



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ**

CARRERA DE SOFTWARE

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PLATAFORMA EDUCATIVA AUTOMATIZADA PARA LA
GESTIÓN DE CURSOS, TAREAS Y CALIFICACIONES,
APLICADA A LA UNIDAD EDUCATIVA JESÚS MARÍA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMA DE INFORMACIÓN APLICADO A LA EDUCACIÓN

**PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO EN SOFTWARE**

AUTOR

**JOHANNES CAROFILIS VELIZ
JOSE MANUEL TERÁN SANDOVAL**

TUTOR

ING. SONIA SHIRLEY GARCÍA CAICEDO, MSC

PORTOVIEJO, ABRIL 2026

Certificación del Tutor

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

En la ciudad de Portoviejo a los veinticinco días del mes de marzo de dos mil veinte y seis.

Ing. Sonia García, M.Sc.

CI: 1310948185

Tutora

2026

Acta de aprobación del Tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

En la ciudad de Portoviejo a los veinticinco días del mes de marzo de dos mil veinte y seis.

Ing. Jose Naranjo, M.Eng.

CI: 1003528674

Lector Revisor 1

Ing. Josselyn Gómez, M.Sc.

CI: 1315046498

Lectora Revisora 2

Ing. Sonia García, M.Sc.

CI: 1310948185

Tutora

Declaración de Originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

En la ciudad de Portoviejo a los veinticinco días del mes de marzo de dos mil veinte y seis.

Johannes Carofilis Veliz

CI: 1316229739

Autor

Jose Manuel Terán Sandoval

CI: 1251134936

Autor

Declaración de Derecho del Autor

Autorizamos a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de nuestros resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente, autorizamos el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información a los autores de este trabajo.

En la ciudad de Portoviejo a los veinticinco días del mes de marzo de dos mil veinte y seis.

Johannes Carofilis Veliz

CI: 1316229739

Autor

Jose Manuel Terán Sandoval

CI: 1251134936

Autor

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi padre y a mi madre, dos personas que me lo han dado todo y más. Con amor incondicional y libertad, siempre han sido el suelo firme y a la vez suave en el que he podido apoyarme cuando he cometido errores. Me han brindado el respaldo necesario para vivir y crecer de la manera que he elegido, y a ellos les debo profundamente lo que soy. Siempre serán mi mayor ejemplo de lo que significa el amor verdadero y una fuente constante de inspiración en mi vida. - Jose Terán

Dedico este trabajo a mi madre, mi padre, mi hermana y mis abuelos, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida.

De ellos no solo he recibido amor y apoyo incondicional, sino también valores esenciales como el amor por el conocimiento, el compromiso con el servicio hacia los demás y la empatía.

Han sido figuras clave en mi formación y un ejemplo constante de desarrollo y perseverancia, lo que me ha permitido convertirme en la persona que soy hoy. - Johannes Carofilis

Agradecimientos

Agradezco a mis compañeros de curso, a quienes considero mis hermanos, por haber compartido conmigo esta etapa tan importante de mi vida. A mi pareja, por ser mi apoyo incondicional, mi confianza y mi inspiración para construir un futuro juntos. A la Ing. Sonia Shirley García, coordinadora de la carrera de Software, por su dedicación y esfuerzo en mejorar nuestra formación académica y escuchar a los estudiantes. A la ciudad de Portoviejo y a la gente manabita, por su calidez y por hacerme sentir acogido incluso lejos de mi hogar. Finalmente, a todas las personas que han contribuido al avance del conocimiento humano, especialmente a la comunidad del software libre, cuyo trabajo colaborativo impulsa el desarrollo tecnológico y me inspira como futuro profesional. - Jose Terán

Agradezco a mi compañero de tesis por haber sido parte fundamental de este proceso, compartiendo cada etapa y desafío a lo largo del camino.

A mis compañeros de carrera, quienes han sido un ejemplo constante de compañerismo, colaboración y apoyo mutuo. A la Ing. Sonia Shirley García, coordinadora de la carrera de Ingeniería en Software, por su compromiso, esfuerzo y responsabilidad con la formación de sus estudiantes, contribuyendo no solo a mi desarrollo profesional, sino también personal.

Finalmente, agradezco a todos los filósofos, ingenieros, investigadores y a cada persona que ha aportado al progreso de la sociedad. Su legado, transmitido de generación en generación, ha hecho posible no solo este trabajo, sino también nuestra formación como individuos. - Johannes Carofilis

Resumen

La digitalización de los procesos académicos representa un desafío para las instituciones educativas, especialmente cuando la gestión de cursos, tareas y calificaciones se realiza mediante herramientas dispersas o procedimientos manuales, lo que genera duplicación de información, dificultades en el seguimiento académico y mayor carga administrativa. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar e implementar un prototipo de plataforma basada en una arquitectura multitenant para optimizar la gestión académica en la Unidad Educativa Particular “Jesús María”, con el fin de analizar cómo la implementación de una plataforma educativa automatizada influye en la eficiencia de la gestión académica. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con predominio cualitativo y apoyo cuantitativo descriptivo, mediante encuestas, entrevistas, observación directa y revisión documental, bajo un diseño no experimental, transversal y de estudio de caso. El prototipo fue construido mediante un enfoque iterativo e incremental, integrando una arquitectura monolítica con soporte multitenant que permite el aislamiento lógico de la información y la centralización de procesos académicos mediante módulos diferenciados por roles institucionales. Los resultados evidencian una mejora en la organización de la información, una reducción en la duplicación de registros y una disminución en los tiempos de gestión administrativa, donde la mayoría de los participantes reportó realizar tareas en menos de 30 minutos. Se concluye que el sistema contribuye a mejorar la eficiencia de la gestión académica al centralizar información, reducir el retrabajo y facilitar el acceso a datos actualizados, demostrando además la viabilidad técnica de la arquitectura multitenant como base para soluciones escalables en contextos educativos.

Palabras clave: plataforma educativa, arquitectura multitenant, gestión académica, sistema educativo digital, prototipo de software.

Abstract

The digitization of academic processes represents a challenge for educational institutions, particularly when course management, assignments, and grading are handled through fragmented tools or manual procedures, resulting in data duplication, difficulties in academic monitoring, and increased administrative workload. In this context, the present study aimed to develop and implement a prototype platform based on a multitenant architecture to optimize academic management at the private educational institution “Jesús María,” with the purpose of analyzing how the implementation of an automated educational platform influences the efficiency of academic management. The research was conducted using a mixed-methods approach, with a qualitative emphasis supported by descriptive quantitative data, employing surveys, interviews, direct observation, and document review under a non-experimental, cross-sectional case study design. The prototype was developed through an iterative and incremental approach, integrating a monolithic architecture with multitenant support that enables logical data isolation and the centralization of academic processes through modules differentiated by institutional roles. The results demonstrate improvements in information organization, a reduction in record duplication, and decreased administrative processing times, with the majority of participants reporting task completion within less than 30 minutes. It is concluded that the system enhances the efficiency of academic management by centralizing information, reducing rework, and facilitating access to up-to-date data. Furthermore, the findings demonstrate the technical feasibility of multitenant architecture as a foundation for scalable solutions in educational contexts.

Keywords: educational platform, multitenant architecture, academic management, digital education system, software prototype

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
Contexto y justificación	3
Planteamiento del problema	5
Objetivos de investigación	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Preguntas de investigación	7
Pregunta principal	7
Preguntas específicas	7
Alcance de la investigación	8
2. Método	10
Diseño de investigación	10
Supuesto de investigación	12
Población y muestra	13
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
Metodología	15
Análisis de datos	18

Consideraciones éticas	19
Procedimiento	20
Levantamiento de requerimientos	22
Diseño de prototipo	30
Desarrollo del software	44
Despliegue del prototipo	47
Validación del prototipo	50
Control de calidad y pruebas del prototipo	51
Evaluación del prototipo en el entorno institucional	57
3. Resultados	61
Mapa de empatía	61
Encuestas pre y post implementación	62
Resultados cuantitativos pre-implementación	64
Resultados cuantitativos post-implementación	66
Entrevista pre y post implementación	67
Resultados cualitativos pre-implementación	68
Resultados cualitativos post-implementación	69
Rendimiento y aseguramiento de la calidad	71
Rendimiento del sistema	71
Pruebas de aseguramiento de la calidad	75
4. Discusión	78

Análisis de la pregunta principal	78
Discusión de las preguntas específicas	79
Necesidades, limitaciones y problemáticas de los procesos actuales	79
Características funcionales y técnicas del prototipo	80
Percepción sobre la utilidad, usabilidad y pertinencia del sistema	80
Escalabilidad y aportes de la arquitectura <i>multitenant</i>	81
Discusión integrada de los resultados	81
Limitaciones metodológicas	83
Síntesis de la discusión	83
5. Conclusiones	84
Referencias bibliográficas	90

