



**Análisis del modelo CMMI-DEV en empresas de tecnología en Bogotá:
niveles de madurez y factores relevantes.**

Francia Helena Estrada Ariña

Gina Alejandra Buitrago Rojas

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia en Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

25/06/2024

**Análisis del modelo CMMI-DEV en empresas de tecnología en Bogotá:
niveles de madurez y factores relevantes.**

Francia Helena Estrada Ariña

Gina Alejandra Buitrago Rojas

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

Magister en Gerencia en Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Director (a):

Maira Alejandra García Jaramillo

Modalidad:

Monografía

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia en Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

25/06/2024

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

A Dios, a mis padres Carlos y Alicia, los cuales con su paciencia, comprensión y amor han sido un pilar importante a lo largo de mi vida en la consecución de mis sueños, demostrados en esta monografía.

Francia Helena

A Dios, a mis padres Luz Marina y Nelson, a mi pareja Felipe, por su apoyo en todo este proceso, y por siempre ser mi inspiración, para cumplir con todas las metas propuestas.

Gina Alejandra

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Maira Alejandra García Jaramillo, ingeniera de sistemas y directora de este trabajo de grado, por orientarnos, motivarnos, asesorarnos y dirigirnos en la creación, desarrollo y finalización de esta monografía.

Todas y cada una de las empresas que nos ayudaron con el diligenciamiento de los instrumentos diseñados para la investigación realizada. Sus respuestas fueron valiosas para la identificación de patrones y factores clave en el desarrollo del presente documento.

Resumen

La presente investigación plasma el desarrollo del análisis realizado al modelo CMMI (Modelo de Madurez de Capacidad Integrado) y su apropiación en medianas empresas de Tecnología en la ciudad de Bogotá, enfocada específicamente en analizar los niveles de madurez del modelo y los factores claves para el proceso de evaluación en CMMI en su versión DEV, aplicable a “organizaciones que se dedican al desarrollo de productos y servicios”. (ISACA, s.f.).

Para conocer el interés, conocimiento, beneficios y factores relevantes del modelo CMMI en las empresas objeto de estudio, se realiza inicialmente la recopilación de información existente sobre el modelo, las empresas de Tecnología y su segmentación en medianas empresas y dentro de ellas, las empresas que ya han obtenido la evaluación y las que aún no la han logrado. Por ello, esta investigación se enfoca en las características más relevantes del modelo CMMI que deben tener en cuenta las empresas que no se han evaluado. Para establecer dichas características, se crearon dos instrumentos tipo encuesta con preguntas enfocadas tanto en empresas evaluadas como las no evaluadas en el modelo, logrando identificar en las medianas empresas evaluadas la preferencia del nivel de madurez 3 – Definido al momento de la obtención de la evaluación, apoyado en la sugerencia de consultores expertos en el modelo y en la decisión interna de la empresa, resaltando la importancia de contar con un asesor experto en el modelo CMMI dentro del proceso de evaluación de la empresa. Por otro lado, se determinan como factores claves de éxito en la obtención de la evaluación el apoyo de un consultor experto en CMMI y el compromiso de la alta dirección en la planeación y desarrollo de las actividades de evaluación; como obstáculos se encuentran la falta de presupuesto requerido para llevar a cabo el proceso de preparación y la falta de disponibilidad de tiempo de los colaboradores de la empresa involucrados en las mejoras de los procesos. Para las empresas no

evaluadas se evidencia el bajo grado de interés que manifiestan estas empresas debido a los elementos identificados como obstáculos en las empresas ya evaluadas. Con lo anterior, se trabaja en una propuesta de solución que permita en una primera fase aplicar mejoras al proceso de evaluación y en una segunda fase establecer mejoras sugeridas enfocadas en las entidades de apoyo, para así establecer las pautas para el trabajo futuro orientadas hacia la creación de un plan piloto según lo encontrado en la implementación de la solución propuesta, seguimientos y consolidación de lecciones aprendidas.

Palabras clave: Evaluación, CMMI, modelo, empresas, madurez, Tecnología.

Abstract

This research reflects the development of the analysis of the CMMI CMMI (Capability Maturity Model Integrated) model and its appropriation in medium-sized technology companies in the city of Bogota, specifically focused on analyzing the maturity levels of the model and the key factors for the evaluation process in CMMI in its DEV version, applicable to "organizations engaged in the development of products and services" (ISACA, s.f.).

To know the interest, knowledge, benefits and relevant factors of the CMMI model in the companies under study, initially the existing information on the model, the technology companies and their segmentation into medium-sized companies and within them, the companies that have already obtained the evaluation and those that have not yet achieved it. Therefore, this research focuses on the most relevant characteristics of the CMMI model that companies that have not been appraised should consider. To establish these characteristics, two survey-type instruments were created with questions focused on both appraised and non-appraised companies in the model, managing to identify in the medium-sized companies appraised the preference of maturity level 3 - Defined at the time of obtaining the appraisal, supported by the suggestion of expert consultants in the model and in the internal decision of the company, highlighting the importance of having an expert consultant in the CMMI model within the company's appraisal process. On the other hand, the support of an expert consultant in CMMI and the commitment of the top management in the planning and development of the appraisal activities were identified as key success factors in obtaining the appraisal; the lack of budget required to carry out the preparation process and the lack of time availability of the company's collaborators involved in the process improvements were identified as obstacles. For the companies not evaluated, the low degree of interest shown by these companies is evidenced due to the elements

identified as obstacles in the companies already evaluated. With the above, we are working on a proposed solution that allows in a first phase to apply improvements to the evaluation process and in a second phase to establish suggested improvements focused on the support entities, in order to establish guidelines for future work oriented towards the creation of a pilot plan according to what was found in the implementation of the proposed solution, follow-ups and consolidation of lessons learned.

Keywords: Appraisal, CMMI, model, companies, maturity, technology.

Contenido

	Pág.
Introducción	16
Objetivos	20
<i>Objetivo general</i>	<i>20</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>20</i>
Justificación	21
Marco Teórico	23
Hipótesis	33
Variables	34
Metodología	36
<i>Enfoque y alcance de la investigación</i>	<i>36</i>
<i>Población y muestra</i>	<i>36</i>
<i>Instrumentos</i>	<i>37</i>
<i>Técnicas para el análisis de la información</i>	<i>39</i>
Trabajo de Campo	40
<i>Procesamiento de los datos</i>	<i>40</i>
<i>Análisis de resultados</i>	<i>52</i>
<i>Factores de éxito y fracaso</i>	<i>79</i>

<i>Nivel de madurez y grado de interés</i>	<i>81</i>
Propuesta de solución a la problemática.....	82
<i>Situación actual</i>	<i>82</i>
<i>Oportunidades</i>	<i>85</i>
<i>Propuesta de solución.....</i>	<i>85</i>
Discusión.....	89
Conclusiones y Trabajo Futuro	91
<i>Conclusiones</i>	<i>91</i>
<i>Trabajo futuro.....</i>	<i>92</i>
Referencias	93
Anexos	97

Lista de figuras

Figura 1 Cadena de valor de los bienes y servicios de TI.....	29
Figura 2 Desventajas del modelo CMMI.....	32
Figura 3 Empresas evaluadas – Años de creación de la empresa y conocimiento previo del nivel de madurez.....	41
Figura 4 Empresas evaluadas- Nivel de madurez inicial y alcanzado.....	42
Figura 5 Empresas evaluadas- Nivel de madurez alcanzado y las razones de la selección del nivel de madurez.....	43
Figura 6 Empresas evaluadas - Relación entre el tiempo de evaluación y el tipo de apoyo recibido por la empresa.	44
Figura 7 Empresas evaluadas - Tipo de apoyo recibido por las empresas y las lecciones aprendidas del proceso de evaluación.....	45
Figura 8 Empresas evaluadas- Factores claves para el logro de la evaluación.....	45
Figura 9 Empresas evaluadas- Obstáculos presentados durante el proceso de preparación y evaluación del modelo.	46
Figura 10 Empresas evaluadas- Interés en la re-evaluación en CMMI.....	47
Figura 11 Empresas no evaluadas – Años de creación de la empresa / conocimiento del modelo CMMI.	48
Figura 12 Empresas no evaluadas – Empresas que han intentado conseguir la evaluación / Obstáculos presentados durante el proceso.....	49
Figura 13 Empresas no evaluadas – Empresas que no han intentado conseguir la evaluación / Razón de no haber adelantado el proceso.	50
Figura 14 Empresas no evaluadas – Palabras más frecuentes sobre el grado de interés de la evaluación.....	51

Figura 15 Empresas no evaluadas – Palabras más frecuentes de los comentarios sobre el modelo CMMI-DEV	52
Figura 16 Resumen estadístico de la antigüedad para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).	54
Figura 17 Resumen estadístico del conocimiento de los beneficios previos de CMMI para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).	55
Figura 18 Resumen estadístico del conocimiento previo del nivel de madurez para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).	56
Figura 19 Resumen estadístico del nivel de madurez inicial para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).	57
Figura 20 Análisis correlacional entre la antigüedad y el conocimiento previo del modelo de las empresas evaluadas.	58
Figura 21 Análisis estadístico del nivel de madurez inicial y el nivel de madurez alcanzado en las empresas evaluadas.	59
Figura 22 Correlación del nivel de madurez alcanzado y la antigüedad en las empresas evaluadas.	60
Figura 23 Correlación del nivel de madurez alcanzado y el tiempo de duración del proceso de preparación en las empresas evaluadas.	61
Figura 24 Valor asignado y resumen estadístico de los factores claves para la evaluación de las empresas en CMMI-DEV.	62
Figura 25 <i>Valor asignado y resumen estadístico de los factores claves para la evaluación de las empresas en CMMI-DEV.</i>	<i>63</i>
Figura 26 Análisis del interés de las empresas no evaluadas en la implementación del modelo.	64
Figura 27 Gráfica de valores observados y esperados del interés de iniciar el proceso de evaluación CMMI-DEV	66

Figura 28 Análisis Chi Cuadrado para la relación entre el interés de iniciar el proceso y la antigüedad de las empresas no evaluadas. 67

Figura 29 Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y el nivel de madurez alcanzado por las empresas evaluadas. 69

Figura 30 Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y el tiempo de duración del proceso de preparación de las empresas evaluadas..... 70

Figura 31 Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y los factores claves de éxito de las empresas evaluadas..... 71

Figura 32 Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y lecciones aprendidas de las empresas evaluadas..... 73

Figura 33 Análisis Chi Cuadrado para la relación entre las razones y obstáculos presentados en el proceso de la implementación y los intentos de implementación del modelo CMMI en las empresas no evaluadas. 75

Figura 34 Correlación entre el nivel de madurez alcanzado y las razones por las cuales las empresas evaluadas eligieron ese nivel de madurez..... 76

Figura 35 Análisis Chi Cuadrado para la relación entre el nivel de madurez inicial y el alcanzado por las empresas evaluadas..... 77

Figura 36 Factores claves de éxito y fracaso en las medianas empresas de TI en Bogotá..... 79

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de empresas de Tecnología en Colombia por su tamaño.	16
Tabla 2 Empresas de Tecnología en Bogotá respecto al total nacional.	17
Tabla 3 Empresas colombianas evaluadas en CMMI.	17
Tabla 4 Clasificación de empresas de Tecnología en Bogotá por su actividad CIU. .	22
Tabla 5 Modelos de Madurez.	24
Tabla 6 Comparación entre los diferentes modelos de madurez.	25
Tabla 7 Empresas consultoras de CMMI en Colombia.	31
Tabla 8 Definición conceptual de variables.	34
Tabla 9 Definición operacional de variables.	35
Tabla 10 <i>Empresas no evaluadas – Años de creación de la empresa / conocimiento del nivel de madurez.</i>	49
Tabla 11 <i>Empresas no evaluadas – Edad de las empresas / Interés en conseguir la evaluación en un futuro próximo.</i>	51
Tabla 12 Valores asignados para las variables de las empresas evaluadas y no evaluadas.	53
Tabla 13 Valores asignados al interés de iniciar el proceso para conseguir la evaluación en CMMI.	64

Introducción

El entorno empresarial de la actualidad refleja un cambio constante con empresas más competitivas que día a día buscan mejorar sus procesos o servicios. Tanta es la necesidad de mejora continua, que esta se ha convertido en una de las necesidades básicas y principales dentro de la empresa. En este trabajo se pretende analizar los factores presentes en la implementación del modelo CMMI (Modelo de Madurez de Capacidad Integrado) en medianas empresas de Tecnología en Bogotá, específicamente en su versión DEV, la cual está enfocada en “Prácticas que contribuyan a mejorar el rendimiento y fortalecer las capacidades fundamentales en organizaciones que se dedican al desarrollo de productos y servicios”. (ISACA, s.f.).

En el caso de las empresas de Tecnología en Colombia, las empresas matriculadas según su clasificación en el Registro Único Empresarial son las siguientes:

Tabla 1

Clasificación de empresas de Tecnología en Colombia por su tamaño.

Tipo	Cantidad	Porcentaje
Micro	38.452	92%
Pequeñas	2.215	5%
Medianas	804	2%
Grandes	409	1%
No determinado	5	0%
TOTAL	41.885	100%

Nota: Elaboración propia basado en (RUES, 2024).

Lo anterior nos permite ver la importancia que tienen las Mipymes (Micro, Pequeñas y Medianas empresas) dentro del sector empresarial tecnológico del país. Al analizar el porcentaje específico de las pequeñas y medianas empresas en Bogotá, se encuentra que en la capital se ubica un gran porcentaje de dichas empresas de Tecnología respecto al

valor nacional, con un 57% para las pequeñas empresas y un 62% para las medianas, tal y como se refleja en la Tabla No. 2:

Tabla 2

Empresas de Tecnología en Bogotá respecto al total nacional.

Tipo	Colombia	Bogotá	
	Cantidad	Cantidad	Porcentaje
Micro	38.452	14.064	37%
Pequeñas	2.215	1.254	57%
Medianas	804	502	62%
Grandes	409	286	70%
No determinado	5	-	0%
TOTAL	41.880	16.106	

Nota: Elaboración propia basado en (RUES, 2024).

Teniendo en cuenta el porcentaje de las Medianas empresas en Bogotá respecto a las Micro y Pequeñas empresas de Tecnología en Bogotá, en este proyecto se analizará el interés real de las medianas empresas en uno de los modelos más importantes a nivel internacional para la evaluación de los procesos de las empresas de todo tipo de contexto como lo es CMMI. Para efectos de esta monografía, cuando se utilice el término Evaluación, se refiere a la obtención de la acreditación que asegura que la empresa cumple todos los requisitos y prácticas recomendadas en el modelo CMMI.

Según el CMMI Institute, las empresas en Colombia con evaluación vigente en el modelo CMMI a corte de diciembre 2023, desglosada por el año de obtención de la evaluación son las siguientes:

Tabla 3

Empresas colombianas evaluadas en CMMI.

Año	Empresas con CMMI	Empresas con CMMI-DEV	Nivel de madurez 3	Nivel de madurez 5
2020	8	7	5	2
2021	23	23	14	9
2022	13	13	8	5
2023	4	4	1	3
TOTAL	48	47	28	19

Nota: Tomado de (CMMI Institute, 2023).

En la tabla anterior se evidencia que a nivel Colombia sólo se cuentan con 48 empresas evaluadas en CMMI, y de esas, el 98% está evaluada en CMMI-DEV (47 de ellas) (CMMI Institute, 2023). Al realizar la revisión de las 47 empresas de Tecnología en Colombia con CMMI DEV, se encuentran que 9 de ellas están ubicadas Bogotá, es por eso que se hace posible la investigación a desarrollar en la presente monografía, focalizando el análisis a las medianas empresas de Tecnología de Bogotá y al modelo CMMI.

Uno de los retos de las empresas de Tecnología es verse enfrentadas a obtener una evaluación reconocida internacionalmente como CMMI, que les permita obtener los beneficios en la mejora de sus procesos y una ventaja competitiva en comparación a la amplia oferta de empresas del mismo tipo en el mercado colombiano. Las que ya lograron obtener la evaluación en alguno de los niveles de madurez que clasifica el modelo en CMMI, servirán para identificar los beneficios estimados antes de iniciar el proceso de evaluación, las dificultades que tuvieron durante el mismo, la decisión de escoger el nivel de madurez de sus procesos para la evaluación y el seguimiento a los beneficios reales obtenidos respecto a los estimados inicialmente. A la par, es importante conocer las causas del por qué existen empresas que no se han evaluado en CMMI-DEV, los retos a los cuales se verán enfrentados al tomar la decisión de la evaluación en el modelo y la elección de un nivel de madurez de los procesos teniendo en cuenta su tamaño, estructura, objetivos empresariales y necesidades.

Dentro de los beneficios de la aplicación del modelo CMMI en organizaciones, son conocidos algunos de ellos, tales como la calidad de los productos generados durante los procesos, normalización de los procesos organizacionales, crecimiento de la satisfacción de los clientes y optimización en los tiempos de entrega. (Manrique, 2011).

Teniendo en cuenta todo lo presentado, surge el siguiente cuestionamiento a desarrollar dentro de esta investigación: ¿Qué características deben considerar las medianas empresas de Tecnología en Bogotá para evaluarse en el modelo CMMI-DEV,

teniendo en cuenta su tamaño y sus objetivos estratégicos? Dicha pregunta se enfocará basados en los siguientes criterios:

- Experiencia y lecciones aprendidas de las empresas ya evaluadas en CMMI-DEV en cuanto a la apropiación del nivel de madurez obtenido en la evaluación, así como los factores de éxito y dificultades presentadas durante el proceso de evaluación.
- Empresas que aún no se han evaluado en el modelo, para establecer el grado de interés en obtener la evaluación, su pertinencia de acuerdo con las características empresariales, los intentos realizados y los factores de fracaso en caso de que hayan intentado realizar la evaluación.

La respuesta a la pregunta con los factores anteriores permitirá generar un estado global desde el punto de vista de las empresas evaluadas y no evaluadas para responder a la pregunta formulada.

Esta monografía se compone de la definición del marco de referencia de la investigación, el alcance del análisis a través de los objetivos y las hipótesis, la metodología utilizada para la recolección de la información junto con los instrumentos diseñados para cada segmento de la población. Posteriormente se presenta el trabajo de campo y el análisis de los resultados obtenidos, lo que lleva a establecer propuestas de solución al problema planteado, las limitaciones y conclusiones de la investigación, para finalizar con una proyección hacia el trabajo posterior que se debe realizar para continuar con la investigación.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el modelo CMMI-DEV en medianas empresas de Tecnología en Bogotá: Niveles de madurez y factores relevantes.

