiar el comportamiento de nuestros actores? ¿Cómo pueden ayudarnos a lograr el objetivo? ¿Cómo pueden obstaculizar o impedir que tengamos éxito? Estos son los impactos que estamos tratando de crear. Algunos de los impactos serán competitivos, otros contradictorios, otros complementarios. No necesariamente tenemos que apoyarlos

a todos, pero sin considerar el alcance de la entrega en el contexto de estas actividades, es muy difícil priorizar y comparar los entregables.

Se consideran los cambios deseados en el comportamiento de los actores en búsqueda de los objetivos comerciales clave. Para identificar los impactos, Adzic, recomienda:

- No enumerar todo lo que un actor quiere lograr, solo los impactos que realmente le ayudarán a avanzar en la dirección correcta hacia el objetivo central.
- Evitar enumerar ideas de software, enfocándose en las actividades comerciales ya que los impactos no son características del producto.
- Presentar un cambio en el comportamiento del actor, en qué se diferencia la actividad de lo que es posible actualmente. Entonces, en lugar de simplemente 'vender boletos', diga 'vender boletos cinco veces más rápido'.
- Considere los impactos negativos o perjudiciales, así como los positivos.
- Los actores importantes a menudo pueden ayudar u obstaculizar el resultado de muchas formas diferentes. Una vez que descubra el primer impacto de un actor, piense qué más podría hacer.

¿Qué?

En este nivel, basado en las preguntas de los anteriores niveles, se identifica el alcance, listando los entregables en el contexto de los impactos que deben soportar permitiendo dividir los entregables en partes independientes que brindan un valor comercial claro y nos ayuda a lanzar algo valioso antes. Una jerarquía clara nos permite agrupar los entregables relacionados, compararlos y evitar invertir en exceso en actores o impactos menos importantes, para lo cual Adzic, recomienda:

- Refinarlo iterativamente a medida que entrega.

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

- Tratar los entregables como opciones, no dé por sentado que todo lo que se enumera aquí realmente se entregará.
- Enumerar sólo los entregables de alto nivel. No entrar en muchos detalles al principio, habrá tiempo para eso más adelante. Puede dividir las funciones de alto nivel en elementos de alcance de nivel inferior, como historias de usuario, historias de columna, casos de uso básicos o de extensión más adelante. Estos elementos pueden convertirse en ramas de mapa de cuarto, quinto o sexto nivel del mapa del impacto.
- Considerar cualquier cosa que ayude a lograr un impacto, incluso en proyectos de software, a menudo hay formas de respaldar una actividad comercial sin crear software; a veces, es más barato pagar la publicidad para reclutar nuevos jugadores que pasar meses reconstruyendo un sistema.

Un mapa de impacto comunica el alcance, los objetivos y las prioridades desde una visión de negocio, jugando tres roles que promueven a facilitan la planeación estratégica, la definición de calidad y la gestión de la hoja de ruta, tal como se describe en la Figura 7 Roles de los mapas de impacto.

Figura 77



Nota. Elaboración basada en (Adzic, 2014)

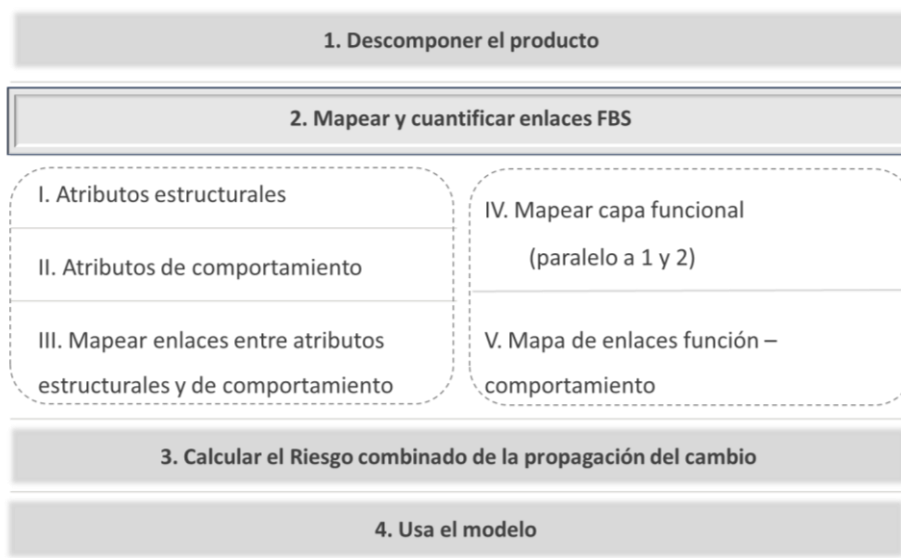
Método FBS Linkage

Los cambios en ingeniería (EC) se plantean a lo largo del ciclo de vida del producto y su gestión puede determinar el éxito comercial de los productos. En el Centro de Diseño de Ingeniería de la Universidad de Cambridge, fue desarrollado el método de predicción de cambios (CPM, change prediction method) para respaldar la gestión de cambios de ingeniería (ECM). El CPM modela un producto como una red numérica de sus componentes y aplica un algoritmo para calcular la fuerza general de las conexiones de los componentes y, por lo tanto, el riesgo de propagación de cambios entre los componentes. El método de vinculación función-comportamiento-estructura FBS, por sus siglas en inglés function-behaviour-structure mejora el CPM permitiendo un modelado y análisis más detallado de los EC. Este método, denominado FBS Linkage, modela el producto con mayor detalle y permite un análisis más detallado de los EC (Hamraz & Clarkson, 2015).

El método FBS Linkage utiliza información de las tres capas de estructuras, comportamientos y funciones. La estructura se refiere a en qué consiste el producto, el comportamiento a cómo actúan o reaccionan sus partes constituyentes en su entorno, y la función a qué se utilizan estos comportamientos. El método FBS Linkage propone los pasos descritos a continuación y presentados en la Figura 8. Concepto del método FBS Linkage.

Figura 8

8 Concepto del método FBS Linkage



Nota. Elaboración basado en (Hamraz & Clarkson, 2015)

1. Descomponer el producto: Un producto se puede descomponer en sus sistemas, ensamblajes, componentes, partes o una combinación de ellos. Cuanto mayor sea el grado de descomposición, más información sobre el producto se puede almacenar y con mayor precisión se puede modelar la propagación del cambio.

2. Mapear y cuantificar enlaces FBS: Para un producto se pueden definir atributos estructurales y de comportamiento, así como sus elementos se pueden vincular entre sí dentro de cada capa .

I. **Atributos estructurales:** Identificar atributos de forma independiente (material y sus características, superficie y sus propiedades y controlador (microprocesadores, chips.))

II. **Atributos de comportamiento:** Identificar tipos de comportamiento de forma independiente Mecánico (es decir, todos los comportamientos relacionados con el peso, los momentos de inercia, etc.), Térmico (es decir, todos los comportamientos relacionados con la temperatura y el calor), y Eléctrico (es decir, todos los comportamientos relacionados con la corriente, el voltaje, etc.).

III. **Mapear enlaces entre atributos estructurales y de comportamiento:** Los elementos estructurales que determinan los comportamientos de los componentes deben estar vinculados entre sí. Debido a que la relación entre estructura y comportamiento está determinada por leyes físicas que se aplican a todos los componentes, el mapeo entre atributos estructurales y de comportamiento puede desarrollarse independientemente de los componentes. Sin embargo, para algunos componentes, ciertos enlaces pueden ser irrelevantes para la propagación de EC y pueden omitirse.

IV. **Mapear capa funcional (paralelo a 1 y 2):** La capa funcional se puede mapear como un diagrama de bloques funcional compuesto por funciones interconectadas por flujos de energía, material y señal basados en la base funcional reconciliada (Hirtz et al 2002 citado en (Hamraz & Clarkson, 2015)). La capa funcional considera el producto completo y tiene una estructura jerárquica separada, independientemente del nivel de descomposición del producto en sistemas, componentes o partes.

V. **Mapa de enlaces función** – comportamiento: Obtener los vínculos función-comportamiento, las funciones pueden asignarse a los componentes que las realizan y luego especificarse los comportamientos de los componentes responsables.

3. Calcular el Riesgo combinado de la propagación del cambio: Es la suma del riesgo directo e indirecto, dónde riesgo directo entre dos componentes se define por el producto de la probabilidad y el impacto directos entre ellos, y riesgo indirecto considera la difusión del cambio a través de componentes intermedios. Estos vínculos se cuantifican utilizando uno de los tres valores estándar para la probabilidad de cambio (es decir, 0,3 para baja, 0,5 para media y 0,8 para alta probabilidad) y 0,1 para todos los valores de impacto de cambio.

4. Usar el modelo: El esquema FBS Linkage muestra cómo se organiza la estructura del producto para exhibir comportamientos reales que realizan sus funciones. El resultado se puede aplicar para el análisis cualitativo y cuantitativo del diseño y la propagación del cambio.

