

Propuesta de modelo SAC con la integración del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI

Autores

Luis Diego Arias Sánchez¹

Leugardo Vargas Rodríguez²

Elías Villegas Mora³

Julio Córdoba Retana⁴

Resumen

Según distintos resultados encontrados durante la investigación, el modelo Capability Maturity Model Integration (CMMI) y el marco de trabajo SAFe (acrónimo de Scaled Agile Framework Enterprise) traen consigo ventajas considerables al aplicarse a la forma de trabajo de una compañía, en donde aproximadamente un 70% de la población estudiada aprovecha estas herramientas. La investigación expuesta busca la elaboración de un modelo para el desarrollo y administración de proyectos informáticos utilizando las características del modelo CMMI y el marco de trabajo SAFe, buscando la reducción de los tiempos de entrega, a la vez que maximiza la calidad de los productos entregados al cliente, haciéndolos más cercanos a sus necesidades. El modelo propuesto fue evaluado en la industria costarricense mediante la aplicación de una encuesta en importantes empresas del país; participó un total de 55 personas de ambas empresas. Dentro de los hallazgos encontrados, se logró identificar que las organizaciones optan, en gran medida, por un enfoque híbrido, el cual combina sus conceptos y métodos con las metodologías existentes, sin embargo, no se utilizan como principales el marco de trabajo SAFe o modelo CMMI, y esto significa poco conocimiento acerca de la estructura que se debe implementar para una buena utilización de éstos; por ello esta investigación puede ser de gran ayuda para que SAFe y CMMI sean integrados de una forma correcta, dentro de las organizaciones.

¹ Profesor en Informática, Analista/Desarrollador de Software. lariass605@ulacit.ed.cr <https://orcid.org/0000-0002-2392-1596>

² Bachiller en informática Empresarial, lvargasr749@ulacit.ed.cr <https://orcid.org/0000-0003-4714-301X>

³ Bachillerato en Ingeniería Informática. Evillegasm270@ulacit.ed.cr <https://orcid.org/0000-0001-8111-8868>

⁴ Especialista en innovación con más de 20 años de experiencia en la gestión tecnológica en el mercado financiero latinoamericano. jcordobar022@ulacit.ed.cr <https://orcid.org/0000-0002-1700-2358>

Palabras claves: agilidad, SAFe, CMMI, reducción de los tiempos de desarrollo, aumento de la productividad.

Abstract

According to the results found on the investigation, the CMMI model and the SAFe framework bring important advantages to be applied on the company's way of work, about 70% of the studied population got benefits from these tools. The exposed investigation search for the elaboration of a new development model and projects management, by using the features of CMMI model and SAFe framework, looking for development times decrease and maximize the quality of products delivered to customers, making them accomplish customer necessities. The proposed model was tested on Costa Rican industry by the application of a survey on two important institutions on the country, a total of 55 people from both institutions took place on this survey. According to statements, it was identified that organizations used a hybrid approach, combining their concepts and methods with the existing methodologies, but the companies didn't use the SAFe framework nor CMMI Model, it means the companies had no knowledge about the structure they should use to get the benefits of them, so this investigation could help to integrate SAFe and CMMI inside organizations on the correct way

Keywords: agility, SAFe, CMMI, decrease time to develop, productivity improvement.

Introducción

La ingeniería de requerimientos en el desarrollo de software ha intentado mejorar los procesos de obtención de requerimientos para ofrecer un producto de calidad y que satisfaga, a cabalidad, las necesidades del cliente; sin embargo, en los últimos años muchas empresas al nivel mundial, a pesar de conocer su importancia, optan por realizar esta actividad de forma empírica, lo que ha generado que muchos proyectos de software sufran retrasos o inclusive se terminen y no cumplan con las funcionalidades esperada por el cliente.

Es del caso mencionar que la calidad del software depende de la calidad de los requerimientos y ésta, a la vez, de las técnicas utilizadas para su recolección. No obstante, el desarrollo de software es una actividad en la cual es necesaria la cooperación de muchas personas, pues no solo intervienen aspectos técnicos sino también culturales, sociales, económicos y psicológicos. Estos factores llevan a que la comunicación entre los ingenieros de requerimientos y los usuarios-clientes sea en algunas ocasiones compleja y puede llevar a desacuerdos culturales, organizacionales, falta de generación de confianza mutua o incapacidades para realizar resolución de conflictos.

Uno de los retos fundamentales de las empresas desarrolladoras de software es implementar aplicaciones que sean entregadas a tiempo, sin involucrar presupuestos elevados y, además, la satisfacción de las necesidades del usuario, utilizando para su efecto metodologías y herramientas que guíen el proceso de desarrollo de Software

Existen diversos estudios sobre los fracasos en la industria del software por la utilización de métodos tradicionales, tal es el caso del estudio presentado por la consultora Standish Group, I. (2016), el cual cita: “el 36% de los proyectos de software, se pueden considerar exitosos: el 47% se entregaron fuera de plazo, excedieron su presupuesto y no cubrieron la totalidad de las características y funcionalidad pactada, y el 17% de los proyectos fueron cancelados.

En este mismo estudio se puntualiza que el principal factor para el fracaso de un proyecto de desarrollo de software radica en la mala calidad de los requerimientos y la definición poco clara de los mismos. Otros factores como falta de participación del usuario, requerimientos incompletos y el cambio a los requerimientos, también ocupan sitios altos en los motivos de fracasos.

Para minimizar estos problemas es necesario implementar estrategias garantizadoras del éxito de esta fase y, entre ellos, que apunten a aportar mejoras a la metodología, las técnicas, las herramientas utilizadas, así como también incrementar el compromiso y la participación de todos los involucrados, lo cual es una tarea altamente compleja, y por ello es necesario utilizar técnicas específicas en la gestión del conocimiento a fin de mejorar la calidad de los requerimientos.

Ante tales consideraciones, resulta relevante recolectar información cualitativa sobre esta problemática la cual servirá para analizar y poder determinar el impacto de la implementación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI como una práctica para la obtención de requerimientos.

Para tal fin se investiga el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI y se destacan los temas de cada uno relacionados con la obtención de requerimientos; se estima el impacto en la disminución de costos y el tiempo durante el ciclo de desarrollo de software; además, se propone un modelo basado en la implementación de éstos de manera que se puedan realizar paulatinamente.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto de la implementación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI para reducir el tiempo de desarrollo y de costos económicos en el manejo de requerimientos a lo largo del ciclo de desarrollo de software?

Objetivo general

Investigar el impacto de la implementación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI en el desarrollo de los requerimientos a lo largo de un proyecto, tomando en cuenta los costos y su tiempo de desarrollo.

Objetivos específicos

1. Investigar qué es el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI.
2. Destacar los temas relacionados con requerimiento dentro del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI

3. Estimar el impacto que tienen el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI en la reducción de costos económicos.
4. Medir el impacto de la aplicación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI en la disminución de los tiempos de desarrollo del proyecto y descentralización de toma de decisiones.
5. Proponer un modelo basado en la implementación del marco de trabajo SAFe junto con el modelo CMMI, de manera que se puedan implementar paulatinamente.
6. Evaluar en la industria tecnológica costarricense la implementación del modelo propuesto.

Forma de alcanzar los objetivos

Con el propósito de concretar los resultados de la investigación, se llevó a cabo un estudio exhaustivo sobre el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI. Se verificó información sobre estos temas, en bases de datos libres a través del internet, en donde se tomó como prioridad la antigüedad de la información, siendo que ningún artículo o libro utilizado será menor al 2019, con la intención de aportar la información más reciente sobre los temas tratados en la investigación. Considerando todos los datos dichos anteriormente, se eligieron las principales bases de datos para la búsqueda, las plataformas de: Ebsco, Google Académico, Dialnet y repositorios del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Además de estas bases de datos, se tomó en cuenta la información brindada por profesionales conocedores del tema y empresas de renombre que aplicaron cualquiera de los dos temas tratados en esta investigación científica.