Objetivos específicos

- Identificar el nivel de madurez de las medianas empresas de Tecnología en Bogotá, con base en la apropiación del modelo CMMI-DEV.
- Determinar los factores claves de éxito y fracaso en las medianas empresas de Tecnología en Bogotá para lograr la evaluación en CMMI-DEV.
- Evaluar el grado de interés de las medianas empresas de Tecnología en Bogotá que aún no se han evaluado en CMMI-DEV.
- Establecer las características del modelo CMMI-DEV a considerar en la evaluación de las medianas empresas de Tecnología en Bogotá no evaluadas en el modelo, teniendo en cuenta su tamaño y sus objetivos estratégicos.

Justificación

Según Vargas (2014), las empresas en Colombia manejan sus procesos organizacionales de tal forma que puede evidenciarse que no siguen un enfoque que les permita mejorar sus procesos y como resultado, cuentan con una baja calidad en los productos, demoras en los plazos, alta carga de trabajo, no reutilizan el software, entre otros problemas. (Vargas, 2014, pág. 2). Es por ello por lo que para las empresas de TI es importante contar con certificaciones o evaluaciones de reconocimiento internacional como la CMMI-DEV, que respalde que sus productos y procesos cumplen los estándares establecidos para ellas.

De acuerdo con Torres & Arbeláez (2018), uno de los principales desafíos que surgen al implementar CMMI en las empresas de TI es la falta de personal capacitado y con la experiencia necesaria para llevar a cabo el proyecto de evaluación (Torres & Arbeláez, 2008, pág. 26). Las dificultades y retos que enfrentan las empresas que desean iniciar un proceso de evaluación en el modelo, ya fueron abordadas por 9 medianas empresas en Bogotá que obtuvieron la evaluación. Por lo cual conocer la experiencia de las empresas evaluadas podrá generar lecciones aprendidas, factores relevantes para tener en cuenta al momento de la evaluación y la escogencia de un nivel de madurez más adecuado para cada una de ellas, a partir de las necesidades específicas de las empresas de TI, su tamaño, su estructura organizacional, su mercado objetivo y su plan estratégico.

Solamente en Bogotá, a enero 2024 existen 16.106 empresas de TI con matrícula mercantil, de las cuales 502 son medianas empresas ((RUES, 2024). En la tabla No. 4 se presentan las actividades CIU inherentes a empresas de Tecnología que aplican para el modelo CMMI en su versión DEV.

Tabla 4*Clasificación de empresas de Tecnología en Bogotá por su actividad CIU.*

Actividad CIU	Cantidad
6201 - Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas) Esta clase comprende el análisis, el diseño, la escritura, pruebas, modificación y suministro de asistencia en relación con programas informáticos.	146
5820 - Edición de programas de informática (software).	2
TOTAL	148

Nota: Elaboración propia basado en (RUES, 2024)

Actualmente dentro de la investigación realizada, no se encuentra información consolidada referente a las empresas de Tecnología en Bogotá que han obtenido la evaluación en el modelo CMMI-DEV y las que no, así como sus factores de éxito y obstáculos presentados. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación espera poder proporcionar un marco de referencia que permita a las empresas de TI contar con herramientas sólidas y medibles para llevar a cabo un proceso de evaluación definido. Esto les ayudará a reducir reprocesos, sobrecostos y tiempo en actividades que no contribuyen al objetivo final de obtener la evaluación en el modelo CMMI-DEV. Teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, pero al mismo tiempo ajustándose a sus recursos disponibles en términos de personal, económicos y de duración.

Marco Teórico

Para poder abordar el análisis de las empresas de Tecnología en Bogotá, se inicia estableciendo un estado inicial de los conceptos de los modelos que evalúan los niveles de madurez de las organizaciones, luego un enfoque hacia CMMI-DEV y sus niveles de madurez, sus beneficios en las empresas evaluadas, descripción de los factores de éxito y fracaso en su evaluación, así como un vistazo a las empresas de Tecnología en Colombia y en Bogotá. Esto permite enfocar la investigación hacia los factores relevantes que permiten lograr una evaluación en CMMI a partir de la experiencia de las empresas evaluadas y el estado actual de las empresas no evaluadas aún en el modelo, con el fin de dar recomendaciones como resultado del estudio realizado.

1.1. Modelos para evaluar niveles de madurez.

Las organizaciones en general cuentan con procesos y áreas funcionales que le permiten llevar a cabo sus objetivos alineados a la planeación estratégica establecida. Es por ello por lo que dichos procesos deben estar definidos y documentados para que permitan ser desarrollados, implementados y ser susceptibles de realizarles seguimiento y mejora continua.

La madurez en el ámbito empresarial se define como la situación actual de la organización, donde se evidencia una condición óptima para lograr sus objetivos (Khoshgoftar & Osman, 2009, pág. 3). A mayor grado de madurez, mayor estabilidad de los procesos y mejor alineación con la planeación estratégica. Lo anterior implica que la madurez de una empresa se usa según (Khoshgoftar & Osman, 2009) como un indicador para evaluar una organización en pro de evaluar sus procesos. Esto se hace a través de niveles o escalas de madurez que permitan medir qué tan madura es la empresa y sus procesos internos.

Para guiar a las empresas en la estandarización de sus procesos y en la consecución de sus objetivos, existen modelos de madurez que apoyan desde la gestión de proyectos la obtención de la madurez deseada, con el apoyo de estrategias y la capacitación del personal involucrado. Un modelo de madurez se define como un punto de referencia que muestra un camino ideal para lograr la eficiencia, esto, completando diferentes fases o niveles de manera secuencial. (Man, 2007). En la Tabla No. 5 se detallan los principales modelos de madurez existentes, junto con su año de creación y la empresa creadora del mismo.

Tabla 5

Modelos de Madurez.

Modelo de madurez	Año	Desarrollador
Normas ISO 9004.	2009	ISO
Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (en inglés, European Foundation for Quality Management, EFQM).	1991	Fundación Europea para la Gestión de la Calidad
Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión.	1999	Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad
CMMI: Capability Maturity Model Integration.	2000	SEI: Software Engineering Institute
Modelo de madurez de procesos de negocios.	2004	David Fisher
BPMMM: Modelo de madurez holístico para BPM.	2005	Michael Rosemann y Tonia de Bruin
BPMM: Modelo de madurez de procesos de negocio.	2005-2006	OMG: Charlie Weber, Bill Curtis y Tony Gardiner
Modelo de madurez de procesos de Gartner.	2005-2006	Consultora Gartner
PEMM: Modelo de madurez de procesos y empresa.	2006-2007	Michael Hammer

Nota: Tomado de (Pérez-Mergarejo, Pérez-Vergara, & Rodríguez-Ruiz, 2014).

Dentro de los diversos modelos existentes, en la Tabla No. 6 se definen los criterios y características de los modelos, de manera comparativa.

Tabla 6

Comparación entre los diferentes modelos de madurez.

CRITERIOS	Norma ISO 9004	CMMI	Modelo de Fisher	BPMMM	BPMM del OMG	Modelo de Gartner	PEMM
Descripción del modelo	Requisitos y 8 principios de calidad.	22 áreas de proceso, objetivos, prácticas y subprácticas	5 palancas de cambio y 5 estados de madurez.	6 factores críticos y 5 niveles de madurez	30 áreas de proceso, objetivos, prácticas y subprácticas.	6 factores clave de éxito y 6 fases de madurez.	Facilitadores de proceso/capacidades de empresa y 4 estados de madurez.
Estructura	Simple	Compleja	Simple	Algún grado de complejidad.	Compleja	Simple	Simple
Fácil de usar	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí
Procedimiento de aplicación	NO existe	Disponible y complejo	No está disponible.	No está disponible.	No está disponible.	No está disponible.	No está disponible.
Herramientas de evaluación	Modelo genérico que permite relacionar los elementos claves y apartados con los niveles de madurez.	No están disponibles	Matriz general de evaluación	No están disponibles	No están disponibles	No están disponibles	Matriz general de evaluación
Alcance de la evaluación	Organización	Organización	Organización	Organización	Organización	Organización	Procesos y Organización
Campo de aplicación	Cualquier ámbito	Software Adquisiciones Servicios	BPM	BPM	Cualquier ámbito	BPM	Cualquier ámbito

Nota: Tomado de (Pérez-Mergarejo, Pérez-Vergara, & Rodríguez-Ruíz, 2014).

Para el caso de estudio de la presente monografía, se resalta CMMI y su variante de Desarrollo (DEV) para analizar su aplicación en las empresas de Tecnología en Bogotá.

1.2. Capability Maturity Model Integration – CMMI.

El modelo CMMI, conocido como Modelo de Integración de Madurez de Capacidades (Capability Maturity Model Integration), facilita un acercamiento en la mejora de procesos al brindar una guía a las organizaciones con los elementos fundamentales necesarios para llevar a cabo sus procesos. (García, 2006). Es por ello que su objetivo del modelo CMMI se enfoca en ser una hoja de ruta de buenas prácticas para que las empresas tengan una guía orientadora sobre cómo lograr mejorar la eficiencia y calidad de sus procesos.

Este modelo fue creado por el SEI (Software Engineering Institute) en 1987, siendo una actualización del modelo CMM que unifica los modelos Integrated Product

Development Capability Maturity Model (IPD-CMM) v0.98, Electronic Industries Alliance Interim Standard (EIA/IS) y el CMM for Software (SW-CMM) v2.0. (García, 2006).

1.3. Niveles de madurez del Modelo CMMI.

Según lo establecido en el modelo CMMI de acuerdo con (Morales-Fernández, Brito-Rojas, & Villaseñor Marcial, 2014), existen 5 niveles para la evaluación de la madurez, en estos niveles se medirán cada uno de los procesos definidos en una organización.

Los 5 niveles de madurez son: Nivel 1 – I

inicial: Procesos no definidos, Nivel 2 – Gestionado: Procesos estandarizados, Nivel 3 – Definido: Procesos estandarizados y documentados, Nivel 4 – Administrado cuantitativamente: Mediciones e indicadores de los procesos, Nivel 5 – Optimización: Mejora continua de los procesos.

- Nivel 1 – Inicial.

Este nivel es el más bajo en madurez de los procesos, aquí se encuentran las empresas, que no han definido sus procesos y no tienen un claro control sobre los proyectos que se realizan.

- Nivel 2 – Gestionado.

La idea de este nivel es poder empezar con la estandarización de procesos y una gestión en el desarrollo de los proyectos, llevar un control de las acciones que se realizan, para así conocer el estado actualizado del mismo.

- Nivel 3 – Definido.

En este nivel se encuentran las empresas que logran llevar una estandarización de los procesos, este nivel se caracteriza por ser más organizado y por contar con procesos más documentados.

- Nivel 4 – Administrado cuantitativamente.

La gestión de los procesos y proyectos se ven reflejados de manera más cuantitativa, en este nivel toman los resultados de los niveles 2 y 3 logrando tomar decisiones organizacionales para conseguir los objetivos establecidos en el tiempo.

- Nivel 5 – Optimización.

Este es el nivel más alto de madurez propuesto por CMMI; en este nivel se ubican las organizaciones que han logrado conseguir una mejora continua de procesos y un conocimiento claro de esto para el trabajo del día a día.

1.4. Beneficios de lograr una evaluación en CMMI.

La aplicación del método CMMI en una organización permite mejorar sus procesos y metodologías de trabajo, que al final traerán ciertos beneficios. A continuación, se nombran algunos de los más relevantes:

- **Estandarización de procesos:**

Según (Piattini & García-Blas, 2012) el modelo CMMI promueve la recolección de datos y su análisis, permitiendo a la organización la capacidad de tomar decisiones con fundamentos para poder gestionar correctamente sus procesos. Y, para (Montiel & García, 2017) la implementación del modelo CMMI permite que la empresa consiga una mayor eficacia en los proyectos al tener establecidos sus procedimientos de manera definida y documentada.

Si dentro de la empresa se maneja un lenguaje común, el mismo va a permitir el correcto desarrollo de los proyectos por la unificación de procesos que se ha implementado.

- **Gestión del conocimiento:**

Al crear un lenguaje común dentro de la empresa, CMMI logra que las empresas adquieran una buena práctica al momento de crear y compartir conocimiento

internamente, que como dice (Bravo, Castro, & Jaramillo, 2017), fortalece la coordinación y eficacia en la gestión de los proyectos, ya que impulsa la colaboración y comunicación efectiva dentro del equipo de trabajo. Aparte de ellos, (Aparicio, Cervera, & Molina, 2012) coinciden adicionando que esta buena práctica genera una mejora constante en los procesos.

- **Adquisición de buenas prácticas:**

El modelo CMMI, está basado en las mejores prácticas que se tienen en el mundo y lo que busca esta guía es mejorar los procesos de las organizaciones. Según (Ruiz & González, 2017), el modelo CMMI ofrece a las empresas buenas prácticas y asegura una gestión de los requisitos adecuada, para poder elevar la calidad de los productos ofrecidos por esta.

- **Satisfacción de los clientes:**

La adopción del modelo CMMI puede incrementar la competitividad de la organización, al permitir elevar la calidad de sus productos o servicios, convirtiéndola en una opción más llamativa para los clientes. (Bravo, Castro, & Jaramillo, 2017)

- **Nuevos mercados:**

Al tener una mejora en los procesos y ofrecer una calidad en cada Software, la organización se convierte en llamativa para los clientes lo que, a futuro abrirá nuevos mercados para poder ampliar cobertura. (Hurtado, Peña, & Qusipe, 2017)

- **Reducción de costos:**

Continuando, con todos los procesos de mejora, estos mismos al ir mejorando progresivamente, permite que se tenga una organización y planificación eficiente de cada una de las tareas, que al pasar del tiempo se verá reflejado en reducción de costos. (Martínez, Pérez, & Gómez, 2015).

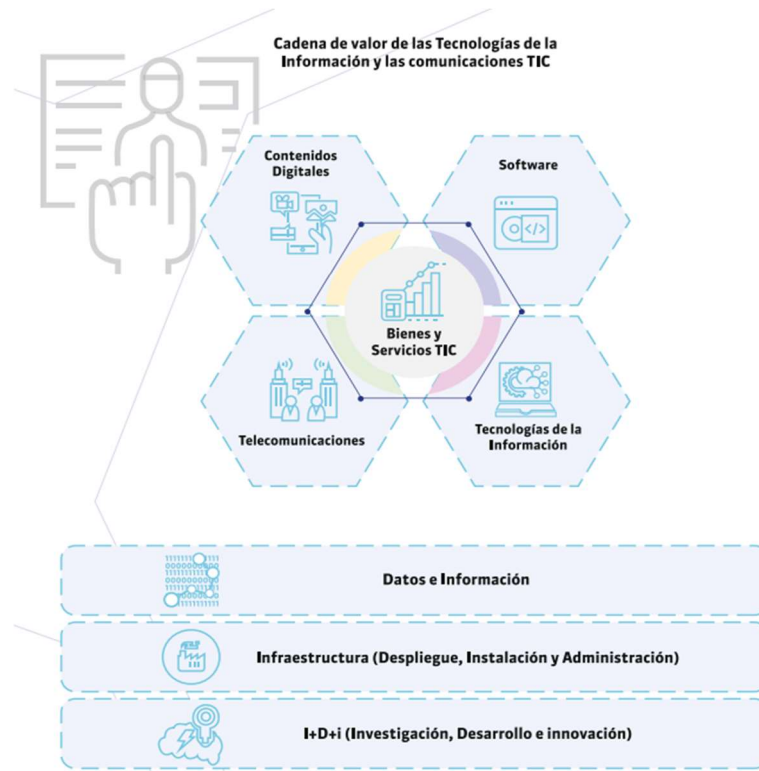
1.5. Empresas de Tecnología en Colombia y Bogotá.

En Colombia según datos de Datacrédito, las empresas de Tecnología alcanzaron entre el 2021 y 2022 un crecimiento que representa el 2.94 % del PIB (Datacrédito, 2023). Es un crecimiento menor respecto al porcentaje del PIB de América Latina, sin embargo, refleja el crecimiento que aporta el sector tecnológico en la economía colombiana.

Dentro del sector tecnológico en Colombia, las empresas buscan ofrecer productos y servicios especializados, con alto grado de calidad y soluciones a la medida de los clientes. En la Figura No. 1 se presenta la cadena de valor que representan los bienes y servicios de TI en Colombia, agrupadas en 4 dimensiones tales como: Contenidos Digitales, Telecomunicaciones, Software y Tecnologías de la Información; estos enmarcados dentro de los pilares de Datos e Información, Infraestructura e I+D+i.

Figura 1

Cadena de valor de los bienes y servicios de TI.



Nota: Tomado de (Marco Nacional de Cualificaciones, 2021).

Esa diversidad en los bienes y servicios ofrecidos por las empresas de Tecnología obliga a que las mismas lleven procesos definidos y evaluados bajo un modelo de madurez idóneo para este tipo de empresa, tal como lo es CMMI-DEV.

En Bogotá, la cantidad de medianas empresas de Tecnología que pueden implementar CMMI-DEV son 148 según la actividad CIIU aplicable al modelo (referidas en la Tabla No. 4), abarcando un rango de empresas susceptibles de ser evaluadas en el modelo, que comparado con el rango de medianas empresas evaluadas en CMMI-DEV en Bogotá según los datos del CMMI Institute del 2023, sólo el 6% del total de empresas medianas se encuentran evaluadas lo cual es un porcentaje pequeño según lo identificado en la Tabla No. 3 del presente documento.

1.6. Factores de éxito en la evaluación CMMI.

Dentro de los factores de éxito para la evaluación de CMMI, las empresas interesadas en la obtención de la evaluación pueden contemplar varias alternativas de apoyo especializado a la empresa, referidas por Barreto y Corredor (2019); ya sea a través del desarrollo de un plan de trabajo que permita adelantar el diagnóstico del estado actual de la compañía con el personal con el que ahora mismo cuenta la compañía o por medio del asesoramiento externo, lo cual dependerá de las características propias de la empresa (Barreto & Corredor, 2019). En cuanto al asesoramiento externo, esta alternativa es clave para poder contar con empresas consultoras comprometidas en el proceso, que presten un apoyo y monitoreo constante a las empresas que buscan la evaluación.

Específicamente para CMMI, actualmente existen 4 empresas consultoras avaladas por el CMMI Institute, identificadas en la Tabla No. 7 junto con una breve descripción de sus servicios.

Tabla 7

Empresas consultoras de CMMI en Colombia.