La red FBS cualitativa se puede aplicar para razonar sobre cambios con el propósito de desarrollar soluciones y contener cambios. Por ejemplo, cuando se tiene que cambiar una función, el rastreo de enlaces en la red FBS permite identificar los diferentes comportamientos que realiza esta función y, a su vez, los elementos estructurales que exhiben esos comportamientos. Estudiar la red ayuda a identificar los elementos que podrían estar involucrados en un cambio. Al mismo tiempo, la red FBS se puede utilizar para investigar qué elementos deben manipularse para adaptarse al cambio funcional de la manera más eficaz. Los resultados cuantitativos podrían aplicarse para analizar la propagación del cambio (Hamraz & Clarkson, 2015).

Hipótesis

Se plantea que contar con una metodología para el análisis de los cambios en el marco de un proyecto y su impacto sobre este, proveerá información relevante y con más detalle para determinar si se acepta o no un cambio, permitiendo reducir la latencia en la toma de decisiones y los impactos negativos en el proyecto por cambios no controlados o con efectos no previstos.

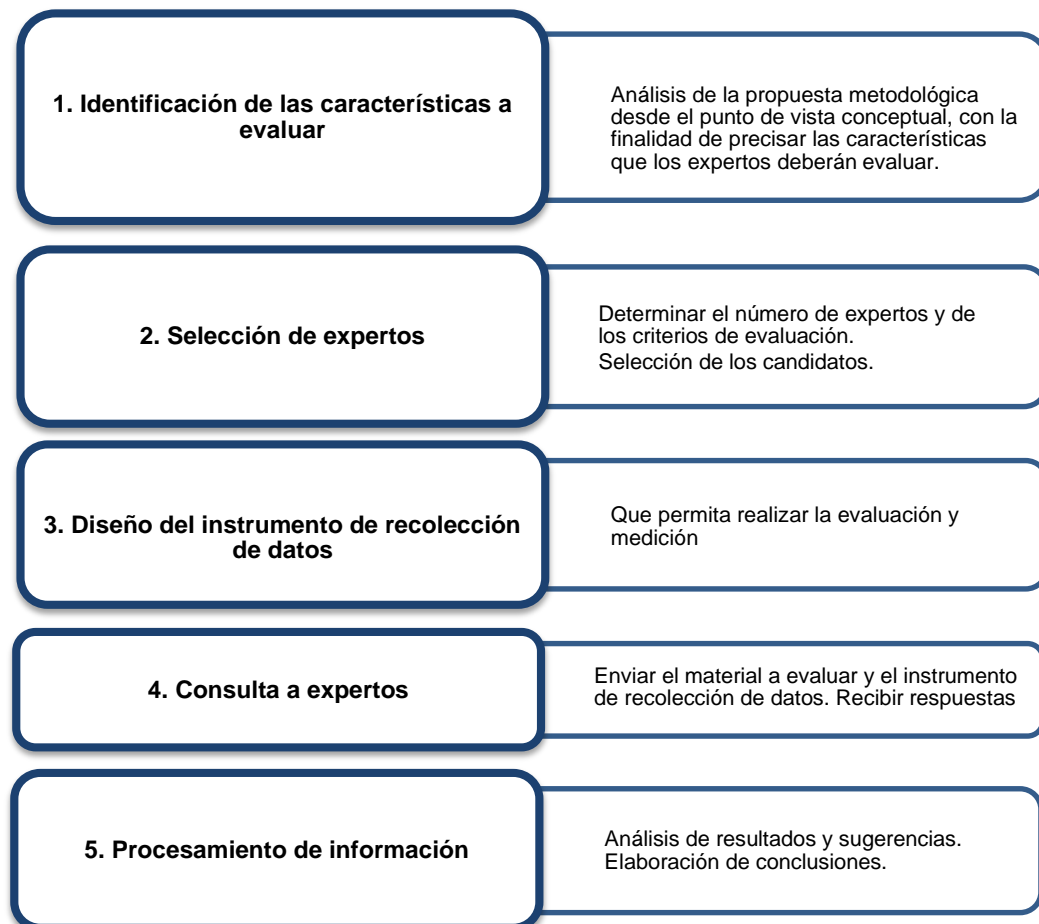
Metodología

El enfoque utilizado para este trabajo de grado es el cualitativo dado que la investigación cualitativa se basa más en una lógica y un proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas). Se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente, define los datos cualitativos como descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas observadas y sus manifestaciones (Hernández et al., 2014).

Como método de validación se utilizará la evaluación mediante el juicio de expertos por medio del cual se solicitará a un conjunto de profesionales dar su juicio hacia un elemento o instrumento de investigación, para este caso su opinión respecto al marco metodológico propuesto (Cabero & Llorente, 2013, citados por Robles & Rojas, 2015), con el fin de determinar la validez y fiabilidad de la investigación. En la Figura 9 se describen los pasos a seguir en el método de juicio de expertos. En lo que respecta a evaluación de la investigación por parte del grupo de expertos, se utilizará como instrumento de recolección de datos una encuesta.

Figura 99

Pasos método Juicio de expertos



Nota. Elaboración basado en Michalus et al., (2015).

Desarrollo del marco metodológico

Necesidad del marco metodológico

De acuerdo con los estudios referenciados, se encontró que el resultado de los proyectos y su finalización exitosa: dentro del presupuesto, a tiempo y logrando la satisfacción del usuario, se ha visto afectado a través de los años por diversas causas listadas en la Tabla 6 Principales causas de desviaciones y/o fracasos en los proyectos

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

descritas en los estudios analizados identificando para cada una el grupo de proceso de la metodología de gestión de proyectos de PMI donde se presenta evidenciando que estos se presentan a lo largo de proyecto en todos los grupos.

Tabla 6

Principales Causas de desviaciones y/o fracasos en los proyectos.

Año	Principales causas de desviaciones y/o fracasos en los proyectos	Grupo de Proceso PMI
2014	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión deficiente de los requisitos debido a una baja madurez en la gestión de estos. ● Corrupción del alcance. ● Comunicaciones deficientes. ● Falta de participación de las partes implicadas. ● Apoyo inadecuado por parte del patrocinador ejecutivo. ● Recursos inadecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planificación ● Seguimiento y control ● Ejecución ● Ejecución ● Ejecución ● Planificación
2016	<ul style="list-style-type: none"> ● Complejidad de los proyectos. ● Capacidades de personal ● Metodología utilizada ● Requerimientos mal escritos, ambiguos o incompletos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Planificación ● Ejecución ● Planificación ● Ejecución
2017	<ul style="list-style-type: none"> ● Requerimientos mal escritos, ambiguos o incompletos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejecución
2018	<ul style="list-style-type: none"> ● La corrupción del alcance. ● Alta complejidad del proyecto. ● Cambios en las prioridades de la organización. ● Cambios en los objetivos del proyecto. ● Errores de recopilación de requisitos ● Dificultad para estimar la duración de los proyectos. ● Proyectos con duración planeada superior a un año. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Seguimiento y control ● Planificación ● Seguimiento y control ● Seguimiento y control ● Ejecución ● Planificación ● Planificación
2019	<ul style="list-style-type: none"> ● Falta de preparación del equipo de proyecto ● A mayor tiempo planeado, mayor desviación del tiempo del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejecución ● Planificación
2020	<ul style="list-style-type: none"> ● Desempeño deficiente por habilidades inadecuadas del personal ● Duración superior a 12 meses 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejecución ● Planificación

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

	<ul style="list-style-type: none"> ● Equipos no capacitados ● Poca experiencia de las PMO 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ejecución ● Ejecución
2021	<ul style="list-style-type: none"> ● Latencia en la toma de decisiones ● Gestión estándar de proyectos ● Proyectos grandes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Seguimiento y control ● Ejecución ● Planificación

No obstante, las causas de desviaciones y/o fracasos en los proyectos listadas anteriormente no son las únicas que se presentan, de acuerdo con la experiencia propia en la participación de proyectos de software, se identificaron otros factores que influyen en la no terminación con éxito de los proyectos como: Alta rotación del personal que participa en el proyecto unido a una deficiente e inapropiada documentación funcional y técnica, patrocinadores poco comprometidos, definición de tiempos inapropiados con cronogramas no cumplibles, deficiente o inexistencia de diseños de arquitectura, entre otros.

Es de resaltar que en el Informe Pulso de la profesión del Project Management Institute del 2021, se evidenció que la inversión desperdiciada a causa del mal desempeño de los proyectos pasó del 11,4% al 9,4%. No obstante, The Standish Group, en su reporte del caos de 2021, resalta la latencia en la toma de decisiones como la causante de los problemas en el rendimiento de los proyectos. Una de las principales dificultades en la toma de decisiones, es la identificación de los posibles impactos que puede ocasionar un cambio lo que es muy relevante al momento de determinar si se acepta o no el cambio. El impacto del cambio puede variar dependiendo del avance del proyecto, del tamaño del cambio solicitado y del esfuerzo requerido para el mismo.

Durante la ejecución de un proyecto al momento de presentarse una solicitud de control de cambios es importante tomar la decisión de si se aplica o no. En la versión

PMBOK 6.0, como parte del área del conocimiento de integración y dentro del grupo de monitoreo y control, se ubica el proceso 4.6 Realizar el control integrado de cambios, como se presenta en la Tabla 7. El proceso realizar el control integrado de cambios plantea que se realicen actividades de identificación del cambio, que estos sean documentados y revisados para tomar cualquier decisión ya sea aprobar, rechazar, aplazar u otra decisión y que finalmente se realicen actividades de seguimiento de los cambios.

