

## Modelo de procesos para un servicio de testing de software y su influencia en la calidad del producto final

*Process model for a software testing service and its influence on final product quality*

Cayo León <sup>1</sup> , Alejandro Bartra <sup>1</sup> , Fany Sobero <sup>1</sup> , Marcelo Cisneros <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería en Sistemas de Informática, Lima-Peru.

<sup>2</sup> Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra-Ecuador.

Recibido: 30/10/2025, Aceptado: 08/01/2026, Publicado: 30/01/2026

Autor de correspondencia:

Cayo León: [cleonf@unmsm.edu.pe](mailto:cleonf@unmsm.edu.pe)

DOI: [10.53358/ideas.v8i1.1330](https://doi.org/10.53358/ideas.v8i1.1330)



### PALABRAS CLAVE

testing de software,  
calidad,  
outsourcing,  
modelo de procesos,  
CMMI.

### RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo establecer cómo un modelo de procesos para un servicio de testing de software incide en la calidad del producto final. El estudio se justifica ante la ausencia de un enfoque unificador que integre marcos como CMMI, TMMI, ITIL y PMBOK para gestionar servicios de testing bajo outsourcing. Se aplicó un enfoque metodológico de Ciencia del Diseño que combinó revisión bibliográfica, construcción de un modelo y validación mediante un estudio de caso en una consultora peruana especializada. Los resultados mostraron mejoras sustantivas en la eficiencia del tiempo de entrega, reducción de incidencias y aumento de la satisfacción del cliente. La implementación del modelo permitió un control más riguroso de los procesos, evidenciando que la adopción de buenas prácticas internacionales impacta positivamente en la calidad y confiabilidad del software entregado. Se concluye que la propuesta contribuye a estandarizar procesos críticos en organizaciones de testing.

### KEYWORDS

software testing,  
quality,  
outsourcing,  
process model,  
CMMI.

### ABSTRACT

The research aimed to establish how a process model for a software testing service affects the quality of the final product. This study is justified by the lack of a unified approach that integrates frameworks such as CMMI, TMMI, ITIL, and PMBOK to manage testing services under outsourcing schemes. A Design Science methodological approach was applied, combining literature review, model development, and validation through a case study in a Peruvian specialized consultancy. The results showed substantial improvements in delivery time efficiency, reduction of incidents, and increased customer satisfaction. Implementing the model enabled more rigorous process control, demonstrating that adopting international best practices positively impacts the quality and reliability of delivered software. The study concludes that the proposal contributes to standardizing critical processes in testing organizations.

## 1. Introducción

El aseguramiento de la calidad del software se consolidó como una prioridad estratégica en las organizaciones modernas que, durante las últimas décadas, experimentaron un proceso acelerado de transformación digital. Este fenómeno respondió a la necesidad de contar con sistemas confiables que soportaran procesos críticos de negocio y garantizaran la disponibilidad de los servicios frente a una demanda creciente de usuarios más informados y exigentes. La calidad debía concebirse de manera integral, incorporando la capacidad del producto de cumplir los requisitos definidos, adaptarse a cambios y mantener su desempeño en entornos complejos, lo que exigió un enfoque preventivo basado en metodologías sistemáticas y métricas objetivas [1]. En este marco, el testing de software adquirió un papel fundamental al posibilitar la verificación temprana de los componentes y reducir la probabilidad de errores graves que afectaran la operación y la percepción de confianza.

A pesar de su relevancia dentro del aseguramiento de la calidad, diversos estudios han evidenciado que el testing de software ha sido tratado en la práctica como una actividad secundaria y reactiva, generalmente relegada a las fases finales del ciclo de desarrollo o limitada a la corrección de defectos reportados por los usuarios finales [2]. Esta aproximación ha sido cuestionada por la literatura reciente, la cual señala que la ausencia de un enfoque sistemático y temprano de pruebas incrementa significativamente los costos de retrabajo y reduce la calidad percibida del producto entregado [3]. En contextos caracterizados por plazos de entrega cada vez más ajustados y una presión competitiva creciente, las organizaciones que no integran el testing como un proceso transversal enfrentan mayores riesgos financieros, operativos y reputacionales [3], especialmente cuando liberan productos con fallas funcionales o deficiencias de rendimiento [4].

En este escenario, la externalización u outsourcing de servicios de testing se presenta como una alternativa estratégica para optimizar recursos, reducir costos y acceder a competencias especializadas que no siempre se encuentran disponibles en las estructuras internas de las organizaciones [5]. Estudios recientes indican que el outsourcing de testing se ha consolidado como una práctica recurrente en sectores altamente regulados y tecnológicamente complejos, como banca, telecomunicaciones y retail, donde la confiabilidad del software resulta crítica para la continuidad del negocio [6]. No obstante, la delegación de estas actividades a proveedores externos también introduce desafíos importantes, particularmente en la definición de contratos, el control de los acuerdos de nivel de servicio y la gestión de la información crítica compartida entre cliente y proveedor [7], lo que refuerza la necesidad de contar con marcos metodológicos claros que delimiten roles, procesos y responsabilidades de manera precisa [3].