Procesix	Brinda servicios de evaluación, capacitación y consultoría a la industria internacional de TI para ayudar a los clientes a mejorar los procesos de gestión, ingeniería y servicio de TI para ser más competitivos. Sus consultores tienen una amplia experiencia de primera mano en la implementación de CMMI en organizaciones internacionales.
Avantare	Empresa de consultoría pionera en América Latina que ayuda a las organizaciones a ser más eficientes y productivas, apoyándolas en la adopción, conservación y actualización de prácticas, modelos y estándares. Es reconocida como referencia para la consultoría en programas de mejora de procesos basados no solo en el modelo CMMI, sino también en otras normas y estándares internacionales como ISO/IEC 20000, ISO/IEC 270000, ISO/IEC 29110, ITIL, entre otros.
Seonti	Proporciona Soluciones Integradas para la Mejora de Procesos de Software a sus clientes. Algunas de las tecnologías en las que se especializan son CMMI, SCAMPI, PSP y TSP.
Agile Capability and Maturity Consulting	Expertos en ayudar a las organizaciones a mejorar la calidad de los productos, apoyando con sus servicios de consultoría con las mejores prácticas y metodologías existentes. Tienen experiencia en la implementación de las tecnologías y modelos que ofrecen, durante más de 20 años han trabajado en estos modelos y prácticas, y cuenta con consultores certificados y experimentados.

Nota: Elaboración propia, basada en (CMMI Institute, 2023).

Otro de los factores de éxito principales en la evaluación del modelo CMMI es la valoración internacional que obtienen las empresas que consiguen dicha evaluación. Esto permite que las empresas tengan una alineación con los estándares que se presentan internacionalmente y que puedan garantizar el cumplimiento de las normas en la industria mundial.

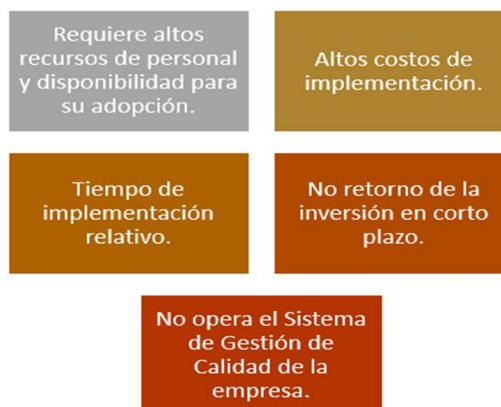
Según Merchán, Villa y Sánchez (2017), el modelo CMMI destaca por su relevancia y aportación de valor a las empresas. Este modelo no solo se alinea con los objetivos estratégicos de la empresa y se orienta hacia el objetivo del negocio, sino que también es aplicable a diversos tipos de empresas. Además, contribuye a mejorar la imagen y reputación de la compañía e integra procesos de gestión y desarrollo, entre otros beneficios. (Merchán, Villa, & Sánchez, 2017).

1.7. Factores de fracaso en la evaluación CMMI.

Como tal, dentro de la literatura analizada no se encuentran factores que se pueden presentar para que las empresas no logren la evaluación en CMMI. Sin embargo, dentro de las características que presenta CMMI respecto a otros modelos, en el análisis realizado por Merchán, Villa y Sánchez (2017) de varios modelos que evalúan la calidad de los procesos de software, se define a CMMI con las siguientes desventajas frente a otros modelos. Al enfrentarse a dichas desventajas durante el proceso de planeación e implementación del modelo, las empresas tienen dificultades para la continuación y posterior evaluación del modelo (ver Figura No. 2):

Figura 2

Desventajas del modelo CMMI.



Nota: Elaboración propia (2023 basado en (Merchán, Villa, & Sánchez, 2017).

Hipótesis

El análisis de los comportamientos de la evaluación en CMMI-DEV para las medianas empresas de Tecnología en Bogotá, permitirá contrastar las siguientes hipótesis enfocadas en su tamaño, en el nivel de madurez objetivo de la evaluación, en el apoyo de consultores expertos en el modelo y en la disponibilidad de tiempo como factores clave de éxito y fracaso en el logro de la evaluación.

- Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá demuestran bajo interés en obtener la evaluación en CMMI-DEV.
- Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá que cuentan con apoyo de consultores expertos para la revisión de sus procesos organizacionales tienen un alto porcentaje de probabilidad en obtener la evaluación CMMI-DEV.
- Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá que no disponen de tiempo para la revisión y ajustes de sus procesos organizacionales cuentan con un alto porcentaje de probabilidad de no obtener la evaluación CMMI-DEV.
- Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá se dedican a preparar sus procesos organizacionales hasta alcanzar un nivel de madurez 3 (definido) según el modelo CMMI-DEV, con el objetivo de obtener rápidamente esta evaluación.

Variables

Las variables para la presente monografía se seleccionan teniendo en cuenta los aspectos que son medibles dentro de la investigación y que ayudan a resolver la pregunta de investigación.

Definición conceptual.

La definición conceptual de las variables preliminares elegidas para la investigación son las registradas en la Tabla No. 8, clasificadas por las que permitirán medir a las empresas ya evaluadas como a las que no se han evaluado en el modelo CMMI-DEV.

Tabla 8

Definición conceptual de variables.

Variables	Definición conceptual	Tipo de empresa	
		Evaluada	No evaluada
Tamaño de la empresa.	Combinación de número de empleados y ventas de una empresa.	X	X
Objetivo organizacional.	Ideas alcanzables propuestas por la empresa en diversas áreas de su interés contenidas en la misión y visión. (Clavijo, 2020)	X	X
Nivel de Madurez inicial.	Nivel de madurez como resultado de la pre-evaluación de los procesos de la empresa.	X	X
Nivel de madurez obtenido.	Nivel de madurez logrado luego del proceso de evaluación.	X	
Beneficios preevaluación.	Beneficios estimados de obtener la evaluación al iniciar el proceso.	X	
Beneficios post-evaluación.	Beneficios reales de la empresa luego de obtener la evaluación.	X	
Lecciones aprendidas.	Conocimiento adquirido durante el proceso de preparación y evaluación del modelo.	X	
Factores relevantes.	Características claves para el logro en la obtención de la evaluación.	X	
Dificultad.	Obstáculos o inconvenientes presentados durante el proceso de preparación y evaluación del modelo.	X	X
Conocimiento.	Conocimiento de la empresa sobre el modelo CMMI-DEV y los niveles de madurez.		X
Intentos de evaluación	La empresa ha realizado uno o más intentos de evaluarse en CMMI-DEV.		X

Nota: Elaboración propia (2023).

Definición operacional.

La recolección de los datos a obtener a través de las variables identificadas para esta investigación se realizó por medio de una encuesta aplicada a las empresas evaluadas y no evaluadas en CMMI-DEV. Las unidades de medida de cada variable definida anteriormente se observan en la Tabla No. 9:

Tabla 9

Definición operacional de variables.

Variabes	Unidad de medida
Tamaño de la empresa	Medianas
Objetivo organizacional	Número de objetivos organizacionales de la empresa.
Nivel de Madurez inicial	1- Inicial 2- Administrado 3- Definido 4- Gestionado cuantitativamente. 5-Optimizado.
Nivel de madurez obtenido	1- Inicial 2- Administrado 3- Definido 4- Gestionado cuantitativamente. 5-Optimizado.
Beneficios preevaluación	Número de beneficios identificados antes de iniciar el proceso de evaluación.
Beneficios post-evaluación	Número de beneficios logrados por la empresa luego de haber conseguido la evaluación.
Lecciones aprendidas	Listado de lecciones aprendidas por la empresa luego de haber conseguido la evaluación.
Factores relevantes	Número de características que impactaron positivamente el logro de la evaluación.
Dificultad	Número de inconvenientes que impactaron negativamente durante el proceso de la evaluación.
Conocimiento	Grado de conocimiento del modelo CMMI por la empresa.
Intentos de evaluación	Número de intentos de evaluación realizados por la empresa.

Nota: Elaboración propia (2023).

Metodología

Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la presente investigación se trabajó desde un estudio cuantitativo. Según (Sampieri Hernández & Mendoza Torres, 2018), el enfoque cuantitativo se caracteriza por una secuencia lógica de conjunto de procesos para verificar determinadas suposiciones. De igual forma se basa en la delimitación de una idea, que una vez definida, se crean los objetivos y las preguntas investigativas, para continuar con la revisión de la documentación y finalmente construir un marco teórico.

El diseño utilizado el No Experimental, el cual, según (Sampieri Hernández & Mendoza Torres, 2018) hace referencia a investigaciones que se llevan a cabo sin modificar intencionalmente las variables, donde sólo se observan los eventos en su entorno natural con el fin de analizarlos. Dentro de esta selección de diseño, se trabajó el tipo Transversal, el cual permite la recopilación de datos en un único momento o período específico y en un lugar determinado.

Por las características de la investigación, el tipo de estudio seleccionado es el de tipo Descriptivo, ya que se enfoca en examinar el impacto de las diferentes clasificaciones o niveles de una o más variables de un grupo específico. (Sampieri Hernández & Mendoza Torres, 2018).

El enfoque, diseño y tipo de estudio a realizar permitirá poder realizar la recolección de los datos y poderlos analizar en un momento específico, de forma que se pueda identificar de manera puntual para las empresas de Tecnología evaluadas y no evaluadas en CMMI-DEV las respuestas al problema de investigación planteado.

Población y muestra

Para efectos de la presente monografía, la población se basa en dos partes:

- Empresas evaluadas en CMMI: **9** medianas empresas en Bogotá que ya obtuvieron la evaluación en CMMI-DEV y que la misma se encuentra vigente; esto basado en los datos que tiene el CMMI Institute para Colombia entre los años 2020 al 2023 presentados en la Tabla No. 3 y extrayendo la información de las empresas ubicadas en Bogotá según su tamaño.
- Empresas de Tecnología clasificadas como Medianas: Según información del RUES, las empresas de Tecnología en Bogotá clasificadas con la actividad CIU 6201 según la Tabla 4, son 146 empresas y 2 empresas corresponden a la actividad CIU 5820, para un total de 148 empresas.:

Teniendo en cuenta la población definida anteriormente, se selecciona una muestra que permita realizar la investigación para ambos grupos poblacionales. Por ello, la muestra se calcula con corrección de finitud para un porcentaje de confianza de 95% y un porcentaje de error del 10%, obteniendo como resultado las siguientes muestras:

- Empresas evaluadas en CMMI: **8** empresas.
- Medianas empresas de Tecnología: **58** empresas.

El tipo de muestreo utilizado es Estratificado Aleatoria, el cual permite segmentar la población entre empresas evaluadas y no evaluadas en el modelo, para poder orientar los instrumentos y sus preguntas hacia las características específicas que se desean conocer. Luego de la estratificación, se utiliza en el caso de las empresas no evaluadas un muestreo aleatorio para poder seleccionar las 58 empresas correspondiente a la muestra calculada anteriormente.

Instrumentos

Para poder recolectar la información que se requiere para la presente monografía, se obtendrá la información por medio de fuentes de información primaria directamente de cada una de las empresas evaluadas y no evaluadas.

El instrumento seleccionado para la recolección directa de datos serán dos encuestas creadas en la herramienta Microsoft Forms, enfocadas a cada segmento de la población base de la investigación en desarrollo; el enfoque de cada encuesta se orienta de manera separada, dada que la información a recolectar de las empresas evaluadas es diferente a la información a recolectar de las empresas aún no evaluadas.

El tipo de preguntas incorporadas en los dos instrumentos contiene preguntas en su mayor proporción cerradas, que le permiten al encuestado seleccionar una o dos opciones dentro de las sugerencias presentadas. En caso de que la respuesta del encuestado no se encuentre dentro de las opciones sugeridas, tiene la posibilidad de responder con la opción Otra. ¿Cuál?, y escribir su propia respuesta. También se incluyen preguntas que permiten escoger al encuestado los rangos predeterminados, es el caso de los tiempos de antigüedad de la empresa, las veces en las cuales se ha intentado la evaluación en el modelo y los tiempos de duración del proceso de preparación de los procesos de la organización como antesala a la evaluación en el modelo CMMI. En menor proporción se incluyen preguntas abiertas, encaminadas a conocer más allá de responder SI o NO, la razón por la cual las empresas ya evaluadas recomiendan o no que las empresas no evaluadas se evalúen en el modelo CMMI o si consideran re-evaluarse en el modelo CMMI al vencimiento de la evaluación vigente.

Las encuestas diseñadas para la recolección de la información son las siguientes:

- Encuesta empresas no evaluadas: **Anexo 1 – Empresas no evaluadas.**
- Encuesta empresas evaluadas: **Anexo 2 – Empresas evaluadas.**

Las preguntas involucradas en la encuesta se basan en las variables definidas anteriormente, de tal forma que se pueda obtener toda la información requerida para la monografía.

La validación de los instrumentos generados se realiza con la técnica V de Aiken, en donde el detalle de los resultados que respondió cada evaluador se adjunta en el **Anexo**

3 – Validación V de Aiken. Esta validación se realizó con los siguientes evaluadores:

- Charly Herrera, Coordinador de Calidad.
- Johanna Quevedo, Analista de Calidad.
- Awilda Feliz, Gerente de Proyecto.
- Alejandro Gutiérrez, Arquitecto de Soluciones.
- Nelson Gómez, Líder de Pruebas.

Como resultado de la validación de Aiken, se obtienen conceptos favorables y no favorables respecto a ciertas preguntas. En cuanto a las respuestas con puntaje menor a 0.8 en una escala de 0 a 1 en la validación, se ajustan los dos instrumentos generados, para una mayor claridad en las preguntas y se eliminan las preguntas que según los validadores no son pertinentes para la investigación, generando una nueva versión de los instrumentos que se anexan en la monografía.

Técnicas para el análisis de la información

El procesamiento de la información obtenida en las encuestas relacionadas se realiza utilizando las herramientas de análisis de datos proporcionadas por Microsoft Forms, lo cual permite graficar los resultados. De igual forma, las variables que lo permitan son analizadas mediante un resumen estadístico general, el coeficiente de Pearson y Chi cuadrado, para determinar la relación entre dos variables cualitativas y el análisis de si el comportamiento de una de ellas influye sobre la otra, ya sea de manera independiente, o dependiente.

Trabajo de Campo

Para la aplicación de los instrumentos a las muestras establecidas para cada grupo poblacional, se utilizaron los siguientes mecanismos para contactar a las empresas:

1. Empresas evaluadas en CMMI-DEV.
 - a. Envío de la encuesta a los correos electrónicos registrados en el RUES de las medianas empresas de Tecnología registradas en el CMMI Institute.
2. Empresas no evaluadas en CMMI-DEV.
 - a. Envío de la encuesta a los correos electrónicos registrados en el RUES de las empresas medianas de Tecnología diferentes a las empresas encontradas en el numeral anterior.
 - b. Envío de la encuesta a los correos electrónicos extraídos por medio de herramientas de WebScrapping a directivos de las medianas empresas de Tecnología que tienen correos registrados en el RUES tales como info@empresa.com o servicioalcliente@empresa.com.
 - c. Envío de las encuestas a través de los mensajes InMail de LinkedIn a los perfiles de los directivos de las medianas empresas objeto de estudio.

Procesamiento de los datos

Como resultado de la aplicación de los dos instrumentos, el total de las 9 empresas evaluadas en CMMI-DEV contempladas como población para el estudio contestaron las preguntas, superando las 8 de la muestra definida. Para el caso de las empresas no evaluadas, el total de 58 empresas contempladas en la muestra respondieron las preguntas enviadas, lo que permite obtener la cantidad suficiente de datos para su procesamiento y posterior análisis.

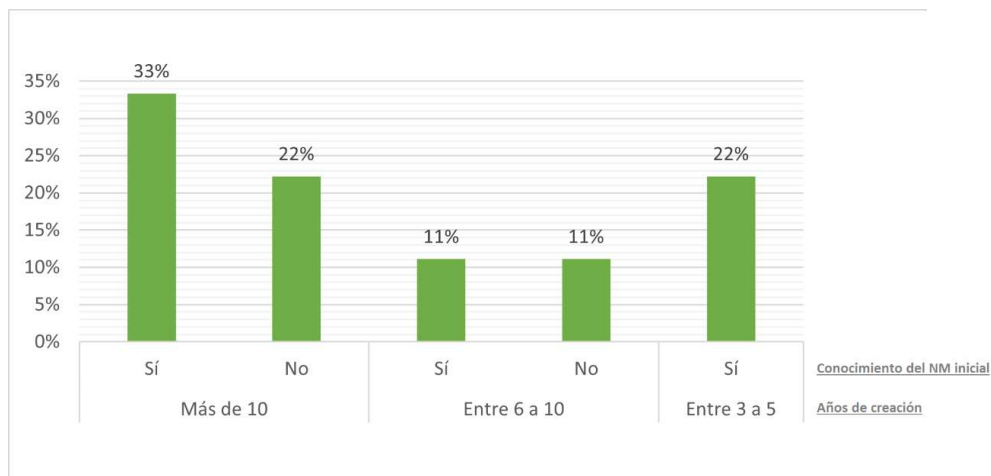
La información principal recopilada a través de la aplicación de los dos instrumentos desarrollados (empresas evaluadas y no evaluadas) en Microsoft Forms, se presenta en dos secciones, correspondientes a las empresas evaluadas en CMMI-DEV y las que aún no se han evaluado en CMMI-DEV.

Empresas evaluadas:

De acuerdo con el instrumento aplicado a este grupo, tal como se presenta en la Figura No. 3, al indagar sobre el tiempo de creación de la empresa y su conocimiento del nivel de madurez inicial antes de obtener la evaluación en CMMI, el mayor porcentaje de empresas que conocían previamente el nivel de madurez inicial de sus procesos se encuentra entre las empresas que tienen más de 10 años de creación, con un 33%. En cambio, todas las empresas evaluadas en el rango de los 3 a 5 años de creación conocían previamente el nivel de madurez.

Figura 3

Empresas evaluadas – Años de creación de la empresa y conocimiento previo del nivel de madurez.