Lista de Figuras

1.	<i>Proceso metodológico para el desarrollo del prototipo</i>	21
2.	<i>Mapa de empatía del rol docente/tutor</i>	28
3.	<i>Estructura modular para la definición de flujos e interfaces</i>	31
4.	<i>Arquitectura general de la plataforma educativa.</i>	34
5.	<i>Arquitectura monolítica del sistema desarrollado.</i>	34
6.	<i>Arquitectura multitenant implementada para el prototipo.</i>	35
7.	<i>Representación de entidades académicas y sus relaciones.</i>	39
8.	<i>Síntesis del mapa de empatía del rol docente/tutor.</i>	62
9.	<i>Tiempo de respuesta en la creación masiva de personal institucional</i>	72
10.	<i>Tiempo de respuesta en la creación masiva de estudiantes de bachillerato</i>	73
11.	<i>Tiempo de respuesta en la carga de la vista de un curso académico</i>	75
12.	<i>Prototipo de bajo nivel de la interfaz de inicio de sesión.</i>	135
13.	<i>Prototipo de bajo nivel de la interfaz de gestión de cursos.</i>	136
14.	<i>Panel principal y perfil del administrador.</i>	141
15.	<i>Gestión de periodos académicos.</i>	142
16.	<i>Gestión de cursos académicos.</i>	142
17.	<i>Visualización de cursos y su relación con periodos académicos.</i>	143

18.	<i>Gestión de materias académicas.</i>	143
19.	<i>Gestión de clases.</i>	144
20.	<i>Gestión de estudiantes.</i>	144
21.	<i>Carga masiva y visualización de estudiantes.</i>	145
22.	<i>Gestión de personal docente.</i>	145
23.	<i>Carga masiva y visualización de personal docente.</i>	146
24.	<i>Configuración curricular y asignación de estructura académica.</i>	146
25.	<i>Gestión de plantillas académicas.</i>	147
26.	<i>Gestión de clases y estudiantes.</i>	148
27.	<i>Registro y visualización de calificaciones.</i>	149
28.	<i>Creación de actividades académicas.</i>	149
29.	<i>Reportes académicos generales e individuales.</i>	150
30.	<i>Visualización detallada y estadísticas académicas.</i>	150
31.	<i>Detalle de información académica del estudiante.</i>	151
32.	<i>Visualización de clases del estudiante.</i>	152
33.	<i>Consulta de calificaciones.</i>	153
34.	<i>Visualización del progreso académico.</i>	153
35.	<i>Detalle de información académica del estudiante.</i>	154

Lista de Tablas

1.	Iteraciones del desarrollo del prototipo	16
2.	Requerimientos funcionales del sistema	24
3.	Requerimientos no funcionales del sistema	26
4.	Historia de usuario: creación de usuario por administrador	29
5.	Trazabilidad entre requerimientos funcionales e historias de usuario	30
6.	Resumen de casos de prueba planificados para la validación técnica del prototipo .	54
7.	Comparación de resultados cuantitativos pre y post implementación	64
8.	Síntesis cuantitativa de resultados pre-implementación	66
9.	Síntesis cuantitativa de resultados post-implementación	67
10.	Comparación de resultados cualitativos pre y post implementación	71
11.	<i>Resultados de las pruebas de aseguramiento de la calidad</i>	77
12.	Bitácora de ejecución de pruebas del prototipo	120
13.	Pruebas de usabilidad por rol	134
14.	Historia de usuario: gestión de estructura académica	137
15.	Historia de usuario: gestión académica del docente/tutor	138
16.	Historia de usuario: consulta de información académica del estudiante	139
17.	Historia de usuario: supervisión institucional	140

Lista de Apéndices

- Apéndice A. Cuestionario post-implementación
- Apéndice B. Cuestionario pre-implementación
- Apéndice C. Guion de entrevista pre-implementación
- Apéndice D. Guion de entrevista post-implementación
- Apéndice E. Mapa de empatía del rol docente/tutor
- Apéndice F. Arquitectura de la plataforma
- Apéndice G. Diagrama entidad-relación
- Apéndice H. Consentimiento informado
- Apéndice I. Repositorio del sistema
- Apéndice J. Bitácora de ejecución de pruebas
- Apéndice K. Casos de prueba detallados
- Apéndice L. Pruebas de usabilidad por rol
- Apéndice M. Prototipos de bajo nivel
- Apéndice N. Historias de usuario
- Apéndice O. Evidencias visuales del módulo administrador complementarias

Introducción

La transformación digital ha generado cambios profundos en los sistemas educativos contemporáneos, especialmente en la forma en que las instituciones gestionan la información académica y apoyan los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, las plataformas educativas digitales han adquirido un papel relevante al facilitar la organización de cursos, el seguimiento del progreso estudiantil y la comunicación entre los actores del proceso educativo. Diversos estudios destacan que el uso de estas plataformas contribuye a mejorar la gestión educativa y fortalecer los procesos formativos mediante el uso de herramientas tecnológicas (Aguirre et al., 2025; Aljawarneh, 2020; Loor Pinargote et al., 2025; Zaruma, 2024).

Los sistemas de gestión académica permiten centralizar información relevante como cursos, tareas, evaluaciones y desempeño estudiantil, lo que facilita el acceso a datos institucionales y mejora la toma de decisiones pedagógicas. Sin embargo, numerosas instituciones educativas aún utilizan herramientas aisladas o procedimientos manuales para gestionar información académica, lo que dificulta la eficiencia administrativa y limita la capacidad de monitorear el desempeño estudiantil de manera oportuna. Según el *Global Education Monitoring Report* de la UNESCO, aunque el acceso a tecnologías digitales ha aumentado en las últimas décadas, la integración efectiva de estas herramientas en los procesos educativos sigue siendo limitada en muchos sistemas educativos. El informe advierte que, en diversos contextos educativos, las soluciones tecnológicas implementadas suelen utilizarse de forma fragmentada y sin integración entre sí, lo que reduce su potencial para mejorar la gestión institucional y el aprovechamiento de la información académica. Asimismo, el reporte señala que solo alrededor del 50 % de los países dispone de políticas o marcos regulatorios claros para orientar la integración de tecnologías digitales en educación, lo que evidencia que la digitalización educativa continúa siendo un

proceso en desarrollo a nivel global (UNESCO, 2023). Estas limitaciones generan problemas como duplicidad de registros, falta de trazabilidad en los procesos académicos y mayor carga administrativa para el personal docente.

En el contexto latinoamericano, diversas investigaciones han evidenciado que la fragmentación de sistemas tecnológicos y la limitada integración de plataformas educativas continúan representando un desafío para la gestión institucional (González Ciriaco, 2024). A pesar de la existencia de soluciones tecnológicas orientadas a la gestión educativa, muchas de ellas presentan limitaciones relacionadas con la escalabilidad, la flexibilidad tecnológica y la adaptación a distintos contextos institucionales.

La Unidad Educativa Jesús María enfrenta desafíos similares a los descritos en la literatura.

Actualmente, varios procesos académicos relacionados con la gestión de cursos, tareas y calificaciones se realizan mediante herramientas dispersas o procedimientos manuales.

Investigaciones previas indican que la ausencia de sistemas integrados puede generar inconsistencias en los registros académicos, sobrecarga administrativa para el personal docente y dificultades en el seguimiento del desempeño estudiantil (Loor, 2022; Vidal, 2025).

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que permitan integrar los procesos académicos dentro de una plataforma centralizada y eficiente. En este sentido, el diseño de arquitecturas tecnológicas adecuadas constituye un aspecto relevante para garantizar la organización de los datos, la sostenibilidad tecnológica del sistema y la posibilidad de escalar la solución en contextos educativos similares (Bautista Villegas et al., 2024; IBM, 2024a).

A pesar del creciente interés por el uso de plataformas digitales en educación, la literatura científica evidencia que muchos estudios se centran principalmente en analizar herramientas educativas desde perspectivas pedagógicas o de adopción tecnológica. A pesar del creciente interés por el uso de plataformas digitales en educación, la literatura científica evidencia que muchos estudios se centran principalmente en el análisis de herramientas educativas desde

perspectivas pedagógicas o de adopción tecnológica. Sin embargo, existe una limitada evidencia empírica relacionada con el desarrollo, implementación y validación de plataformas educativas orientadas específicamente a la digitalización de procesos institucionales en contextos reales. Esta ausencia de estudios aplicados evidencia una brecha en la investigación, particularmente en el ámbito de la ingeniería de software, donde aún es necesario evaluar cómo las decisiones arquitectónicas y el diseño de sistemas influyen en la eficiencia de la gestión académica.

En este contexto, el desarrollo de plataformas educativas se presenta como una alternativa viable para apoyar los procesos de digitalización institucional. Estas plataformas permiten integrar la gestión de cursos, tareas y calificaciones dentro de un entorno digital centralizado, facilitando el acceso a la información académica y reduciendo la carga administrativa asociada a procesos manuales. Desde el punto de vista de la ingeniería de software, el diseño de la arquitectura del sistema constituye un aspecto relevante para garantizar la organización de los datos y la sostenibilidad tecnológica de la solución propuesta.

Este capítulo presenta el contexto que fundamenta la investigación, el planteamiento del problema, los objetivos del estudio y las preguntas de investigación que orientan el desarrollo del proyecto.