Los antecedentes revisados permitieron constatar que, aunque marcos de referencia como CMMI, TMMi, ITIL y PMBOK alcanzaron un elevado nivel de adopción a nivel internacional, cada uno abordó dimensiones específicas de la gestión de proyectos, la calidad del software o la prestación de servicios de TI, sin ofrecer un enfoque transversal aplicable a la externalización de testing. CMMI-DEV, por ejemplo, se enfocó en la madurez de los procesos de desarrollo, proporcionando prácticas que posibilitaron avanzar desde niveles básicos hasta estadios cuantitativamente gestionados, pero no contempló las particularidades contractuales y operativas propias del testing prestado por terceros [8]. Esta situación generó una fragmentación metodológica que se tradujo en dificultades para estandarizar procesos y medir objetivamente los resultados alcanzados en proyectos de validación externa.

En términos específicos, TMMi se constituyó como un marco orientado a evaluar la madurez de los procesos de testing, definiendo niveles y prácticas progresivas que contribuyeron a profesionalizar la actividad [9]. No obstante, su aplicación en entornos de outsourcing resultó limitada al no integrar aspectos esenciales como la gestión de acuerdos de nivel de servicio, la transferencia de conocimiento entre cliente y proveedor y la alineación de objetivos estratégicos. De manera similar, ITIL ofreció un conjunto de procesos esenciales para la gestión de servicios de TI, entre los que destacaron la gestión de incidentes, de problemas y de niveles de servicio, pero su aplicación directa al testing requirió adaptaciones y lineamientos específicos que no siempre fueron recogidos en los estándares [10].

Por su parte, PMBOK aportó un enfoque transversal a la gestión de proyectos mediante la definición de procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre, con prácticas que favorecieron la estandarización y el control [11]. Sin embargo, este estándar se enfocó en la dirección general de proyectos y no en la especificidad técnica que caracteriza los procesos de validación de software, por lo que su aplicación al testing prestado bajo outsourcing demandó adecuaciones que no siempre fueron documentadas de manera clara en la literatura académica [11]. Como consecuencia, la ausencia de un modelo integral que combinara estos marcos generó vacíos operativos que afectaron la consistencia, la calidad y la capacidad de monitoreo de los procesos de prueba en entornos tercerizados.

La relevancia de esta problemática se acentuó al considerar que el testing representa, en promedio, entre un 30 % y un 50 % del costo total de los proyectos de desarrollo, convirtiéndose en uno de los componentes más críticos de la inversión en tecnología. Asimismo, se ha señalado que el costo de corregir defectos identificados en fases finales puede incrementarse de manera considerable respecto de su detección temprana mediante pruebas planificadas y sistemáticas [12]. Estos hallazgos justificaron la necesidad de contar con modelos que permitan optimizar el uso de recursos, reducir

el retrabajo y garantizar entregables de calidad.

Los antecedentes recopilados también resaltaron el valor de concebir el testing como un proceso continuo y preventivo. La integración articulada entre verificación, validación y desarrollo ha sido destacada como un enfoque que mejora el control del producto y la consistencia de los entregables [13], mientras que la calidad del servicio de testing también se expresa en términos percibidos por quienes consumen y evalúan los resultados [14]. Este enfoque se complementó con evidencia que sostiene que, incorporar el testing desde etapas tempranas mejora la confiabilidad y reduce el retrabajo al evitar que los defectos se acumulen hacia el final del ciclo [15].

Asimismo, se ha descrito que el continuous testing en entornos DevOps deja de ser una tarea final y pasa a operar como un mecanismo de retroalimentación permanente que fortalece la estabilidad del producto y la capacidad de entrega [16]. De forma coherente, revisiones sistemáticas han mostrado que la adopción de integración continua impacta en la calidad asegurada al promover prácticas de prueba frecuentes y detectar problemas antes de que escalen [17]. Del mismo modo, se ha reportado evidencia empírica de que el shift-left testing se asocia con mejoras en la calidad del software al adelantar actividades de verificación y disminuir defectos tardíos que suelen afectar plazos y costo [18]. Finalmente, se ha señalado que la automatización de pruebas en DevOps se consolida como un habilitador del aseguramiento continuo, siempre que exista una gestión explícita de prácticas, herramientas y responsabilidades, lo que refuerza la necesidad de modelos de procesos que ordenen el servicio de testing en la operación real [19].

La propuesta de alineamiento entre TI y negocio ha destacado la necesidad de sincronizar los objetivos del testing con los del desarrollo y con las metas organizacionales, a fin de reducir riesgos asociados a la fragmentación de procesos [20]. En la misma línea, se ha advertido que la adopción efectiva de estándares internacionales requiere adaptación contextual, considerando cultura organizacional, gestión del cambio y nivel de madurez de procesos, lo que sustenta la necesidad de propuestas metodológicas flexibles para entornos latinoamericanos [21].

La presente investigación tuvo como propósito diseñar un Modelo de Procesos que integrara fundamentos de CMMI, TMMi, ITIL y PMBOK, con la finalidad de estandarizar la gestión de servicios de testing de software externalizados y facilitar su alineación con los objetivos estratégicos de las organizaciones clientes [8], [9]. El proceso de validación se efectuó mediante un estudio de caso en una empresa consultora peruana que prestó servicios de testing a clientes del sector financiero y retail, permitiendo contrastar la hipótesis general de influencia significativa del modelo sobre la calidad del producto final y la percepción del servicio recibido por el cliente [5]. Los objetivos se organizaron en un objetivo general orientado a determinar la influencia del modelo en la calidad percibida y en objetivos específicos vinculados con tiempos de entrega, reducción de defectos, fortalecimiento de capacidades y satisfacción del cliente [11].