Tabla 7

Ubicación del proceso realizar el control integrado de cambios.

		Grupos				
		Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
Áreas del conocimiento	Integración				4.6 Realizar el control integrado de cambios	
	Alcance					
	Tiempo					
	Costo					
	Calidad					
	Recursos					
	Comunicaciones					
	Riesgos					
	Adquisiciones					
	Interesados					

Nota. Elaboración basado en (Sarmiento et al., 2021)

Alineados con lo indicado en el PMBOK 6.0, dentro del proceso 4.6 Realizar el control integrado de cambio, una vez se identifique o se reciba una solicitud de cambio se debe “decidir acerca de los cambios” haciendo una revisión para aprobar, rechazar, aplazar o

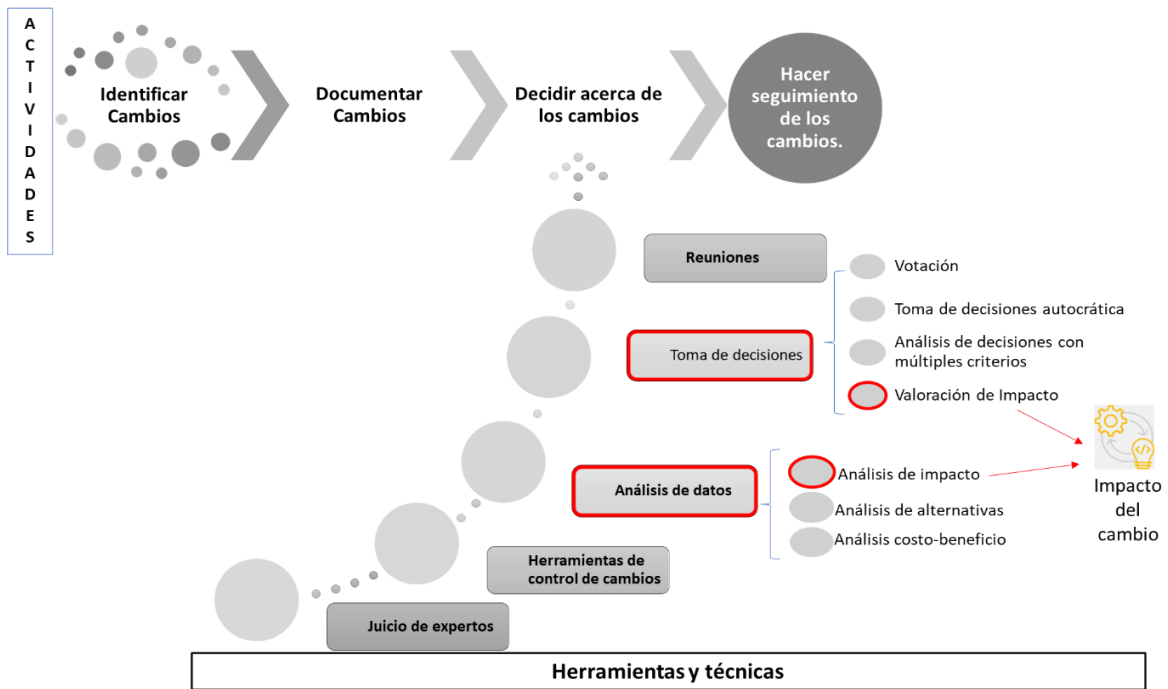
tomar cualquier otra decisión utilizando herramientas que permitan realizar el análisis de los datos y con ello la toma de decisiones. Teniendo en cuenta los estudios recopilados y la experiencia propia, la actividad de “decidir acerca de los cambios” es fundamental para el éxito del proyecto y para controlar la desviación de este en el mayor grado posible.

Debido a la alta interconectividad existente entre los productos de ingeniería, un cambio en alguna parte del sistema podría desencadenar una propagación de cambios en otras partes repercutiendo en un aumento de costos y retrasos en los cronogramas de los proyectos (Hamraz & Clarkson, 2015). Partiendo de esta premisa, Hamraz & Clarkson (2015), en el artículo del Journal of Engineering Design, presentan un método para la gestión de cambios en ingeniería aplicándolo en la industria automotriz, al que denominaron método FBS Linkage para modelar el producto con mayor detalle y con ello poder realizar un análisis más minucioso de los cambios.

En los proyectos de software, al igual que la industria automotriz, existe una alta interconectividad entre los componentes que constituyen la solución que se está implementando. Cualquier modificación o cambio en alguna parte del sistema puede desencadenar cambios en mayor o menor proporción en el resto del proyecto. Con el objetivo de apoyar la toma de decisiones sobre los cambios en un proyecto, en el presente trabajo, tomando como base las herramientas para realizar el control integrado de cambios de PMBOK 6.0: Análisis de datos y Toma de decisiones y el método FBS Linkage, se plantea diseñar un marco metodológico que apoye el proceso de decidir acerca de los cambios por medio de la identificación del impacto del cambio como herramienta de análisis de datos y de toma de decisiones, como se ve en la Figura 10. Herramientas para decidir acerca de los cambios.

Figura 1010

Herramientas para decidir acerca de los cambios.



Nota. Elaboración basado en PMBOK 6.0

En el Informe Pulso de la profesión de PMI del 2018, plantean como uno de los impulsores de éxito de los proyectos evitar la corrupción del alcance o cambios no controlados en el alcance del proyecto, en tal sentido, cobra relevancia contar con un marco metodológico que apoye la toma de decisiones asociadas a una solicitud de cambio en el proyecto. El marco metodológico propuesto se realizará basado en el método FBS Linkage, diseñado para proyectos de mecatrónica, para aplicarlo a los proyectos de Software buscando atender la recomendación realizada por unos de los especialistas validadores del método FBS Linkage en la que refiere que por la cantidad de información y esfuerzo necesario para la construcción del modelo sugiere encontrar alguna forma de simplificarlo o reducirlo.

El marco metodológico propuesto tiene como alcance identificar el impacto de la propagación en la aplicación de un cambio en el proyecto para que con esta información se pueda identificar y presupuestar el costo de este, no obstante, el cálculo del costo del cambio no hace parte del alcance de la propuesta.

Marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en un proyecto

Los productos técnicos se componen de muchas partes interconectadas que trabajan juntas para realizar las funciones de los productos. Los cambios realizados en una parte de un producto tienden a afectar otras partes y propagarse. A su vez, estos cambios pueden requerir que se cambien aún más componentes. Comprender todas las implicaciones de los cambios, en términos de cómo un cambio en un solo componente puede propagarse más allá de ese componente en todo el sistema, sigue siendo un problema para la industria (University of Cambridge, 2023).

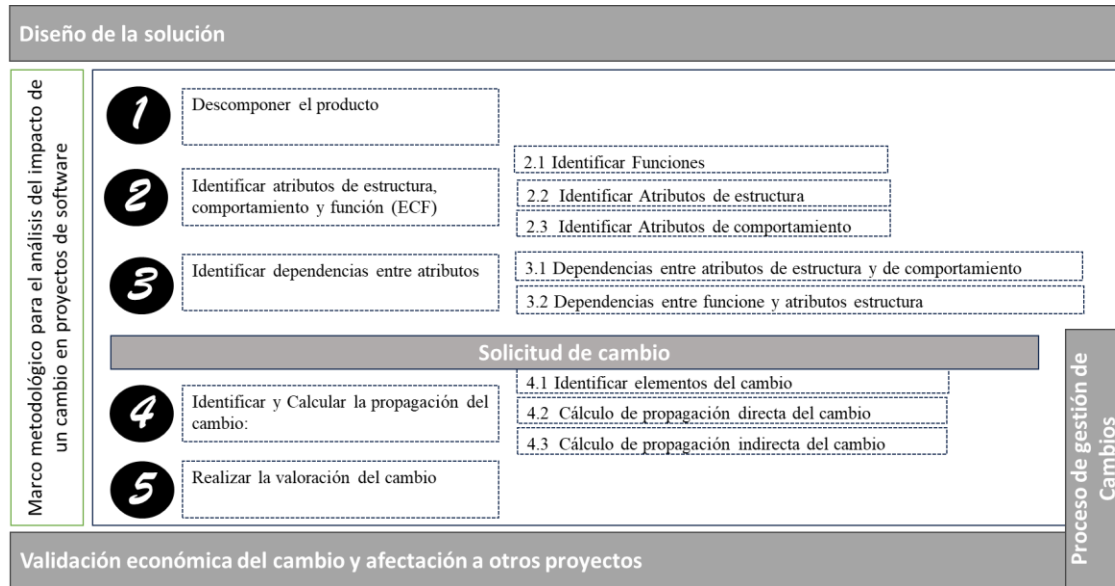
Unos de los retos en el desarrollo de los proyectos es decidir acerca de si se aplica o no una solicitud de cambio recibido, con el fin de cerrar esta brecha, se propone este marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en el proyecto de software tomando como base alguno de los pasos del método FBS Linkage. Mediante este marco metodológico se busca poder identificar la propagación del cambio sobre el proyecto en general y con ello el nivel de impacto para apoyar la toma de decisiones sobre el cambio.