Revisión Bibliográfica

De acuerdo con Alzola, I. (2021) define SAFe (Marco de Trabajo Ágil y Escalable) como “un marco de trabajo y una colección de buenas prácticas de desarrollo ágil para grandes empresas. El marco ha sido adoptado por grandes empresas como Intel, Hewlett-Packard Enterprise y Cisco”. Con lo anterior se evidencia en primera instancia que constituye un marco de trabajo y, como tal, contiene una serie de prácticas probadas para ser implementadas en diferentes proyectos que, aunque no se garantiza su adaptación a todos los proyectos, si puede ofrecer mejoras significativas

a los mismos. Otro punto para destacar es que se encuentra dirigido a grandes empresas. Los ejemplos mostrados evidencian la magnitud de las empresas en las cuales se ha implementado dicho concepto. Ante esto resulta de importancia establecer qué se define por gran empresa.

Para Gómez-Campo, C. E. *et al.* (2021) “Las empresas que tienen 50 personas se organizan en un nivel de escala grande”. Con esa definición se establece la escala en la cual se identifican las grandes empresas. De esta manera se define el ámbito de organizaciones en las cuales resulta un mayor aprovechamiento a la hora de aplicar el marco de trabajo SAFe. Para continuar será necesario definir otro de los conceptos que aplicarán al desarrollo de nuestra investigación.

Ocola Y. (2021) indica respecto a CMMI: “es un conjunto de mejores prácticas globales comprobadas que impulsa el rendimiento del negocio a través de la creación y evaluación comparativa de capacidades. Es el modelo más reconocido internacionalmente para la industria del software”. Dentro del concepto de CMMI se identifica otro punto importante por destacar, el nivel de madurez.

De acuerdo con Rojas, M. (2019)

CMMI establece cinco niveles de ‘madurez’ de las organizaciones en función de si tienen o no una serie de características específicas. Las organizaciones pueden ser evaluadas y en función de dicha evaluación, se les puede otorgar un nivel de madurez; esta se califica en una escala de 1 a 5, es decir, a través de CMMI podemos saber el grado de ‘madurez’ de los procesos que tiene una organización, de acuerdo con un modelo de buenas prácticas.

Los niveles de madurez, definidos por el modelo CMMI, serán de gran importancia para determinar el grado de adopción del modelo CMMI dentro de las organizaciones por analizar y de esta manera determinar, en caso de ser requerido, cómo podrían mejorar en dicho proceso para alcanzar un mayor nivel de madurez. Para determinar inicialmente el nivel en que se encuentra una organización se requiere la aplicación de una evaluación. Una vez conocido el nivel en que se encuentra la organización, se podrá establecer una estrategia que les ayude en el proceso de mejora como organización con el fin de llegar a alcanzar el máximo nivel que puede ostentar una organización dentro del modelo CMMI. A continuación, se definirán dos conceptos importantes para este estudio.

El primero de estos conceptos es la filosofía Lean. Al respecto dice Buzón J. (2019) “El objetivo es incrementar la eficacia de la producción eliminando los despilfarros de forma consistente e implacable. Esto y el respeto a las personas, de la misma importancia, configuran la base de un sistema Lean”. Como se puede observar, para esta filosofía que se implementa en el marco de trabajo SAFe es de suma importancia la eliminación de los desperdicios. Para esto propone que implementar una disminución gradual hasta lograr eliminar todo aquello que se considere como despilfarro. Se definirá ahora otro concepto importante en la implementación de SAFe.

El segundo de los conceptos que se definirá es Agile. Tesei, F. *et al* (2019) lo definen como:

Un marco teórico de trabajo que permite acortar los tiempos de desarrollo, eliminar la incertidumbre, mejorar la eficiencia en la producción y la calidad de los productos finales, tener capacidad de respuesta al cambio y brindar la mayor satisfacción posible al cliente a través de la entrega temprana y la retroalimentación continua durante la construcción del producto.

En este caso se refiere a un sistema más complejo al tratarse de un marco teórico de trabajo. Propone la mejora de los procesos desde diferentes puntos de vista, con el fin de entregar al cliente un producto que cumpla con sus expectativas y en el menor tiempo posible. Considera importante también el recibir retroalimentación durante el desarrollo del producto; con esto se pueden realizar los ajustes necesarios para que el producto cumpla con las exigencias del cliente. Definidos los conceptos de Lean y Agile, se analizará cómo se integran con el marco de trabajo SAFe.

De acuerdo con Scaled Agile, Inc. [SAFe] (2021)

Por ejemplo, una característica (requerimiento) está compuesta por una frase que contiene beneficios hipotéticos, y criterios de aceptación del usuario, para que éste los apruebe.

Estos instrumentos, en su mayoría sustituyen el sistema tradicional de especificación de requerimientos con nuevos paradigmas basados en desarrollo Lean-Agile. Estos ejemplos también pretenden ayudar a los equipos evitando enfocarse en una solución puntual desde el inicio, así como evitar tomar requerimientos específicos y sus

diseños al inicio del proceso de aprendizaje. En su lugar, fomentan el entendimiento emergente basado en experiencias, no especificaciones. (Traducción libre).

El impacto del trabajo es un tema clave en los objetivos por cumplir de una compañía. Es por esto por lo cual se busca implementar metodologías que encuentren alguna forma de crear una reducción en los costos económicos. Se analizarán ahora las ventajas que brinda el marco de trabajo SAFe en el nivel económico.

También, en la Universidad Innopolis, Rusia, se hizo un estudio que buscaba encontrar las mejoras y limitaciones que ofrecía el modelo SAFe a una empresa. Salikhov, D y Succi, G. (2020) fueron capaces de encontrar un número de ventajas y llegar a una respuesta, en donde clasificaron que, los mayores factores de éxito generadores de un mayor impacto económico, son:

Apoyo de liderazgo en la adopción, negocios y desarrollo juntos, entrenamiento, cultura y mentalidad apropiadas, personal competente, equipos piloto, visión del producto, elección bien fundamentada, responsabilidades en movimiento bajo, comunicación entre capas, apoyo de los compañeros, conocimiento relevante, confianza entre equipos.

Por otro lado, los aspectos negativos también deben tomarse en cuenta a la hora de utilizar SAFe. Según Salikhov, D y Succi, G. (2020), los aspectos que pueden traer consigo resultados negativos en lo que respecta al impacto en los ingresos, son causados por el mismo equipo. Un número de personas que no se correlacionen entre sí generan un gasto mayor para la empresa.

Los factores que interfieren con el cumplimiento de los objetivos son: Necesidad de mucho tiempo o recursos, mentalidad incorrecta de líderes, desconocimiento, conflicto con el enfoque antiguo, implementación incorrecta, cultura de empresa inapropiada, sin apoyo de los líderes, sin entrenamiento. Con éste los investigadores dejan claro que la mayor problemática viene de las mismas personas y no del propio marco de trabajo.

El modelo CMMI es otra guía, la cual ayuda a las empresas a mejorar sus resultados en los proyectos de forma económica. Estos resultados pueden variar si se utiliza correctamente la herramienta. Según el artículo escrito por Sussy B. *et al.* (2019):

Las metas y practicas específicas de las áreas de proceso deben dividirse en tres fases para mejorar los resultados; estas son la gestión de requisitos, la verificación y la validación. En

donde la gestión de requisitos tiene como meta encargarse de los requisitos. La verificación busca preparar la comprobación, realizar revisiones y revisar los productos de trabajo. Por último, la validación se enfoca en preparar la validación y aprobar el producto o los componentes.

Este modelo no solo asegura buenos resultados en los aspectos económicos para la empresa, sino que también se enfoca en gran medida en los puntos de requerimientos de calidad. Al respecto, en el artículo escrito por Baiquia H. *et al.* (2019) se menciona:

CMMI busca mejorar la calidad del producto, para proveer al cliente con la mayor calidad posible. El modelo cuenta con un área de gestión de proceso de acuerdos para monitorear que la calidad cumpla según lo solicitado por el proveedor.

El modelo de CMMI al igual que el marco de trabajo SAFe, cuentan con ventajas al utilizarse correctamente. Según el artículo expuesto por Yuki A. *et al.* (2020) los beneficios que trae CMMI son:

El aumento del presupuesto y el tiempo de entrega, una mejoría en el ciclo de vida del producto, aumentos en la productividad, mejora la calidad tanto del producto como de la calidad del desarrollo, la satisfacción del cliente y de sus trabajadores, y las ganancias totales.