La relevancia del estudio se refuerza con proyecciones del mercado mundial de outsourcing de testing, que estiman un crecimiento sostenido y una expansión significativa del volumen económico del sector en la próxima década [22]. Finalmente, el método se desarrolló bajo el enfoque de Ciencia del Diseño, dado que permite construir y evaluar un artefacto metodológico orientado a resolver un problema organizacional real, articulando rigor académico y utilidad práctica [23].

## 2. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico de Ciencia del Diseño, que permitió concebir, construir y evaluar un modelo de procesos orientado a mejorar la calidad de los productos de software mediante un servicio de testing prestado bajo outsourcing. Este enfoque fue seleccionado porque permitió integrar la generación de conocimiento teórico con el desarrollo de un artefacto práctico capaz de resolver un problema real en un entorno organizacional específico, alineándose con los planteamientos sobre la pertinencia de la Ciencia del Diseño en entornos complejos donde convergen variables tecnológicas, organizacionales y de gestión [23].

El estudio adoptó un diseño aplicado, con un nivel explicativo, puesto que no se limitó a describir las prácticas existentes, buscó establecer relaciones de influencia entre el modelo propuesto y la calidad percibida del producto final. La investigación se organizó en tres fases sucesivas. La primera correspondió a la identificación y análisis del problema, mediante la revisión documental de literatura científica, estándares internacionales, marcos de referencia y estudios previos relacionados con CMMI, TMMi, ITIL y PMBOK, así como el levantamiento de información sobre el estado actual de los procesos de testing en la organización participante. Este diagnóstico permitió identificar carencias de estandarización, debilidades en la medición de indicadores y ausencia de integración entre los componentes de gestión de servicios y gestión de proyectos.

La segunda fase consistió en el diseño y construcción del modelo de procesos, que integró elementos de los marcos estudiados. En la Figura 1 se presenta el diagrama general del modelo de procesos propuesto, en el cual se articulan los cuatro componentes definidos: gestión de la ejecución de pruebas, gestión del servicio de testing, gestión de la mejora continua y control de la infraestructura y el testware. El diagrama evidencia la naturaleza iterativa del modelo y su

alineación con un enfoque de mejora continua. Cada componente se desagregó en procesos específicos, roles, artefactos y métricas que orientaron su aplicación. Durante esta etapa, se elaboraron diagramas de procesos, definiciones de procedimientos y matrices de responsabilidades que facilitaron la comprensión del modelo por parte de los equipos de trabajo.

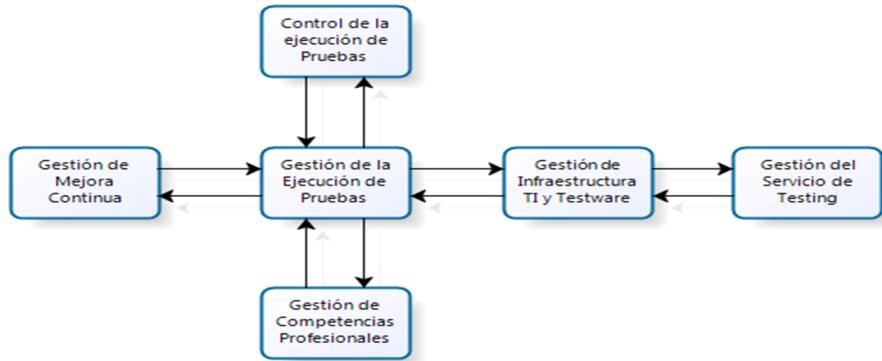


Figura 1: *Diagrama general del modelo*

Asimismo, para garantizar una adecuada gobernanza del proceso de gestión de ejecución de pruebas, se definieron roles específicos con funciones claramente delimitadas, evitando superposiciones y asegurando la trazabilidad de las responsabilidades. Los roles establecidos fueron los siguientes (véase la Tabla 1):

Tabla 1: Roles definidos para el proceso de gestión de ejecución de pruebas

Rol	Funciones principales
Gestor de Pruebas	Toma de decisiones estratégicas, supervisión y coordinación general del servicio de testing, gestión de equipos de trabajo, seguimiento del cumplimiento de hitos y objetivos, y elaboración de reportes a nivel ejecutivo para la alta dirección y el cliente.
Consultor de Calidad	Control de entregables, actividades de consultoría en calidad, diseño y planificación de líneas de implantación del modelo, así como coordinación y seguimiento operativo para asegurar el cumplimiento de estándares y buenas prácticas.
Analista de Pruebas	Diseño y planificación de las pruebas, asignación y control de equipos de trabajo a nivel operativo, elaboración de entregables, ejecución de líneas de implantación del modelo y elaboración de reportes operativos de avance y resultados.
Ingeniero de Pruebas	Diseño y ejecución de pruebas, registro y seguimiento de defectos, y coordinación de las líneas de resolución de defectos con los equipos de desarrollo y otros actores involucrados.
Tester	Ejecución de los casos de prueba definidos y registro detallado de los defectos identificados durante el proceso de testing.