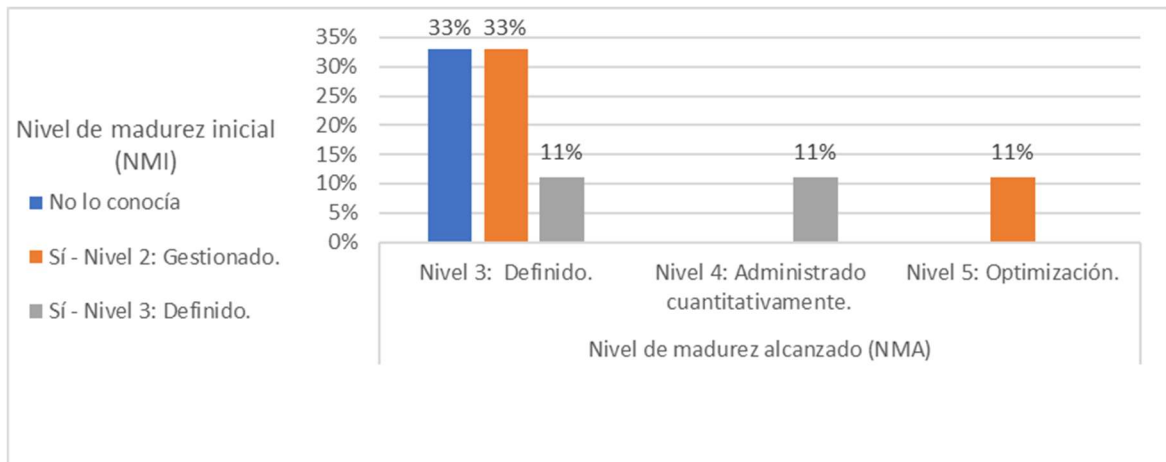


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Para conocer la evolución del nivel de madurez de los procesos de las empresas evaluadas antes de iniciar el proceso de evaluación en el modelo CMMI-DEV hasta la obtención de dicha evaluación, se realiza una comparación de las respuestas obtenidas al preguntarle a las empresas el nivel de madurez inicial de los procesos antes de la evaluación (en caso de que lo conocieran) y el nivel de madurez alcanzado al lograr la evaluación en CMMI. Como resultado se obtiene que el 33% de las empresas no conocían su nivel de madurez inicial (ver Figura No. 4), el 22% de las empresas iniciaron su evaluación con un nivel de madurez 3 - Definido, aumentando el porcentaje de empresas evaluadas en nivel 3 al 78% del total de las empresas evaluadas. De igual forma, todas las empresas que desconocían su nivel de madurez inicial lograron al final obtener un nivel de madurez 3 - Definido y todas las empresas que identificaron su nivel inicial como 2 - Gestionado, lograron subir su nivel final a un 3 - Definido o nivel 5- Optimización.

Figura 4

Empresas evaluadas- Nivel de madurez inicial y alcanzado.

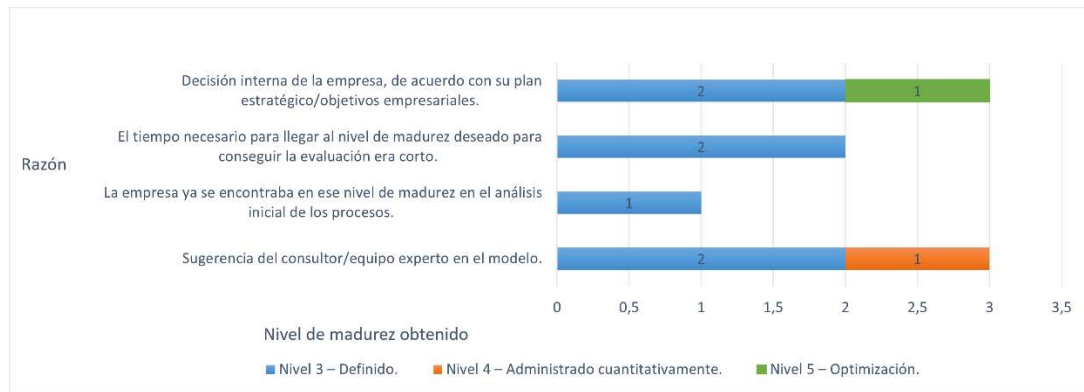


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

A partir del nivel de madurez alcanzado en la evaluación y con el objetivo de profundizar sobre el apropiamiento del nivel de madurez de los procesos, se preguntan las razones por las cuales las empresas se evaluaron en dicho nivel. Como resultado, 3 de 9 de las empresas (el 33%) aceptaron enfocar sus esfuerzos en ese nivel siguiendo las decisiones internas de la empresa; con igual número de respuestas se encuentra que las empresas acogieron la recomendación del consultor/equipo experto en el modelo.

Figura 5

Empresas evaluadas- Nivel de madurez alcanzado y las razones de la selección del nivel de madurez.



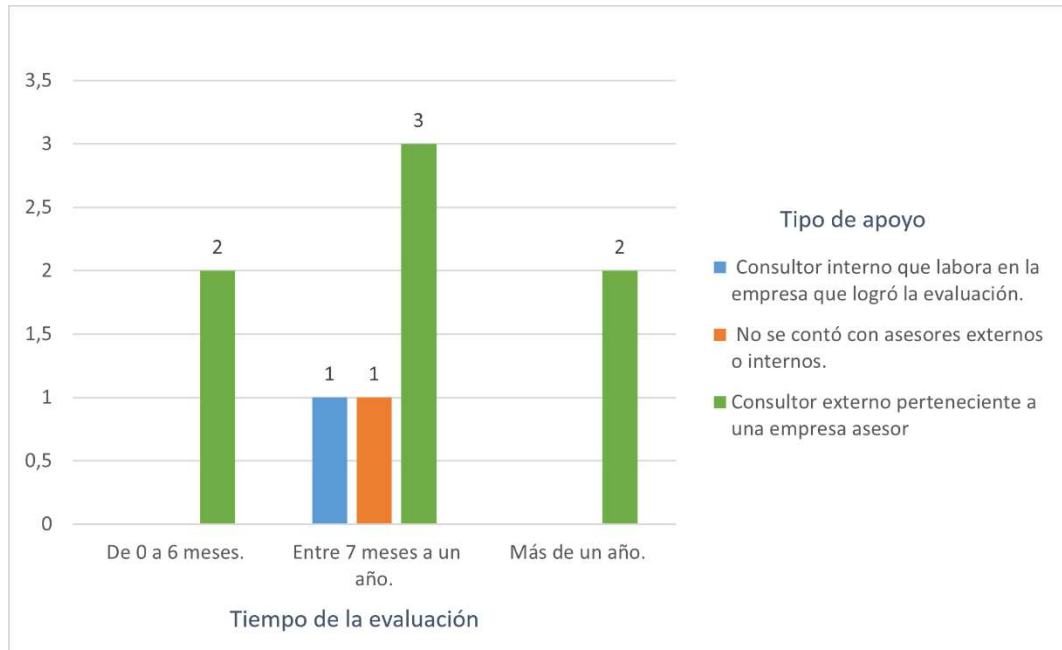
Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Al indagar sobre el tipo de apoyo recibido por las empresas durante su proceso de evaluación y relacionar ese apoyo con el tiempo en que se tardó cada empresa en preparar sus procesos con miras a lograr la evaluación en CMMI-DEV, se evidencia en la Figura No. 6 que la mayoría de las empresas tarda entre 7 meses a un año en obtener la evaluación y que, para todos los rangos de tiempo establecidos en la encuesta, el acompañamiento de un consultor externo perteneciente a una empresa asesora

predomina como primera opción de apoyo a las empresas que realizaron el proceso de evaluación en el modelo.

Figura 6

Empresas evaluadas - Relación entre el tiempo de evaluación y el tipo de apoyo recibido por la empresa.

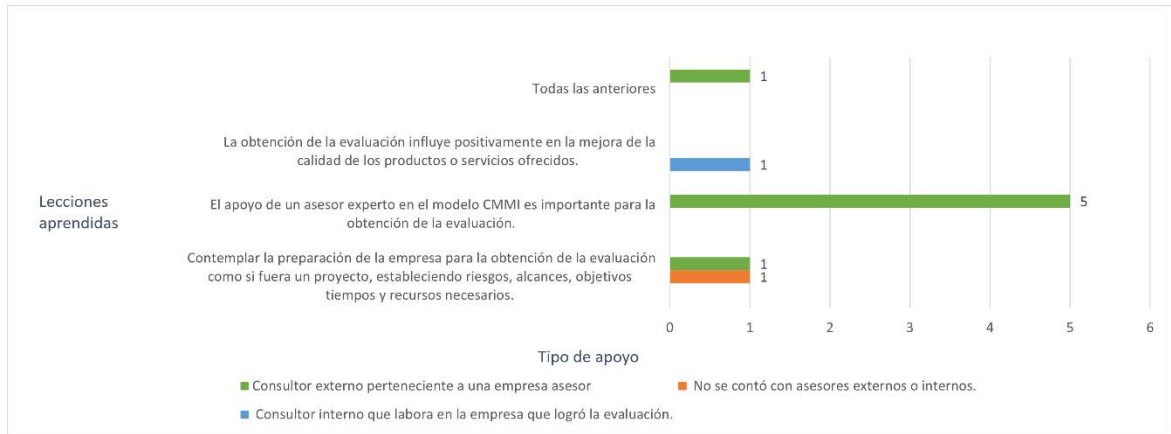


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Complementando lo anterior, se les solicita a las empresas evaluadas que elijan cuál consideran la principal lección aprendida durante el proceso de evaluación en CMMI. Destacaron la importancia del apoyo de un asesor experto en el modelo para la obtención de la evaluación de manera exitosa. Además, se observó que todas las empresas que seleccionaron esta lección aprendida contaron con el apoyo de un consultor externo perteneciente a una empresa asesora en su proceso de preparación para la evaluación en CMMI-DEV, como se evidencia en la Figura No. 7.

Figura 7

Empresas evaluadas - Tipo de apoyo recibido por las empresas y las lecciones aprendidas del proceso de evaluación.



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Pasando a identificar los factores claves que permitieron a las empresas lograr la evaluación en CMMI-DEV se les pregunta a las empresas cuáles consideran ellas que fueron dichos factores. Dentro de las opciones listadas en la encuesta, las más elegidas fueron: a. Apoyo/acompañamiento/asesoría de una empresa o consultores expertos en el modelo y b. Apoyo de la gerencia/directivos en la planeación y desarrollo de las actividades, ambas con igual porcentaje del 32% (ver Figura No. 8).

Figura 8

Empresas evaluadas- Factores claves para el logro de la evaluación.

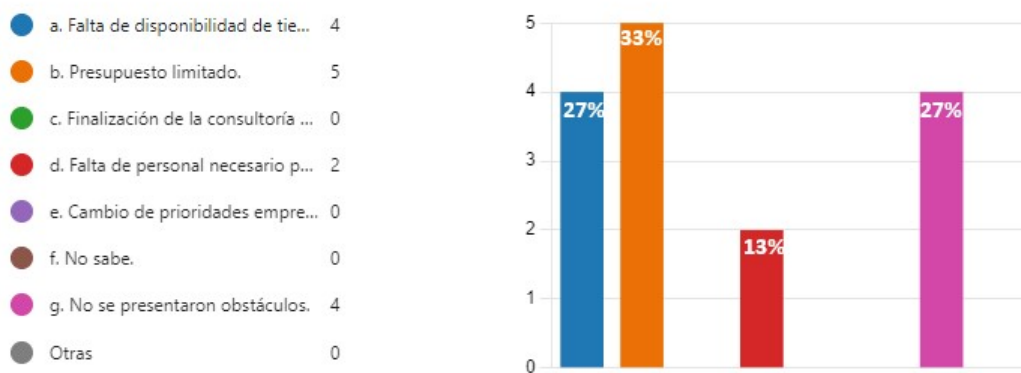


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Como todo proceso de evaluación puede presentar inconvenientes en su preparación, se indaga sobre los obstáculos que se pudieron presentar durante dicho proceso. Los encuestados respondieron principalmente considerando que la falta de presupuesto es el mayor obstáculo con el 33%, seguido por las opciones como la falta de disponibilidad de tiempo y cambio de prioridades empresariales ambas con el 27%, como se puede ver en la Figura No. 9:

Figura 9

Empresas evaluadas- Obstáculos presentados durante el proceso de preparación y evaluación del modelo.

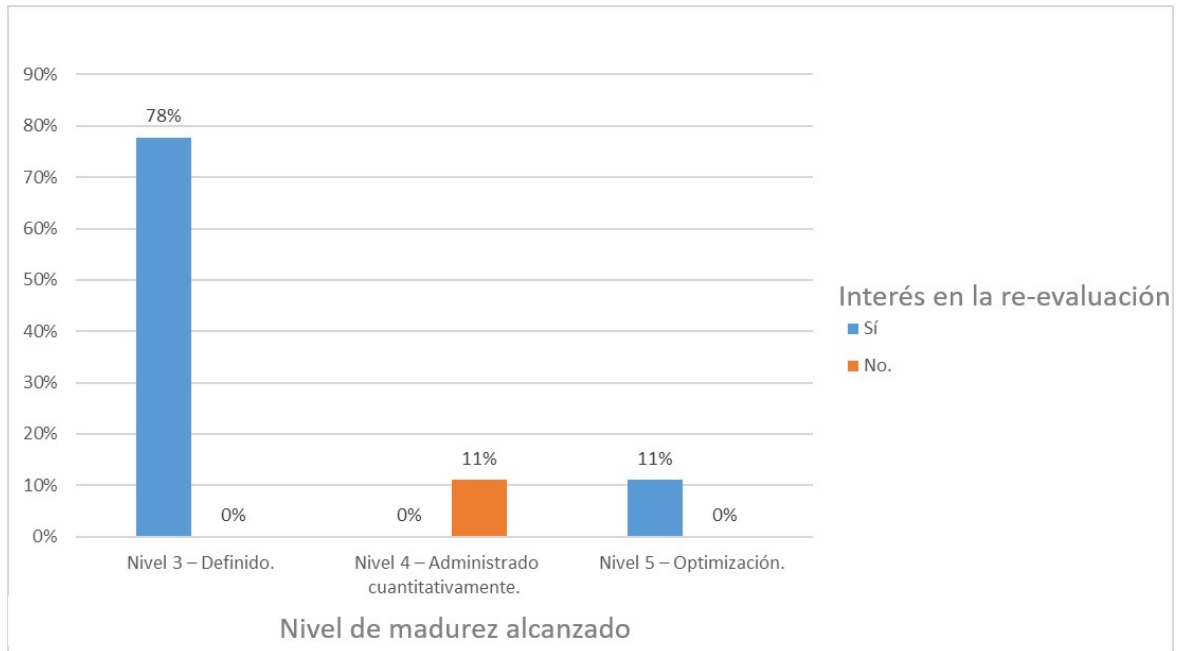


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Por último, se les pregunta a las empresas sobre su interés en reevaluarse en el modelo CMMI al vencimiento de la vigencia de la evaluación actual. Se encontró que solo una de las 9 empresas (el 11%) no considera realizar el proceso de evaluación nuevamente. Al relacionar esta información con el nivel de madurez obtenido en la evaluación, se identifica que esa empresa tiene un nivel 4 - administrado cuantitativamente, tal y como se presenta en la Figura No. 10.

Figura 10

Empresas evaluadas- Interés en la re-evaluación en CMMI.



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

La totalidad de las preguntas y sus respuestas se encuentran en el Anexo No 4 Respuestas empresas evaluadas.

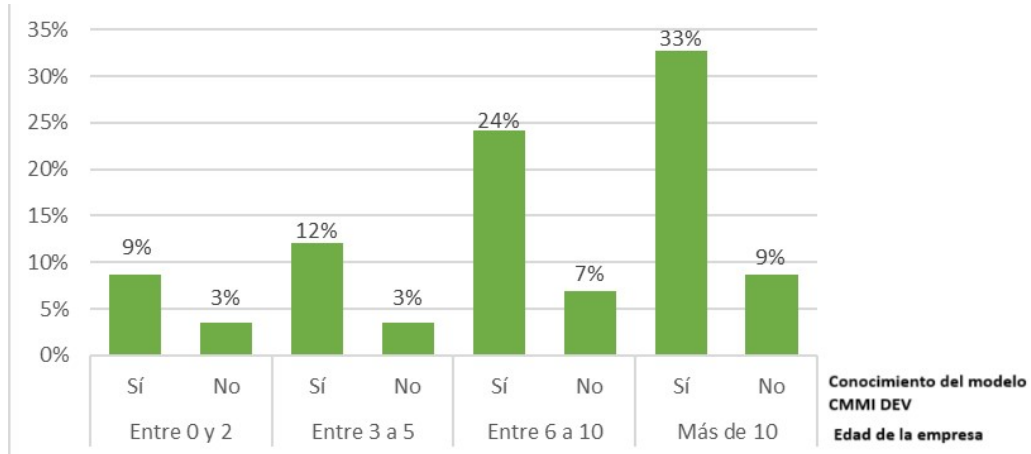
Empresas no evaluadas:

Con base en las respuestas recopiladas gracias al instrumento aplicado a 58 empresas no evaluadas, se llevó a cabo una comparación entre la antigüedad de las empresas y su nivel de conocimiento sobre el modelo CMMI. Los resultados muestran que a medida que aumenta la antigüedad de las empresas, estas tienden a tener un mayor conocimiento del modelo CMMI-DEV. Un 33% de las empresas no evaluadas manifestaron tener conocimiento del modelo y cuentan con más de 10 años de existencia. La Figura No.

11 presenta de manera clara la correlación entre la antigüedad de las empresas y su nivel de conocimiento previo del modelo.

Figura 11

Empresas no evaluadas – Años de creación de la empresa / conocimiento del modelo CMMI.



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

De las 58 empresas encuestadas, 14 consideran tener conocimiento sobre su nivel de madurez. En cuanto a la relación entre la edad de las empresas y su nivel de madurez, los resultados muestran que, una vez más, las empresas con mayor antigüedad tienden a tener un mayor conocimiento sobre su nivel de madurez. En concreto, el 50% de estas empresas tienen más de 10 años de antigüedad, mientras que solo el 7% tienen entre 0 y 2 años. Esta relación se observa en la Tabla No. 10.

Tabla 10

Empresas no evaluadas – Años de creación de la empresa / conocimiento del nivel de madurez.

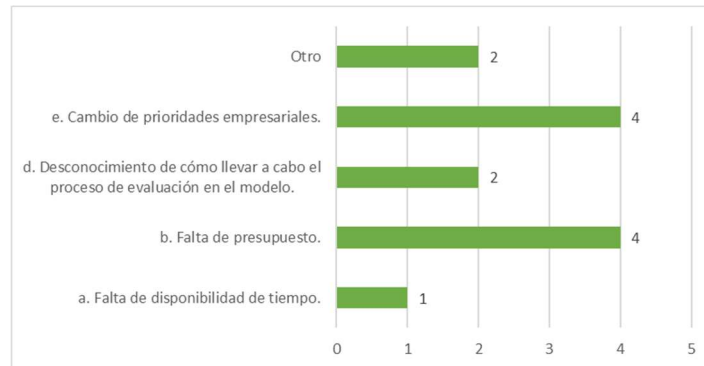
Comparación	Nivel de madurez actual					Total
	Nivel 1 – Inicial	Nivel 2 – Gestionado	Nivel 3 – Definido	Nivel 4 – Administrado cuantitativamente	Nivel 5 – Optimización	
Entre 0 y 2 años.		1				1
Entre 3 a 5 años.		2				2
Entre 6 a 10 años.		2	1	1		4
Más de 10 años.	2	2	2		1	7
Total	2	7	3	1	1	14

Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Con el fin de evaluar el nivel de interés de las empresas medianas del sector tecnológico en Bogotá que aún no han sido evaluadas en el modelo CMMI-DEV, se llevó a cabo una encuesta que incluía preguntas sobre si habían realizado evaluaciones previas en dicho modelo. Aquellas empresas que habían intentado previamente la evaluación fueron consultadas sobre los principales obstáculos encontrados, destacando principalmente el cambio de prioridades empresariales y la falta de presupuesto. Los resultados generales de esta pregunta se presentan en la Figura No. 12.