Para lograr explotar el máximo potencial y generar la mayor cantidad de beneficios, existen pasos por seguir para maximizar los resultados e ingresos. En el artículo escrito por Maruthi R. y Atoum, I. (2019) recomiendan:

Al usar un modelo CMMI si el proyecto cuenta con un largo plazo alrededor de 6 a 8 meses, es importante tomar en consideración el uso del modelo de espiral ya que, en la mayoría de los casos él es el que trae consigo los mejores resultados.

Los marcos de trabajo SAFe y CMMI por sí mismos son herramientas muy completas, que, en la mayor parte, cumple con sus funciones, pero, esto no indica la imposibilidad de adaptarse. El marco de trabajo CMMI puede ser combinado. En el artículo realizado por Sussy B. *et al.* (2020) se comenta el uso de CMMI e IDEA:

La combinación de esta herramienta propone un modelo en donde se trabaja por fases, las cuales buscan cumplir con los requerimientos de una empresa, en donde en la primera fase se comienza con los procesos de mejorar, en su segunda fase se evalúa, tercera fase se establecen las prioridades, cuarta fase se buscan soluciones y en su quinta fase toda la información se recolecta toda la información y analiza.

En el artículo creado por Sarah K *et al.* (2020) se menciona como CMMI se puede implementar junto con la metodología Scrum en donde:

La combinación de estas dos herramientas crea un proceso en el cual se disminuyen las vulnerabilidades, de la otra, en donde CMMI corrige las debilidades de SCRUM, donde principalmente busca resolver los procesos de medición y análisis, gestión de riesgos y gestión de acuerdos con proveedores.

Es claro que el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI están diseñados para impulsar el incremento en la productividad y la calidad de forma eficiente. Gracias a éstos las empresas son capaces de generar ventajas en el proceso de desarrollo de software; dentro de ellos se incluyen patrones y flujos que sirven para implementar la agilidad escalada dentro de una organización.

Según Monreal, C. (2022)

El objetivo principal de SAFe es proporcionar a las organizaciones una guía general para aumentar la productividad en el desarrollo de productos a todos los niveles. Es decir, permite aplicar conceptos ágiles a la gestión empresarial teniendo en consideración la estrategia de la compañía y proporcionando una visión de portafolio que requiere ver mucho más allá de la siguiente iteración de cada uno de los equipos ágiles que trabajan en la empresa.

En consecuencia, de lo anterior se entiende que aplicar este marco en los procesos de desarrollo de software permite aumentar la productividad de los equipos de trabajo y esto, a su vez, implica una mejora en la disminución de los tiempos de desarrollo, dado que implementa una estructura disciplinada con buenas prácticas ágiles que se integran para estandarizar las tareas dentro de la organización.

Del mismo modo Franjola, J. (2021) enfatiza:

El marco de trabajo SAFe se basa en planes de educación para los distintos roles que componen la agilidad escalada. Estas capacitaciones contemplan a todos los niveles de una empresa, tanto a los líderes como a los colaboradores, ya sean de equipos comerciales o técnicos. De esta manera logra que, en conjunto, las distintas áreas trabajen y desarrollen las prácticas ágiles y LEAN dentro de la organización.

El anterior énfasis permite a las empresas que lo adopten la capacidad de entregar valor a sus clientes de manera continua y en forma eficiente. Se basa principalmente en tres pilares: el desarrollo ágil de software, el desarrollo Lean y el pensamiento sistemático.

Por otro lado, SAFe aparte de estar definido por sus valores fundamentales, también está definido por principios, los cuales se consideran verdaderas prácticas, fundamentales y básicas sobre las que se construye el marco de trabajo y deberían aportar más compromiso de los empleados, tiempo de comercialización, calidad de las soluciones y productividad del equipo, además de aportar una descentralización en la toma de decisiones estratégicas y globales.

Los beneficios de implementar este marco de trabajo se pueden ver reflejados en los casos de estudio de empresas que han implementado SAFe. Dentro de las principales cuatro mejoras, es interesante destacar tanto el Tiempo de Entrega, con un incremento del 50%, como también el aumento de la Calidad en un 50% (SAFe, 2020).

En esa misma línea el modelo CMMI brinda beneficios a las organizaciones, como lo pueden ser: entregas puntuales de sus proyectos, mayor control sobre los costos asociados, incremento en la calidad de las soluciones, menor cantidad de quejas de los clientes, entre otros.

Al respecto y desde la perspectiva de Zavala C. (2019) “Las empresas orientadas a la calidad en sus productos trabajan fuertemente en la mejora de sus prácticas, definiendo e implementando procesos disciplinados que facilitan el cumplimiento de los objetivos del proyecto, estableciendo un marco de trabajo”. En acuerdo con esta afirmación, muchas empresas dedicadas al desarrollo de software han tomado interés en aplicar algunos de estos marcos de trabajo entre ellos CMMI, con el objetivo de innovar y mejorar muchos de los procesos de control y desarrollo en pro de generar un producto de calidad.

Así mismo Torres R. (2022). menciona “La integración del modelo CMMI ayuda a las organizaciones a optimizar la mejora de los procesos y fomentar comportamientos que sean

productivos y eficientes para disminuir los riesgos específicamente en el desarrollo de software, productos y servicios”. Además de esto, también esta integración mejora la toma de decisiones dentro de los proyectos de software lo que, a su vez, reduce los tiempos de desarrollo dado que permite una toma de decisiones descentralizada.

Para Rivas R. (2019): “Los aspectos claves del modelo son, por un lado, la clasificación de las organizaciones en maduras e inmaduras y, luego, la prescripción del camino a seguir por una organización inmadura para evolucionar y convertirse en una organización madura”.

Dicho de otra manera, el CMMI describe una serie de prácticas las cuales, aplicadas en una organización, sirven para determinar el grado de capacidad y madurez que se tienen en los procesos de desarrollo de software; por lo tanto, los procesos deben ser establecidos y definidos para poder ser clasificados.

Según Rojas, M. (2019) “CMMI se convierte poco a poco en un estándar que puede ser usado para promocionar la capacidad de desarrollar software de alta criticidad, o que puede dar una ventaja competitiva si se desea participar en proyectos de alta complejidad”. Al respecto, se observa que la evolución de este modelo está dada por la necesidad de estandarización de los procesos de las empresas y, a su vez, dicha evolución o creación se sustenta de otros estándares.

Además, como lo establece Jiménez, A. (2020). “En la medida en que las organizaciones cuenten con mayor cantidad de datos sobre sus procesos, tendrán la oportunidad de realizar un análisis más profundo sobre su estado”. Lo anterior evidencia una realidad de los procesos que administran las organizaciones desde diversos puntos de vista. En el caso del desarrollo de software, es un ejemplo evidente de tal afirmación. En el nivel gerencial es requerido contar con información relevante, actualizada y certera de los diferentes procesos que se desarrollan en la organización. En el caso del desarrollo de software se requiere tener siempre a mano información acerca del avance y funcionamiento de los proyectos. Para este fin, las empresas cuentan con herramientas de software, así como técnicas de comunicación que les permiten saber, entre otras cosas, a qué ritmo avanzan los empleados, si enfrentan impedimentos para llevar a cabo su trabajo y cómo buscar soluciones para dichas situaciones.

En cuanto al aseguramiento de la calidad, menciona Palacio, D., (2020) “tiene que ser parte de un proceso planificado y sistemático para garantizar a las partes interesadas los estándares,

prácticas, procedimientos, y métodos”. Lo anterior evidencia la importancia de los modelos y marcos de trabajo como parte de los elementos mencionados para la mejora de la calidad de los proyectos de software. A través de los modelos y marcos de trabajo se puede incrementar la calidad de los productos finales que se le entregan a los clientes, haciéndolos más cercanos a sus expectativas y garantizando también que, una vez en marcha para su utilización, éstos tengan un desempeño óptimo en la automatización de procesos.

Un punto importante sobre la integración de SAFe y CMMI lo expone Henríquez, V. *et al* (2021)

Hasta donde los autores saben, SAFe 5.0 y CMMI V2.0 no se han armonizado a nivel de prácticas de gobernanza, ni se han aplicado para proporcionar directrices de gobernanza ágiles para las pymes de desarrollo de software ágil. Por ello, las guías propuestas serían innovadoras y si la evaluación lo confirma, contribuirían. A reducir el organizational type mismatch que gobiernan sus equipos ágiles de manera tradicional.