La definición de estos roles permitió establecer una estructura jerárquica y funcional clara, alineada con las prácticas recomendadas por marcos como TMMI e ITIL, y facilitó la coordinación entre los distintos niveles de gestión del servicio. También es importante destacar que el modelo contempló la generación de artefactos documentales que soportan la planificación, ejecución y control del servicio de testing, asegurando la trazabilidad de las actividades y la disponibilidad de información para la toma de decisiones, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Artefactos del proceso de gestión de ejecución de pruebas

Artefacto	Descripción
Plan de Pruebas	Documento que define el alcance, la estrategia, los recursos, el cronograma y los criterios de aceptación del proceso de testing.
Casos de Prueba	Especificaciones detalladas de los escenarios de prueba, condiciones de ejecución y resultados esperados.
Registro de Defectos	Repositorio estructurado para el registro, clasificación y seguimiento de los defectos identificados durante las pruebas.
Reporte de Avance	Informe periódico que consolida el estado de ejecución de las pruebas, incidencias y riesgos identificados.
Informe de Resultados	Documento final que presenta las métricas de calidad, los defectos detectados y la evaluación global del ciclo de testing.

Para evaluar el desempeño del modelo y su influencia en la calidad del producto final, se definieron métricas orientadas al control del proceso y a la medición de resultados. Estas métricas permitieron realizar comparaciones objetivas antes y después de la implementación del modelo, tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Métricas definidas en el modelo de procesos

Métrica	Descripción
Tasa de defectos	Número de defectos detectados por ciclo de pruebas.
Defectos tardíos	Cantidad de defectos identificados en fases posteriores a la ejecución de pruebas.
Tiempo medio de ejecución	Duración promedio del ciclo de pruebas en cada proyecto.
Cumplimiento del plan de pruebas	Grado de cumplimiento de las actividades y plazos definidos en el plan de pruebas.
Nivel de retrabajo	Porcentaje de actividades que requieren re-ejecución debido a defectos no detectados oportunamente.

Finalmente, en la última etapa, con el objetivo de hacer más claro la participación de cada rol en las actividades clave del proceso de gestión de ejecución de pruebas, se elaboró una matriz de responsabilidades basada en el enfoque RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado), como se muestra en la Tabla ??.

Tabla 4: Matriz de responsabilidades del proceso de gestión de ejecución de pruebas

Actividad	Gestor de Pruebas	Consultor de Calidad	Analista de Pruebas	Ingeniero de Pruebas	Tester
Planificación de pruebas	R	C	A	C	I
Diseño de casos de prueba	I	C	R	A	I
Ejecución de pruebas	I	I	C	R	R
Registro y seguimiento de defectos	I	C	A	R	R
Elaboración de reportes	R	C	R	C	I
Cierre del ciclo de pruebas	R	A	C	I	I

(R = Responsable, A = Aprobador, C = Consultado, I = Informado)

La tercera fase de la investigación se centró en la validación empírica del modelo de procesos propuesto, mediante la aplicación de un estudio de caso en una empresa peruana especializada en servicios de testing de software que atendía clientes de los sectores financiero y retail. La validación se desarrolló durante un periodo de seis meses consecutivos, comprendido entre enero y junio de 2024, lapso que permitió observar de manera sistemática el comportamiento de los indicadores de calidad antes y después de la implementación del modelo.

El proceso de validación se estructuró en tres etapas temporales claramente diferenciadas. En una primera etapa, correspondiente a los dos primeros meses, se realizó el levantamiento de la línea base de los indicadores de calidad, utilizando información histórica de proyectos de testing ejecutados bajo el enfoque previo de la organización. Esta etapa permitió identificar el estado inicial de variables como la percepción de calidad del producto final, los tiempos de entrega

y el número de defectos detectados en fases tardías del ciclo de desarrollo. En una segunda etapa, desarrollada durante el tercer mes, se llevó a cabo la capacitación de los equipos responsables, incluyendo al gestor de pruebas, consultor de calidad, analistas, ingenieros de pruebas y testers, con énfasis en la comprensión del modelo, los nuevos procedimientos, roles, métricas y artefactos definidos. Finalmente, la tercera etapa correspondió a la aplicación del modelo durante los últimos tres meses, en proyectos reales de testing ejecutados para clientes de los sectores mencionados.

Durante la implementación del modelo, se utilizaron indicadores de calidad orientados tanto al desempeño del proceso de testing como a la percepción del producto final. Entre los indicadores de calidad del proceso, se consideraron el tiempo medio de ejecución de las pruebas, el nivel de cumplimiento del plan de pruebas, la tasa de defectos detectados por ciclo y la cantidad de defectos identificados en fases posteriores al cierre del testing. Estos indicadores permitieron evaluar la eficiencia operativa del modelo y su capacidad para detectar defectos de manera temprana, reduciendo el retrabajo y los riesgos asociados a la liberación del software.

Adicionalmente, se definieron indicadores de calidad del producto final basados en la percepción, los cuales fueron medidos mediante un cuestionario estructurado aplicado a los miembros del equipo de testing y al responsable del servicio. Las variables de percepción de calidad incluyeron la confiabilidad del software entregado, entendida como la ausencia de fallos críticos; la conformidad con los requisitos funcionales definidos; la estabilidad del producto durante las pruebas de regresión; y la satisfacción general con el resultado del proceso de testing. Estas variables se evaluaron mediante una escala tipo Likert de cinco niveles, permitiendo captar cambios en la valoración de la calidad antes y después de la implementación del modelo.