Figura 12

Empresas no evaluadas – Empresas que han intentado conseguir la evaluación / Obstáculos presentados durante el proceso.

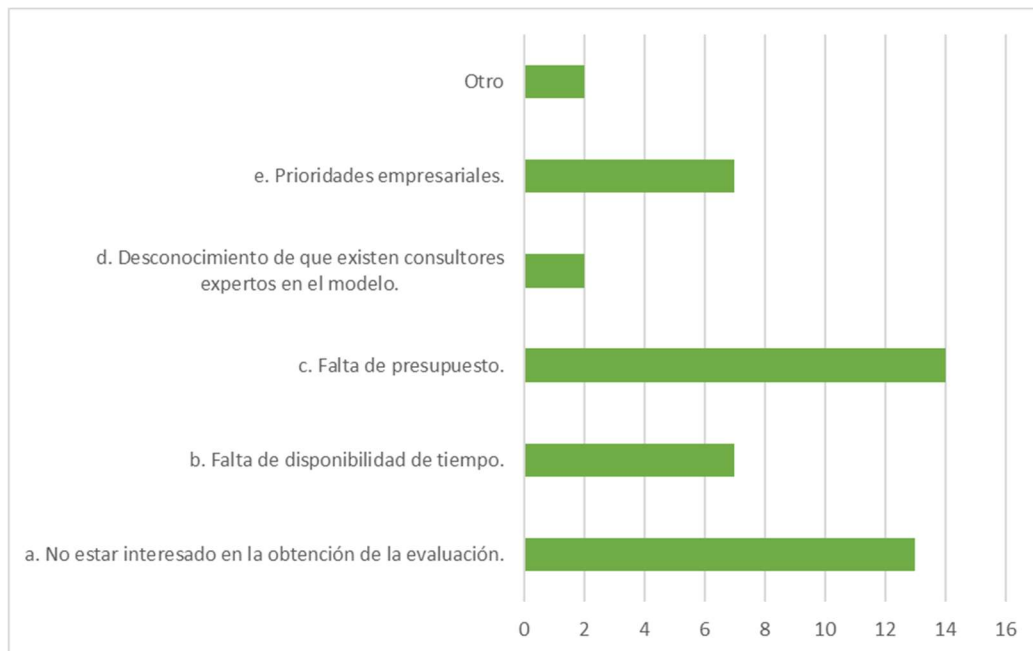


Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Para identificar las principales razones por las cuales las empresas no habían avanzado en el proceso de evaluación, se analizaron las respuestas de las 45 empresas que nunca habían intentado obtener la evaluación. La falta de presupuesto emergió como la razón principal, con un 31% de las respuestas recibidas. Para obtener una visión completa de todas las respuestas a esta pregunta, se recomienda revisar la Figura No. 13.

Figura 13

Empresas no evaluadas – Empresas que no han intentado conseguir la evaluación / Razón de no haber adelantado el proceso.



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Se les preguntó a las empresas sobre su interés en obtener la evaluación pronto, y se encontró que solo 16 de las 58 empresas estarían interesadas en realizar el proceso para obtener el modelo. Esto implica que 42 empresas, lo que equivale al 72.4% del total, han determinado no buscar la evaluación. Las respuestas de las 58 empresas se pueden observar en la Tabla No. 11.

Tabla 11

Empresas no evaluadas – Edad de las empresas / Interés en conseguir la evaluación en un futuro próximo

Comparación	Interés en conseguir la evaluación		
	SI	NO	Total
Edad			
Entre 0 y 2 años	1	6	7
Entre 3 a 5 años	2	7	9
Entre 6 a 10 años	3	15	18
Más de 10 años	10	14	24
Total	16	42	58

Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Con el objetivo de obtener una comprensión más amplia del interés de las empresas en la evaluación CMMI-DEV, se incluyó una pregunta abierta para que las empresas proporcionaran el motivo de su intención de iniciar o no el proceso de evaluación. Las palabras más frecuentes mencionadas en las respuestas se muestran en la Figura No. 14.

Figura 14

Empresas no evaluadas – Palabras más frecuentes sobre el grado de interés de la evaluación.



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

Como última pregunta, se les solicitó a los empresarios dejar un comentario o sugerencia sobre el modelo CMMI-DEV. La mayoría de estos dijeron que no tenían comentarios. En la Figura No. 15 se ilustran las palabras más repetidas entre las respuestas proporcionadas.

Figura 15

Empresas no evaluadas – Palabras más frecuentes de los comentarios sobre el modelo CMMI-DEV



Nota: Elaboración propia (2024) a partir de las respuestas obtenidas de Microsoft Forms.

La totalidad de las preguntas y sus respuestas se encuentran en el Anexo No 5 Respuestas empresas no evaluadas.

Análisis de resultados

A partir de los resultados obtenidos en los instrumentos aplicados a las empresas evaluadas y no evaluadas en CMMI-DEV, se puede resaltar que la información recolectada da amplias luces sobre la visión que tienen ambos segmentos de la muestra sobre el

modelo, características sobre el proceso de evaluación, así como el conocimiento y grado de interés de las empresas no evaluadas para proyectar posibles evaluaciones futuras.

Iniciando con el análisis conjunto de los segmentos de las empresas evaluadas (para efectos de los siguientes análisis se utilizará la sigla EE) en CMMI-DEV y no evaluadas (ENE), se genera un resumen estadístico por cada variable relevante, aplicando los valores asignados mostrados en la Tabla No. 12.

Tabla 12

Valores asignados para las variables de las empresas evaluadas y no evaluadas.

Antigüedad	Valor asignado
Entre 0 a 2 años	0
Entre 3 a 5 años	1
Entre 6 a 10 años	2
Más de 10 años	3

Conocimiento previo/conocimiento de beneficios	Valor asignado
Sí	1
No	0
No	0

Nivel de madurez	Valor asignado
Nivel 1	1
Nivel 2	2
Nivel 3	3
Nivel 4	4
Nivel 5	5

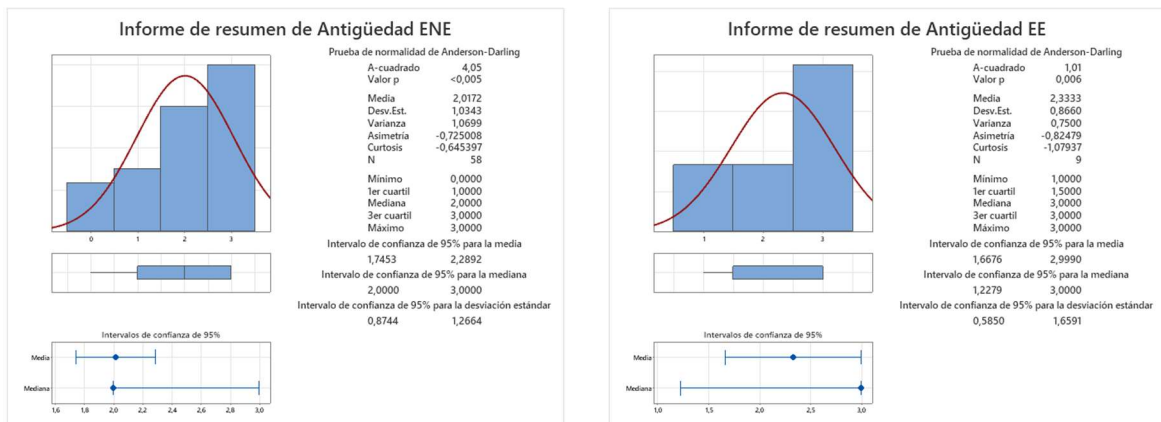
Nota: Elaboración propia (2024).

En líneas generales, el análisis de la antigüedad para las empresas no evaluadas presentado en la Figura No. 16, arroja una mayor cantidad de empresas con valor asignado a 3, equivalente a un rango de antigüedad mayor a 10 años; la mediana es igual 2 y una media sólo un poco superior a 2, correspondiente a una antigüedad de entre 6 a 10 años. Obteniendo que las empresas no evaluadas tienen un intervalo de confianza del 95% entre los rangos 2 y 3 mencionados anteriormente, concluyendo que las mayores frecuencias se encuentran en antigüedades altas. El análisis para las empresas evaluadas se ubica en una mediana de 3 y los mayores valores de respuestas de estas empresas también se encuentra en 3, correspondiente al rango de antigüedad de las empresas mayores a 10

años. Este dato es importante dado que las medianas empresas de Tecnología tienen un tiempo de vida considerable en el mercado, lo que las hace susceptibles a estandarizar sus procesos por medio de un modelo como lo es CMMI.

Figura 16

Resumen estadístico de la antigüedad para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).



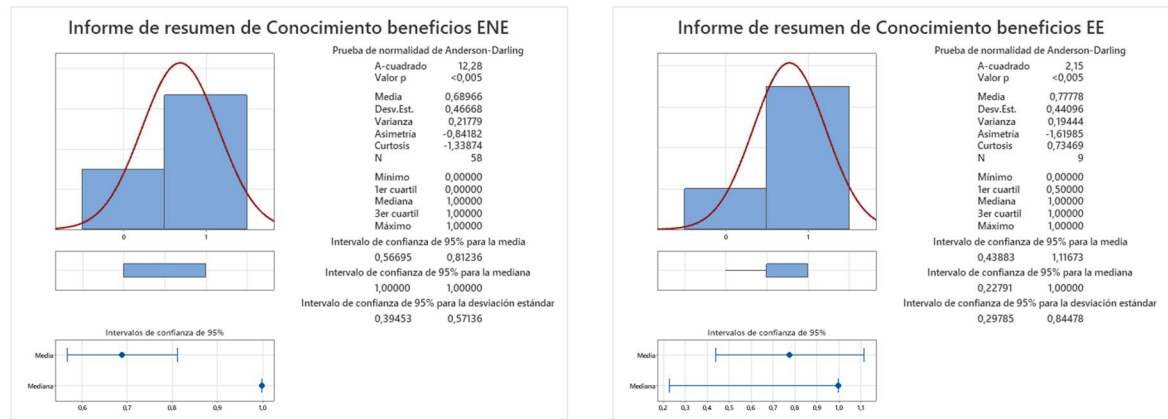
Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Para analizar el nivel de conocimiento que poseen tanto las empresas evaluadas como las no evaluadas sobre los beneficios que podría suponer la implementación de la evaluación CMMI-DEV en sus procesos, se encontraron resultados similares en ambos segmentos. De acuerdo con los datos recabados, la mediana obtenida fue de 1, lo que indica que ambos grupos de empresas tienen un conocimiento suficiente acerca de los beneficios que pueden obtener al someterse a la evaluación en este modelo. Además, la mayoría de las respuestas también confirmaron tener este conocimiento. Por lo tanto, se puede concluir que las ventajas del modelo CMMI-DEV son igualmente valoradas por

ambas categorías de empresas consultadas, sin presentar diferencias significativas (ver Figura No. 17).

Figura 17

Resumen estadístico del conocimiento de los beneficios previos de CMMI para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).

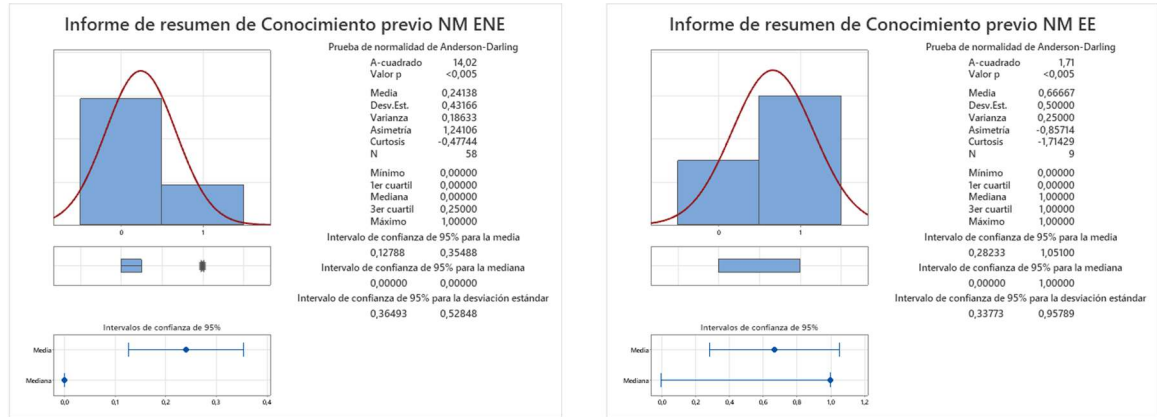


Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Otra de las variables para tener en cuenta en el presente análisis es el conocimiento previo del nivel de madurez. Para el caso de las empresas no evaluadas, se observa en la Figura No. 18 que la mayor cantidad de empresas contestan que no lo conocen, lo cual difiere de las empresas evaluadas en donde la mayor cantidad de empresas conocen su nivel de madurez previo. Es por ello por lo que se concluye que el conocimiento previo o no del nivel de madurez está directamente relacionado con el inicio de un proceso de preparación en búsqueda y logro de la evaluación en CMMI.

Figura 18

Resumen estadístico del conocimiento previo del nivel de madurez para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).



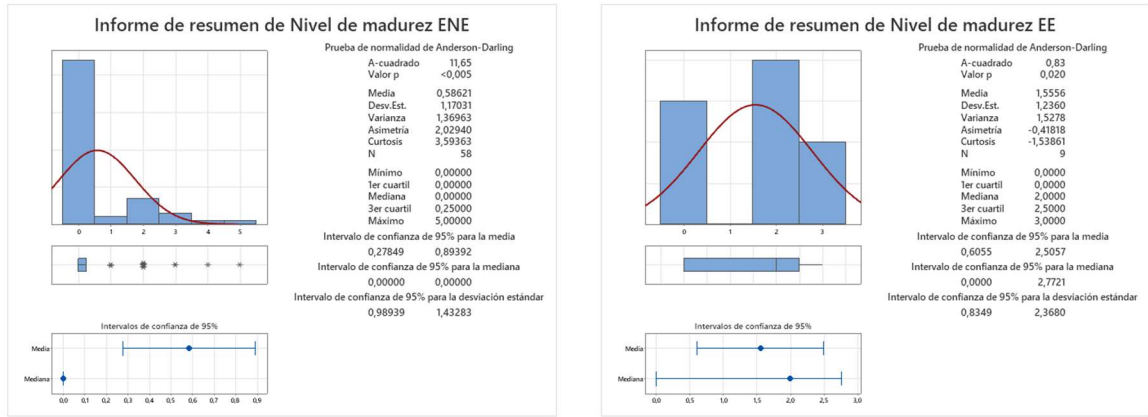
Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Continuando con el análisis del nivel de madurez, al examinar el nivel en el que se encuentran las empresas no evaluadas, se observa en la Figura No. 19 que la mayoría de estas empresas desconocen su nivel de madurez. Este resultado complementa la información presentada en la figura anterior. Para el caso de las empresas no evaluadas que respondieron que sí lo conocían, las respuestas más altas evidencian que estas se encuentran en un nivel 2 aunque la mediana sea igual a cero, dada la tendencia de dichas empresas de no conocer su nivel de madurez. Para el caso de las empresas evaluadas, aunque hay empresas que responden que no lo conocían, la mayor cantidad de respuestas indican que el nivel de madurez inicial de estas empresas se encuentra en nivel 2 y para estas empresas la mediana coincide con el mayor número de respuestas.

Lo anterior permite concluir que ambos tipos de empresas tienen un nivel considerado por (Morales-Fernández, Brito-Rojas, & Villaseñor Marcial, 2014) como un nivel básico de gestión de los procesos organizacionales, mas no estandarizado.

Figura 19

Resumen estadístico del nivel de madurez inicial para las empresas no evaluadas (ENE) y evaluadas (EE).



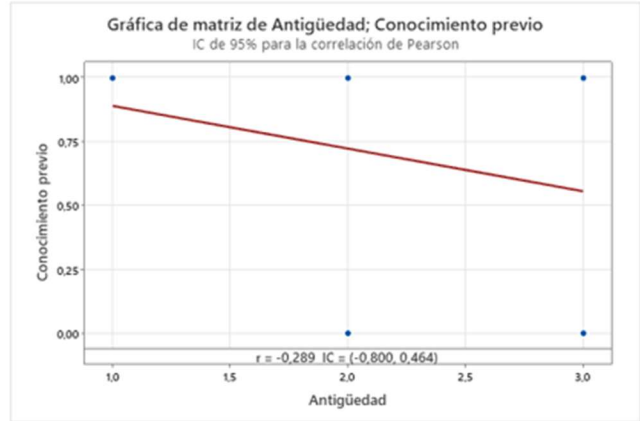
Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Tras el análisis general, se profundiza en los resultados obtenidos del instrumento aplicado específicamente para las empresas evaluadas en CMMI-DEV. Partiendo de la antigüedad de la empresa y correlacionarla con su conocimiento previo sobre CMMI antes de iniciar el proceso de evaluación en el modelo, se genera en la Figura No. 20 una asignación de valor basada en si las empresas indicaron tener o no conocimiento previo sobre CMMI, junto con el análisis estadístico por medio de correlación, el cual indica un valor p de 0.451 que, al ser mayor que el nivel de significancia del 5%, se confirma la hipótesis en la cual no hay una relación entre la antigüedad de las empresas evaluadas y el conocimiento previo del nivel de madurez.

Figura 20

Análisis correlacional entre la antigüedad y el conocimiento previo del modelo de las empresas evaluadas.