El concepto “organizational type mismatch” traducido como discrepancia en el nivel organizacional, se refiere a las diferencias que pueden darse en el desarrollo, dentro de una organización, y estas deben mitigarse gradualmente procurando su total eliminación. Es importante observar como de acuerdo con los autores no se ha logrado unificar para efectos de proyectos de gobernanza. Por esta razón resulta de importancia llevar a cabo su implementación en proyectos de desarrollo de software. La puesta en práctica en este tipo de proyectos del marco de trabajo y el modelo mencionado puede realizar grandes aportes a la mejora de los procesos de desarrollo de productos de software, disminuyendo los tiempos de desarrollo y maximizando la calidad de los productos entregados.

Metodología de la investigación

En este apartado se definió el concepto del tipo de investigación que fue utilizada para el trabajo. Se analizaron las diferentes metodologías de investigación para seleccionar la que mejor se ajusta al tipo de datos por analizar. La población escogida involucra dos empresas. Se determinó una muestra adecuada al tamaño de la población escogida.

Una investigación cuantitativa según Enrique, A (2021) es: “Aquella que utiliza métodos cuantitativos e inferencia estadística con el objetivo de extrapolar los resultados de una muestra a una población.” Con lo dicho anteriormente se decidió que el tipo de estudio apropiado al proyecto es el cuantitativo, esto debido a la muestra trabajada, las cuales, al ser personas, van a generar muchos datos y esta circunstancia, serían difíciles de analizar, a través de otro arquetipo de estudio, serian difíciles de analizar.

En lo referente al tipo de investigación, se tomaron en cuenta diferentes opciones, pero la que más se adapta, según las características específicas del mismo, es la exploratoria. Según Arias E. (2021). “Una investigación exploratoria es un tipo de investigación preliminar que sirve para incrementar el conocimiento sobre una temática poco conocida o estudiada. Generalmente como parte de un proyecto de investigación más profundo”. Con los anteriormente mencionado, se puede indicar que este tipo de investigación cuantitativo se utiliza comúnmente cuando no se cuentan con muchos datos sobre el tema investigado, lo cual cumple con la situación de este trabajo, ya que el tema de CMMI y SAFe no es muy estudiado en la actualidad y cuenta con una cantidad reducida de datos.

En cuanto al tamaño de la población, se cuestionó primeramente el arquetipo de personas, pues el tema, al ser poco estudiado, es desconocido por los individuos del área de tecnología. Se decidió principalmente que el mejor foco de estudio para la investigación fueran las personas de áreas relacionadas con el desarrollo de software, analistas de sistemas y directores de proyectos. Se obtienen datos aportados por un grupo de personas formado por dos empresas diferentes, las cuales son EX2 Outcoding S.A. y el Poder Judicial en donde se toma, como población total para la investigación, 1700 trabajadores. De este número de personas se eligió como muestra cincuenta personas y el tipo de muestreo utilizado es, de acuerdo con el aleatorio simple, únicamente las personas dedicadas al área de TI.

Se considera apropiado para esta investigación, seleccionar la población. Para Hernández Fernández, C. y Baptista, P. (2014) “Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra”. Por esto mismo, para este estudio la población objetivo elegida es de 1700 trabajadores relacionados con diferentes campos de las tecnologías de la información.

En lo referente al tipo de muestra se implementó el tipo no probabilístico con base en lo indicado por Hernández, C. y Carpio, N. (2019) “En los métodos no probabilísticos se seleccionan cuidadosamente los sujetos de la población, utilizando criterios específicos, y buscando hasta donde sea posible representatividad”. Gracias a esto se pudo lograr seleccionar a las personas de acuerdo con las posibilidades de la investigación y utilizando una muestra casual o incidental.

El tipo de muestra casual o incidental permite seleccionar intencionalmente a los individuos hasta alcanzar un número necesario; en otras palabras, permite elegir aquellos elementos que cumplan con las características de interés del investigador. Por lo tanto, para este caso se tomaron 50 personas de la población para que participaran en el estudio.

De acuerdo con Hernández, Fernández, C. y Baptista, P. (2014)

Una vez que fue seleccionado el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis (si es que se establecieron), la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo/ análisis o casos (participantes, grupos, fenómenos, procesos, organizaciones, etcétera).

Para la recolección de datos se utilizó el instrumento tipo cuestionario (encuesta) digital el cual contiene preguntas concernientes a las variables que se tomaron como medida para dar respuesta y soporte al planteamiento del problema e hipótesis. Este instrumento fue distribuido por medio de Google Forms a todas las personas seleccionadas como muestra para el estudio.

La hipótesis consiste en que la implementación del marco de trabajo SAFe junto con el modelo CMMI tendrán un impacto positivo para el manejo de requerimientos y también, un impacto económico relevante que hará que valga la pena implementar el marco de trabajo y el modelo mencionados. El marco de trabajo SAFe agilizó la implementación de los diferentes productos de software reduciendo los tiempos de desarrollo mediante el pase entre las diferentes etapas de trabajo y también mejorando la sinergia de equipo gracias a las facilidades que ofrece SAFe. Por su parte, CMMI permitió garantizar que el producto final cumpla las expectativas del cliente en lo referente a la calidad del producto debido a sus procesos por etapas que aseguran la calidad del producto por medio de validaciones y revisiones constantes.

Análisis de resultados

Para la aplicación de las encuestas se utilizó la herramienta Google Forms. Se solicitó la participación de 60 personas relacionadas con el desarrollo de software, y de éstas se obtuvo la participación de 55 personas.

Ante la pregunta relacionada con la aplicación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI en sus organizaciones, se observó una tendencia a una mayor aplicación de este marco de trabajo y del modelo en la empresa EX2 Outcoding S.A. Al tratarse de una empresa cuyo foco de negocio lo constituye el desarrollo de aplicaciones para diferentes empresas en un nivel global, se considera que cuenta con mayores facilidades para innovar en temas de metodologías y marcos de trabajo como los que se han analizado en este estudio, en comparación con el Poder Judicial, donde el desarrollo de aplicaciones no constituye su foco de negocio.

Respecto a la posibilidad de identificar los objetivos del proyecto en el cual se desempeñan, se encontró que, a excepción de un empleado encuestado, todos los demás participantes de la encuesta pueden identificar los objetivos del proyecto que desarrollan.

Para el manejo de los cambios solicitados por los clientes, se observó una mayor tendencia a utilizar una mezcla de requerimientos y especificaciones. Pudo derivarse también que cada institución prefiere utilizar su propia estrategia. En el caso del Poder Judicial mostraron la preferencia por el uso de especificaciones de requerimientos. Por el contrario, EX2 Outcoding prefirió utilizar los requerimientos.

Para la extensión de las iteraciones, los encuestados manifestaron que sus proyectos utilizan iteraciones de periodos cortos. Para el caso del Poder Judicial, la extensión preferida fue de una semana, mientras que en el caso de EX2 Outcoding prefieren utilizar iteraciones de dos semanas. Sin embargo, en menor medida, otros participantes manifestaron que también se utilizan periodos más extensos, incluso mayores a tres semanas.

Para la empresa EX2 Outcoding en cuanto a la información del estado de los proyectos por parte de los gerentes, es un proceso que debía realizarse diariamente. En el caso del Poder Judicial, sus reportes se realizaban con menos frecuencia, extendiéndose a una vez por semana. En un nivel mucho menor para ambas empresas se observó que algunos proyectos presentan periodos más

extensos para el reporte del estado de sus planes, ampliándose, en algunos casos particulares, a una vez por mes.

En lo que corresponde a toma de decisiones, se observó un bajo nivel de posibilidades para que los empleados puedan tomar las decisiones requeridas sobre los proyectos a su cargo. La mayor parte de los encuestados manifestó que deben consultar a sus superiores para que estos tomen las decisiones requeridas. En un segundo nivel expresaron que solamente los líderes del equipo estaban autorizados para llevar a cabo la toma de decisiones. Finalmente, en un grupo muy reducido se encuentran aquellos participantes quienes manifestaron que contaban con la libertad necesaria para tomar sus propias decisiones.