En la Figura 2 se presenta el diagrama general del modelo de testing aplicado durante la fase de validación empírica, donde se observa la integración de las actividades de planificación, diseño, ejecución y control de pruebas, así como los mecanismos de retroalimentación hacia la gestión de la mejora continua y el control de la infraestructura y el testware. La representación gráfica permitió visualizar la secuencia de actividades, los puntos de control y la interacción entre los roles definidos, facilitando la comprensión del modelo y su correcta aplicación durante los proyectos analizados.

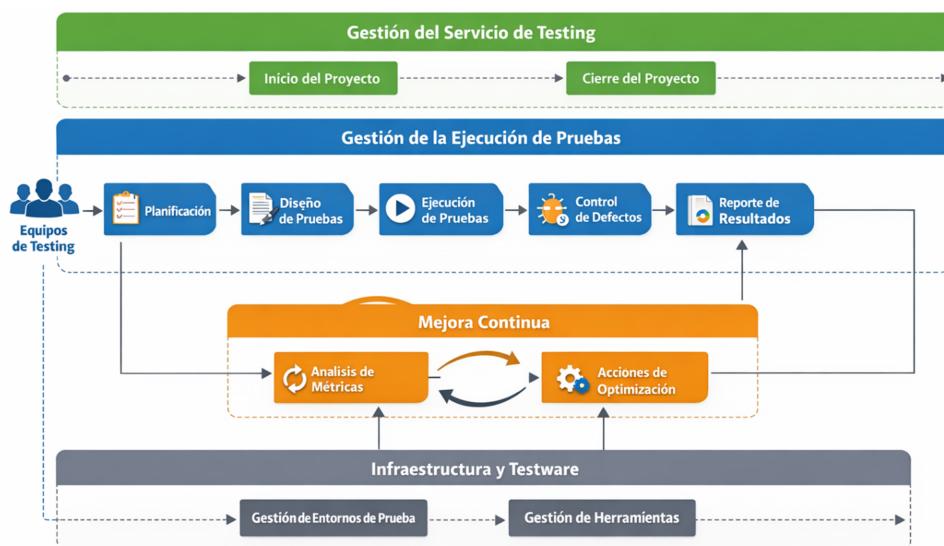


Figura 2: Diagrama general del modelo de testing

La población estuvo conformada por los proyectos de testing ejecutados por la empresa durante el periodo de estudio, considerando aquellos orientados a actividades de validación funcional, pruebas de regresión y pruebas de integración en clientes de los sectores financiero y retail. Estos proyectos representaron el universo de intervención del servicio de testing dentro del contexto organizacional analizado. La muestra se constituyó de manera no probabilística, mediante un muestreo por criterio, seleccionándose únicamente aquellos proyectos que cumplieron criterios de pertinencia previamente definidos, con el objetivo de garantizar la consistencia y comparabilidad de los resultados obtenidos. Entre los criterios de pertinencia considerados se incluyeron:

- Proyectos que contaran con un alcance claramente definido y documentado en términos de requisitos funcionales;
- Proyectos con un volumen de transacciones medio o alto, característico de los sistemas del sector financiero y retail;

- c) Proyectos que hubieran sido ejecutados en ciclos de testing completos, permitiendo observar todas las etapas del proceso; y
- d) Proyectos que dispusieran de información histórica confiable sobre indicadores de calidad, tales como tiempos de entrega, defectos detectados y resultados de pruebas previas, lo que posibilitó realizar comparaciones objetivas antes y después de la implementación del modelo.

Adicionalmente, se consideró como criterio de inclusión que los proyectos seleccionados se desarrollaron bajo condiciones operativas similares, en cuanto a herramientas de testing, infraestructura tecnológica y composición del equipo, con el fin de minimizar la influencia de variables externas en los resultados del estudio.

La muestra estuvo conformada por catorce (14) miembros del equipo de testing, entre analistas, ingenieros de pruebas y testers, así como un (1) Team Leader responsable del área, quienes participaron de manera directa en la adopción y aplicación del nuevo enfoque metodológico. La participación activa de estos actores permitió recoger información relevante tanto sobre el desempeño del proceso de testing como sobre la percepción de la calidad del producto final, fortaleciendo la validez interna del estudio.

Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva permitió caracterizar las variables estudiadas mediante frecuencias, medias y desviaciones estándar, describiendo el comportamiento de la percepción de calidad del producto final antes y después de la implementación del modelo. El procesamiento estadístico se realizó utilizando IBM SPSS Statistics (software privativo), herramienta ampliamente utilizada en investigación aplicada para el análisis de datos con escalas tipo Likert y modelos de regresión. Con el propósito de establecer si la aplicación del modelo de procesos para el servicio de testing influye significativamente en la calidad percibida del producto final, se utilizó regresión logística ordinal, dado que la variable dependiente se midió en una escala ordinal de cinco niveles. El análisis se ejecutó con un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha = 0,05$ ).