El marco metodológico descrito en la Figura 11, consta de los siguientes pasos:

1. Descomponer el producto
2. Identificar atributos de estructura, comportamiento y función (ECF)
3. Identificar dependencias entre atributos
4. Identificar y calcular la propagación del cambio
5. Realizar la valoración del cambio

Figura 11 11

Pasos Marco Metodológico para la validación del cambio.

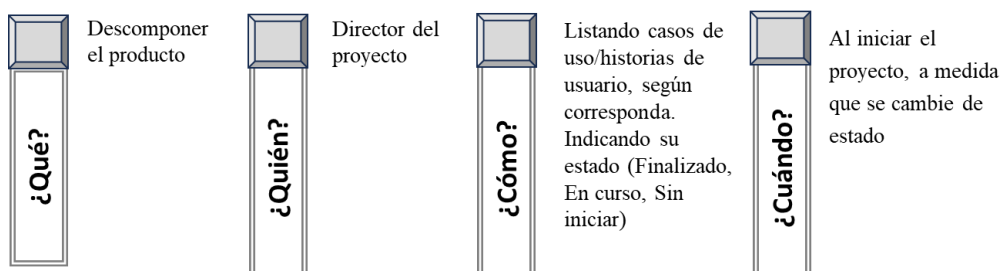


Nota. Elaboración basado en (Hamraz & Clarkson, 2015)

1. Descomponer el producto: En este paso, como se indica en la Figura 12, el director del proyecto al inicio de este cuando ya cuente con el diseño del producto que se va a implementar, realizará la descomposición del producto.

Figura 12 12

Actividad descomponer el producto.



El producto del proyecto está definido por sus objetivos, en función de los cuales se determinan una serie de entregables que para definirlos se describen en un conjunto de

historias de usuario o casos de uso, dependiendo de la metodología de desarrollo que se esté utilizando. En este sentido, en este paso se descompone en casos de uso o historias de usuario, indicando su estado, si está finalizado, en curso o sin iniciar como se indica en la Tabla 8, teniendo presente que en la medida que cambie el estado de un producto o se incorporen o retiren productos de deberá actualiza el listado.

Tabla 8

Listado de Productos.

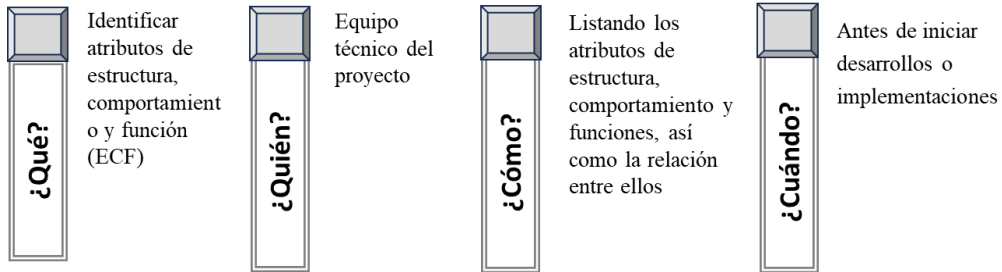
Descomponer el Producto		
Id	Descripción	Estado (Finalizado, En curso, Sin iniciar)
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		

2. Identificar atributos de estructura, comportamiento y función (ECF): En este paso, como se indica en la Figura 13, el equipo técnico del proyecto al inicio de este cuando ya cuente con el diseño del producto que se va a implementar antes de iniciar los desarrollos, realizará la identificación de los atributos de estructura, comportamiento y función.

Figura 13 13

Actividad Descomponer el producto.

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE



En el método FBS Linkage se indica que para un producto se pueden definir atributos estructurales y de comportamiento, así como los vínculos entre ellos valiéndose de cinco pasos de la fase de Mapear y cuantificar enlaces de función, comportamiento y estructura. En proyectos de software para un producto también pueden identificarse un listado de funciones, de atributos estructurales que tienen atributos de comportamiento asociados.

2.1 Identificar Funciones: La capa funcional en un proyecto de software se propone como el conjunto de funcionalidades que debe cumplir el producto (actividades automatizadas). En esta actividad se deben listar las funcionalidades que se espera que sean entregadas con el proyecto., ver Tabla 9.

Tabla 9

Listado de Funcionalidades

Listado de funcionalidades	
ID	Descripción
F1	Funcionalidad 1
F2	Funcionalidad 2
F3	Funcionalidad 3
F4	Funcionalidad 4
F5	Funcionalidad 5

2.2 Identificar atributos de estructura. El diseño de un producto de software se puede realizar a diversos niveles de detalle, un mayor nivel de detalle permitirá identificar

con más precisión el impacto de un cambio. Los atributos de estructura están conformados por los componentes a entregar en el proyecto ya sean de la capa de presentación, de integración, de procesamiento o de almacenamiento.

Para esta actividad, se deben listar los atributos de estructura indicando las horas de desarrollo que requiere, la fábrica o proveedor de este y la relación/dependencia existente con otros atributos de estructura, como se presenta en la tabla atributos de estructura, ver Tabla 10.

Tabla 10

Atributos de estructura.

Atributos de Estructura					Dependencia entre Atributos						
ID	Descripción	Horas	Proveedor	Producto	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E1											
E2											
E3											
E4											
E5											
E6											
E7											

Para los enlaces/dependencias entre los atributos de estructura identificados, se asigna una puntuación que permita identificar el nivel de impacto de la modificación de un atributo hacia el otro, este nivel de impacto puede ser bajo (B), medio (M) o alto (A). Con lo que la tabla de atributos de estructura quedaría representada como se ve en la Tabla 11. Matriz de dependencias/enlaces entre atributos de estructura.

Tabla 11

Matriz de dependencias/enlaces entre atributos de estructura.

Atributos de Estructura					Dependencia entre Atributos						
ID	Descripción	Horas	Proveedor	Producto	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
E1								M		M	
E2						B		B		B	
E3							A			A	
E4							M			B	
E5											
E6						A		A			
E7											

Para determinar el esfuerzo del impacto de un cambio en un enlace entre componentes de estructura se realiza una ponderación entre el costo de horas de desarrollo de los dos componentes: $(\text{horas E1} + \text{horas E2}) / 2$. Por ejemplo: el componente de estructura E1 tiene un costo de desarrollo de 540 horas y el componente de estructura E2 tiene un costo de desarrollo de 80 horas, el costo del impacto del cambio de este enlace se promedia en:

$$\text{Costo enlace (CE)} = (\text{horas E1} + \text{horas E2}) / 2$$

$$\text{Costo enlace (CE)} = (540 \text{ horas} + 80 \text{ horas}) / 2$$

$$\text{Costo enlace (CE)} = 310 \text{ horas}$$

El nivel de impacto del enlace entre atributos de estructura es proporcional al Costo enlace (CE) calculado, para enlaces de hasta dos semanas de desarrollo (80 horas) el nivel de impacto es bajo (B), para enlaces de más de dos semanas hasta cuatro semanas (entre 81 horas y 160 horas) el nivel de impacto es medio (M) y para enlaces de más de cuatro semanas (más de 160 horas) el nivel de impacto es alto(A).

2.3 Identificar Atributos de comportamiento: Analizando los atributos de comportamiento utilizados en el caso del método de FBS Linkage como lo son la temperatura, mecánicos y eléctricos son aquellos que a nivel de algún cambio son representativos para este tipo de producto. Haciendo una analogía que aplique a los proyectos de software se identifican como atributos de comportamiento, los siguientes: ubicación física (Servidor), Herramienta de desarrollo, Tipo de procesamiento (sincrónico o asíncrono), Canal de presentación, Tipo de aplicación, Parámetros de entrada, parámetros de salida, tipo de dato, entre otras características propias de los productos.

Para esta actividad, se deben identificar los atributos de comportamiento que pertenecen a los atributos de estructura, como se presenta en la Tabla 12 atributos de comportamiento.

Tabla 12

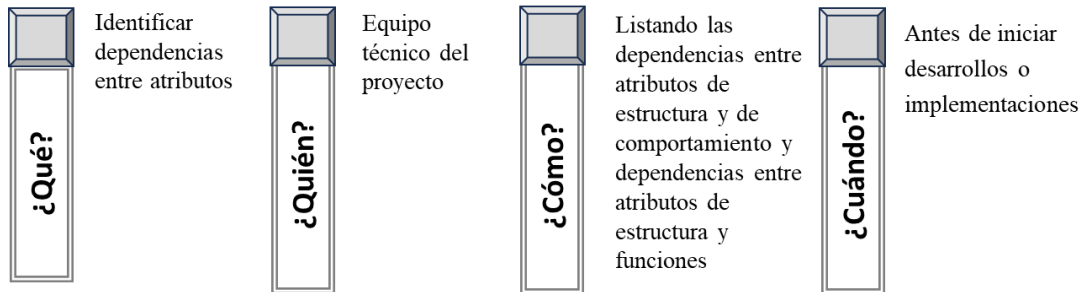
Atributos de Comportamiento.