Contexto y justificación

La digitalización educativa se ha convertido en un componente fundamental para mejorar la gestión institucional y fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. El uso de plataformas digitales permite automatizar tareas administrativas, facilitar el acceso a la información académica y mejorar la comunicación entre docentes, estudiantes y personal administrativo (UNESCO, 2023).

A pesar de estos avances, diversas investigaciones indican que muchas instituciones educativas latinoamericanas aún presentan limitaciones en la integración de tecnologías digitales. Estas

limitaciones se relacionan con la existencia de sistemas fragmentados, registros manuales y ausencia de plataformas centralizadas que permitan gestionar de forma eficiente los procesos académicos (Loor, 2022; Zaruma, 2024). Como consecuencia, la gestión de información institucional se vuelve más compleja y propensa a errores administrativos.

En este contexto, el desarrollo de plataformas educativas orientadas a la gestión institucional se presenta como una alternativa para mejorar la organización de la información académica y reducir la carga administrativa asociada a procesos manuales. La implementación de sistemas digitales permite centralizar registros académicos, facilitar la generación de reportes institucionales y mejorar el seguimiento del desempeño estudiantil. Desde la perspectiva tecnológica, el diseño arquitectónico del sistema constituye un componente relevante para garantizar la correcta organización de los datos y la sostenibilidad de la solución implementada (Bautista Villegas et al., 2024; IBM, 2024a).

De manera complementaria, el uso de analíticas de aprendizaje permite transformar los datos educativos en información útil para mejorar los procesos pedagógicos. Estas analíticas permiten identificar patrones de aprendizaje, evaluar el desempeño estudiantil y apoyar la toma de decisiones educativas basadas en evidencia (Gašević et al., 2018; Siemens & Baker, 2012).

En el caso de la Unidad Educativa Jesús María, la ausencia de una plataforma tecnológica integrada limita la eficiencia de los procesos académicos y administrativos. La institución carece de un sistema que permita centralizar la gestión de cursos, tareas y calificaciones, lo que dificulta el seguimiento del desempeño estudiantil y la generación de reportes académicos.

Desde una perspectiva científica y tecnológica, esta investigación aporta evidencia empírica sobre la implementación de plataformas educativas en contextos institucionales reales. A diferencia de estudios que analizan plataformas educativas desde perspectivas teóricas o descriptivas, el presente trabajo desarrolla y valida un prototipo funcional aplicado a una institución educativa específica. De esta manera, el estudio contribuye a la literatura sobre digitalización educativa mediante la evaluación de un modelo de digitalización institucional basado en una plataforma

tecnológica orientada a la gestión de cursos, tareas y calificaciones.

Planteamiento del problema

La Unidad Educativa Jesús María no dispone actualmente de una plataforma tecnológica unificada que permita gestionar de manera eficiente los procesos académicos y administrativos.

La ausencia de un sistema integrado dificulta la gestión de cursos, tareas, calificaciones y comunicación institucional.

Diversos estudios indican que la falta de integración tecnológica en instituciones educativas genera sobrecarga administrativa para los docentes, inconsistencias en los registros académicos y dificultades en el seguimiento del desempeño estudiantil (Vidal, 2025; Zaruma, 2024). Estas problemáticas afectan directamente la eficiencia de la gestión educativa y limitan la capacidad de las instituciones para utilizar la información académica en procesos de mejora institucional.

En el contexto institucional, la gestión académica involucra a 20 miembros del personal entre docentes y administrativos. A partir del diagnóstico realizado, se identificó que gran parte de estos procesos se ejecutan de forma manual o mediante herramientas no integradas, lo que implica tiempos de gestión que oscilan entre 15 y 60 minutos por actividad, dependiendo del tipo de registro académico. Esta situación incrementa la carga operativa del personal y dificulta la consolidación oportuna de la información institucional.

En el mercado ecuatoriano existen diversas plataformas orientadas a la gestión educativa, entre las que destacan soluciones como Runachay e Idukay. Estas plataformas ofrecen funcionalidades relacionadas con la gestión académica, la comunicación entre instituciones y familias, así como la administración de información institucional. Según la información proporcionada por sus sitios oficiales, dichas plataformas buscan centralizar procesos académicos, administrativos y de comunicación dentro de un entorno digital integrado (Idukay, 2025; Runachay, 2025).

No obstante, la información técnica disponible sobre estas soluciones es limitada. La

documentación pública describe principalmente los servicios ofrecidos y los ejes funcionales de las plataformas, pero no detalla aspectos técnicos relevantes como la arquitectura del sistema, los modelos de gestión de datos o las metodologías utilizadas para apoyar procesos de digitalización institucional. Esta falta de información técnica dificulta realizar comparaciones detalladas desde una perspectiva de ingeniería de software. En este sentido, aunque estas plataformas abordan la gestión académica desde un enfoque funcional, no evidencian de manera explícita cómo sus decisiones arquitectónicas contribuyen a procesos de digitalización institucional en contextos específicos, lo que limita su análisis desde una perspectiva de ingeniería de software.

Esta situación evidencia una brecha entre las necesidades actuales de gestión académica y las soluciones tecnológicas disponibles. Por ello, resulta pertinente desarrollar un prototipo de plataforma educativa que permita integrar los procesos académicos en un sistema centralizado orientado a mejorar la eficiencia de la gestión institucional.

Objetivos de investigación

Objetivo general

Desarrollar e implementar un prototipo de plataforma educativa automatizada para la gestión de cursos, tareas y calificaciones en la Unidad Educativa Jesús María, con el fin de mejorar la centralización de la información académica mediante la integración de registros en un sistema unificado y reducir los tiempos administrativos asociados a dichos procesos en al menos un porcentaje medible a partir de la comparación entre la gestión manual y el uso del sistema.

Objetivos específicos

- Analizar los procesos actuales de gestión académica en la Unidad Educativa Jesús María, identificando limitaciones en la administración de cursos, registro de tareas y gestión de calificaciones mediante entrevistas, encuestas y revisión documental, así como

cuantificando los tiempos promedio de ejecución de estas actividades.

- Diseñar una arquitectura de software basada en un modelo *multitenant* que permita organizar de forma estructurada la información académica, garantizando la integridad, escalabilidad y gestión eficiente de los datos institucionales.
- Implementar un prototipo funcional de la plataforma educativa que centralice la gestión de cursos, tareas y calificaciones, permitiendo automatizar procesos académicos y reducir la duplicidad de registros.
- Evaluar el impacto del prototipo mediante la comparación de tiempos administrativos antes y después de su implementación, así como analizar la usabilidad y aceptación del sistema a través de indicadores como facilidad de uso, utilidad percibida y satisfacción del usuario.

Preguntas de investigación

Pregunta principal

¿En qué medida el desarrollo e implementación de un prototipo de plataforma educativa mejora la eficiencia de la gestión académica en la Unidad Educativa Jesús María, en términos de centralización de la información y reducción de los tiempos administrativos?

Preguntas específicas

- ¿Cuáles son las principales limitaciones y problemáticas presentes en los procesos actuales de gestión de cursos, tareas y calificaciones, y cuáles son los tiempos promedio asociados a estas actividades?
- ¿Qué características funcionales y técnicas, incluyendo la arquitectura *multitenant*, permiten mejorar la administración de procesos académicos y garantizar la escalabilidad del sistema?

- ¿En qué medida el uso del prototipo reduce los tiempos administrativos en comparación con los procesos manuales actuales?
- ¿Cuál es el nivel de usabilidad y aceptación del sistema por parte de docentes y personal administrativo, medido a través de indicadores de facilidad de uso, utilidad percibida y satisfacción?

Alcance de la investigación

La presente investigación se orienta al desarrollo e implementación de un prototipo de plataforma educativa automatizada aplicado a la Unidad Educativa Jesús María. El objetivo del sistema es apoyar el proceso de digitalización de la gestión académica institucional, reemplazando procedimientos manuales o herramientas dispersas mediante una plataforma centralizada que permita registrar, organizar y consultar información académica de forma estructurada.

El alcance funcional del prototipo se centra específicamente en la gestión de cursos, el registro y seguimiento de tareas académicas y la administración de calificaciones. Para ello, el sistema incorpora roles diferenciados para administradores, docentes y estudiantes, permitiendo gestionar periodos académicos, cursos, materias, usuarios y evaluaciones dentro de un entorno digital unificado.

Desde el punto de vista técnico, el prototipo fue desarrollado utilizando tecnologías web modernas basadas en el framework Next.js y desplegado mediante infraestructura serverless. Esta decisión tecnológica permitió acelerar el desarrollo y facilitar la implementación del sistema dentro del contexto institucional evaluado.

La evaluación del prototipo se realiza en el contexto de la Unidad Educativa Jesús María mediante encuestas, entrevistas y observación del uso del sistema por parte de docentes y personal administrativo, con el fin de analizar su utilidad percibida, facilidad de uso y contribución a la organización de los procesos académicos.

Finalmente, la investigación se limita al desarrollo y validación de un prototipo funcional aplicado a una sola institución educativa.

Método

El presente capítulo describe el enfoque metodológico aplicado en la investigación y el método seguido para el desarrollo y la evaluación del prototipo de la plataforma educativa automatizada. En concordancia con la naturaleza aplicada del trabajo de titulación en Ingeniería de Software, el capítulo se organizó en dos componentes metodológicos complementarios.