En términos inferenciales, se formularon las siguientes hipótesis:

- $H_0$  (Hipótesis nula): La aplicación del modelo de procesos para el servicio de testing no influye significativamente en la calidad percibida del producto final.
- $H_1$  (Hipótesis alternativa o afirmativa): La aplicación del modelo de procesos para el servicio de testing influye significativamente en la calidad percibida del producto final.

La consistencia interna del instrumento se evaluó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, calculado en IBM SPSS Statistics (software privativo). Los resultados mostraron niveles adecuados de fiabilidad, con valores que se ubicaron en el rango de aceptables a altos según las dimensiones evaluadas (Tabla 5). En consecuencia, se consideró que el instrumento presenta consistencia interna suficiente para el análisis de las variables del estudio.

Previo al desarrollo del análisis inferencial, se evaluó el supuesto de normalidad debido al tamaño muestral reducido. Se aplicó la prueba Shapiro–Wilk, recomendada para muestras pequeñas (en particular, cuando  $n < 30$ ). Los resultados de Shapiro–Wilk (Tabla 6) indicaron que la distribución no fue normal ( $p < 0,05$ ).

Tabla 5: Consistencia interna del instrumento (Alfa de Cronbach)

Escala / Dimensión	Nº de ítems	Alfa de Cronbach ( $\alpha$ )
Gestión de la ejecución de pruebas	3	0.85
Gestión del servicio de testing	3	0.83
Gestión de la mejora continua	3	0.83
Control de infraestructura y testware	3	0.84
Calidad percibida del producto final	3	0.85

Tabla 6: Prueba de normalidad (Shapiro–Wilk)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Aplicación del modelo de procesos	0.622	70	.000
Calidad percibida del producto final	0.490	70	.000

### 3. Resultados

La aplicación del modelo de procesos para un servicio de testing de software se llevó a cabo durante un periodo planificado que comprendió la fase de capacitación, el acompañamiento en la ejecución de proyectos piloto y la recopilación de indicadores de desempeño y percepción de la calidad. A continuación, se describen los principales resultados obtenidos, organizados en dimensiones clave definidas en la investigación.

En primer lugar, como se muestra en la Tabla 7, se observó una mejora significativa en la percepción de calidad del producto final. Antes de la implementación del modelo, la evaluación promedio de esta dimensión se ubicaba en un nivel medio, con una media de 3.21 en una escala Likert de 1 a 5. Después de la adopción del modelo, la media ascendió a 4.30, indicando una valoración alta de la calidad por parte de los participantes. Este incremento reflejó el efecto positivo de la estandarización de prácticas, la mayor claridad en la definición de roles y la adopción de procedimientos de validación más rigurosos.

Tabla 7: Comparativo de percepción de calidad del producto final (escala 1–5)

Periodo	Media	Desviación estándar
Antes del Modelo	3.21	0.67
Después del Modelo	4.30	0.48

La Tabla 7, muestra que la dispersión de las respuestas se redujo, lo que sugiere una percepción más homogénea entre los miembros del equipo respecto de la calidad lograda. Este hallazgo coincidió con los registros de incidencias, que mostraron una disminución del número de defectos detectados en fases de control posterior.

En relación con la eficiencia de tiempos de entrega, se observó una reducción promedio del 16 % en los plazos de finalización de los proyectos analizados. Este resultado se vinculó con la mejora en la planificación de las actividades de testing, la definición clara de estimaciones de esfuerzo y la asignación de responsabilidades específicas al Team Leader y los testers Senior. La Figura 3 ilustra la evolución del indicador de tiempo medio de entrega:

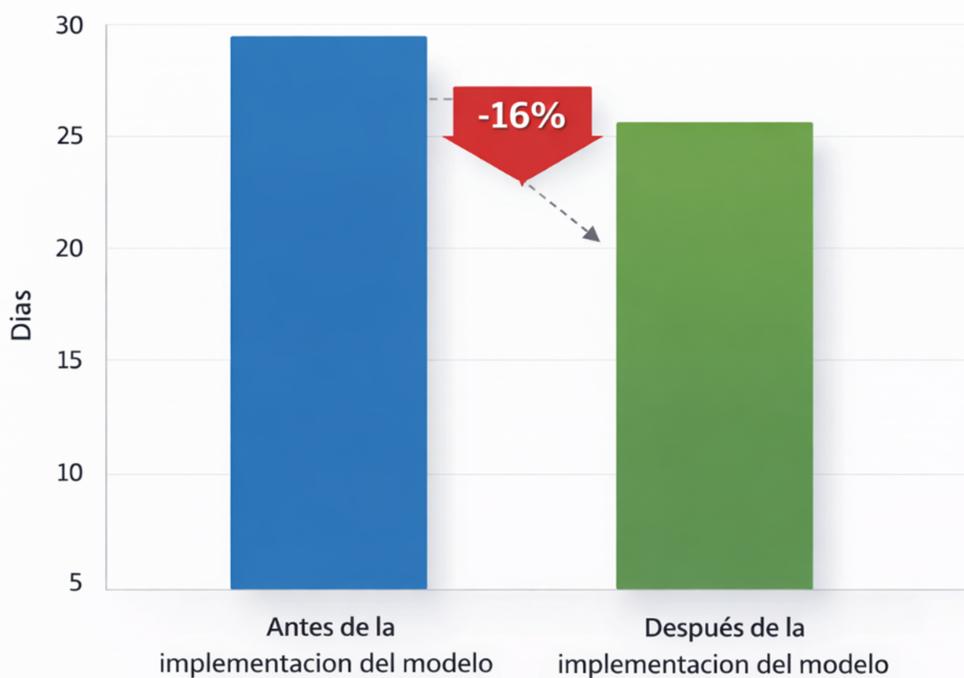


Figura 3: Evolución del indicador de tiempo medio de entrega

El análisis de la reducción de incidencias según Tabla 8, mostró un descenso del 23 % en el número de defectos no identificados en fases tempranas, lo que puso en evidencia la eficacia de los mecanismos de control incorporados en el modelo, particularmente en el componente de gestión de ejecución de pruebas. Este comportamiento fue consistente en los distintos proyectos considerados en la muestra.