En el nivel de frecuencia con la que los gerentes pueden obtener información acerca de los proyectos a su cargo, se observó un horizonte mayormente equiparado entre las diferentes opciones seleccionadas, aunque difieren entre las empresas encuestadas. Otro aspecto importante destacado en este aspecto es que para cada institución analizada predominó un nivel diferente de frecuencia. Para el caso de la empresa EX2 Outcoding tuvo mayor relevancia el que los gerentes pudieran tener acceso a la información de sus proyectos en cualquier momento. En el caso del Poder Judicial, ellos manifestaron que los gerentes obtenían la información pertinente a los proyectos a su cargo, una vez a la semana.

De las actividades que se realizaban al finalizar cada iteración, los empleados de ambas empresas manifestaron que únicamente llevaban a cabo reuniones de retrospectiva y análisis.

Con respecto al nivel de comunicación que podían tener los desarrolladores con sus respectivos clientes, se observa una diferencia marcada por empresas. En el caso de EX2 Outcoding la mitad de los encuestados manifestó poder tener la libertad de comunicarse con sus respectivos clientes en cualquier momento; la otra mitad manifestó que dicha comunicación se realizaba a través de un intermediario. En el caso del Poder Judicial, un alto porcentaje de los encuestados manifestó requerir de un intermediario para dicha comunicación.

En cuanto a la participación de los clientes en las reuniones diarias de revisión, se observaron opiniones muy diferentes en ambas empresas. En el caso del EX2 Outcoding, el nivel de participación de los clientes en dichas reuniones es de un 27.3%. Para el Poder Judicial, el nivel de participación de los clientes correspondió a un 72.8%

Discusión de los resultados

Es importante mencionar que para Ching, P. y Mutuc, J. (2019), “La implementación de metodologías ágiles mayormente usadas se basa en suposiciones cuestionables de popularidad de una metodología, pero ésta no está directamente relacionada con sus objetivos de negocio ni con la complejidad del proyecto”; esto, en la práctica, hace que las organizaciones opten en gran medida por un enfoque híbrido, que combina sus conceptos y métodos con las metodologías existentes, lo cual se vio reflejado en la primera pregunta donde se consultó si se aplicaba el marco de SAFe o modelo CMMI pues en el caso de EX2 Outcoding, según las respuestas obtenidas, se aplican SAFe y CMMI en gran parte de la organización mientras que en el Poder Judicial la mayoría respondió que no se emplea ninguna de las dos y, por esta razón se toma en consideración lo dicho en la cita anterior donde la utilización o no sea meramente por suposiciones cuestionables.

Según Salikhov, D y Succi, G. (2020)

Los factores que interfieren con el incumplimiento de los objetivos son: Necesidad de mucho tiempo o recursos, mentalidad incorrecta de los líderes, desconocimiento, conflicto con el enfoque antiguo, implementación incorrecta, cultura de empresa inapropiada, sin apoyo de los líderes, sin entrenamiento

En este aspecto destaca la posición de ambas empresas, donde se evidencia un claro conocimiento de los objetivos por parte de los integrantes del equipo. Esto constituye un aspecto clave en la agilización de los proyectos, el que cada uno de los participantes del proyecto tenga una visión clara de lo que se busca en el mismo y facilita el camino para completar los diferentes objetivos propuestos.

De acuerdo con Sussy B. *et al.* (2019) “Las metas y prácticas específicas de las áreas de proceso deben dividirse en tres fases para mejorar los resultados; estas son: la gestión de requisitos, la verificación y la validación”. En las empresas que fueron analizadas se evidencia un manejo de requisitos de usuario a través de una mezcla de especificaciones y requerimientos.

Además, de acuerdo con Saavedra, D. (2021)

Las especificaciones de los requerimientos son la puerta de entrada de las fases posteriores del proceso de desarrollo de software; por ello la calidad relacionada con la especificación es muy importante para obtener un producto de software adecuado y, de esta manera, cumplir con los plazos y costos definidos

En el apartado de la siguiente pregunta número cuatro, respecto a las iteraciones para los proyectos de la organización, se detecta como, las empresas estudiadas muestran una diferencia notable en cuanto a las extensiones en las iteraciones. Se nota que en EX2 Outcoding predomina, de forma clara, que su forma de trabajo es por medio de plazos de dos semanas, lo que difiere de gran manera del trabajo del Poder Judicial, pues a diferencia de EX2 Outcoding, trabaja con plazos más cortos, aproximados a una semana o ligeramente más.

Según Piikila. J. (2022):

De forma predeterminada, el diseño de sistemas y software es un ejercicio incierto. Este principio aborda la incertidumbre introduciendo el concepto de diseño basado en conjuntos, que exige mantener varios requisitos y opciones de diseño durante un período más largo del ciclo de desarrollo.

Con esta cita se determina que el desarrollo en SAFe se basa en la variabilidad, por lo que, la forma de trabajo de ambas empresas, es correcta y cumple con los principios de SAFe, el cual es el más utilizado por ambas compañías. La variabilidad y conocer la forma de adaptarse a la hora de llevar un proyecto, es la forma correcta y, con los resultados, se puede detectar cómo cada una de las empresas estudiadas se adaptó a la forma de trabajo necesaria para cumplir con sus proyectos.

Como se denota en la pregunta anterior, los tiempos a la hora de realizar un proyecto suelen variar de una empresa a la otra, gracias a que cada una debió adaptarse. Al tener que efectuar estas acciones la frecuencia en la que los equipos se reúnen también varía, y esto es algo oportuno de puntualizar en los resultados. Donde EX2 Outcoding cuenta con una frecuencia de reunión de equipos de forma diaria y el Poder Judicial tiene una forma totalmente distinta de trabajo de equipo, la cual es realizar reuniones una vez a la semana. Como se mencionó, estos resultados están muy

relacionados con la adaptabilidad y es por esto mismo que cada una de las empresas tienen frecuencias de reunión de equipos tan distintas una de otra como se deriva de la pregunta número cinco, pues es lo que se necesita por el tipo de proyectos que desarrollan.

También, la descentralización de la toma de decisiones es uno de principios del modelo trabajo de SAFe y, según Piikila. J (2022): La reducción de la longitud de las colas y la adopción de un enfoque económico mediante la descentralización de la toma de decisiones proporciona a los equipos la autonomía que necesitan para realizar su trabajo.

Con la información citada anteriormente, se da a entender que la descentralización es una acción que debería ser tomada en cuenta para poder agilizar los resultados. Pero según las derivaciones de las encuestas en la pregunta seis, las dos empresas estudiadas no cumplen con este principio de SAFe, ya que la toma de las decisiones está a cargo de un único individuo, y no deben tomarse sin consultar de previo, a esta persona. Con los resultados se puede notar que una muy pequeña parte de estos equipos de trabajo en ambas empresas cuentan con la posibilidad de tomar decisiones por sí mismos sin consultar, siendo que EX2 Outcoding es la que cuentan con más libertad a la hora de realizar estas acciones.

Con respecto a la frecuencia, y desde la perspectiva de Zavala C. (2019) “Las empresas orientadas a la calidad en sus productos trabajan fuertemente en la mejora de sus prácticas, definiendo e implementando procesos disciplinados que facilitan el cumplimiento de los objetivos del proyecto, estableciendo un marco de trabajo”. Sobre la base de este argumento y en consecuencia con la información recolectada en donde se les consultó a las empresas acerca de la periodicidad con la que los gerentes obtienen información de los proyectos a su cargo, se obtuvo que en gran parte éstos pueden tener acceso a la información actualizada en cualquier momento, lo cual demuestra la importancia de establecer procesos de control para el debido seguimiento del cumplimiento y reafirma lo citado anteriormente.

Según Alzola, I. (2021)

Scaled Sprint Planning es una reunión en la que se discute el futuro de un producto. Esta reunión también está integrada tanto en SAFe como en LeSS; en el caso de SAFe, llama a la reunión PI Planning. En el caso de LeSS se llama Sprint Planning One. La reunión es mucho más grande en el contexto de SAFe que en el de LeSS, para una compañía con un

planteamiento ágil a gran escala, la planificación requiere más atención y puede abarcar varias reuniones.