Atributos de Comportamiento	
ID	Descripción
A1	Herramienta de desarrollo
A2	Tipo de procesamiento
A3	Canal de presentación
A4	Tipo de aplicación
A5	Servidor

3. Identificar dependencias entre atributos, En este paso, como se indica en la Figura 14, el equipo técnico del proyecto al inicio de este cuando ya cuente con el diseño del producto que se va a implementar antes de iniciar los desarrollos, realizará la identificación de las dependencias entre los atributos de estructura, de comportamiento y de función.

Figura 1414

Identificar dependencias entre atributos.



3.1 Mapear dependencias entre atributos de estructura y de comportamiento: En esta actividad, se plantea identificar las dependencias entre los atributos de estructura y los de comportamiento. Definiendo el nivel de impacto de cada uno de los enlaces para los cuales se asigna por juicio de expertos un impacto en horas de desarrollo en caso de presentar un cambio en el atributo de comportamiento, de este modo, una puntuación que permitirá cuantificar el impacto de un cambio. Para enlaces de hasta dos semanas de desarrollo (80 horas) el nivel de impacto es bajo (B), para enlaces de más de dos semanas hasta cuatro semanas (entre 81 horas y 160 horas) el nivel de impacto es medio (M) y para enlaces de más de cuatro semanas (más de 160 horas) el nivel de impacto es alto(A).

En este paso, para la identificación de las dependencias entre los atributos de estructura y los de comportamiento, así como el nivel de impacto de cada uno de los enlaces, se utiliza la Tabla 13. Matriz de Dependencias entre atributos de estructura y de comportamiento.

Tabla 13

Matriz de dependencias entre atributos de estructura y de comportamiento.

Atributos de estructura		Atributos de comportamiento			
		A1	A2	A3	A5
ID	Descripción	Atrib. Compot. 1	Atrib. Compot. 2	Atrib. Compot. 3	Atrib. Compot. 4
E1	Atrib. De estructura 1		A	B	B
E2	Atrib. De estructura 2	M			
E3	Atrib. De estructura 3	M			
E4	Atrib. De estructura 4				
E5	Atrib. De estructura 5				
E6	Atrib. De estructura 6				
E7	Atrib. De estructura 7				

3.2 Mapa de Dependencias función – estructura: Identificar los enlaces de función y de estructura con el fin de determinar la afectación que se puede presentar en caso de presentarse un cambio en alguna de las funciones del producto sobre los atributos de estructura, ver Tabla 14.

Tabla 14

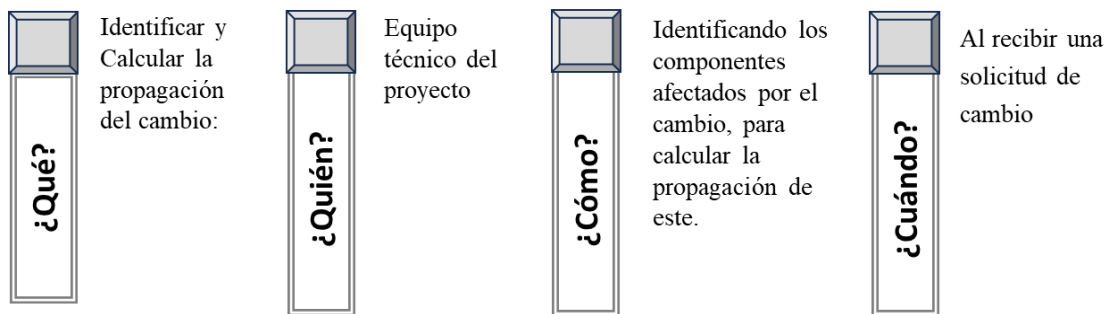
Matriz de dependencias entre funciones y atributos de estructura.

Funcionalidad		Dependencia con Atributos de Estructura						
ID	Descripción	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
F1	Funcionalidad 1		X					
F2	Funcionalidad 2				X		X	
F3	Funcionalidad 3		X		X			X
F4	Funcionalidad 4			X		X	X	
F5	Funcionalidad 5	X	X					X

4. Identificar y Calcular la propagación del cambio: En este paso, como se indica en la Figura 15, el equipo técnico del proyecto al inicio de este cuando reciba una solicitud de cambio realizará la identificación de los atributos de estructura, comportamiento y función que se deben modificar y calculará la propagación del cambio.

Figura 1515

Identificar y calcular la propagación del cambio.



Para determinar el impacto del cambio se calcula la propagación de este, que es la suma de la propagación directa e indirecta entre sus componentes. Donde la propagación directa entre dos componentes se define por el producto de la dependencia entre ellos y el impacto directos entre ellos, y propagación indirecta considera la difusión del cambio a través de componentes intermedios.

4.1 Identificar elementos del cambio: Una vez recibida la solicitud de cambio, se debe realizar la valoración mediante juicio de expertos de los atributos de estructura, atributos de comportamiento o de funcionalidad que deben ser modificados en caso de aprobar el cambio. Para ello se dispondrá del listado completo de atributos de estructura, atributos de comportamiento y funcionalidades en los que marcará con un uno ("1") los que estarán afectados por el cambio de forma directa, ver Tabla 15.

Tabla 15

Identificación de cambios

ID	Descripción del Atributo/Funcionalidad	Indicador de Cambio (1)
E1	Descripción E1	
E2	Descripción E2	1
E3	Descripción E3	
E...	Descripción E..	
A1	Descripción A1	
A2	Descripción A2	
A3	Descripción A3	
A...	Descripción A..	1
F1	Descripción F1	
F2	Descripción F2	
F3	Descripción F3	
F...	Descripción F...	

4.2 Cálculo de propagación directa del cambio: Permite conocer los elementos afectados mediante propagación directa del cambio y cuantificar el impacto en general del cambio sobre estos.

a. Identificar elementos de propagación directa: Para cada uno de los elementos del cambio, identificados en el paso 4.1, se buscan las dependencias con otros atributos/funcionalidades y el impacto de esta dependencia definidos en las matrices elaboradas en el paso 3: Identificar dependencias entre atributos. Estos serían los elementos afectados por propagación directa.

b. Cuantificar el impacto general de la propagación directa, asignando los siguientes valores de acuerdo con el impacto asignado a la dependencia en el paso 3: 0,3 para

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

impacto bajo (B), 0,5 para impacto medio (M) y 0,8 para impacto alto (A). La cuantificación del impacto de los cambios por propagación directa se realiza mediante la sumatoria de los valores de impacto dividido entre el número de elementos de propagación directa, ver Tabla 16.

Tabla 16

Identificar propagación directa.

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO DE LOS CAMBIOS				
Atributos con cambios		Propagación Directa		
Id	Descripción	Id	Nivel	Valor
E1		E2	A	0.8
		E4	B	0.3
		E5	M	0.3
E3		E8	B	0.3
A1		E5	B	0.3
A2		E3	M	0.5
F1		E1		0.1
F2		E4		0.1
Total de componentes		8		
Nivel de Impacto		B		
Valor		0.34		

4.3 Cálculo de propagación indirecta del cambio: Permite conocer los elementos afectados mediante propagación indirecta del cambio y cuantificar el impacto en general del cambio sobre estos.

a. Identificar elementos de propagación directa: Para cada uno de los elementos de propagación directa, identificados en el paso 4.2, se buscan las dependencias con otros atributos/funcionalidades y el impacto de esta dependencia definidos en las matrices elaboradas en el paso 3: Identificar dependencias entre atributos. Estos serían los elementos afectados por propagación indirecta.

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

b. Cuantificar el impacto general de la propagación indirecta, asignando los siguientes valores de acuerdo con el impacto asignado a la dependencia en el paso 3: 0,3 para impacto bajo (B), 0,5 para impacto medio (M) y 0,8 para impacto alto (A). La cuantificación del impacto de los cambios por propagación directa se realiza mediante la sumatoria de los valores de impacto dividido entre el número de elementos de propagación indirecta, ver Tabla 17.

Tabla 17*Identificar Propagación Indirecta*

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO DE LOS CAMBIOS							
Atributos con cambios		Propagación Directa			Propagación Indirecta		
Id	Descripción	Id	Nivel	Valor	Id	Nivel	Valor
E1		E2	A	0.8	E4	B	0.3
		E4	B	0.3	E6		0.1
					E5	A	0.8
E3		E5	M	0.3	E2	M	0.5
					E7	A	0.8
		E8	B	0.3			
A1		E5	B	0.3	E2	M	0.5
					E7	A	0.8
A2		E3	M	0.5	E4	B	0.3
					E5	M	0.5
					E8	M	0.5
F1		E1		0.1	E2	A	0.8
F2		E4		0.1	E6		0.1
					E5	M	0.5
Total componentes		8			13		
Nivel de Impacto		B			M		
Valor		0.34			0.50		

5. Realizar la valoración del cambio, Figura 16: Una vez identificados los elementos a ser modificados, los de propagación directa e indirecta, se debe identificar de qué

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

producto(s) hacen parte y el estado de estos (iniciado, finalizado, sin iniciar), identificar los proveedores requeridos, las horas de desarrollo necesarias. Con todas estas variables se contará con información para determinar si se acepta el cambio o no y en qué momento se iniciaría si inmediatamente o al final de todas las implementaciones o si definitivamente debe realizarse por fuera del alcance del proyecto, ver tabla 18.