Tabla 8: Comparativo de incidencias detectadas

Periodo	Número de incidencias promedio
Antes del Modelo	14
Después del Modelo	10.8

La recolección de datos se realizó mediante dos cuestionarios estructurados tipo Likert (1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo), aplicados a los integrantes del equipo de testing, considerando los roles operativos y de coordinación del servicio. El cuestionario “Modelo de Procesos para un Servicio de Testing de Aplicaciones”, estuvo compuesto por 18 ítems distribuidos en seis dimensiones, con tres ítems por dimensión. El cuestionario “Calidad del Producto Final y percepción del servicio entregado al cliente”, compuesto por 13 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: tres dimensiones con tres ítems cada una (ítems 1–9) y una cuarta dimensión con cuatro ítems (ítems 10–13), orientada a la percepción del servicio entregado al cliente.

Los cuestionarios fueron de elaboración propia, diseñados a partir de la estructura del modelo de procesos planteado y del enfoque de calidad del producto final utilizado en la investigación. La validez de contenido se estableció mediante juicio de expertos, quienes revisaron la pertinencia, claridad y coherencia de los ítems respecto a cada dimensión evaluada. La revisión fue realizada por un panel de expertos tres expertos con experiencia en testing de software, gestión de calidad y/o gestión de servicios TI. Las observaciones del panel permitieron ajustar la redacción de ítems y asegurar su alineación con los objetivos de medición.

Los resultados mostraron un nivel alto de aceptación, con un promedio de 4,35 sobre 5, destacando la apreciación positiva por parte del equipo operativo tal como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9: Valoración de utilidad del modelo de procesos

Dimensión evaluada	Media
Claridad de pautas	4.30
Facilidad de adopción	4.25
Utilidad percibida para mejorar la calidad	4.35
Nivel general de satisfacción	4.40

En relación con el análisis inferencial, se aplicó un modelo de regresión logística ordinal con el propósito de determinar la existencia de una relación significativa entre la adopción del modelo de procesos de testing y la percepción de la calidad del producto final por parte de los miembros del equipo. La elección de esta técnica respondió a que la variable dependiente, la percepción de calidad, se midió mediante una escala ordinal de cinco niveles, lo que justificó el uso de este método estadístico en lugar de una regresión lineal tradicional.

Previo al análisis, se verificaron los supuestos de la regresión logística ordinal, entre ellos la proporcionalidad de los odds ratios y la ausencia de multicolinealidad entre las variables independientes consideradas. Los resultados del procedimiento indicaron que el modelo cumplía con los criterios estadísticos necesarios para su interpretación. El coeficiente de determinación Nagelkerke R<sup>2</sup> fue de 0.652, un valor que evidenció un alto poder explicativo, indicando que aproximadamente el 65.2 % de la variabilidad en la percepción de calidad podía atribuirse a la implementación del modelo de procesos. Este indicador superó ampliamente el umbral mínimo de aceptabilidad (30 %–40 %) sugerido en estudios aplicados con muestras de tamaño moderado, lo que refuerza la validez interna de los hallazgos. En la tabla

El valor *p* asociado al modelo completo fue de 0.00, confirmando que la relación entre la variable independiente (aplicación del modelo de procesos) y la variable dependiente (percepción de calidad) fue estadísticamente significativa al nivel de confianza del 95 %. Dicho resultado permitió rechazar la hipótesis nula de inexistencia de relación y validar la hipótesis general de investigación que sostenía que la adopción del modelo incidía de forma positiva en la percepción de la calidad del producto final.

Finalmente, la información cualitativa recabada a través de comentarios del equipo puso en evidencia que la claridad en la definición de roles, la mejora en la estimación de tiempos y la formalización de procesos fueron los factores que más contribuyeron a los resultados obtenidos. El Team Leader y los testers Senior destacaron que el modelo facilitó la generación de reportes consistentes y la toma de decisiones basada en métricas objetivas, aspectos que anteriormente no se gestionaban de manera sistemática.

## 4. Conclusiones

El presente estudio permitió confirmar que la aplicación de un modelo de procesos para un servicio de testing de software (Ver Figuras 1 y 2) incide de manera significativa y positiva en la calidad del producto final entregado a los clientes. Los hallazgos obtenidos evidenciaron que la integración de prácticas y conceptos de marcos reconocidos como CMMI, TMMI, ITIL y PMBOK contribuyó a estandarizar las actividades de validación, mejorar la claridad de roles y responsabilidades, optimizar la planificación de los proyectos y fortalecer la cultura de mejora continua en los equipos de trabajo.