El primer componente corresponde al método de desarrollo del sistema, el cual incluyó el levantamiento de información institucional, la definición de requerimientos y las decisiones técnicas adoptadas para el diseño e implementación del prototipo. En este componente se detallan la arquitectura del sistema, el stack tecnológico utilizado, el modelo *multitenant* implementado y el proceso de construcción del software.

El segundo componente describe el método de evaluación del prototipo, orientado a analizar su funcionamiento y la percepción de uso en un entorno institucional real. Para ello, se emplearon técnicas de recolección de datos como encuestas, entrevistas, observación directa y revisión documental, con el fin de recopilar información sobre los procesos académicos y la experiencia de los usuarios.

Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos con predominio cualitativo. Este enfoque fue seleccionado debido a la necesidad de comprender, por un lado, las percepciones, experiencias y problemáticas de los actores institucionales en relación con la gestión académica (componente cualitativo), y por otro, medir de manera objetiva cambios en indicadores como tiempos administrativos, niveles de aceptación

y usabilidad del sistema (componente cuantitativo).

El enfoque mixto permitió integrar la interpretación contextual del problema con evidencia empírica medible, lo cual resulta pertinente en investigaciones aplicadas en ingeniería de software donde se requiere tanto construir soluciones tecnológicas como evaluar su impacto en entornos reales.

En cuanto a su finalidad, la investigación fue de tipo aplicada, ya que estuvo orientada a atender una necesidad concreta de la Unidad Educativa Jesús María mediante el desarrollo e implementación de un prototipo de plataforma educativa automatizada. Este tipo de investigaciones es frecuente en proyectos de ingeniería de software orientados a la construcción y validación de soluciones tecnológicas en contextos reales de uso (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Su alcance fue descriptivo, debido a que buscó caracterizar los procesos académicos y administrativos existentes, así como describir la percepción de los usuarios respecto al funcionamiento y utilidad del sistema desarrollado.

Respecto a su diseño, el estudio fue no experimental, puesto que los fenómenos analizados se observaron en su contexto natural sin manipulación deliberada de variables. Asimismo, tuvo un corte transversal, dado que la recolección de datos se realizó en un periodo específico durante las fases de diagnóstico, implementación y evaluación del prototipo.

Finalmente, se configuró como un estudio de caso, debido a que se centró en una sola institución educativa, la Unidad Educativa Jesús María, con el propósito de analizar de manera contextualizada sus necesidades de gestión académica y administrativa y valorar la aplicabilidad del sistema en un entorno real.

La elección de este diseño metodológico fue pertinente porque permitió articular dos dimensiones complementarias del estudio: por una parte, el desarrollo técnico del prototipo desde una perspectiva aplicada de ingeniería de software; y por otra, su evaluación funcional y perceptual en el entorno institucional. De esta manera, el enfoque adoptado facilitó tanto la

construcción de la solución tecnológica como la interpretación de su utilidad, usabilidad y pertinencia en el contexto de uso.

Es importante precisar que el presente trabajo articula dos dimensiones metodológicas complementarias. Por un lado, se adopta un diseño de investigación orientado al diagnóstico institucional, la recolección de información empírica y la evaluación del prototipo mediante instrumentos como encuestas, entrevistas, observación directa y revisión documental. Por otro lado, el estudio incorpora un proceso de ingeniería de software destinado al análisis de requerimientos, diseño, implementación, pruebas y despliegue del sistema desarrollado.

Esta integración entre investigación aplicada y desarrollo de software es habitual en trabajos de ingeniería, donde el prototipo tecnológico constituye el medio mediante el cual se explora, valida y evalúa una solución frente al problema identificado en el contexto real de la organización estudiada.

Supuesto de investigación

La investigación parte del supuesto de que la implementación de una plataforma educativa automatizada basada en una arquitectura centralizada contribuye significativamente a mejorar la eficiencia de la gestión académica, mediante la reducción de tiempos administrativos, la disminución de duplicidad de registros y la mejora en el acceso a información académica actualizada.

En términos analíticos, se asume que la variable independiente corresponde a la implementación del sistema (plataforma educativa automatizada), mientras que las variables dependientes incluyen la eficiencia administrativa, la centralización de la información y la percepción de usabilidad por parte de los usuarios.

Bajo este supuesto, el desarrollo y evaluación del prototipo permiten analizar la relación entre la solución tecnológica propuesta y su impacto en los procesos académicos de la institución.

Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por el personal de la Unidad Educativa Jesús María involucrado en los procesos académicos y administrativos relacionados con la gestión de cursos, tareas y calificaciones. Estos actores corresponden a los roles institucionales que interactúan directamente con el sistema propuesto y cuya experiencia resulta relevante para evaluar su funcionamiento en un entorno real.

En total, la población institucional directamente vinculada a estos procesos estuvo compuesta por 21 personas: una administradora (rectora de la institución), ocho docentes, siete tutores, tres directivos o coordinadores y dos miembros del personal administrativo.

Debido a que el número de participantes era reducido y accesible, la selección de participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando la pertinencia de cada actor en función del instrumento aplicado.

En el caso de la encuesta, la muestra estuvo integrada por 20 participantes del personal institucional, incluyendo docentes, tutores, directivos y personal administrativo. Por su parte, la entrevista semiestructurada se aplicó de manera específica a la administradora de la institución, en su calidad de autoridad institucional y actor clave para la comprensión del contexto de gestión académica y administrativa.

Los criterios de inclusión consideraron a miembros del personal institucional que desempeñaban alguno de los roles definidos dentro del sistema y que participaron activamente en las fases de diagnóstico, implementación o evaluación del prototipo. Por el contrario, se excluyó al personal que no interactuó con la plataforma o que no estaba vinculado directamente con los procesos académicos o administrativos analizados.

Esta selección permitió recoger información desde distintas perspectivas institucionales, fortaleciendo la evaluación del funcionamiento del sistema y su aplicabilidad en el contexto académico-administrativo de la institución.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de información se emplearon diversas técnicas que permitieron obtener datos cualitativos y cuantitativos relacionados con los procesos académicos y administrativos de la institución, así como con la evaluación del prototipo desarrollado.

Encuesta estructurada. Se aplicó una encuesta al personal institucional participante en el estudio. El instrumento estuvo compuesto por preguntas cerradas organizadas mediante escalas tipo Likert de cinco niveles (desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo"), orientadas a evaluar dimensiones como facilidad de uso del sistema, satisfacción general, claridad en la organización de la información y percepción sobre la reducción de la carga administrativa. La encuesta también incluyó preguntas de estimación de tiempo relacionadas con la realización de tareas administrativas y preguntas abiertas para recoger observaciones y sugerencias de mejora.

Entrevista semiestructurada. Se realizó una entrevista semiestructurada a la autoridad institucional (rectora), con el propósito de profundizar en la comprensión de los procesos académicos y administrativos de la institución, así como en la valoración del sistema propuesto. Para ello se utilizó una guía de preguntas orientadas a explorar problemáticas institucionales, necesidades tecnológicas y percepción sobre el impacto potencial de la plataforma educativa.

Observación directa. Se utilizó la técnica de observación directa de carácter no estructurado durante el desarrollo de los procesos académicos y administrativos de la institución. Esta técnica permitió identificar dinámicas de trabajo, flujo de información y dificultades operativas presentes en el manejo manual de registros académicos, así como analizar cambios en la organización de la información tras la implementación del sistema.

Revisión documental. La revisión documental consistió en el análisis de documentos institucionales utilizados en la gestión académica, tales como registros de calificaciones, formatos de seguimiento académico, reportes administrativos y otros documentos utilizados para el control de información estudiantil. Este análisis permitió comprender la estructura de los procesos

existentes y contrastarlos con las funcionalidades implementadas en el prototipo.

Las técnicas e instrumentos utilizados permitieron obtener información complementaria desde distintas perspectivas institucionales, contribuyendo tanto al diagnóstico inicial de los procesos académicos como a la evaluación del funcionamiento del sistema desarrollado.

Con el fin de garantizar la claridad y pertinencia de los instrumentos utilizados, las preguntas de la encuesta y la guía de entrevista fueron revisadas previamente mediante un proceso de validación de contenido, considerando su coherencia con los objetivos de la investigación y el contexto institucional de la Unidad Educativa Jesús María. Esta revisión permitió verificar la coherencia entre los ítems planteados y las dimensiones que se buscaban analizar, así como ajustar la redacción de las preguntas para facilitar su comprensión por parte de los participantes.

Adicionalmente, se evaluó la confiabilidad del instrumento de encuesta mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con el fin de verificar la consistencia interna de los ítems utilizados. El resultado de este análisis se presenta en la sección de resultados.

Metodología

La investigación se orientó a la construcción y evaluación de un prototipo de software en un contexto institucional real. Su desarrollo metodológico se ejecutó de manera secuencial, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas para el diagnóstico, la implementación y la evaluación del sistema.