Figura 1616

Realizar Valoración del cambio

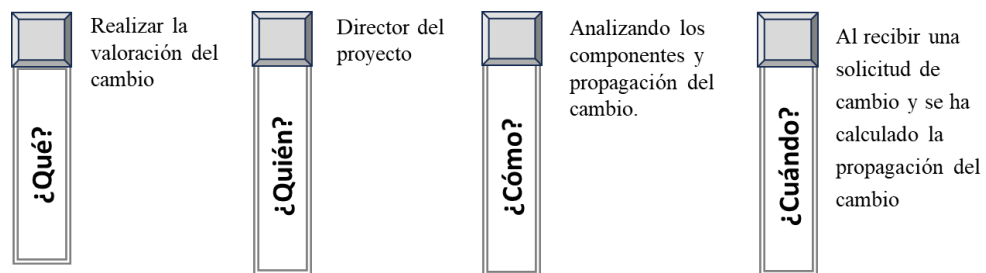


Tabla 18

Realizar la valoración del cambio

Valoración del cambio						
ID	Propagación	Nivel	Horas	Proveedor	Producto	Estado
	(Inicial, Directa, Indirecta)					(Finalizado, En curso, Sin iniciar)
E1						
E3						
A1						
A2						
A2						
F1						

Con la información recopilada se puede identificar el impacto del cambio en el proyecto sujeto de valoración, con estos datos se debe realizar la cuantificación del cambio a nivel de costos y tiempos de implementación, del mismo modo se debe validar la afectación a otros proyectos para finalmente poder tomar la decisión sobre el cambio.

Evaluación del marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de Software

La evaluación del marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de Software basado en el método FBS Linkage, se realizó utilizando el método de juicio de expertos, por medio del cual se convocó a un grupo impar de personas la emisión de su juicio basado en su conocimiento y experiencia sobre un instrumento sujeto a valoración (Cabero y Llorente, 2013, citado por Robles y Rojas, 2015), con el fin de determinar la validez y fiabilidad de la investigación.

Algunas de las ventajas de esta estrategia de evaluación son: la calidad de respuesta teórica de las personas, ofrece un nivel de profundización importante, facilita la puesta en acción, permite la ausencia de recursos técnicos y humanos para su ejecución, se pueden utilizar distintas estrategias para recolectar información de gran utilidad para determinar contenidos temáticos complejos, además de obtener información específica sobre los temas sometidos al estudio planteado (Barroso & Cabero, 2013).

El objetivo de la evaluación mediante el juicio de expertos es validar la aplicabilidad del marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de Software mediante la evaluación por juicios de expertos.

Identificación de las características a evaluar por los expertos

La valoración por parte de expertos se llevó a cabo en el marco de siete variables descritas en la Tabla 19, como los son: Claridad, usabilidad, efectividad, relevancia, utilidad, flexibilidad, resultados obtenidos.

Tabla 19

Variables a evaluar

Código	Variable	Descripción
V1	Claridad	Determina la comprensión de los pasos propuestos en el marco metodológico.
V2	Usabilidad	Determina el esfuerzo requerido para el uso del marco metodológico.
V3	Efectividad	Determina el impacto en calidad y tiempo del uso del marco metodológico.
V4	Relevancia	Determina la validez y alineación del marco metodológico en la valoración de un cambio.
V5	Utilidad	Determina los beneficios y contribuciones del marco metodológico.
V6	Flexibilidad	Determina la adaptabilidad del marco metodológico.
V7	Propagación	Determina la posibilidad de uso y recomendación del marco metodológico.

Con el objetivo de lograr una evaluación de cumplimiento o aplicación de estas variables se plantearon los siguientes indicadores que permitirán contar esta medición, descritos en Tabla 20.

Tabla 20

Indicadores por variable

Variable	Indicador
Claridad	I1 Nivel de comprensión de los pasos y procesos del marco metodológico
	I2 Nivel de esfuerzo requerido para el uso
Usabilidad	I3 Nivel de complejidad requerido para su aplicación
	I4 Nivel de esfuerzo para comprender su uso
Efectividad	I5 Nivel de mejora en la eficiencia y claridad de la valoración de un cambio

	I6	Nivel de mejora en tiempos de valoración de un cambio
Relevancia	I7	Nivel de confiabilidad de los resultados
	I8	Nivel de alineación con la gestión de proyectos
Utilidad	I9	Nivel de mejora en la valoración de un cambio
	I10	Nivel de identificación del impacto de cambio
	I11	Nivel de impacto en la gestión del proyecto
Flexibilidad	I12	Nivel adaptación
Propagación	I13	Nivel de aplicación en un contexto laboral
	I14	Grado de recomendación del marco metodológico

Selección de los expertos

El número de expertos puede llegar a variar, en esta evaluación se contó con la participación de 7 expertos. Para la selección del grupo de expertos, se parte del problema identificado en este estudio y del público objetivo del mismo; por lo que deben pertenecer o haber participado en algún proyecto de software, independientemente del rol desempeñado en el mismo y cumplir las siguientes características:

- Conocimiento en desarrollo de software
- Experiencia en proyectos de software
- Aceptación al cambio
- Objetividad en sus opiniones

Adicionalmente, se consideró importante la contribución de los siguientes perfiles profesionales, descritos en la Tabla 21, teniendo en cuenta su formación académica, experiencia laboral y participación en proyectos, para los cuales la propuesta del presente trabajo podría llegar a ser de utilidad.

Tabla 21

Descripción de perfil de expertos

Perfil	Descripción	Experiencia
Gerente de proyecto de TI	Profesional en Ingeniería de Sistemas, Telecomunicaciones o Electrónica o carreras afines. Con especialización y/o maestría en proyectos o gerencia de sistemas de información, telecomunicaciones o administración de tecnología y procesos de TI. Con experiencia en gerencia de proyectos.	5 años o más
Gerente de fábrica de desarrollo de software	Profesional en Ingeniería de Sistemas, Telecomunicaciones o Electrónica o carreras afines. Con experiencia en gerencia de proyectos en fábricas de desarrollo de software.	5 años o más
Desarrollador de software	Profesional en Ingeniería de Sistemas, Telecomunicaciones o Electrónica o carreras afines. Con experiencia en desarrollo de software	3 años o más

Diseño de la entrevista para la recolección de datos

Para la valoración de expertos, se utilizó como instrumento para la recepción de la información una encuesta la cual permite recopilar información precisa con resultados cuantificables. Partiendo de las variables e indicadores identificados y con el fin de obtener la valoración de estos, se estructuró la encuesta con 14 preguntas como se ve en la Tabla 22, utilizando para las respuestas la escala de Likert de 5 puntos: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo. Al final se incorporaron dos opciones permitiendo un espacio para observaciones y otro para recomendaciones de diligenciamientos libre.

DE UN CAMBIO EN PROYECTOS DE SOFTWARE

Tabla 22*Diseño de encuesta*

Variable	Indicador	Pregunta
Claridad	I1	P1 ¿Son claros los pasos definidos en la propuesta?
	I2	P2 Considera que al momento de utilizarlo ¿Sería simple y fácil de usar?
Usabilidad	I3	P3 ¿Identificó alguna dificultad para el momento de su aplicación?
	I4	P4 El nivel de esfuerzo para comprenderlo, con el objetivo de aplicarlo, ¿fue el adecuado?
Efectividad	I5	P5 ¿Mejoraría la eficiencia o calidad de la valoración de un cambio en un proyecto?
	I6	P6 ¿Mejoraría los tiempos de valoración de un cambio en un proyecto?
Relevancia	I7	P7 ¿Recomendaría su adopción como metodología dentro de la gestión de proyectos?
	I8	P8 ¿Está alineado con los objetivos y necesidades de gestión de un proyecto?
Utilidad	I9	P9 ¿Facilitaría la valoración de un cambio en un proyecto?
	I10	P10 ¿Contribuye al conocimiento del impacto de un cambio?
	I11	P11 ¿Impactaría, en su opinión, los resultados de un proyecto?
Flexibilidad	I12	P12 ¿Tiene la capacidad de adaptarse a diferentes proyectos?
Propagación	I13	P13 ¿Es viable su uso en un contexto laboral?
	I14	P14 ¿Lo recomendaría a otros profesionales?

Como parte de la encuesta se creó una sección de caracterización y conocimientos de los expertos, la cual consta de 5 preguntas.

Finalmente, se diseñó un formulario de Google para ser distribuido electrónicamente a los expertos y recibir retroalimentación de la valoración del marco metodológico propuesto. Para mayor detalle del instrumento diseñado, ver Anexo A.

Consulta a los expertos

Para la valoración de expertos, se utilizó el método individual que consiste en obtener información de cada uno de los expertos sin que los mismos estén en contacto entre ellos (Barroso & Cabero, 2013), en este sentido, se envía correo electrónico a cada uno

de los expertos para que participen en la valoración del marco metodológico. En el correo se adjuntó el archivo con la descripción de la metodología y el enlace a la encuesta.