Entre los resultados más relevantes se destacó el incremento en la percepción de calidad del producto final, que pasó de una valoración media de 3.21 a 4.30 en la escala Likert empleada, lo que refleja un cambio sustancial en la confianza y satisfacción de los participantes. De igual manera, se observó una reducción promedio del 16% en los tiempos de entrega de los proyectos y una disminución del 23% en la cantidad de incidencias no detectadas en fases tempranas, indicadores que corroboran la eficacia de los componentes metodológicos introducidos.

El análisis estadístico inferencial confirmó la existencia de una relación significativa entre la adopción del modelo y la calidad percibida, con un p-valor de 0.00 y un coeficiente Nagelkerke R<sup>2</sup> de 0.652, lo que demostró un alto poder explicativo del modelo sobre la variable dependiente. Esta evidencia permitió rechazar la hipótesis nula y validar la hipótesis general planteada en la investigación.

Otro aporte destacado fue la constatación de que la claridad en la definición de pautas de trabajo, la asignación formal de roles clave como el Team Leader y los testers Senior y la incorporación de procesos sistemáticos de medición generaron condiciones favorables para la adopción del modelo. Los resultados mostraron que el acompañamiento y la capacitación fueron factores determinantes en la apropiación de las prácticas propuestas.

La investigación también permitió identificar que la implementación progresiva del modelo facilitó su aceptación por parte del equipo operativo, redujo la resistencia al cambio y favoreció una cultura de aprendizaje organizacional orientada a la calidad y la mejora continua. La experiencia empírica demostró que un enfoque metodológico integral, alineado con estándares internacionales y adaptado a la realidad de la empresa, es una vía efectiva para profesionalizar los servicios de testing prestados bajo esquemas de outsourcing.

## Referencias

- [1] I. Sommerville, *Software Engineering*, 9th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2011.
- [2] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Ingeniería de software: Un enfoque práctico*, 8th ed. México: McGraw-Hill, 2020.
- [3] V. Garousi, M. Felderer, and M. V. Mäntylä, “Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering,” *Information and Software Technology*, vol. 106, pp. 101–121, 2019.
- [4] ISO/IEC/IEEE, *ISO/IEC/IEEE 29119-1:2022 Software and systems engineering—Software testing—Part 1: Concepts and definitions*, International Organization for Standardization Std., 2022.
- [5] C. Dávila, L. Uribe, and M. Marín, “Modelo para la evaluación de la calidad del software en entornos de outsourcing,” *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 16, no. 30, pp. 175–196, 2017.
- [6] Capgemini, Sogeti, and Micro Focus, “World quality report 2023–24,” Capgemini Research Institute, Tech. Rep., 2023.
- [7] Deloitte, “Global outsourcing survey 2022: Rebalancing the value equation,” Deloitte Insights, Tech. Rep., 2022.
- [8] CMMI Product Team, “Cmmi for development, version 1.3 (cmu/sei-2010-tr-033),” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA, Tech. Rep., 2010.
- [9] TMMi Foundation, “Test maturity model integration (tmmi) release 1.0,” TMMi Foundation, Tech. Rep., 2012.
- [10] Axelos, *ITIL Foundation: ITIL 4 Edition*. London, U.K.: TSO (The Stationery Office), 2019.
- [11] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 7th ed. Newtown Square, PA, USA: Project Management Institute, 2021.
- [12] Deloitte, “Global outsourcing survey,” Deloitte Consulting, Tech. Rep., 2008.

- [13] L. Baresi and M. Pezzè, “On the role of testing in software architecture,” *Software Architecture*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2006.
- [14] H. Yang, “Testing as a service,” *IEEE Software*, vol. 25, no. 5, pp. 9–11, 2008.
- [15] M. Gillenson, T. Stafford, and L. Chen, “The impact of it governance on project performance,” *Information & Management*, vol. 48, no. 7, pp. 213–220, 2011.
- [16] A. Basiri *et al.*, “Continuous testing in devops: State of the practice and research challenges,” *IEEE Software*, vol. 37, no. 4, pp. 46–52, 2020.
- [17] E. Soares, G. Sizilio, J. Santos, D. Alencar, and U. Kulesza, “The effects of continuous integration on software development: A systematic literature review,” *arXiv*, 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2103.05451>
- [18] D. Rafi *et al.*, “Impact of shift-left testing on software quality: An empirical study,” *Journal of Systems and Software*, vol. 174, p. 110886, 2021.
- [19] A. R. Patel and A. Tyagi, “The state of test automation in devops: A systematic literature review,” in *Proc. 2022 Int. Conf. Innovation and Intelligence for Informatics, Computing, and Technologies*, 2022.
- [20] C. Onita, “Alignment between it and business: A study of information systems projects success,” *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 1, pp. 56–65, 2007.
- [21] A. Cater-Steel, “Process improvement in it service management: A study of success factors in itil implementations in australia,” in *Proc. 14th European Conf. on Information Systems (ECIS)*, 2006, pp. 1–14.
- [22] Market Research Future, “Software testing outsourcing market research report—global forecast 2025–2034,” Market Research Future, Tech. Rep., 2025.
- [23] P. Offermann, S. Blom, M. Schönherr, and U. Bub, “Outline of a design science research process,” in *Proc. 4th Int. Conf. Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST)*, 2009.