Como se afirma en lo citado anteriormente y según los resultados obtenidos del cuestionario se evidenció que en las dos empresas se realizan varias reuniones de retrospectiva y análisis después de las iteraciones; esto puede ayudar en gran medida ya que se puede tener más información acerca de los elementos importantes en el avance del proyecto.

Además, según el autor Kortum, F. *et al.* (2019), “la productividad del equipo a través de una estructura de comunicación efectiva resalta el aumento en la motivación para participar activamente”. Por este motivo la comunicación del equipo y la comprensión común de los requisitos del cliente pueden tener efectos positivos, a largo plazo, en la satisfacción general del equipo.

De acuerdo con Torres, R. (2022). donde menciona “La integración del modelo CMMI ayuda a las organizaciones a optimizar la mejora de los procesos y fomentar comportamientos que sean productivos y eficientes para disminuir los riesgos específicamente en el desarrollo de software, productos y servicios”. Se observa que existen procesos de comunicación entre los desarrolladores y los clientes para la revisión del proyecto; sin embargo el resultado a esa pregunta arrojó que las dos organizaciones lo manejan de forma distinta ya que en EX2 Outcoding se indica que los clientes pueden estar en contacto con los desarrolladores en cualquier momento y que también existe un intermediario encargado de negociar con los clientes, mientras tanto en el Poder Judicial la mayoría respondió que la comunicación se maneja mediante un intermediario que negocia con los clientes. Sin duda el que haya comunicación con los clientes permite crear un vínculo de confianza con estos y reduce en gran medida los riesgos de problemas asociados al proyecto por falta de información que pueda ser relevante durante el desarrollo.

Para Aguirre, J. et Aguirre S. (2020) “Lean les permite a los integrantes del equipo de trabajo tener las mismas condiciones en todas las fases del proyecto, lo cual ubica la voz del cliente como el centro de la estrategia del producto”. Lo anterior evidencia la importancia de contar con la guía del cliente, de esta manera se puede garantizar que el proyecto cumpla a cabalidad con sus expectativas una vez completado.

Del mismo modo Escobar, M. (2019) indica:

Un aspecto interesante por destacar en este modelo es la forma como se organizan los roles y las personas para abordar el trabajo en ciclos cortos e iterativos en los que se tienen pocos hitos concretos para períodos trimestrales o semestrales. Cada dos semanas se hacen lanzamientos con mejoras incrementales que son validados por los usuarios/clientes en cortos lapsos de tiempo y, en caso de requerirse, se hacen las mejoras necesarias sobre el producto o el proceso.

En relación con lo dicho en la cita anterior, se tomó en cuenta como pregunta en el cuestionario, la participación de los clientes en los proyectos por medio de reuniones diarias. y para ello se obtuvo que un gran porcentaje del 72% dentro de la organización EX2 Outcoding respondió que no participa, por el contrario, el 72,7% de los encuestados en el Poder Judicial respondieron que si existe participación de los clientes en las reuniones diarias de revisión. En definitiva, se puede decir que el componente fundamental para mantener la cohesión y la alineación de los equipos, es la comunicación y la transparencia, sobre todo en un entorno donde se debe mantener una buena relación con los clientes.

Conclusiones y recomendaciones

Una vez analizada la información recopilada a lo largo del presente proyecto, y con los datos suficiente, se puede llegar a la conclusión en lo referente al marco de trabajo SAFe y el Modelo CMMI, que estas son dos formas de trabajo con el objetivo de optimizar cómo se dirige un proyecto, de forma efectiva. Según los datos encontrados estas dos herramientas tienen enfoques diferentes, en donde SAFe busca expandir los beneficios de Agile a toda la empresa y, CMMI se enfoca en agilizar los procesos de desarrollo eliminando el uso excesivo de recursos.

A continuación, se analizan SAFe y CMMI como herramientas.

Con todos los datos recolectados durante la investigación, y con sustento en los resultados obtenidos en los mismos, se puede deducir que el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI son herramientas utilizadas en empresas costarricenses en la actualidad. Además, se deduce también como las empresas estudiadas se han adaptado, gracias a la gran variabilidad con la que cuenta

SAFe para trabajar según lo requerido en sus proyectos, en donde se puntualiza que, se pueden obtener buenos resultados si se utiliza el marco de trabajo correctamente.

En cuanto a la fase de recomendaciones, se encomiendan las siguientes acciones en lo relacionado al objetivo uno, de investigar que es el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI

- Extender la optimización de recursos a todo el proceso de desarrollo desde el planeamiento hasta la etapa de pruebas y su implantación.
- Analizar el enfoque que toma el marco de trabajo SAFe y el Modelo CMMI para conocer, de mejor manera las fortalezas ofrecidas por cada una de ellas.

Dentro de este orden de concreciones, se procede a dar las recomendaciones respectivas en cuanto a la siguiente idea, contenida en el objetivo dos.

CMMI busca brindar un mayor control de los requerimientos a través de procesos de gestión que involucran la verificación y validación de estos. Por su parte SAFe propone la eliminación del despilfarro en aspectos tales como el tiempo, agilizando los procesos de manejo de requerimientos y permitiendo una mayor fluidez en el paso de las diferentes etapas de desarrollo.

Seguidamente se hace referencia a las recomendaciones para el siguiente objetivo:

Utilizar una combinación del marco de trabajo SAFe y el modelo CMM, implementando las características descritas, agilizará el proceso de desarrollo en sus diferentes etapas a la vez que permitirá tener un mayor control del trabajo realizado para maximizar la aproximación de los resultados a las necesidades del cliente.

SAFe cambia el sistema tradicional de manejo de requerimientos, de especificación de requerimientos por un modelo Lean-Agile basado en experiencias buscando una mejor comprensión de los requerimientos y de este modo, cambiar el manejo de exigencias tradicionales por un modelo que implemente Lean-Agile basado en experiencias para asegurar una mayor comprensión de los requerimientos por parte de los participantes del proyecto.

En lo referente con el impacto que tienen el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI en la reducción de costos económicos, con todo lo investigado se concluye que ambas formas, cuentan

con una reducción relevante en cuanto a los ingresos de una empresa, debido a la gran diferencia de ahorro que se debe dedicar a los equipos de trabajo.

Así mismo, tanto SAFe como CMMI mejoran de gran manera el trabajo en equipo ya que buscan dividir la responsabilidad y se fomenta la buena relación de un equipo. Según lo que expone el marco de trabajo SAFe un equipo que trabaje de forma correcta, tiende a gastar menos recursos que un equipo sin trabajo conjunto. Esto por cuanto un grupo de personas sin adaptación al trabajo en equipo tiende a tardar más tiempo en lograr ponerse de acuerdo, y, por ende, llevarlos a un número más elevado de horas para finalizarlos. Por lo tanto, se puede decir que SAFe tiene un gran impacto en lo que respecta a los requerimientos, la mejoría y la calidad de un producto. Por otro lado, CMMI ayuda a mejorar el proceso de las metas y prácticas específicas de las áreas de proceso, y esto quiere decir que ayuda en la gestión de los requisitos, la verificación y la validación de un producto o un proyecto. Así se tiene como meta gestionar todos los requisitos, asegurar una verificación efectiva y realizar una validación correcta en donde se analicen todos los productos o componentes que se van a ofrecer.

CMMI al igual que SAFe también se enfoca en la calidad del producto buscando la mayor calidad posible, ya que agrega sistemas de gestión de procesos para estar monitoreando la calidad de un producto y que éstos cumplan con la calidad solicitada; otros puntos importantes por destacar son las ventajas y desventajas del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI.

Lo que concierne a las ventajas y desventajas con las que cuenta el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI para darle el mayor uso efectivo a cada uno de éstas. Aparte de esto, se recomienda no seguir todas las recomendaciones al pie de la letra, ya que una parte importante de estas formas de trabajo es la de conocer los principios y adaptarse según las necesidades de la empresa; debe señalarse que combinar cualquiera de estas dos formas de trabajo, tanto SAFe como CMMI con otro modelo de trabajo para evitar las deficiencias que traen estas consigo.