El desarrollo del prototipo se apoyó en una metodología de prototipado con enfoque iterativo e incremental, adecuada para proyectos de ingeniería de software en los que la solución se construye progresivamente mediante versiones funcionales que se validan y ajustan a partir de la retroalimentación obtenida durante el proceso (Pressman & Maxim, 2020; Ries, 2011; Sommerville, 2020).

En este enfoque, las funcionalidades del sistema se implementan mediante ciclos sucesivos de

construcción, prueba y mejora continua, lo cual permite reducir riesgos durante el desarrollo y facilitar la validación temprana de las funcionalidades implementadas (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Con el fin de organizar el desarrollo del prototipo y facilitar la validación progresiva de sus funcionalidades, el proceso se estructuró en iteraciones de desarrollo, cada una orientada a implementar y validar un conjunto específico de funcionalidades del sistema.

Tabla 1

Iteraciones del desarrollo del prototipo

Iteración	Objetivo	Funcionalidades principales
Iteración 1	Configuración base del sistema	Implementación del módulo de autenticación, creación inicial de usuarios y definición del control de acceso por roles.
Iteración 2	Definición de la estructura académica	Implementación de la gestión de periodos académicos, cursos, materias y relaciones entre entidades institucionales.
Iteración 3	Gestión académica	Desarrollo de funcionalidades para consulta de cursos y materias asignadas, registro de información académica y seguimiento de estudiantes por parte del docente o tutor.
Iteración 4	Sistema de evaluación y consolidación	Implementación del sistema de calificación, cálculo de promedios y visualización de resultados académicos para docentes y estudiantes.
Iteración 5	Validación y despliegue del prototipo	Ejecución de pruebas funcionales, corrección de errores detectados y despliegue del prototipo en el entorno institucional para su evaluación.

Asimismo, el desarrollo mediante prototipos permite validar progresivamente las funcionalidades del sistema a partir de la retroalimentación obtenida durante su implementación y uso inicial, lo cual es consistente con enfoques de innovación y mejora continua en proyectos tecnológicos

(Ries, 2011).

En correspondencia con esta metodología de desarrollo basada en prototipado iterativo, el proceso de construcción del sistema se estructuró en las siguientes etapas:

1. **Diagnóstico institucional mediante entrevistas y encuestas.** En una primera etapa se realizó un levantamiento de información orientado a comprender los procesos académicos y administrativos de la institución. Para ello, se aplicó una entrevista semiestructurada a la autoridad institucional y una encuesta estructurada al personal docente, administrativo y directivo. Esta fase permitió identificar problemáticas, necesidades y condiciones operativas reales.
2. **Análisis y levantamiento de requerimientos.** A partir de la información recopilada, se identificaron y analizaron requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Los requerimientos fueron priorizados considerando su valor institucional y viabilidad dentro del alcance del prototipo, definiendo así las funcionalidades esenciales a implementar.
3. **Diseño conceptual y prototipado del sistema.** Con base en los requerimientos definidos, se elaboraron artefactos de diseño conceptual, incluyendo diagramas de flujo y prototipos de bajo nivel (wireframes). Esta etapa permitió modelar los flujos de interacción por rol, validar la coherencia de la experiencia de uso y reducir retrabajo antes de la implementación.
4. **Diseño de la base de datos.** Se diseñó el modelo de datos que soporta la estructura académica e institucional del sistema, considerando desde el inicio un enfoque *multitenant*. El diseño incluyó un modelo relacional para la información estructurada y un modelo flexible para el esquema de evaluación.
5. **Desarrollo del software.** El prototipo fue implementado mediante un enfoque iterativo e incremental, desarrollando progresivamente los módulos del sistema según los roles

institucionales definidos. Durante esta etapa se integraron las reglas de negocio, el control de acceso por roles y la restricción por *tenant*.

6. **Control de calidad y pruebas.** Conforme avanzó el desarrollo, se realizaron pruebas funcionales, de humo, exploratorias y regresivas, orientadas a verificar el correcto funcionamiento de los flujos principales, la estabilidad del sistema y el cumplimiento de los requerimientos implementados.
7. **Implementación del prototipo.** Una vez alcanzada una versión estable, el sistema fue desplegado en un entorno web accesible, configurando la infraestructura necesaria para su uso institucional. Esta etapa permitió ejecutar el prototipo en un entorno real de operación.
8. **Evaluación del prototipo en el entorno institucional.** Finalmente, se evaluó el prototipo mediante encuestas, entrevistas y validación de escenarios de uso por rol. Esta etapa permitió analizar la percepción de utilidad, la mejora en la gestión académica y administrativa, y el grado de aceptación del sistema por parte de los actores institucionales.

Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó mediante un enfoque mixto, articulando técnicas cualitativas y cuantitativas en función de los objetivos de la investigación.

En el componente cualitativo, se aplicó un análisis temático a la información obtenida mediante entrevistas, observación directa y respuestas abiertas de las encuestas. Este análisis se desarrolló mediante un proceso de codificación, categorización e identificación de patrones, orientado a interpretar percepciones relacionadas con la organización de la información, la carga administrativa, la usabilidad del sistema y la mejora de los procesos académicos.

En el componente cuantitativo, se empleó estadística descriptiva para el análisis de datos provenientes de escalas tipo Likert y estimaciones de tiempo. Se calcularon frecuencias, porcentajes y distribuciones de respuesta, permitiendo identificar tendencias en la percepción de

los usuarios y variaciones en los tiempos administrativos antes y después de la implementación del sistema.

No se aplicaron técnicas inferenciales debido al tamaño reducido de la muestra y al carácter exploratorio-aplicado del estudio, orientado a la validación funcional del prototipo en un contexto institucional específico.

Finalmente, se realizó una triangulación de datos, integrando los resultados cualitativos y cuantitativos para fortalecer la interpretación de los hallazgos y validar la coherencia entre percepción de los usuarios y evidencia empírica observada.

Consideraciones éticas

El desarrollo, implementación y evaluación del prototipo se realizaron bajo principios éticos fundamentales, garantizando el respeto a los derechos de los participantes y el uso responsable de la información gestionada por el sistema. El tratamiento de los datos personales se efectuó conforme a la normativa ecuatoriana vigente en materia de protección de datos, particularmente la Constitución de la República del Ecuador y la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, que reconocen el derecho de las personas a la protección de su información personal y establecen principios para su tratamiento responsable (Asamblea Constituyente, 2008; Asamblea Nacional del Ecuador, 2021).

Dado que el sistema gestiona información académica de estudiantes menores de edad, se consideraron además los principios establecidos en el Código de la Niñez y Adolescencia, garantizando el respeto al interés superior del niño, niña y adolescente y la confidencialidad de la información educativa (Congreso Nacional del Ecuador, 2003).

Adicionalmente, el diseño del sistema consideró principios de privacidad desde el diseño (*privacy by design*), orientados a incorporar mecanismos de protección de la información desde las primeras etapas del desarrollo del software (Cavoukian, 2011).

El presente estudio fue desarrollado en el marco de los principios éticos establecidos por el Comité de Ética de la Investigación en Seres Humanos de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (CEISH-PUCE), organismo institucional que regula la investigación con participantes humanos dentro del sistema universitario PUCE. El protocolo de investigación, los instrumentos de recolección de datos y el modelo de consentimiento informado fueron revisados y aprobados por la dirección del trabajo de titulación, conforme a los lineamientos institucionales vigentes (Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2025).

Asimismo, previo a la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, se informó a los participantes sobre el propósito de la investigación, el carácter académico del estudio, la confidencialidad de la información recopilada y el uso de los datos exclusivamente para fines investigativos. La participación se realizó de manera voluntaria, previa aceptación del consentimiento informado. El modelo de consentimiento utilizado en la investigación se presenta en el Apéndice 5.

Procedimiento

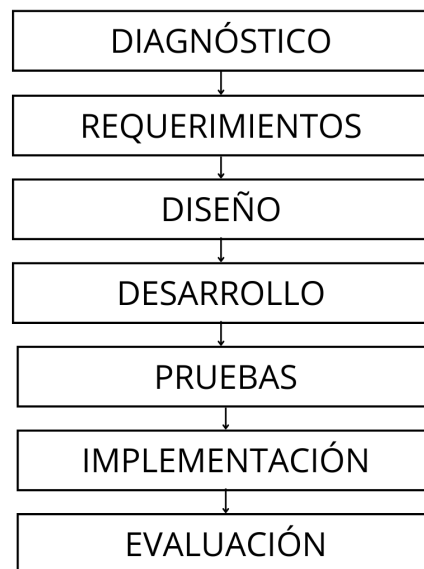
El procedimiento se desarrolló de forma secuencial, desde el diagnóstico institucional hasta la implementación del prototipo, operacionalizando la metodología definida y detallando las acciones realizadas durante el desarrollo del sistema.

1. **Diagnóstico institucional:** se recopiló información sobre los procesos académicos y administrativos mediante entrevistas, encuestas y observación directa, con el fin de identificar problemáticas y necesidades institucionales.
2. **Levantamiento y priorización de requerimientos:** a partir del diagnóstico, se identificaron y priorizaron los requerimientos funcionales y no funcionales, considerando su relevancia institucional y viabilidad técnica.
3. **Diseño del sistema:** se definió el diseño conceptual y técnico del sistema, elaborando

artefactos de diseño y estableciendo la arquitectura, el enfoque *multitenant* y la estructura general de la base de datos.