Conocimiento previo	Valor asignado
Sí	1
No	0



Correlaciones en parejas de Pearson

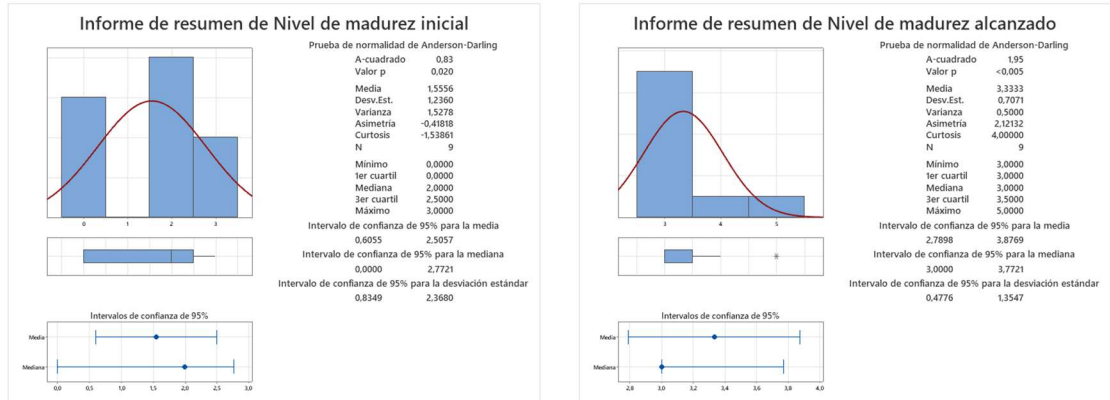
Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Conocimiento previo	Antigüedad	9	-0,289	(-0,800; 0,464)	0,451

Nota: Elaboración propia y reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

De igual forma, para las empresas evaluadas es relevante el análisis del nivel de madurez inicial y el nivel de madurez alcanzado, el cual refleja diferencias con la mediana del nivel de madurez inicial igual a 2 (nivel 2) y la mediana del nivel de madurez alcanzado igual a 3 (nivel 3), lo que confirma la tendencia al avanzar de nivel luego de un proceso de preparación que permite lograr la evaluación (Figura No. 21).

Figura 21

Análisis estadístico del nivel de madurez inicial y el nivel de madurez alcanzado en las empresas evaluadas.



Nota: Elaboración propia y reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al correlacionar el nivel de madurez alcanzado con la antigüedad de las empresas evaluadas, se genera la Figura No. 22, la cual entrega un valor de Chi cuadrado de Pearson de 4.629, lo que da un valor de p de 0.3275 para 4 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula, es decir no hay relación entre el nivel de madurez alcanzado y los años de creación de las empresas evaluadas.

Figura 22

Correlación del nivel de madurez alcanzado y la antigüedad en las empresas evaluadas.

		Filas: Nivel de madurez alcanzado			Columnas: Antigüedad
		Entre 3 a 5 años.	Entre 6 a 10 años.	Más de 10 años.	Todo
Nivel 3	2	1	4	7	
	1,5556	1,5556	3,8889		
	0,1270	0,1984	0,0032		
Nivel 4	0	1	0	1	
	0,2222	0,2222	0,5556		
	0,2222	2,7222	0,5556		
Nivel 5	0	0	1	1	
	0,2222	0,2222	0,5556		
	0,2222	0,2222	0,3556		
Todo	2	2	5	9	

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	4,629	4
Relación de verosimilitud	4,531	4

6 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
 La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
 9 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

De igual forma, al analizar la relación entre el nivel de madurez alcanzado y el tiempo de duración del proceso de evaluación de las empresas evaluadas, se genera la Figura No. 23, la cual presenta un valor de Chi cuadrado de Pearson de 4.629, lo que da un valor de p de 0.3275 para 4 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula, es decir no hay relación entre ambas variables.

Figura 23

Correlación del nivel de madurez alcanzado y el tiempo de duración del proceso de preparación en las empresas evaluadas.

Filas: Nivel de madurez alcanzado Columnas: Tiempo de duración

	Entre 7			Todo
	De 0 a 6 meses.	meses a un año.	Más de un año.	
Nivel 3	2 1,5556 0,1270	4 3,8889 0,0032	1 1,5556 0,1984	7
Nivel 4	0 0,2222 0,2222	0 0,5556 0,5556	1 0,2222 2,7222	1
Nivel 5	0 0,2222 0,2222	1 0,5556 0,3556	0 0,2222 0,2222	1
Todo	2	5	2	9

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	4,629	4
Relación de verosimilitud	4,531	4

6 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
 La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
 9 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

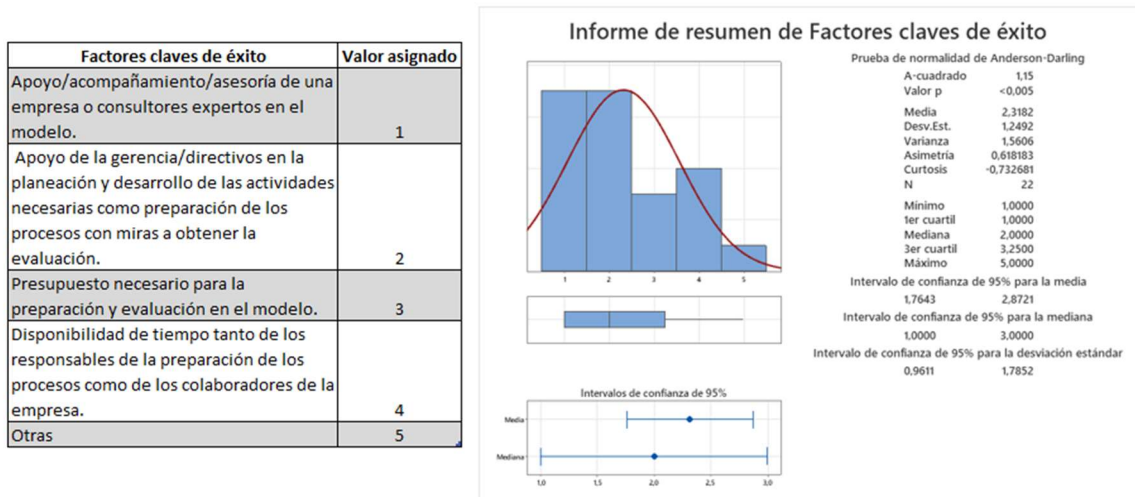
Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al continuar el análisis de los factores de éxito que las empresas evaluadas consideraron clave para obtener la evaluación en CMMI-DEV, se generó la Figura No. 24 con la asignación de valores correspondiente para las características relevantes que permitieron el logro de la evaluación, para su análisis estadístico evidenciando que como

parte del éxito en la consecución del modelo CMMI, las empresas consideran que el usar los servicios de un consultor que conozca y tenga experiencia en el modelo, así como el soporte brindado desde la gerencia o directivos de la empresa para poder dedicar tiempo, esfuerzo y recursos necesarios durante el proceso de evaluación, tienen la misma importancia y peso como factores claves identificados por las empresas como factores claves de éxito en la obtención de la evaluación.

Figura 24

Valor asignado y resumen estadístico de los factores claves para la evaluación de las empresas en CMMI-DEV.



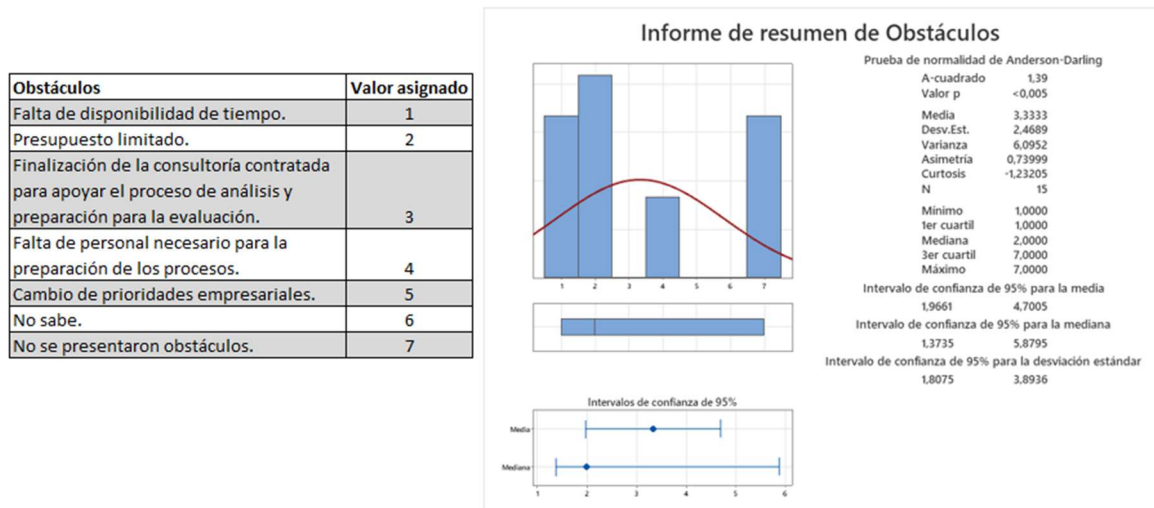
Nota: Elaboración propia y reporte del Software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

De manera similar, se analizan los obstáculos presentados durante el proceso de evaluación en el modelo, presentando la asignación de valor y su análisis estadístico que demuestra que las empresas evaluadas se vieron enfrentadas dentro del proceso de evaluación a un factor principal como lo es el presupuesto limitado. También se resalta la falta de disponibilidad de tiempo de las personas encargadas del proceso de evaluación,

y, en igual proporción, se encuentra que haya empresas que informan que no se presentaron obstáculos, lo cual es un logro positivo para estas empresas que refleja una mejora continua y un seguimiento con miras al logro de la evaluación sin contratiempos significativos (ver Figura No. 25).

Figura 25

Valor asignado y resumen estadístico de los factores claves para la evaluación de las empresas en CMMI-DEV.



Nota: Elaboración propia y reporte del Software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al recopilar y revisar las respuestas del instrumento de las empresas no evaluadas, se investigó su interés en la implementación del modelo en el futuro. Para elaborar un informe resumen sobre este interés en la evaluación, se asignaron valores como se muestra en la Tabla No. 13.

Tabla 13

Valores asignados al interés de iniciar el proceso para conseguir la evaluación en CMMI.

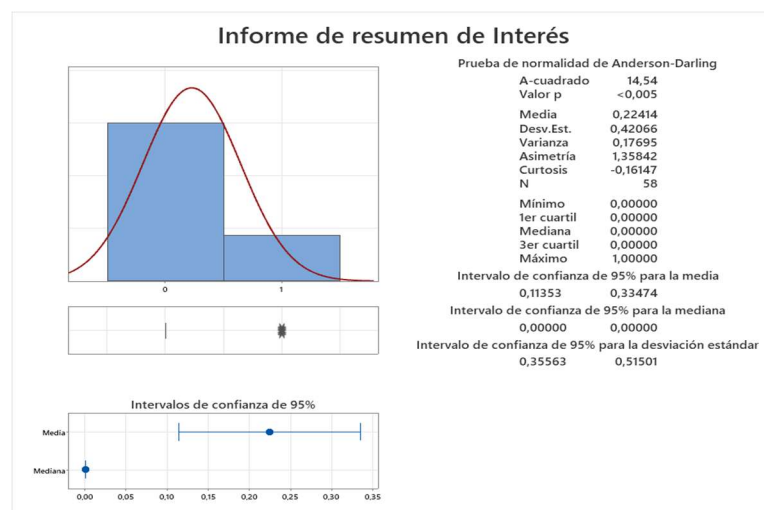
Interés	Valor asignado
Sí	1
No	0

Nota: Elaboración propia (2024).

Con base en esa asignación, se ingresaron los datos correspondientes a cada respuesta de las empresas en el software Minitab, utilizando la pregunta ¿Tiene contemplado iniciar el proceso que permita lograr la evaluación del modelo CMMI, en un futuro cercano? En la Figura No. 26 se presenta el informe sobre el interés de cada uno de los empresarios generado por el software. Con este reporte, se evidencia que el 72.41% de los empresarios encuestados mostraron poco interés en iniciar una evaluación en el modelo, lo que demuestra el nivel de interés de las medianas empresas de Tecnología en Bogotá.

Figura 26

Análisis del interés de las empresas no evaluadas en la implementación del modelo.



Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Análisis de las hipótesis

Entre las hipótesis planteadas para la presente investigación, se encuentran las siguientes:

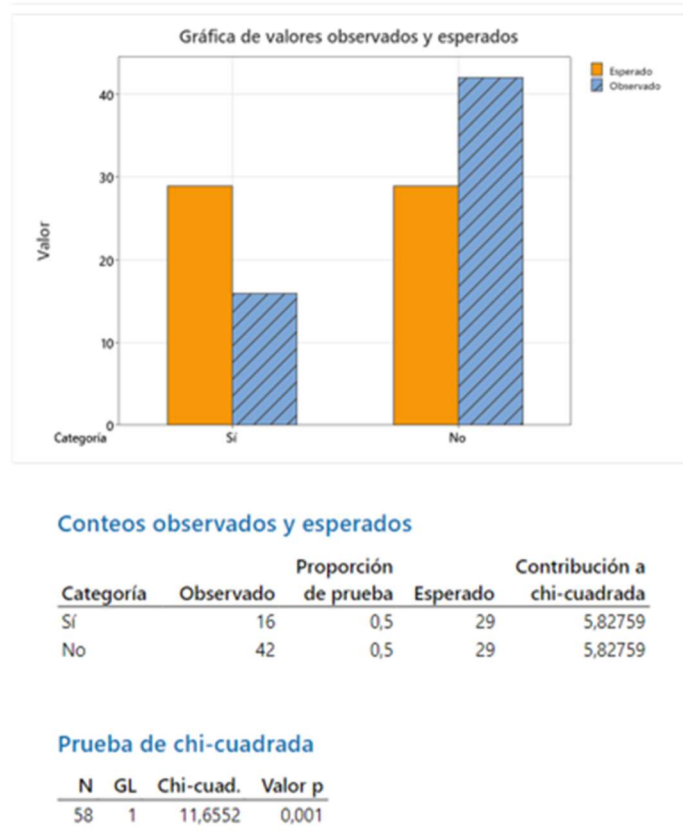
Hipótesis 1: Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá demuestran bajo interés en obtener la evaluación en CMMI-DEV.

- Ho (nula): Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá demuestran un alto interés en la obtención de la evaluación.
- Ha (alternativa): Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá demuestran un bajo interés en la obtención de la evaluación.

Para validar esta hipótesis, se analiza la pregunta formulada en el instrumento aplicado a las empresas medianas de Tecnología que aún no han sido evaluadas en el modelo CMMI-DEV: ¿Tiene contemplado iniciar el proceso que permita lograr la evaluación del modelo CMMI, en un futuro cercano? En la Figura No. 27 se muestra el gráfico de los valores observados y esperados, donde se presentan las respuestas obtenidas de las empresas encuestadas.

Figura 27

Gráfica de valores observados y esperados del interés de iniciar el proceso de evaluación CMMI-DEV



Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Realizando el análisis de conteos observados, se determina que 16 empresas están dispuestas a iniciar el proceso para obtener la evaluación, mientras que 42 empresas, equivalente al 72.41% de las encuestadas, no muestran interés. Al calcular el valor del estadístico Chi-cuadrado de Pearson, se obtiene 11.65, lo que corresponde a un valor de p de 0.001 para 1 grado de libertad. Dado que el valor de p es menor que el nivel de significancia de 0.05 (5%), se rechaza la hipótesis nula.

Dado el bajo interés evidenciado, se busca obtener una correlación entre la antigüedad de las empresas y su respuesta a la pregunta anterior. En la Figura No. 28 se lleva a cabo una prueba de chi-cuadrado para evaluar la asociación entre el interés mostrado por las empresas y su antigüedad.

Figura 28

Análisis Chi Cuadrado para la relación entre el interés de iniciar el proceso y la antigüedad de las empresas no evaluadas.

Filas: Interés de iniciar Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	0 a 2 años	3 a 5 años	6 a 10 años	Más de 10 años	Todo
Si	1 1,931 0,4489	2 2,483 0,0939	3 4,966 0,7780	10 6,621 1,7249	16
No	6 5,069 0,1710	7 6,517 0,0358	15 13,034 0,2964	14 17,379 0,6571	42
Todo	7	9	18	24	58

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	4,206	3	0,240
Relación de verosimilitud	4,226	3	0,238

3 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al analizar la relación entre estas dos variables, se obtiene un estadístico Chi-cuadrado de Pearson de 4.206, con un valor de p de 0.240 para 3 grados de libertad. Dado que el valor de p es mayor que el nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula. Esto sugiere que no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una asociación significativa entre la antigüedad de las empresas y su interés en iniciar el proceso para obtener la evaluación en CMMI-DEV.

Basado en los resultados del análisis, se puede concluir que en las empresas que considerarían iniciar en un futuro próximo el proceso para obtener la evaluación, existe una tendencia hacia una mayor antigüedad y madurez. Esto se evidencia por la contribución al estadístico Chi-cuadrado de 1.7249 por parte de la variable de antigüedad de las empresas.

Hipótesis 2: Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá que cuentan con apoyo de consultores expertos para la revisión de sus procesos organizacionales tienen un alto porcentaje de probabilidad en obtener la evaluación CMMI-DEV.

- Ho (nula): No hay relación entre el apoyo de consultores externos y la obtención de la evaluación en CMMI.
- Ha (alternativa): Sí hay relación entre el apoyo de consultores externos y la obtención de la evaluación en CMMI.

La información recopilada mediante el instrumento aplicado a las empresas evaluadas permite analizar la eficacia del apoyo de consultores expertos en la adaptación de los procesos y la obtención exitosa de la evaluación. El factor más relevante es la segmentación del tipo de apoyo o acompañamiento recibido por las empresas durante su proceso de preparación de los procesos, los cuales se dividen en tres categorías:

- Consultor externo perteneciente a una empresa asesora.
- Consultor interno que labora en la empresa que logró la evaluación.
- No se contó con asesores externos o internos.

Para validar la presente hipótesis, se agrupan los resultados correspondientes a las dos primeras opciones, dado que las mismas corresponden a consultores expertos en el modelo, ya sean internos o externos a la empresa. De esta manera, los resultados de enfocan hacia los consultores expertos objeto de análisis.

A partir de los datos recopilados sobre el tipo de acompañamiento de las empresas, se analizan varias correlaciones para robustecer la confirmación o rechazo de la hipótesis. Por ello, realizando un análisis bivariado que permite validar si existen diferencias significativas entre el tipo de acompañamiento y los diferentes niveles de madurez alcanzados por las empresas al final de su proceso de evaluación se realiza un análisis Chi Cuadrado en la Figura No. 29:

Figura 29

Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y el nivel de madurez alcanzado por las empresas evaluadas.

Filas: Tipo de acompañamiento Columnas: Nivel de madurez alcanzado				
	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Todo
Consultor externo/interno	6	1	1	8
	6,2222	0,8889	0,8889	
	0,00794	0,01389	0,01389	
No hubo	1	0	0	1
	0,7778	0,1111	0,1111	
	0,06349	0,11111	0,11111	
Todo	7	1	1	9

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada	
	Chi-cuadrada GL
Pearson	0,321 2
Relación de verosimilitud	0,537 2

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Con el análisis del tipo de acompañamiento y el nivel de madurez alcanzado se puede observar un valor de Chi cuadrado de Pearson de 0.321, lo que da un valor de p de

0.852 para 2 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula, es decir que no hay relación entre el apoyo de consultores expertos y el nivel de madurez alcanzado (como factor para la obtención de la evaluación en CMMI).