A continuación, se describe lo concierne a la verificación del impacto en costos y tiempo de SAFe y CMMI.

Se puede concluir que la reducción de costos económicos en todo lo referente a los gastos, tanto el marco de trabajo SAFe como el modelo CMMI cumplen de manera excepcional con estos puntos. Se puede decir que las dos formas de trabajo optimizan la eficiencia con la cual trabajan

los equipos y la forma de trabajo, siendo que esto no disminuya, en lo más mínimo, la calidad del producto ni afecta los tiempos de desarrollo, sino que, al contrario, reduzca el tiempo necesario.

Por otro lado, en lo que concierne a la toma de decisiones, SAFe y CMMi tienen un gran impacto pues proponen la descentralización de la toma de decisiones, lo cual impacta en gran manera el tiempo de un proyecto por cuanto, al no estar una sola persona a cargo de todas las decisiones, y, además, los equipos poder tomar decisiones por cuenta propia, se logra ahorrar tiempo a la hora de realizar ciertas acciones críticas para el avance de un proyecto. Aunque se pueda decir que SAFe y CMMI parezcan una forma de trabajo ideal en el apartado de toma de decisiones, con lo visto en los resultados de la investigación, se conoció como, la descentralización es un punto complicado para muchas empresas.

Las compañías estudiadas son un ejemplo de esto. Ambas son empresas costarricenses, una de ellas EX2 Outcoding es una compañía privada y el Poder Judicial es una Institución del Estado. En ambos casos la descentralización es algo que se ve muy reducido, pues la toma de las decisiones importantes es tomada principalmente por un alto mando de ellas, ya sea un gerente o por el líder de los equipos. Aquí se puede concluir que, aunque la descentralización siempre sea un beneficio en lo que respecta a la reducción de los tiempos de desarrollo, no cualquier empresa es capaz de adaptarse para dejar que todo el equipo pueda tomar decisiones por sí mismos. Dentro de este orden de ideas se realizan las siguientes recomendaciones.

Adaptar en la medida de lo posible la forma de trabajo de la descentralización en la toma de decisiones ya que aumenta, por mucho, la mejoría de los resultados de los proyectos, tanto en tiempo como en costos.

Capacitar al equipo de trabajo para la aplicación de los enunciados que propone SAFe o CMMI para lograr aprovechar todas las ventajas que ofrecen las mismas. En relación con las virtudes que trae este modelo y el marco de trabajo, se construyó una propuesta a partir de la combinación de ambas.

Al construir el modelo basado en SAFe y CMMI, se buscó lo mejor de ambas partes, lo cual quiere decir que se buscaron las mejores características de cada una de ellas, buscando siempre que una cubra las vulnerabilidades de la otra.

El modelo SAC buscó complementar las características del marco de trabajo SAFe y del modelo CMMI de tal manera que abarcara temas de reducción de desperdicios de recursos tales como tiempo y costos económicos; a la vez, una maximización de la calidad de los productos entregados a los clientes mediante revisiones y controles de calidad que permitían la corrección de errores previo a hacer llegar el producto de software final, al cliente.

En el caso del marco de trabajo SAFe, se incluyeron los principios de orientación, los cuales buscan que todos los participantes del proyecto conozcan los objetivos de este. También el principio de la descentralización que busca que todos los integrantes del proyecto participen activamente en la toma de decisiones. Por otro lado, con respecto a CMMI se tomaron en cuenta los principios de mejora continua ofrecidos por este modelo, el cual busca cambios, de manera constante, en los procesos para entregar la mejor calidad en los productos que ofrece la compañía y cumplan, además, con el nivel de satisfacción necesario y requeridos por los clientes. Este se enfocará en buscar que los productos de software desarrollados solucionen a cabalidad los problemas de los clientes y esto genere un aumento en las ganancias. De este modo se sugiere en lo referente a las implementaciones los siguientes puntos.

Se recomienda la implementación del modelo SAC en empresas de desarrollo de software para obtener los beneficios combinados del marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI, de manera que reduciendo los tiempos de desarrollo puedan mejorar la calidad de los productos de software entregados a los clientes.

En segundo lugar, se recomienda la implementación del modelo SAC para dotar de mayor libertad de trabajo a los desarrolladores permitiéndoles tomar decisiones importantes sobre sus proyectos, y que, a la vez, los gerentes pueden contar con información relevante y actualizada de los procesos que realizan sus colaboradores, pudiendo corregir a tiempo las diferencias entre el avance del proyecto respecto de lo esperado por los clientes. Por consiguiente, se busca en el siguiente punto una forma de combinar las mejores partes tanto de CMMI como de SAFe para dar una mejor optimización general a los procesos de manejo de equipos y calidad de los procesos de desarrollo, en donde se puede indicar que en los resultados se obtuvieron los siguientes datos.

En primer lugar, luego de analizar los resultados de las encuestas los sujetos tienen el conocimiento necesario en el marco de trabajo SAFe y el modelo CMMI y aplican los principios en sus labores como desarrolladores de software.

En segundo lugar, se pudo derivar de las encuestas recibidas de los trabajadores de dos organizaciones distintas, EX2 Outcoding y el Poder Judicial que, las empresas costarricenses no son capaces de adaptar el principio de la descentralización en cuanto a la toma de decisiones, la cual está dirigida por una única persona, ya sea el líder del proyecto o el gerente. A cambio de esto, los gerentes pueden contar en cualquier momento, con toda la información actualizada de los proyectos que lideran, siendo esto una ventaja para esta persona encargada pues tiene un mayor control de los proyectos que se están desarrollando en la compañía. De esta forma se agiliza el proceso de toma de decisiones al nivel gerencial. Con lo anterior se aconsejan las siguientes acciones por realizar en lo referente a lo evaluado en la industria tecnológica costarricense en cuanto a la implementación del modelo SAC.

Se recomienda la utilización del modelo SAC a aquellas empresas que deseen agilizar sus procesos de desarrollo de software. Este modelo fue propuesto en la investigación realizada y se enfoca en combinar las mejores características tanto del marco de trabajo SAFe como del modelo CMMI.

Se sugiere su implementación en empresas que deseen dar un mayor empoderamiento a sus colaboradores. La implementación del marco de trabajo SAFe, junto con el modelo CMMI potencian los beneficios de delegación de funciones propias de los jefes a sus subordinados.

Referencias

Aguirre, J. et Aguirre S. (2020) Metodologías para el desarrollo de Proyectos.

https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/2037/ARTÍCULO_METODOLOGÍAS_PARA_DESARROLLO_PROYECTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alzola, I. (2021) Uso de metodologías ágiles en grandes organizaciones [Archivo PDF]

https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/57133/TFM_ImanollriondoAlzola.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arias, E (2021) Investigación cuantitativa.

<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cuantitativa.html>

Bayona-Ore, S., Chamilco, J., & Perez, D. (2019). Software Process Improvement: Requirements Management, Verification and Validation.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8760896>

Baiquia H. et al. (2019) Comparative Analysis of TQM and CMMI

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9021117>

Buzón, J. (2019). Lean manufacturing.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=vMfIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Lean+definicion&ots=QW6xhQrPF1&sig=oTczVOBYgZpKFaBNhLG65AzLZV0#v=onepage&q&f=false

Ching, P. y Mutuc, J. (2019) Evaluating agile and lean software development methods from a system dynamics perspective

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18517/VELARDE_CASTA%c3%91EDA_JESSENIA_%20ESTUDIO_INVESTIGACI%c3%93N_ACCI%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dilshat Salikhov, Giancarlo Succi(2020) An Empirical Analysis of Success Factors