4. **Desarrollo del prototipo:** el sistema fue desarrollado de manera iterativa, implementando progresivamente los módulos priorizados y construyendo las funcionalidades definidas en los requerimientos.
5. **Pruebas del sistema:** se ejecutaron pruebas funcionales, de humo, exploratorias y regresivas con el fin de verificar la estabilidad del sistema, el cumplimiento de los requerimientos y el correcto funcionamiento de los flujos principales.
6. **Implementación del prototipo:** el sistema fue desplegado en el entorno institucional, configurando los datos iniciales y habilitando el acceso a los usuarios autorizados para su evaluación.

Figura 1. *Proceso metodológico para el desarrollo del prototipo*



Nota. El diagrama representa las etapas del proceso metodológico aplicado, desde el diagnóstico institucional hasta la evaluación del prototipo.

Como se muestra en la Figura 1, el proceso metodológico se estructuró en etapas secuenciales que abarcan desde el diagnóstico institucional hasta la evaluación del prototipo, permitiendo organizar de manera clara el desarrollo y validación del sistema.

Levantamiento de requerimientos

Previo al desarrollo del prototipo, se ejecutó un proceso de levantamiento y análisis de requerimientos con el objetivo de identificar necesidades reales de la Unidad Educativa Jesús María y definir las funcionalidades prioritarias del sistema. Este proceso se sustentó en la información obtenida mediante encuestas, entrevistas, observación directa y revisión documental, lo cual permitió comprender las dinámicas institucionales, los procesos académicos existentes y las principales dificultades asociadas a la gestión de información académica.

A partir de este análisis se identificaron necesidades relacionadas con la organización de la información, la gestión de usuarios, el registro de calificaciones y el seguimiento académico de estudiantes, las cuales fueron posteriormente formalizadas como requerimientos del sistema.

Requerimientos funcionales y no funcionales resultantes

Como resultado del levantamiento y análisis, los requerimientos se consolidaron en dos conjuntos: requerimientos funcionales (RF), relacionados con las capacidades del sistema por módulo funcional, y requerimientos no funcionales (RNF), asociados a condiciones de calidad, seguridad y operación necesarias para su uso en un entorno educativo real.

Requerimientos funcionales (RF)

Con el fin de orientar el desarrollo del prototipo y facilitar la planificación de funcionalidades, los requerimientos funcionales fueron organizados por módulos del sistema y clasificados según su nivel de prioridad.

La priorización se estableció considerando la importancia de cada funcionalidad para el

funcionamiento del sistema y su impacto en los procesos académicos institucionales. Se definieron tres niveles de prioridad:

- **Alta:** funcionalidades esenciales para el funcionamiento básico del sistema.
- **Media:** funcionalidades importantes que complementan la operación principal.
- **Baja:** funcionalidades adicionales que pueden incorporarse sin afectar la operación central del sistema.

Tabla 2
Requerimientos funcionales del sistema

Código	Módulo	Descripción	Prioridad
Módulo de autenticación			
RF-01	Autenticación	Permitir el inicio de sesión mediante credenciales asignadas por el administrador.	Alta
RF-02	Autenticación	Restringir el acceso a vistas y operaciones según el rol del usuario.	Alta
RF-03	Autenticación	Gestionar sesiones activas y permitir el cierre de sesión.	Media
Módulo de administración			
RF-04	Administración	Gestionar periodos académicos y su configuración general.	Alta
RF-05	Administración	Gestionar cursos o paralelos y su asociación a periodos académicos.	Alta
RF-06	Administración	Gestionar materias y su asociación a cursos y periodos.	Alta
RF-07	Administración	Gestionar usuarios (docentes, tutores y estudiantes) y asignación de roles.	Alta
RF-08	Administración	Permitir la creación manual de usuarios dentro del sistema.	Media
RF-09	Administración	Permitir la carga masiva de usuarios mediante plantilla en formato Excel.	Baja
RF-10	Administración	Generar reportes o vistas generales para supervisión institucional.	Media
Módulo docente/tutor			
RF-11	Docente/Tutor	Visualizar cursos, materias y estudiantes asignados.	Alta
RF-12	Docente/Tutor	Registrar y actualizar calificaciones por actividad y periodo académico.	Alta
RF-13	Docente/Tutor	Consolidar calificaciones y visualizar promedios por estudiante y curso.	Alta
RF-14	Docente/Tutor	Consultar información académica actualizada para seguimiento del desempeño estudiantil.	Media
Módulo estudiante			
RF-15	Estudiante	Visualizar materias y cursos asignados con su información académica.	Alta
RF-16	Estudiante	Consultar calificaciones y promedios publicados por materia y periodo.	Alta
RF-17	Estudiante	Acceder a recursos o actividades habilitadas por el docente.	Media

Requerimientos no funcionales (RNF)

Los requerimientos no funcionales se definieron para asegurar condiciones de seguridad, integridad, usabilidad y rendimiento del sistema durante su operación. Estos requerimientos establecen características de calidad que el sistema debe cumplir para garantizar su funcionamiento adecuado en el contexto institucional.

Tabla 3*Requerimientos no funcionales del sistema*

Código	Categoría	Descripción
RNF-01	Seguridad	Proteger las credenciales de los usuarios mediante mecanismos de almacenamiento seguro utilizando algoritmos de hash (por ejemplo, bcrypt), evitando el almacenamiento de contraseñas en texto plano).
RNF-02	Seguridad	Garantizar control de acceso basado en roles para restringir operaciones según el perfil del usuario.
RNF-03	Seguridad	Aplicar principios de confidencialidad en el tratamiento de los datos académicos.
RNF-04	Integridad de datos	Evitar duplicidad de registros académicos y asegurar coherencia entre periodos, cursos, materias y usuarios.
RNF-05	Integridad de datos	Validar las entradas antes de persistir datos en el sistema, verificando obligatoriedad de campos, formato y tipo de datos mediante reglas de validación definidas en el sistema.
RNF-06	Usabilidad	Proveer interfaces claras y diferenciadas por rol para facilitar el uso del sistema.
RNF-07	Usabilidad	Mantener consistencia en la navegación y estructura de las interfaces.
RNF-08	Rendimiento	Mantener tiempos de respuesta inferiores a tres segundos en las consultas y operaciones principales del sistema en condiciones normales de uso.
RNF-09	Disponibilidad	Mantener el sistema disponible durante el periodo de evaluación institucional mediante infraestructura de alojamiento web que permita acceso continuo a la plataforma.
RNF-10	Trazabilidad	Registrar información básica de contexto (usuario y rol) en operaciones relevantes del sistema.

Técnicas de análisis y formalización de requerimientos

El levantamiento de requerimientos se sustentó en la información obtenida mediante las técnicas de recolección de datos descritas previamente (entrevistas, encuestas, observación directa y revisión documental). Estos insumos permitieron identificar procesos existentes, problemáticas operativas y necesidades institucionales dentro de la Unidad Educativa Jesús María.

Con base en esta información, se aplicaron herramientas propias de la ingeniería de requerimientos para estructurar y formalizar las necesidades identificadas. En particular, se utilizaron el mapa de empatía y las historias de usuario, las cuales permitieron interpretar las necesidades de los actores institucionales, traducirlas en funcionalidades del sistema y definir criterios verificables para el desarrollo del prototipo.

Mapa de empatía

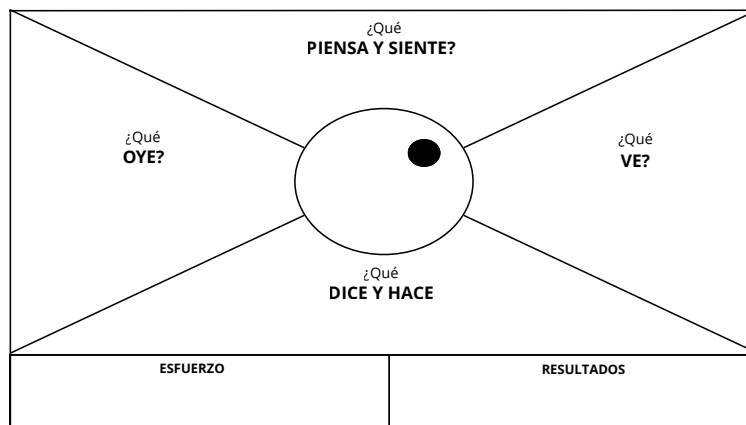
Como herramienta de análisis de usuarios, se elaboró un mapa de empatía para el rol docente/tutor, considerado un actor clave debido a su participación simultánea en procesos académicos y administrativos. El objetivo de esta herramienta fue comprender de manera estructurada las percepciones, dificultades y necesidades de los usuarios en relación con los procesos académicos y administrativos de la institución.

El mapa de empatía se utilizó para analizar dimensiones como lo que el usuario piensa, siente, ve, oye, dice y hace durante su interacción con los procesos institucionales. Este análisis permitió organizar la información obtenida durante el diagnóstico y facilitar la interpretación de las necesidades de los usuarios desde una perspectiva centrada en el actor que interactúa con el sistema.