Otra relación a tener en cuenta se da entre el tipo de acompañamiento recibido por las empresas evaluadas y su relación con el tiempo de duración en su preparación para la evaluación de las empresas evaluadas, la cual se presenta en la Figura No. 30.

Figura 30

Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y el tiempo de duración del proceso de preparación de las empresas evaluadas.

Filas: Tipo de acompañamiento		Columnas: Tiempo de duración del proceso			
	De 0 a 6 meses	7 meses a un año	Más de un año	Todo	
Consultor externo	2	4	2	8	
	1,7778	4,4444	1,7778		
	0,02778	0,04444	0,02778		
Consultor interno/no hubo	0	1	0	1	
	0,2222	0,5556	0,2222		
	0,22222	0,35556	0,22222		
Todo	2	5	2	9	
<i>Contenido de la celda</i>					
<i>Conteo</i>					
<i>Conteo esperado</i>					
<i>Contribución a Chi-cuadrada</i>					
Prueba de chi-cuadrada					
	Chi-cuadrada	GL			
	Pearson 0,900	2			
	Relación de verosimilitud 1,275	2			

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

En el análisis bivariado entre el tipo de acompañamiento y el tiempo de duración del proceso de evaluación se evidencia un Chi cuadrado de Pearson de 0,9, lo que da un valor de p de 0.637 para 2 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), al igual que la correlación entre el tipo de acompañamiento y el nivel de madurez alcanzado, se concluye que no hay relación entre el apoyo de consultores expertos y el tiempo de duración del proceso de evaluación (como factor para la obtención de la evaluación en CMMI).

La siguiente correlación relevante se registra entre el tipo de acompañamiento recibido por las empresas evaluadas y los factores claves de éxito en su preparación para la evaluación de las empresas evaluadas, la cual se presenta en la Figura No. 31:

Figura 31

Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y los factores claves de éxito de las empresas evaluadas.

	Consultor		Todo
	externo/interno	No hubo	
Apoyo de consultor experto	7 6,3636 0,0636	0 0,6364	7
Apoyo de gerencia/directivos	6 6,3636 0,0208	1 0,6364 0,2078	7
Presupuesto necesario	3 2,7273 0,0273	0 0,2727	3
Disponibilidad de tiempo	4 3,6364 0,0364	0 0,3636	4
Otras	0 0,9091 0,9091	1 0,0909 9,0909	1
Todo	20	2	22

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	11,629	4
Relación de verosimilitud	7,662	4

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al revisar la relación entre el tipo de acompañamiento y los factores claves de éxito indicados por las empresas evaluadas, se genera como resultado un Chi cuadrado de Pearson de 11.629, lo que da un valor de p de 0.0203 para 4 grados de libertad. Como el valor de p es menor al nivel de significancia de 0.05 (5%), a diferencia de las anteriores correlaciones analizadas para la hipótesis 1, para esta relación en particular se concluye que sí hay relación entre el apoyo de consultores expertos y los factores claves de éxito considerados por las empresas evaluadas (como factor para la obtención de la evaluación en CMMI).

Por último, se analiza la relación entre el tipo de acompañamiento recibido por las empresas evaluadas y las lecciones aprendidas que destacan dichas empresas (Figura No. 32):

Figura 32

Análisis Chi Cuadrado para la relación del tipo de acompañamiento recibido y lecciones aprendidas de las empresas evaluadas.

	Filas: Lecciones aprendidas Columnas: Tipo de acompañamiento		
	Consultor externo/interno	No hubo	Todo
Importancia del apoyo de un con	5 4,4444 0,0694	0 0,5556 0,5556	5
Contemplar la preparación como	1 1,7778 0,3403	1 0,2222 2,7222	2
La obtención de la evaluación i	1 0,8889 0,0139	0 0,1111 0,1111	1
Todas las anteriores	1 0,8889 0,0139	0 0,1111 0,1111	1
Todo	8	1	9
<i>Contenido de la celda</i>			
<i>Conteo</i>			
<i>Conteo esperado</i>			
<i>Contribución a Chi-cuadrada</i>			
Prueba de chi-cuadrada			
	Chi-cuadrada	GL	
	Pearson 3,938	3	
	Relación de verosimilitud 3,506	3	

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

El Chi cuadrado de Pearson para la relación entre el tipo de acompañamiento y las lecciones aprendidas durante el proceso de evaluación es de 3.938, lo que da un valor de p de 0.26 para 3 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), se concluye que no hay relación entre el apoyo de consultores expertos y las lecciones aprendidas seleccionadas en sus respuestas por las empresas evaluadas (como factor para la obtención de la evaluación en CMMI).

Hipótesis 3: Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá que no disponen de tiempo para la revisión y ajustes de sus procesos organizacionales cuentan con un alto porcentaje de probabilidad de no obtener la evaluación CMMI-DEV.

- Ho (nula): No hay relación entre el tiempo asignado a los procesos organizacionales y la obtención de la evaluación en CMMI.
- Ha (alternativa): Sí hay relación entre el tiempo asignado a los procesos organizacionales y la obtención de la evaluación en CMMI.

Para analizar la tercera hipótesis, se llevó a cabo una prueba de chi-cuadrado para determinar la asociación entre los intentos de implementación del modelo CMMI y las razones de no haberlo intentado o los obstáculos encontrados durante el proceso de implementación, este se presenta en la Figura No. 33. Para las empresas que declararon no haber intentado la implementación, se les preguntó por las razones de no haber avanzado en el proceso de evaluación en CMMI. Entre las respuestas más comunes se encontraban la falta de presupuesto y la falta de interés. Por otro lado, para las empresas que sí habían intentado la implementación, se les preguntó por los obstáculos encontrados, siendo la falta de presupuesto y cambios en las prioridades empresariales las respuestas más seleccionadas.

Figura 33

Análisis Chi Cuadrado para la relación entre las razones y obstáculos presentados en el proceso de la implementación y los intentos de implementación del modelo CMMI en las empresas no evaluadas.

		Filas: Se intentó la implementación Columnas: Razón u obstáculo					
		Desconocimiento del proceso	Desconocimiento existencia expe	Falta de presupuesto	Falta de tiempo	No esta interesado	Otro (La consultoria contratada)
Nunca		0	2	14	7	13	0
		1,552	1,552	13,966	6,207	10,086	0,776
		1,5517	0,1295	0,0001	0,1013	0,8418	0,7759
Una vez		2	0	4	1	0	1
		0,448	0,448	4,034	1,793	2,914	0,224
		5,3714	0,4483	0,0003	0,3508	2,9138	2,6857
Todo		2	2	18	8	13	1

		Otro (Tiempo y Presupuesto)	Prioridades empresariales	Todo
Nunca		2	7	45
		2,328	8,534	
		0,0461	0,2759	
Una vez		1	4	13
		0,672	2,466	
		0,1596	0,9550	
Todo		3	11	58

		Chi-cuadrada	GL
		Pearson 16,607	7
		Relación de verosimilitud 18,386	7

5 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
 La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
 12 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

Al examinar la relación entre los intentos de implementación y la falta de tiempo, se observa que la contribución al estadístico chi-cuadrado de esta razón es de 0.1013, con un valor de p de 0.99 para 3 grados de libertad. Dado que el valor de p es mayor que el nivel de significancia de 0.05 (5%), se concluye que no existe una relación significativa entre la falta de tiempo y la obtención del modelo CMMI-DEV. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis contemplada.

Hipótesis 4: Las medianas empresas de Tecnología en Bogotá se dedican a preparar sus procesos organizacionales hasta alcanzar un nivel de madurez 3 (definido) según el modelo CMMI-DEV, con el objetivo de obtener rápidamente esta evaluación.

- Ho (nula): No hay relación entre el nivel de madurez alcanzado y la obtención rápida de la evaluación en CMMI.
- Ha (alternativa): Sí hay relación entre el nivel de madurez alcanzado y la obtención de la evaluación en CMMI en un nivel 3.

Para analizar esta hipótesis, se correlacionan las razones por las cuales las empresas eligen el nivel de madurez alcanzado, se obtienen en la Figura No. 34 mayores valores esperados en las razones que aceptan la sugerencia del consultor/equipo experto en el modelo y la decisión de la empresa en la elección del nivel de madurez.

Figura 34

Correlación entre el nivel de madurez alcanzado y las razones por las cuales las empresas evaluadas eligieron ese nivel de madurez.

Filas: Razones Columnas: Nivel de madurez alcanzado

	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Todo
L	1 0,7778 0,0635	0 0,1111 0,1111	0 0,1111 0,1111	1
E	2 1,5556 0,1270	0 0,2222 0,2222	0 0,2222 0,2222	2
S	2 2,3333 0,0476	1 0,3333 1,3333	0 0,3333 0,3333	3
D	2 2,3333 0,0476	0 0,3333 0,3333	1 0,3333 1,3333	3
Todo	7	1	1	9

Razones
 L: La empresa ya se encontraba en el nivel deseado
 E: El tiempo necesario para llegar al nivel de madurez deseado era corto
 S: Sugerencia del consultor/equipo experto en el modelo.
 D: Decisión interna de la empresa

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	4,286	6
Relación de verosimilitud	4,669	6

Nota: Elaboración propia y reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

En la anterior figura, el Chi cuadrado de Pearson para la relación entre las razones y el alcanzado es de 4.286, lo que da un valor de p de 0.638 para 6 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay relación entre las razones por las cuales se elige el nivel de madurez deseado con el nivel de madurez alcanzado real.

Continuando con la validación de la hipótesis, se correlaciona el nivel de madurez inicial y el nivel alcanzado, para ver cuáles de las empresas lograron el nivel 3. Es por ello por lo que se realiza un análisis de Chi Cuadrado, donde los resultados se presentan en la Figura No. 35:

Figura 35

Análisis Chi Cuadrado para la relación entre el nivel de madurez inicial y el alcanzado por las empresas evaluadas.

Filas: Nivel de madurez inicial		Columnas: Nivel de madurez alcanzado			
		Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Todo
No sabe	3	0	0	3	
	2,3333	0,3333	0,3333		
	0,1905	0,3333	0,3333		
Nivel 2	3	0	1	4	
	3,1111	0,4444	0,4444		
	0,0040	0,4444	0,6944		
Nivel 3	1	1	0	2	
	1,5556	0,2222	0,2222		
	0,1984	2,7222	0,2222		
Todo	7	1	1	9	

Contenido de la celda
 Cuento
 Cuento esperado
 Contribución a Chi-cuadrada

Prueba de chi-cuadrada	
	Chi-cuadrada GL
Pearson	5,143 4
Relación de verosimilitud	5,036 4

Nota: Reporte del software Minitab con la información recolectada en el instrumento aplicado (2024).

El Chi cuadrado de Pearson para la relación entre el nivel de madurez inicial y el alcanzado es de 5.143, lo que da un valor de p de 0.2729 para 4 grados de libertad. Como el valor de p es mayor al nivel de significancia de 0.05 (5%), no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay relación entre el nivel de madurez inicial y el nivel de madurez alcanzado. Para este resultado se considera que se requieren mayores datos para la validación de la hipótesis 4, ya que se puede observar con los datos obtenidos, lo siguiente:

- De las 4 empresas con nivel de madurez inicial igual a 2, 3 de ellas (75%) obtuvieron la evaluación CMMI en nivel 3, es decir, subieron al siguiente nivel. Esto soporta la hipótesis de obtener la evaluación en el nivel 3 por ser un nivel cercano y más fácil de llegar a él estando inicialmente en nivel 2. De igual forma, sólo 1 de las 4 empresas (25%) obtuvo la evaluación CMMI en nivel 5, es decir subió 3 niveles.
- Por otro lado, de las 2 empresas con nivel de madurez inicial igual a 3, 1 de ellas (50%) obtuvo la evaluación CMMI en nivel 3, es decir, mantuvieron el nivel inicial. Esto reafirma la hipótesis de obtener la evaluación en el nivel 3 al ya contar con dicho nivel en el análisis preliminar de sus procesos, en cambio, la otra empresa (50%) obtuvo la evaluación CMMI en nivel 4, es decir subió 1 nivel.
- De las 3 empresas que desconocían el nivel de madurez inicial de sus procesos, el 100% de ellas obtuvieron la evaluación CMMI en nivel 3. Nuevamente se refuerza la hipótesis de obtener la evaluación en el nivel 3 como nivel preferido por las empresas al momento de adaptar sus procesos a dicho nivel.

Factores de éxito y fracaso

A partir de la información obtenida en el procesamiento de los datos y en la revisión de literatura realizada, en la Figura 36 se presentan los factores claves de éxito y fracaso identificados en las medianas empresas de tecnología en Bogotá, para lograr la evaluación en CMMI-DEV.

Figura 36

Factores claves de éxito y fracaso en las medianas empresas de TI en Bogotá.



Nota: Elaboración propia (2024) basada en el análisis de resultados de los instrumentos aplicados

Como principales factores claves de éxito se tienen los siguientes:

- Apoyo/acompañamiento/asesoría de una empresa de consultores expertos en el modelo: Para garantizar en gran medida el logro de la evaluación en su primer intento y evitar costos adicionales no presupuestados debido a reprocesos o

desconocimiento propio de los requisitos que se requieren para cumplir con la obtención de la evaluación en CMMI-DEV, se aprovecha el conocimiento y la experiencia de consultores expertos en CMMI para la guía en el proceso de preparación que sea eficiente y que permita el cumplimiento y seguimiento de los procesos que deben ser mejorados para su apropiación dentro de la empresa y los involucrados.

- Apoyo de la gerencia/directivos en la planeación y desarrollo de las actividades: El interés y compromiso de la gerencia en facilitar los recursos necesarios para el desarrollo de la preparación de los procesos de la empresa con miras a lograr la evaluación, es manifestado por los encuestados como de vital importancia para poder llevar a cabo sin contratiempos la mejora de los procesos; de igual forma, la mitigación de los riesgos presentados en cualquier etapa del proyecto se puede realizar teniendo el apoyo y el seguimiento de la alta dirección en cualquier necesidad o escalamiento que surja antes y durante el proceso de preparación de la evaluación.

Dentro de los principales factores de fracaso u obstáculos identificados por las empresas evaluadas se tienen los siguientes:

- Falta de tiempo: Los empleados de la organización tienen definida su programación diaria de actividades para labores relacionadas con la operatividad diaria de la organización. Es por ello que no es tan fácil destinar tiempo para actividades adicionales sin poner en riesgo la productividad y los compromisos con proveedores, clientes internos y externos de la empresa.
- Presupuesto: Dentro del plan estratégico de las empresas de TI no se contempla un presupuesto específico para el desarrollo de planes de evaluación en

modelos como CMMI, lo que impide posteriormente establecer un rubro destinado a este objetivo sin haber sido contemplado inicialmente en el PE.

Nivel de madurez y grado de interés

Los resultados de la aplicación del instrumento permiten concluir que, en general, las empresas evaluadas en CMMI-DEV alcanzan un nivel de madurez 3 - Definido. Este nivel proporciona a la empresa una estructura sólida para sus procesos y la obtención de esta evaluación se logra cumpliendo con los requisitos básicos necesarios para el modelo, lo que indica un progreso significativo en su camino hacia la mejora continua.

El interés de las empresas no evaluadas en iniciar un proceso de preparación e implementación del modelo CMMI-DEV es bajo. Al analizar las respuestas de estas empresas, se encuentran razones similares a las que causaron fracasos u obstáculos en las empresas que sí lograron la evaluación. Entre las razones principales se encuentran:

Falta de tiempo: La gestión de los procesos para la mejora continua exigida por la evaluación requiere tiempo que por lo general no se tiene contemplado en las actividades diarias de las personas involucradas. Este tipo de evaluaciones demanda una preparación que incluye la revisión y el análisis de los procesos actuales de la empresa. Además, se necesita tiempo por parte de los empleados para mejorar los procesos existentes y capacitarlos para los cambios requeridos. Es importante que la empresa cuente con personal que conozca cada proceso interno y que pueda trabajar en conjunto con el equipo consultor.

Presupuesto: Muchas empresas no cuentan con el presupuesto necesario para realizar un proceso de esta naturaleza, ya que no es común que tengan una fuente de financiamiento específica para evaluaciones de este tipo.

Prioridades empresariales: Algunas empresas tienen otras prioridades enfocadas en el crecimiento de las ventas, reducción de costos y no contemplan un proceso de evaluación en este modelo.

Propuesta de solución a la problemática

Situación actual

Como elementos importantes encontrados que definen la situación actual de las empresas evaluadas, se pueden detallar los siguientes:

- La antigüedad de las empresas evaluadas es una muestra del interés de estas en lograr la evaluación en CMMI, ya que ninguna empresa en el rango de 0 a 2 años ha obtenido dicha evaluación.
- No todas las empresas evaluadas conocen el nivel de madurez inicial de los procesos que CMMI evalúa. Esto indica que, aunque puedan iniciar un proceso de evaluación con apoyo de expertos ya sea internos o externos, existe un porcentaje del 33% de ellas que desconoce el nivel de madurez inicial.
- Al finalizar la evaluación en CMMI-DEV, el 78% de las empresas evaluadas alcanzaron un nivel de madurez igual a 3 – Definido.
- El tiempo promedio de duración de una empresa en lograr la evaluación en CMMI es de 7 meses a un año.
- No todas las empresas conocían los beneficios esperados si se obtenía la evaluación, pero posterior al logro de esta, el total de ellas reconocen un impacto positivo en sus procesos, destacándose el aumento de la calidad de los productos o servicios y la mejora en la eficiencia y productividad de los procesos de la empresa.
- El apoyo de consultores expertos en el modelo, así como el de la gerencia/directivos de la empresa son considerados factores fundamentales para el desarrollo del proceso de evaluación.

- Las empresas evaluadas identifican la limitación del presupuesto limitado es un como el mayor obstáculo presentado en el transcurso de la preparación de los procesos para la obtención de la evaluación en el modelo.
- La mayoría de las empresas plantean re-evaluarse al fin de la vigencia de la evaluación actual. La única empresa que con contempla la re-evaluación es porque el nivel de madurez alcanzado es 4 y no considera necesaria adelantar nuevamente el proceso.
- El total de las empresas evaluadas recomiendan que otras empresas se evalúen en CMMI.

Para la situación actual de las empresas no evaluadas, se pueden detallar los siguientes casos:

- Se pudo observar que la meta establecida de las empresas con edades entre los 0 a 2 años, es fortalecer la estructura organizacional de la misma, haciendo captación de clientes potenciales y creación de bases fuertes con objetivos claros; unido a esto, se puede determinar que su principal objetivo no es conseguir la evaluación en un modelo como CMMI. En cambio, las empresas con más de 6 años, si consideran trabajar en un futuro próximo, la implementación del modelo.
- El 69% de las empresas no evaluadas conocen los principales beneficios que puede traer la implementación del modelo a la empresa, pero aun así tan sólo el 24% de esas empresas han intentado implementarlo.
- El principal beneficio que se puede obtener de la implementación del modelo CMMI-DEV, según las empresas encuestadas, es el “aumento de la calidad de los productos o servicios”.