- in the Adoption of the Scaled Agile Framework – First Outcomes from an Empirical Study.
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2012/2012.11144.pdf>
- Escobar, M. (2019) Marco de referencia basado en metodologías agile para liderar empresas de software.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13516/Mateo_EscobarJaramillo.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ehsan N, Perwaiz A, Arif J(2020)CMMI / SPICE based process improvement.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5492803>
- Franjola, J. (2021). Rediseño del proceso de desarrollo de productos digitales a través de un entorno ágil y un modelo devops.
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/182458/Redisenodelproceso-desarrollo-de-productos-digitales-a-traves-de-un.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez-Campo, C. E., Cañizares-Hernández, T. G. y Pardo-Cavalche, C. J. (2021). Modelo de referencia ágil y escalado para la industria de software. Revista Científica, 43(1), 80-92.
<https://doi.org/10.14483/23448350.18352>
- Henríquez, V., Moreno, A., Calvo-Manzano, J. y San Feliu, T. (2021). Guías de Gobernanza Ágil para Pymes: Una Perspectiva desde CMMI V2.0 y SAFe 5.0.
<https://biblioteca.sistedes.es/submissions/descargas/2021/JISBD/2021-JISBD-033.pdf>
- Hernández, Fernández, C. y Baptista, P. (2014) Metodología de la investigación [Archivo PDF].
<https://academia.utp.edu.co/grupobasicoclinicayaplicadas/files/2013/06/Metodolog%C3%ADa-de-la-Investigaci%C3%B3n.pdf>
- Hernández, C. y Carpio, N. (2019) Introducción a los tipos de muestreo [Archivo PDF].
<https://www.lamjol.info/index.php/alerta/article/view/7535/7746>
- Jiménez, A. (2020). Propuesta de mejora del proceso de monitoreo de la cartera de proyectos

de una firma de auditoría apoyada en una solución tecnológica.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11473>

Kortum, F. et al. (2019) Behavior-Driven Dynamics in Agile Development

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8812840>

Maruthi R., Issa Atoum (2019) CMMI-DEV Implementation Simplified

https://www.researchgate.net/profile/Issa-Atoum/publication/333393219_CMMI-DEV_implementation_simplified_A_spiral_software_model/links/5cfe85504585157d15a1eb9a/CMMI-DEV-implementation-simplified-A-spiral-software-model.pdf

Monreal, C. (2022). ¿Qué es la metodología SAFe (Scaled Agile Framework)?

<https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/que-es-metodologia-safe-scaled-agile-framework>

Ocola, Y. (2021). Implementación de modelo CMMI nivel 3 en servicio de desarrollo y mantenimiento de software, ejecutado por Canvia [Archivo PDF].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12749>

Palacio, D. (2020). Propuesta de una metodología de aseguramiento y control de calidad para los proyectos de software de Inclutec.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11483>

Piikila, J. (2022) ¿Que es SAFe?

<https://www.atlassian.com/es/agile/agile-at-scale/what-is-safe>

Rivas, R. (2019). Modelo de Evaluación de Procesos de TI basado en COBIT 5 PAM, CMMI Y EFQM: Un estudio de casos.

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5065/BC-3871%20PAZ%20DELGADO-RIVAS%20CALDERON.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Rojas, M. (2019). CMMI, un modelo de procesos que norma la calidad [Archivo PDF].

<https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/download/490/388/>

Saavedra, D. (2021). Calidad en la especificación de requerimientos de software aplicado en metodologías ágiles.

[Calidad en la especificación de requerimientos de software aplicado en metodologías ágiles | INF-FCPN-PGI Revista PGI \(umsa.bo\)](#)

SAFe, C. (2020). Case studies written by SAFe customers.

<https://www.scaledagile.com/customer-stories/>

Salikhov, D y Succi G. (2020). An Empirical Analysis of Success F.

Sarah K, Nagwa Badr(2019)Combining CMMI Specific Practices with Scrum Model to Address

Shortcomings in Process Maturity

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-14118-9_88

Scaled Agile, Inc. [SAFe] (2021). SAFe Requirements Model.

<https://www.scaledagileframework.com/safe-requirements-model/>

Sussy B. et al. (2020) CMMI and IDEAL in Software Process Improvement.

<https://wseas.com/journals/bae/2020/a265107-084.pdf>

Standish Group, I. (2016). Chaos report 2016 winning hand [Archivo PDF].

<https://www.standishgroup.com/chaosReport/open/54>

Técnicas de investigación.(2020)? ¿Qué es una investigación exploratoria y sus características?.

<https://tecnicasdeinvestigacion.com/investigacion-exploratoria/>

Tesei, F., Cabrera, M., Tedini, D. y Leale, G. (2019). Una novedosa propuesta de

implementación de Metodologías Agile en el proceso de enseñanza-aprendizaje de una asignatura de Ingeniería en Sistemas Informáticos.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/88475/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torres, R. (2022). Análisis sobre la aplicación de frameworks: cobit, pmi, CMMI comparado

con itil v4 en las empresas de sector privado en la gestión de servicios ti

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/113271/ANALISIS%20SOBRE%20LA%20APLICACION%20DE%20FRAMEWORKS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yuki A. et al. (2020)The CMMI-Dev Implementation Factors for Software Quality

Improvement: A Case of XYZ Corporation.

<https://sci-hub.se/https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3379310.3379327>

Zavala, C. (2019). Aplicación de modelos de calidad y madurez (CMMI) nivel 5 en proyectos

de desarrollo para su implementación e integración en valores corporativos softtek, logrando con ello la certificación por parte del instituto de ingeniería de software (sei)

http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6172/FCCA-M-2019-0756.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexo A. Propuesta de cuestionario

La siguiente encuesta es de carácter confidencial. Su participación en la misma es voluntaria. Se le solicita el consentimiento para utilizar su opinión para este estudio. Los resultados serán útiles para conocer temas importantes en nuestra profesión.

1. ¿Cuáles de los siguientes conceptos se aplican en su organización?
 - SAFe
 - CMMI
 - Ambos SAFe y CMMI
 - No se aplica SAFe ni CMMI

2. ¿Puede identificar los objetivos del proyecto en el que trabaja?
 - Sí
 - No

3. ¿Cuál estrategia se aplica dentro de su organización para el manejo de requerimientos?
 - Especificaciones
 - Experiencias
 - Ambas

4. ¿Cuál es la extensión utilizada en las iteraciones para los proyectos de la organización?
 - 1 semana
 - 2 semanas
 - 3 semanas
 - Más de 3 semanas

5. ¿Cuál es la frecuencia con que se reúnen los equipos para el informar del avance de sus trabajos?
 - Diariamente
 - 2 veces a la semana
 - 1 vez a la semana
 - Una vez al mes
 - Los equipos no se reúnen con el fin de informar sobre el avance de sus trabajos

6. ¿Cómo se toman las decisiones en los proyectos de su organización?
 - Los empleados pueden decidir sobre los proyectos que desarrollan
 - Los empleados deben consultar a su superior antes de tomar cualquier decisión sobre su proyecto.
 - Solo los líderes de equipo pueden tomar decisiones.

7. ¿Cuál es la frecuencia con que los gerentes obtienen información de los proyectos a su cargo?
 - Pueden consultar la información actualizada en cualquier momento
 - Diariamente a través de reuniones
 - 1 vez a la semana

No se / No respondo

8. ¿Qué actividades realiza el equipo una vez finalizada la iteración? Seleccione todas las que apliquen

Capacitaciones

Reuniones de retrospectiva y análisis

Ninguna, se continua con la siguiente iteración

No se trabaja mediante iteraciones

9. ¿Existe comunicación entre los desarrolladores y los clientes para revisión del proyecto?

Sí, pueden estar en contacto en cualquier momento.

Sí, pero existe un intermediario que negocia con los clientes.

No, los desarrolladores no tienen acceso a los clientes.

10. ¿Participan los clientes de los proyectos en las reuniones diarias de revisión?

Sí

No

Gracias por su participación.

CERTIFICACIÓN

Yo, Flory Arias Roldán, cédula 1-0272-0608 Licenciada en Ciencias de la Educación, y Filóloga, Certifica que:

Revisó y corrigió elementos de fondo y forma al trabajo

Propuesta de modelo SAC con la integración del marco de trabajo SAFE y el modelo CMMI

Luis Diego Arias Sánchez, cédula 4 0183 0605

Leugardo Vargas Rodríguez, cédula 7 0194 0749 y

Elías Caleb Villegas Mora, cédula 5 0418 0270

El Trabajo Final de Graduación se encuentra listo para su defensa ante las autoridades de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (Ulacit) en la modalidad de Seminario, para optar por el grado de Licenciatura en Informática.

Se extiende esta certificación a los doce días de diciembre del dos mil veintidós.

Colegiada: 10663

Flory Arias R.