La información sistematizada mediante el mapa de empatía sirvió como insumo para la definición posterior de requerimientos funcionales orientados a mejorar la organización de la información académica, el acceso a datos institucionales y la simplificación de procesos administrativos.

En una primera etapa se utilizó la plantilla tradicional (Figura 2) para registrar lo que el usuario piensa, siente, ve, oye, dice y hace, así como esfuerzos y objetivos. Esto permitió documentar elementos vinculados a carga administrativa, dispersión de registros, necesidad de centralización y repetición de tareas, además de aspectos relacionados con la disponibilidad de información actualizada y el seguimiento académico de estudiantes.

Figura 2. Mapa de empatía del rol docente/tutor



Nota. Elaborado durante el levantamiento de requerimientos.

Posteriormente, se elaboró una versión sintetizada (Figura 8) organizada en tres dimensiones: contexto, experiencia y necesidad. Esta síntesis facilitó el uso de los hallazgos como criterios de diseño y como insumo para la definición de requerimientos funcionales asociados a gestión por roles, trazabilidad de información y simplificación de procesos administrativos.

Historias de usuario

De manera complementaria, se emplearon historias de usuario (Tabla 4) para formalizar los requerimientos del sistema desde la perspectiva de cada rol institucional. Esta técnica permitió traducir la información recopilada (entrevista, encuesta, observación y revisión documental) en funcionalidades concretas, estableciendo criterios de aceptación verificables para el desarrollo iterativo y para la ejecución de pruebas funcionales. En consecuencia, las historias de usuario

actuaron como puente entre el análisis de necesidades y la implementación del prototipo, facilitando la priorización de módulos y la validación del cumplimiento de requerimientos.

Tabla 4

Historia de usuario: creación de usuario por administrador

Elemento	Descripción
ID	HU-01
Rol	Como administrador del sistema
Necesidad	Quiero crear usuarios con credenciales iniciales
Objetivo	Para habilitar el acceso controlado a la plataforma según el rol asignado
Criterios de aceptación	■ El sistema debe permitir registrar un usuario solicitando nombre de usuario, nombre, apellido, rol y contraseña; todos los campos son obligatorios. ■ El nombre de usuario debe ser único dentro de la institución (<i>tenant</i>); si ya existe, el sistema debe impedir el registro. ■ La contraseña debe cumplir una longitud mínima de seis caracteres e incluir al menos una letra mayúscula y un carácter especial. ■ El usuario creado debe quedar asociado al <i>tenant</i> activo y al rol asignado (administrador, docente/tutor o estudiante). ■ El sistema debe permitir la creación de usuarios tanto de forma manual como mediante carga masiva utilizando una plantilla predefinida en formato Excel.

Las historias de usuario complementarias utilizadas durante el desarrollo del prototipo se presentan en el Apéndice N.

Trazabilidad entre requerimientos funcionales e historias de usuario

Con el propósito de asegurar la coherencia entre los requerimientos funcionales identificados durante el levantamiento de información y las funcionalidades implementadas en el sistema, se

estableció una relación de trazabilidad entre los requerimientos funcionales (RF) y las historias de usuario (HU). Esta relación permite verificar que cada requerimiento definido en la etapa de análisis se encuentra representado en una o más historias de usuario desarrolladas durante la construcción del prototipo.

La Tabla 5 presenta una síntesis de la correspondencia entre los principales requerimientos funcionales y las historias de usuario asociadas, organizadas según los módulos del sistema.

Tabla 5

Trazabilidad entre requerimientos funcionales e historias de usuario

RF	HU	Descripción de la relación
RF-01, RF-02	HU-01	Implementación del proceso de autenticación de usuarios y control de acceso basado en roles.
RF-04, RF-05, RF-06, RF-07	HU-02	Gestión de la estructura académica institucional, incluyendo periodos, cursos, materias y usuarios.
RF-11, RF-12, RF-13	HU-03	Soporte a la gestión académica del docente/tutor, incluyendo registro de actividades, calificaciones y seguimiento académico.
RF-15, RF-16	HU-04	Consulta de información académica por parte del estudiante, incluyendo materias, actividades y calificaciones.
RF-10	HU-05	Visualización de información general para supervisión institucional y toma de decisiones.

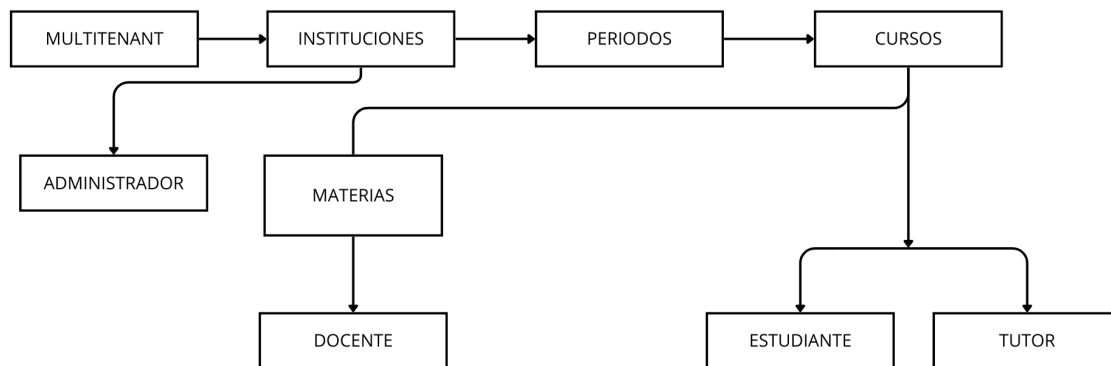
Diseño de prototipo

El diseño del prototipo se desarrolló a partir de los requerimientos funcionales y no funcionales obtenidos en la fase de levantamiento. Esta etapa tuvo como finalidad traducir las necesidades institucionales en una propuesta estructurada de solución, definiendo la organización modular, los flujos de interacción por rol, la arquitectura de la plataforma, el enfoque *multitenant*, las decisiones tecnológicas y los componentes necesarios para soportar los procesos académicos y administrativos de la Unidad Educativa Jesús María.

Flujos e interfaces

El diseño de flujos e interfaces se desarrolló con el objetivo de definir de manera clara la interacción del sistema antes de su implementación, asegurando coherencia funcional por rol y alineación con la estructura académica institucional. Para ello, se tomó como referencia la organización modular del sistema, que integra instituciones, periodos académicos, cursos, materias y roles dentro de un mismo entorno *multitenant*.

Figura 3. Estructura modular para la definición de flujos e interfaces



Nota. La figura representa la organización modular del sistema, incluyendo entidades académicas, roles de usuario y el enfoque *multitenant* que permite gestionar múltiples instituciones dentro de una misma plataforma.

La Figura 3 representa una visión conceptual de la organización modular del sistema. En este esquema se distinguen distintos tipos de elementos: entidades de gestión académica (como instituciones, periodos académicos, cursos y materias), roles de interacción del sistema (administrador, docentes y estudiantes) y el enfoque arquitectónico *multitenant* que permite gestionar múltiples instituciones dentro de una misma plataforma.

Las conexiones entre los elementos representan relaciones funcionales de gestión de información dentro del sistema. En este contexto, el concepto de *multitenant* indica que la plataforma está diseñada para soportar múltiples instituciones educativas de manera aislada dentro de una misma infraestructura tecnológica. A partir de esta estructura, se identificaron tareas frecuentes,

secuencias de navegación y puntos críticos asociados a duplicación de información y carga administrativa.

Definición de flujos por rol

A partir del análisis de los procesos institucionales, se definieron los siguientes flujos principales de interacción:

- **Rol administrador.** Responsable de la configuración general del sistema, incluyendo la creación de periodos académicos, gestión de usuarios institucionales, asignación de cursos y supervisión de la información académica registrada.
- **Rol docente/tutor.** Encargado de la gestión académica dentro de los cursos asignados, incluyendo la publicación de tareas, registro de calificaciones, seguimiento del desempeño estudiantil y comunicación con los estudiantes.
- **Rol estudiante.** Usuario final que accede a la plataforma para consultar cursos inscritos, revisar tareas asignadas, visualizar calificaciones y acceder a materiales o información académica publicada por los docentes.

Prototipado de interfaces

Con base en los flujos definidos, se elaboraron prototipos de interfaz de bajo nivel (*wireframes*), utilizados para representar la estructura de las pantallas, la jerarquía de la información y la lógica básica de navegación, sin incorporar aún detalles gráficos avanzados. Estos prototipos permitieron validar la coherencia de la experiencia de uso y ajustar la secuencia de acciones antes de la implementación del sistema.

Las Figuras 12 y 13 muestran ejemplos representativos de los prototipos elaborados. Si bien las interfaces mantienen una estructura visual común entre roles, las funcionalidades disponibles y la información mostrada varían según el rol del usuario autenticado, garantizando coherencia visual

y control de acceso funcional.