Posteriormente, se realizaron sesiones virtuales para aclarar dudas de cada uno de los expertos por separado y recibir recomendaciones sobre el marco metodológico. Una vez realizados los ajustes aclaratorios solicitados por cada uno de los expertos, se recibió respuesta de la encuesta. Ver Anexo B.

En atención a las recomendaciones realizadas por algunos de los expertos, se realizaron las siguientes mejoras:

- Explicar en texto, no solo por medio de la figura, el ¿Quién? y el ¿Cuándo?
- Identificar de forma explícita y clara que los primeros tres pasos del marco metodológico deben realizarse en una fase temprana del proyecto y no el en momento de recibir la solicitud de cambio.
- Explicar de forma más clara en qué consisten la propagación directa e indirecta y cómo calcularla.

Resultado de la evaluación de expertos

La valoración de expertos se realizó entorno a determinar la apreciación de los expertos acerca del cumplimiento del marco metodológico de las siete variables identificadas en el ítem 8.1 de este documento como lo son: Claridad, usabilidad, efectividad, relevancia, utilidad, flexibilidad y resultados obtenidos.

Para la medición del cumplimiento de estas variables se definieron unos indicadores cuyos valores oscilan entre 1 y 5, donde: 1. Totalmente en desacuerdo, 2. En desacuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. De acuerdo, 5. Totalmente de acuerdo. Las respuestas de cada uno de los siete (7) expertos que participaron de la valoración se encuentran en la Tabla 23 y el detalle de estas en el Anexo B.

Tabla 23

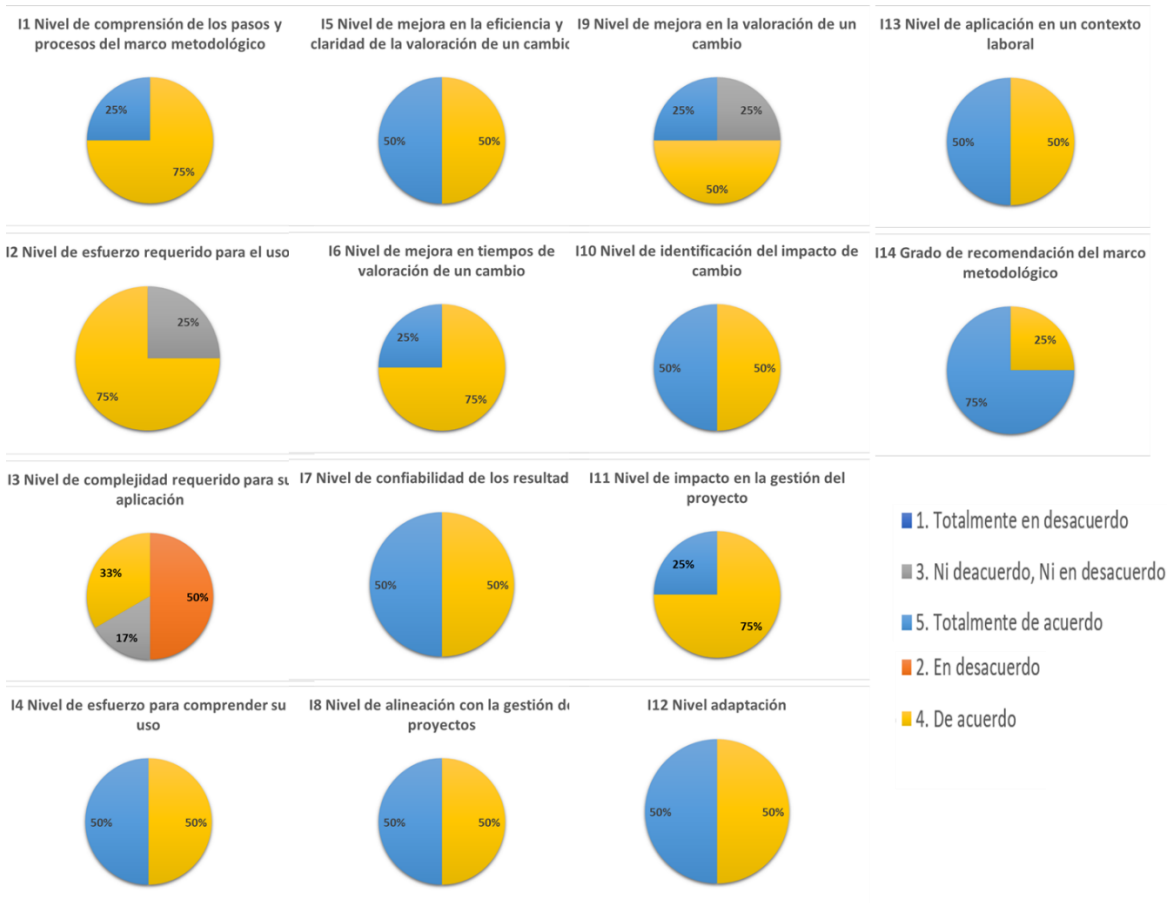
Respuestas de valoración del marco metodológico por parte de los expertos

Variable	Indicador	Pregunta	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6	Exp. 7
Claridad	I1	P1	5	4	4	4	4	4	5
	I2	P2	4	4	4	3	4	4	4
Usabilidad	I3	P3	2	2	3	4	2	2	4
	I4	P4	4	5	4	4	4	5	5
Efectividad	I5	P5	5	5	4	4	4	5	5
	I6	P6	5	4	4	4	4	5	4
Relevancia	I7	P7	5	5	5	4	4	5	5
	I8	P8	5	5	4	4	4	5	5
Utilidad	I9	P9	4	4	4	4	3	5	4
	I10	P10	4	5	5	4	4	5	5
	I11	P11	5	4	4	4	4	5	4
Flexibilidad	I12	P12	4	5	5	4	4	5	5
	I13	P13	5	5	5	4	4	5	5
Propagación	I14	P14	4	4	5	4	5	5	5

Los resultados obtenidos de la valoración por parte de los expertos sobre el marco metodológico propuesto, presenta a simple vista, consistencia en las respuestas dadas lo cual es bueno teniendo en cuenta la diferencia de perfiles y experiencia de los participantes. Reflejan alto grado de claridad, usabilidad, efectividad, relevancia, utilidad, flexibilidad y capacidad de propagación. En la Figura 17 puede observarse a nivel gráfico el nivel porcentual de cada respuesta seleccionada por los expertos.

Figura 17 17

Resultado porcentual por respuesta



Quiero resaltar la observación realizada por el Experto 7, la cual sintetiza el objetivo buscado con este marco metodológico: “Es una propuesta bien fundamentada y enfocada en conocer, desglosar e identificar el impacto del cambio y su relación con todas las funcionalidades que componen el proyecto, la matriz de dependencias entre funciones y atributos de estructura considero que es relevante, y aunque puede llegar a ser un proceso dispendioso (dependiendo del cambio), es una guía de ruta y un mapa que daría la claridad del impacto del cambio evaluado, facilitando así la toma de

decisiones y minimizando riesgos de afectación de otras funcionalidades directa o indirectamente.”

En el marco de la valoración realizada por los expertos, se recibieron las siguientes recomendaciones:

- Dar a conocer la metodología a los sponsor del proyecto.
- Usar la metodología como triage para la valoración de cualquier tipo o complejidad de cambio.
- La implementación del marco debe aplicarse al proyecto en general para poder utilizarlo de forma acertada al presentarse un cambio.
- Incluir un ejemplo del uso de la metodología
- Redefinir para cada uno de los pasos del marco metodológico el “¿Quién?” lo realiza, para que quede agnóstico a nivel de perfiles aplicables a cualquier marco de trabajo de desarrollo.

Entre las dificultades identificadas por algunos los expertos se encuentran las siguientes:

- Requiere conocimiento de la arquitectura de la solución.
- Requiere tener clara la estimación de desarrollo de todos los atributos.
- No se ve claro como el cálculo del nivel de complejidad de un enlace pueda determinar con claridad el impacto en los diferentes tipologías de cambios.
- Identificar el rol de cada paso propuesto aplicable a los diferentes marcos de desarrollo.

Conclusiones

Después de analizar los estudios realizados al resultado de los proyectos por diferentes compañías como Project Management Institute, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas, The Standish Group y otros autores, se identifica un cambio en los factores que afectan el resultado de los proyectos a través de los años.

Producto del análisis de las investigaciones realizadas acerca de los resultados de la gestión de los proyectos entre los años 2014 y 2021, se identifica que los retos en la gestión de proyectos han ido evolucionando año tras año, en los últimos estudios se destaca la importancia de contar con un proceso formal de gestión de cambios como pieza clave para que los proyectos puedan culminar con el mínimo porcentaje de desviación en alcance, tiempo y costos.

A pesar de que el porcentaje de pérdidas en la inversión originada por un inadecuado desempeño de los proyectos ha disminuido, es de suma importancia mejorar el rendimiento de los proyectos mediante la disminución en la latencia de toma de decisiones y contar con los elementos necesarios para tomar decisiones sobre los cambios.