- La mayoría de las empresas encuestadas que nunca han intentado implementar la evaluación, consideran que no están interesadas en obtener la evaluación, la segunda con mayor elección es la falta de presupuesto.
- Los obstáculos que más se presentaron en las empresas que han intentado conseguir la evaluación, son la falta de presupuesto y el cambio de prioridades empresariales.
- Muy pocas empresas conocen su nivel actual de madurez y la mayoría de estas determinan que se encuentran en niveles básicos de la madurez.
- De las empresas no evaluadas, la mayoría se encuentran seguras de no desear iniciar el proceso de evaluación en un futuro próximo. Algunas de las razones son falta de presupuesto, tener otras prioridades empresariales, estar interesados en otro tipo de certificaciones, considerar que no es la evaluación adecuada para el tipo de empresa.
- Entre los comentarios/sugerencias que hicieron las empresas se encuentran:
 - CMMI debería ser más sencillo de implementar.
 - CMMI es un estándar genérico más no especializado.
 - El apoyo de empresas expertas en CMMI ayudará a conseguir la evaluación.
 - El costo es muy alto y se pueden conseguir mejores evaluaciones por menor precio.
 - El proceso es costoso implica pago a consultores que apoyen la evaluación.
 - Es un modelo que a pesar de ser dispendioso organiza los procesos de la empresa.

- Existen otros estándares apropiados para los objetivos de la empresa como ITIL, ISO 27000.
- El modelo CMMI se considera alejado del agilismo (unidades productivas pequeñas), poco flexible y encarece el desarrollo.

Oportunidades

Dentro de las preguntas abiertas realizadas a las empresas evaluadas y no evaluadas, se identificó la siguiente oportunidad que puede ser aplicada dentro de la propuesta de solución:

- Existen otros modelos que las empresas están teniendo en cuenta para evaluarse en vez de CMMI. El auge de las metodologías ágiles y de la existencia de estándares tales como ISO hacen que CMMI no se encuentre dentro de los principales objetivos de las empresas, ya sea por costos o por el tiempo que involucra una evaluación de este tipo.
- Algunas empresas consideran que CMMI es un estándar muy amplio y poco especializado. Se puede explorar la posibilidad de realizar una adaptación del modelo para que sea más específica para las necesidades de las empresas de tecnología podría traer como resultado aumentar su atractivo.

Propuesta de solución

A partir de la información obtenida en las medianas empresas de Tecnología en Bogotá y los principales referentes teóricos tales como (Barreto & Corredor, 2019), (Hurtado, Peña, & Qusipe, 2017), (Merchán, Villa, & Sánchez, 2017), (Morales-Fernández, Brito-Rojas, & Villaseñor Marcial, 2014), se procede a establecer las características del modelo que deben ser consideradas por las empresas no evaluadas para que puedan lograr la evaluación en el modelo CMMI. Lo anterior, basado en la experiencia y el camino

adelantado por las empresas evaluadas, así como los intereses e información obtenida por las empresas que no se han evaluado aún en el modelo. Estas características, se enmarcan en los siguientes dos pasos:

Paso 1: Elementos a tener en cuenta por las medianas empresas de Tecnología de Bogotá.

- Asegurar a través de una revisión de los objetivos estratégicos y del plan estratégico (si lo hubiera), que los mismos se encuentren enfocados en procesos, el crecimiento, en la empresa y en el cliente final.
- Realizar un análisis inicial ayuda a encaminar un proyecto de evaluación, conocer el punto de partida y el estado inicial de los procesos que evalúa CMMI, y así establecer metas claras, alcance, tiempos estimados y expectativas reales de lo que se puede lograr posterior a la obtención del modelo, cuantificar los beneficios esperados y medir los beneficios reales, tal y como si fuera un proyecto tecnológico.
- Dentro del proyecto, se contempla la identificación y monitoreo de los posibles riesgos que puedan surgir durante el proceso, con el objetivo de aplicarles el tratamiento correspondiente, ya sea mitigarlos, evitarlos o transferirlos.
- El uso de indicadores y métricas que permitan hacer seguimiento y control a los avances e información gestionada dentro del proceso de evaluación.
- Hacer uso de prácticas ágiles que permitan la constante evolución y seguimiento al proyecto de evaluación en CMMI, facilitando el desarrollo del proceso y la aplicación de las mejoras a los procesos de manera más rápida y eficiente.
- A la par del proceso de evaluación, es relevante realizar una adecuada gestión del conocimiento, para evitar la resistencia al cambio de las personas involucradas en los ajustes a los procesos que implican la mejora de CMMI en las empresas.
- Realizar un estudio que permita determinar el tipo de apoyo que tendrá la empresa durante el proceso de evaluación debido a que existe una relación entre el apoyo

de consultores expertos y los factores claves de éxito, por lo que es vital contar con el respaldo de una empresa asesora que facilite los servicios de un consultor experto en el modelo, con experiencia en el acompañamiento a empresas en el proceso de evaluación en CMMI.

- Involucrar a la gerencia y los directivos desde las etapas iniciales del proceso de evaluación en CMMI es clave, ya que dicho proceso debe estar alineado a los objetivos estratégicos de la empresa, por lo que la cadena de mando, escalamientos y resolución de obstáculos debe contar con el apoyo de los gerentes y líderes de área, destinando los recursos económicos, materiales y humanos, así como los tiempos destinados para lograr los resultados, de tal forma que se pueda solventar una probable no disponibilidad de tiempo de los recursos necesarios para llevar el proceso de evaluación.
- Contar con la disponibilidad de tiempo necesaria para poder implementar los ajustes a los procesos con miras a obtener la evaluación de manera exitosa. Se puede determinar que este tiempo oscila entre los 7 meses y el año.
- Como recomendación que hacen las empresas evaluadas a las no evaluadas para involucrarse en un proceso de evaluación CMMI, dentro de las palabras más mencionadas en las respuestas se encuentran Empresa, Procesos y Estándar. Dichas palabras describen la razón de ser de un modelo como lo es CMMI, dado que establece un estándar para organizar los procesos de la empresa y CMMI trae beneficios ya contemplados dentro del presente documento. Es por ello por lo que, de manera transversal, el proceso de implementación del modelo debe ceñirse a la búsqueda de eficiencia de los procesos a partir de las recomendaciones que el modelo CMMI brinda.

Paso 2: Elementos a tener en cuenta por las entidades de apoyo.

- Las empresas asesoras en el modelo CMMI-DEV deben fortalecer sus procesos de acompañamiento para evitar intentos fallidos de evaluación de las empresas, con los costos y pérdidas de tiempo que eso implica.
- A través del MinTiC, de Isaca Colombia, y del CMMI Institute se debe liderar un proyecto desde el punto de vista de la sensibilización a las empresas de Tecnología en el modelo CMMI, sus beneficios y las actividades que se deben llevar a cabo para un proceso exitoso. Es importante que esta socialización no sólo aplique para las empresas con antigüedad mayor a 10 años, ya que, las empresas desde su creación puedan contar con procesos estandarizados bajo el modelo CMMI-DEV.
- De igual forma, fomentar redes de apoyo entre las empresas evaluadas y no evaluadas para brindar confianza y generar espacios que sirvan para conocimiento, resolución de dudas y soporte en caso de ser necesario.
- Teniendo en cuenta los costos para llevar a cabo un proceso de evaluación en CMMI, se plantean por parte de las entidades referidas en esta sección, que se pueda llevar a cabo el financiamiento y acompañamiento de estos procesos, previa elección de las empresas postulantes a los beneficios.

Discusión

Uno de los factores que limitan la propuesta de solución planteada es la reticencia de las empresas de Tecnología a compartir información sobre sus opiniones e intereses sobre el modelo CMMI, así como su experiencia y lecciones aprendidas en el proceso de evaluación que han adelantado. Para el caso de la presente investigación, la aplicación de los dos instrumentos diseñados tuvo al inicio bajo porcentaje de respuesta, por lo que se buscaron diferentes vías de llegar directamente a los empresarios responsables de tomar decisiones en sus empresas y que pudieran tener información respecto a la evaluación o no de su empresa en el modelo. Esta sensación que tuvo el equipo involucrado en esta monografía hace considerar que se deben plantear mecanismos que faciliten las oportunidades para que las empresas tengan libertad de transmitir información. Esto puede lograrse a través de charlas, sitio web o programación de disponibilidades que faciliten el acceso de las empresas a la información requerida para ello y acercar a las empresas de TI bajo la apropiación de todo lo que enmarca CMMI, iniciando con un piloto en la ciudad de Bogotá y para las medianas empresas, tal y como lo acota esta investigación.

En cuanto a costos, hace 14 años el MinTIC creó un programa para promover el modelo CMMI en las empresas de TI de Colombia, enfocado en “probar la gestión y el rendimiento, y para ahorrar costos a las empresas” (MINTIC, 2014). La relevancia, difusión y participación de las empresas en este tipo de iniciativas dependerá del presupuesto del MinTIC para ello, por lo que se debe validar la participación de otras entidades como lo son Isaca Colombia para establecer proyectos de acompañamiento y financiación con dineros destinados para ello.

Una de las amenazas que tiene la implementación del modelo CMMI en las empresas es la resistencia al cambio al interior de ellas. Por eso se requiere desarrollar labores de sensibilización, capacitación y acompañamiento a las personas directamente

involucradas en los procesos estructurados o modificados, ya que de ellos depende el éxito de la evaluación y poder llevar cada proceso al nivel de madurez proyectado por la empresa para su evaluación. De igual forma otra amenaza que se presenta es el proyecto de implementación en sí, si se desarrolla de manera burocrática y estructurada, siendo cada actividad establecida dentro del proyecto una barrera para lograr los resultados en el tiempo establecido. El apalancamiento en metodologías ágiles como Scrum y Kanban permite actuar inmediatamente y visualizar el desempeño de cada actividad, obteniendo resultados rápidamente y autogestionando a cada involucrado en el proceso.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Conclusiones

Luego de la investigación realizada, se tienen las siguientes conclusiones:

- La investigación realizada ayudó a determinar que el nivel de madurez de la mayoría de las medianas empresas de Tecnología evaluadas en CMMI es el nivel 3 – Definido. Factores como la sugerencia del consultor experto en el modelo y la decisión interna de la empresa hacen que este nivel sea el apropiado para la obtención de la evaluación basado en los procesos y prácticas de la empresa.
- Como factores de éxito cruciales para las empresas que lograron la evaluación, se encontraron el apoyo de un consultor experto en CMMI y el compromiso de la alta dirección en facilitar los recursos necesarios para la implementación del modelo en la organización. Como obstáculos o factores de fracaso se encuentra la falta de presupuesto, la no disponibilidad de tiempo y el cambio de prioridades empresariales que hacen que el objetivo inicial de lograr la evaluación se interrumpa o se posponga.
- El grado de interés en general para las empresas no evaluadas se considera bajo, estas no justifican los costos o esfuerzos asociados. Además, se evidencia que tienen otras prioridades y que el proceso de evaluación no es relevante para sus objetivos empresariales actuales.
- La investigación estableció las características a tener en cuenta del modelo CMMI para ser aplicadas en las medianas empresas de Tecnología que deseen evaluarse. Esto involucra un análisis inicial que revise la situación actual de la empresa, la creación de un proyecto de implementación del modelo que defina

un alcance y recursos necesarios y el apoyo de todo el personal involucrado en mejorar los procesos que elevan el nivel de madurez.

Trabajo futuro

Con la implementación de las recomendaciones dadas en la propuesta de solución y teniendo en cuenta las oportunidades y las limitaciones que se generan de dichas propuestas, se recomienda la creación de un plan piloto que permita iniciar las actividades en las medianas empresas de Tecnología de Bogotá que aún no se han evaluado. Conforme se haga seguimiento a dichas actividades y evaluando el resultado, se debe extender el trabajo a las micro y pequeñas empresas de Tecnología de Bogotá aprovechando que estas empresas están en crecimiento y en la estructuración de los procesos. Es importante medir la apropiación y el interés de estas empresas y así poder medir si los beneficios superan a los esfuerzos invertidos en la evaluación.

Para trabajar en una de las dificultades de la investigación que es la reticencia de las empresas en responder preguntas sobre el modelo CMMI y su experiencia con él, se propone trabajar en una plataforma donde la información, las lecciones aprendidas, las oportunidades de mejoras, mejores prácticas, consejos e ideas para tener en cuenta que los interesados en evaluarse en el modelo sean fáciles. Para ello, en una segunda etapa de la investigación se deberá profundizar en la manera más efectiva de colocar esa información a disposición de las empresas, las formas de recolectar la información y la actualización de la misma.

El alto costo asociado con la evaluación en CMMI es nombrado en más de una ocasión como uno de los principales obstáculos en el camino. Se podría explorar formas de lograr reducir los costos, ya sea a través de subsidios, recursos compartidos o la optimización del proceso de evaluación, esto, podría generar que fuera más accesible para un mayor número de empresas.

Referencias

- Aparicio, M., Cervera, E., & Molina, A. (2012). *Modelo de madurez CMMI*. Editorial UOC.
- Barreto, J., & Corredor, K. (2019). *Conocer el grado de adaptación a las buenas prácticas del modelo de madurez CMMI-SVC en el área de Operaciones de la empresa ZEUS Tecnología*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Bravo, A., Castro, L., & Jaramillo, L. (2017). Una revisión del modelo CMMI en la ingeniería de software. *Revista Científica de Ingeniería y Tecnología*, 36-42.
- Clavijo, D. P. (2020). *Cómo lograr objetivos organizacionales en empresas del sector real*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/35151/PuentesClavijoDaniel2020.pdf?sequence=1#:~:text=Los%20objetivos%20organizacionales%20son%20un,en%20la%20misi%C3%B3n%20y%20visi%C3%B3n>.
- CMMI Institute. (2023). *CMMI Partner Directory*. Obtenido de <https://cmmiinstitute.com/partners/directory?searchtext=&searchmode=anyword&cmproductsuite=1;2;&countrysmartsearchfilter=39;&geographicsmartsearchfilter=20;&statesmartsearchfilter=0&smartsearchfilter=0>
- CMMI Institute. (2023). *Published Appraisal Results System (PARS)* . Obtenido de <https://cmmiinstitute.com/pars/?StatelId=37893940-160a-472c-8462-7b716df9cbf1>
- Datacrédito. (febrero de 2023). *Tecnología en Colombia: Una industria cada vez más importante dentro del crecimiento del país*. Obtenido de <https://www.datacreditoempresas.com.co/blog-datacredito-empresas/tecnologia-en-colombia-cada-vez-mas-importante/>
- García, M. L. (2006). CMMI: ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD. *Industrial/Vol. XXVII/No. 2-3*, 12.

Hurtado, M. A., Peña, G., & Qusipe, M. (2017). CMMI para la mejora de procesos de software en una empresa de desarrollo. *Revista Científica de Ingeniería y Tecnología*, 19-25.

ISACA. (s.f.). *CMMI Performance Solutions*. Recuperado el 28 de Abril de 2023, de <https://cmmiinstitute.com/cmmi>

Khoshgoftar, M., & Osman, O. (2009). *Comparison of maturity models*. IEEE. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5234402>

Man, T. (2007). *A framework for the comparison of Maturity Models for Project-based Management*. Holanda: IPMA. Obtenido de http://www.ipma.nl/wiki/sites/pmwiki.nl/files/Thesis_Tjman_2007.pdf

Manrique, P. J. (2011). *Caso de estudio de uso de modelo CMMI aplicado en la planeación de un proyecto de tecnologías de información*. Monterrey: Tecnológico de Monterrey. Obtenido de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/570681/DocsTec_11646.pdf?sequence=11

Marco Nacional de Cualificaciones. (2021). *Sector TIC: Medios digitales y creación de contenidos*. Obtenido de https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2021-08/cartilla-sector-tic.pdf

Martínez, L. G., Pérez, Y. E., & Gómez, Y. C. (2015). Mejora de la calidad del software mediante la adopción del modelo CMMI. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 367-376.

Merchán, L., Villa, L., & Sánchez, N. (2017). *Guía de recomendación para la selección de un modelo de calidad para la mejora de procesos de software (SPI)*. Medellín: Revista Ciencias Estratégicas.

- MINTIC. (2014). *MinTIC promueve modelo y certificación CMMI para empresas de la Industria TI del país*. Obtenido de <https://mintic.gov.co/portall/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/6024:MinTIC-promueve-modelo-y-certificacion-CMMI-para-empresas-de-la-Industria-TI-del-pais>
- Montiel, M. A., & García, M. (2017). Importancia del modelo de madurez CMMI en el desarrollo de software. *Revista Tecnológica-Espe*, 55-62.
- Morales-Fernández, R., Brito-Rojas, J. A., & Villaseñor Marcial, J. A. (2014). CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION (CMMI). *RITI Journal*, Vol. 2, 3 (Enero-Junio).
- Pérez-Mergarejo, E., Pérez-Vergara, I., & Rodríguez-Ruiz, Y. (2014). *Modelos de madurez y su idoneidad para aplicar en pequeñas y medianas empresas*. Cali: Universidad San Buenaventura. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rri/v35n2/rri04214.pdf>
- Piattini, M., & García-Blas, J. (2012). *CMMI: Mejora de procesos y calidad en sistemas de información*. Ra-Ma Editorial.
- RUES. (2024). *Información de las empresas en Colombia por registro mercantil*. Obtenido de <https://rues.org.co/>
- Ruiz, A. M., & González, M. T. (2017). Evaluación de la implementación del modelo CMMI en el desarrollo de software. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 126-136.
- Sampieri Hernández, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: McGraw Hill International Editores, S.A. de C.V. Obtenido de <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=6443>
- Torres, C., & Arbeláez, D. (2008). *Guía de implantación de CMMI en la empresa de software colombiana*. Medellín: Universidad EAFIT. Obtenido de

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2711/TorresVelasquez_Cesar_2008.pdf

Vargas, D. O. (2014). *Análisis descriptivo del impacto de la aplicación de la metodología CMMI-DEV en proyectos de desarrollo de software en empresas colombianas.*

Bogotá: Universidad Militar. Obtenido de

https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12482/ARTICULO_DANIEL_GARCIA_08082014.pdf

Anexos

- A. [Anexo 1 – Encuesta empresas no evaluadas](#)
- B. [Anexo 2 – Encuesta empresas evaluadas](#)
- C. Anexo 3 – Validación V de Aiken
- D. Anexo 4 – Respuestas empresas evaluadas
- E. Anexo 5 – Respuestas empresas no evaluadas