Entendiendo un proyecto como un sistema que consta de partes interconectadas entre sí, cualquier cambio presentado en alguno de sus componentes puede propagarse a lo largo del proyecto a otros componentes, repercutiendo en el alcance, los costos y el cronograma del proyecto.

El desconocimiento del impacto de un cambio puede conllevar a la toma de decisiones sobre este sin los elementos suficientes para evitar efectos no esperados y no controlados que afecten el alcance, el tiempo y el costo del proyecto.

El análisis de una solicitud de cambio, mediante el uso de mapas de impacto, proporciona los elementos necesarios para que todas las partes interesadas trabajando en conjunto puedan determinar mediante una visión compartida por qué se requiere realizar el cambio, quiénes se ven afectados con la aplicación del cambio, cómo se podría implementar y de qué forma se va a realizar. Si bien este análisis es de gran importancia para determinar la necesidad de un cambio, no permite identificar el impacto que generaría en el proyecto su implementación.

El marco metodológico para el análisis del impacto de un cambio en proyectos de software provee los instrumentos necesarios para identificar atributos que se afectan durante un cambio y los componentes del desarrollo que se ven afectados de forma directa e indirecta por la propagación del cambio. Identificando el estado de cada uno: Sin iniciar, en curso o finalizado.

Para la aplicación del marco metodológico, se requiere contar con la arquitectura detallada de la solución y las integraciones entre los diferentes componentes, así como contar con los atributos de comportamiento de cada atributo de la arquitectura.

La gestión del control de cambios no se inicia en el momento que se recibe una solicitud de cambio, desde el inicio del proyecto se debe estar preparado y contar con las matrices de atributos de estructura, de comportamiento, de función y los enlaces-dependencias entre estos, los cuales deben estar en constante actualización a lo largo del proyecto.

Se identifica que el método de validación de propagación de cambio no solo es útil en proyectos de mecatrónica, sino que son aplicables, con algunas adecuaciones, a otros proyectos incluyendo a los de desarrollos de software.

Recomendaciones

Producto de la investigación realizada durante la elaboración de este marco metodológico y de la evaluación realizada por parte de los expertos, se realizan las siguientes recomendaciones:

Es necesario realizar un ejemplo práctico de la aplicación del marco metodológico que permita entender y visualizar de forma más clara lo que se está proponiendo.

Para los responsables de las actividades, definir cargos agnósticos aplicables a los diferentes marcos de desarrollos.

Para una futura investigación, como complemento de esta, validar la posibilidad de usar simuladores automatizados existentes para la valoración y cálculo de la propagación del cambio utilizando como insumo las matrices elaboradas en el desarrollo del marco metodológico, como por ejemplo el propuesto por la universidad de Cambridge en (University of Cambridge, 2023).

Otra opción que se puede explorar es la automatización del cálculo de propagación del cambio utilizando herramientas como Excel, power BI, entre otras. Con el objetivo de proporcionar una herramienta más dinámica, más fácil de usar y disminuir los riesgos de error humano en el momento de hacer los cálculos.

Una vez definido el uso de este marco metodológico en un proyecto para la valoración del impacto de un cambio, es necesario que sea utilizado para la totalidad de solicitudes de cambio recibidas independiente de su origen y de su nivel de complejidad

Dar a conocer el marco metodológico a todas las partes interesadas del proyecto, con el fin de lograr su uso y apropiación.

Como parte de una nueva investigación, realizar la aplicación de este marco metodológico a uno o varios proyectos que se estén iniciando. Se recomienda iniciar con

un piloto en un proyecto pequeño y una vez validado ir aplicándolo a proyectos más complejos.

Referencias

- ACIS. (2018). *XVI Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI: Informe de Resultados 2018*. <https://acis.org.co/archivos/JornadasGerencia/2018/Memorias/15.pdf>
- ACIS. (2020). *XVIII Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI. Informe de resultados 2020*.
<https://acis.org.co/archivos/JornadasGerencia/2020/Memorias/Jornada/2020%20-%20Encuesta%20de%20Gerencia%20de%20Proyectos%20de%20TI%20.pdf>
- ACIS. (2021). *XIX Encuesta de Gerencia de Proyectos de TI. Informe de resultados 2021*.
<https://acis.org.co/archivos/JornadasGerencia/2021/Memorias/2021%20-%20Encuesta%20de%20Gerencia%20de%20Proyectos%20de%20TI.pdf>
- Adzic, G. (2014). *Impact Mapping Making a big impact with software products and projects*. Provoking Thoughts
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos (6 ed.)*. Mc Graw Hill.
https://www.academia.edu/37915939/Gabriel_baca_urbina_evaluacion_de_proyectos_6ta_edicion
- Barroso Osuna, J. M., & Cabero Almenara, J. (2013). *La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta*. Bordón. Revista de Pedagogía, 65 (2), 25-38. <https://doi.org/10.13042/brp.2013.65202>
- Blanco Sanchez, Alba. (2023). *Aplicación de la guía del PMBOK 7ª Edición a un proyecto de fabricación de maquetas de automóvil en una PYME* [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. 19 -20
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/59763/TFG-I-2503.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carballo, L., y Barrientos, I. (2021). *Las causas del cambio en los requerimientos de software*. Rev cuba cienc informat [online]. 2020, vol.14, n.2, pp.131-144. Epub 01-Jun-2020. ISSN 2227-1899. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v14n2/2227-1899-rcci-14-02-131.pdf>

CMMI. (2010). *CMMI para Desarrollo. Mejora de los procesos para el desarrollo de mejores productos y servicios*. Software Engineering Process Management Program.

Del Aguila Cano, I. M. (2019). *Ingeniería de requisitos: Material didáctico. Cuaderno de teoría*. Editorial Universidad de Almeria.
https://books.google.com.co/books?id=8rSwDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Escobar-Pérez, J., & Cuervo, A. (2008). *Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización*.
https://www.humanas.unal.edu.co/lab_psicometria/application/files/9416/0463/3548/Vol_6._Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf

Josey, Andrew et al(2013). *TOGAF Versión 9.1 - Guía de Bolsillo*. The open group.

Hamraz, B., & Clarkson, P. J. (2015). *Industrial evaluation of FBS Linkage – a method to support engineering change management*. Journal of Engineering Design, 26:21-23,24-47. <https://doi.org/10.1080/09544828.2015.1015783>

Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=6443>

Michalus, J. C., Sarache Castro, W. A., y Hernández Pérez, G. (2015). *Método de expertos para la evaluación ex-ante de una solución organizativa*. Vision futuro,

19(1). http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=s1668-87082015000100001&script=sci_arttext

Pohl, K., & Rupp, C. (2015). *Requirements Engineering Fundamentals: A Study Guide for the Certified Professional for Requirements Engineering Exam - Foundation Level - IREB compliant 2nd Edition*. IREB

Project Management Institute. (2014). *Gestión de requisitos: una competencia esencial para el éxito de proyectos y programas*. In *Informe Pulso de la profesión de PMI*.

Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) (6th Edition ed.)*. (Newtown Square, Pennsylvania : Project Management Institute, ©2017)

Project Management Institute. (2018). *Pulse of the Profession 2018 Success in Disruptive Times: Expanding the Value Delivery Landscape to Address the High Cost of Low Performance*. In *Informe Pulso de la profesión de PMI*.

Project Management Institute. (2019). *El futuro del trabajo liderar con PMTQ*. In *Informe Pulso de la profesión de PMI*.

Project Management Institute. (2020). *En primera línea: cómo forjar una cultura centrada en el futuro*. In *Informe Pulso de la profesión de PMI*.

Project Management Institute. (2021). *Más allá de la agilidad*. In *Informe Pulso de la profesión de PMI*.

Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th Edition)*. PMI.

<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt012LZG42/guide-project-management/structure-pmbok-guide>

- Robles Garrote, P., y Rojas, M. (2015). *La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada*. Revista Nebrija De Lingüística Aplicada a La Enseñanza De Lenguas, 9(18), 124–139.
<https://doi.org/10.26378/rmlael918259>
- Rodríguez Barajas, C. T. (2017). Impacto de los requerimientos en la calidad de software. *Tecnología Investigación y Academia*, 5(2), 161–173.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/7607>
- Sarmiento Rojas, J. A., Correa Candamil, C. H., & Jiménez Roa, D. E. (2020). *Gestión de proyectos aplicada al PMBOK 6ED*. Editorial UPTC
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de software Séptima Edición* (Alfonso Galipienso, M.I., Botia Martínez, A., Mora Lizán, F. & Trigueros Jover, J.P., Traductores). Pearson
- The Standish Group. (2016). *The Winning hand*. In Chaos Report.
- The Standish Group. (2021). *Endless Modernization: How Infinite Flow Keeps Software Fresh*. In Chaos Report.
- University of Cambridge. (2023). *Cambridge Advanced Modeller 2*.
<https://camtoolkit.eng.cam.ac.uk/>
- Vargas Alfonso, D. F. (2019). *Gestión del cambio organizacional en proyectos de TI en las entidades públicas del sector agropecuario en Colombia [tesis de maestría, Universidad Ean]*. Repositorio Minerva.
<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9807/VargasDaniel2020.pdf?sequence=1>