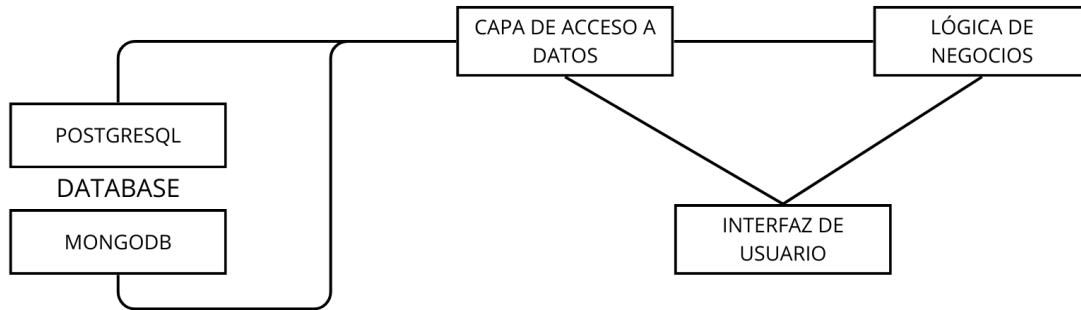
Diseño técnico

Con base en el diseño conceptual, se definió un diseño técnico orientado a la construcción de un prototipo funcional y evaluable en un entorno institucional real. En esta etapa se establecieron decisiones relacionadas con: (a) la arquitectura general del sistema, (b) la integración de componentes en una solución monolítica, (c) el enfoque *multitenant* para separar lógicamente la información institucional, (d) la organización modular por roles, y (e) la selección de tecnologías para implementar control de acceso, persistencia y validación de datos.

Arquitectura general

El sistema fue diseñado como una plataforma web bajo una arquitectura monolítica, en la cual la interfaz de usuario, la lógica de aplicación y el acceso a datos se integran en una única aplicación. Este enfoque permitió una implementación centralizada del prototipo, reduciendo la complejidad operativa inicial y facilitando su validación funcional y de usabilidad en un entorno institucional controlado, a diferencia de una arquitectura de micro-servicios, la cual está enfocada en proyectos de mayor tamaño e infraestructura. (IBM, 2024b; Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020). El detalle técnico ampliado de la arquitectura de la plataforma se presenta en el Apéndice F.

Figura 4. *Arquitectura general de la plataforma educativa.*

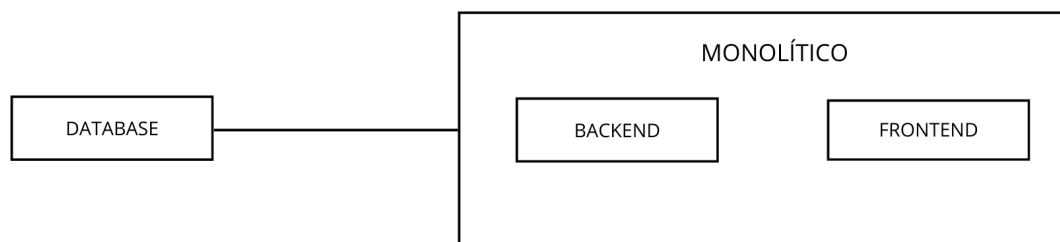


Nota. La figura presenta la arquitectura general del sistema, integrando el frontend, el backend y los mecanismos de persistencia de datos bajo un enfoque *multi-tenant*.

La Figura 4 presenta una visión general del sistema, mostrando la interacción entre los usuarios, la plataforma educativa y la capa de persistencia de datos.

Dentro de esta arquitectura, la capa de presentación gestiona la interacción con los usuarios según su rol, mientras que la lógica de negocio se ejecuta en el servidor, aplicando reglas académicas, validando operaciones y controlando el acceso a los recursos del sistema. El acceso a la persistencia se realiza desde la misma aplicación, garantizando consistencia transaccional y trazabilidad en las operaciones.

Figura 5. *Arquitectura monolítica del sistema desarrollado.*

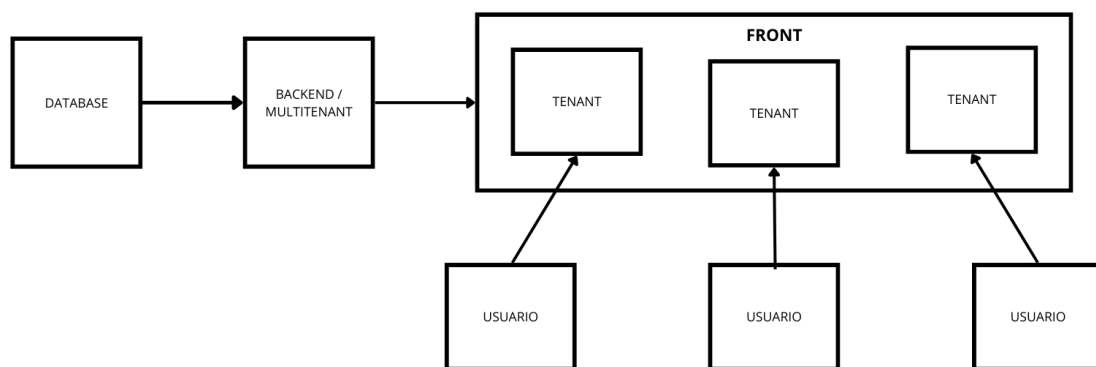


Nota. Representación de la arquitectura monolítica del sistema, en la cual los componentes de interfaz, lógica de negocio y acceso a datos se encuentran integrados en una única aplicación.

La Figura 5 evidencia la integración de las capas del sistema, así como la concentración de mecanismos de autenticación, control de acceso por roles y gestión del contexto *multitenant* en una única aplicación. Esta arquitectura resultó adecuada para el alcance experimental del prototipo, al simplificar el despliegue y la validación del sistema, sin limitar una posible evolución futura hacia arquitecturas más distribuidas (IBM, 2024b; Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Adicionalmente, la plataforma incorporó desde su diseño un modelo *multitenant*, mediante el cual una única instancia del sistema puede atender a múltiples instituciones educativas, manteniendo aislamiento lógico de datos y configuraciones (Bautista Villegas et al., 2024; IBM, 2024a).

Figura 6. *Arquitectura multitenant implementada para el prototipo.*



Nota. Esquema de la arquitectura multitenant, donde múltiples instituciones comparten la misma infraestructura lógica, manteniendo aislamiento de datos mediante identificadores de *tenant*.

La Figura 6 ilustra el aislamiento lógico de la información por institución educativa. Cada solicitud autenticada se asocia a un *tenant* específico, restringiendo automáticamente las operaciones al contexto institucional correspondiente y evitando el cruce de información entre instituciones. Asimismo, el sistema permite manejar configuraciones propias por institución, como estructura académica, cursos y periodos, facilitando su adopción en distintos contextos educativos sin requerir instancias independientes del software.

Stack tecnológico

El prototipo fue implementado utilizando un stack tecnológico del ecosistema web moderno, seleccionado en función del alcance del proyecto, la arquitectura monolítica adoptada y la necesidad de validar el sistema en un entorno institucional real. Cada tecnología fue incorporada cumpliendo un rol específico dentro de la arquitectura y respondiendo a necesidades de control de acceso, gestión académica, validación de datos y aislamiento institucional.

- **Frontend, enrutamiento y estructura modular:** la interfaz de usuario fue desarrollada utilizando Next.js (versión 15) y React (versión 19), aprovechando el enrutamiento basado en archivos y la segmentación modular de vistas. Esta estructura permitió definir páginas administrativas y académicas, así como vistas dinámicas parametrizadas mediante identificadores como *groupId*, *groupPeriodId*, *subjectId* y *studentId*. El diseño visual se implementó mediante Tailwind CSS (versión 4), empleando componentes accesibles (Radix UI) e iconografía (Lucide React) para mantener consistencia y reutilización.
- **Control de acceso, autenticación y lógica de navegación:** antes de renderizar vistas protegidas, el sistema valida sesión activa, pertenencia al *tenant* y rol del usuario. Esta validación se ejecuta a nivel del *layout* principal del panel, impidiendo el acceso no autorizado y redirigiendo al flujo de autenticación cuando corresponde. La navegación se apoya en *hooks* personalizados para identificar ruta activa, construir *breadcrumbs* y adaptar la interfaz según rol.
- **Gestión de estado y contexto institucional:** la gestión del estado global se realizó con Zustand, utilizada para almacenar y persistir el contexto del *tenant* activo y otros datos transversales, evitando propagación excesiva de propiedades y asegurando que las operaciones se ejecuten dentro del contexto institucional. Se implementaron hooks para manejar datos del usuario autenticado (identidad, rol y *tenant*), habilitando o restringiendo funcionalidades según permisos.

- **Backend y lógica de negocio:** la lógica de negocio se implementó dentro de la misma aplicación, utilizando capacidades del lado servidor de Next.js (rutas de servidor y acciones). Este enfoque centralizó reglas académicas y administrativas y permitió validar operaciones críticas antes de persistir datos. Entre las operaciones principales se incluyen gestión de periodos, materias, cursos y clases; asignación docente; inscripción de estudiantes; y generación de reportes. Adicionalmente, se controlan restricciones para evitar duplicidad, asegurar coherencia entre entidades y prevenir manipulación de datos fuera del *tenant* autorizado.
- **Persistencia de datos y enfoque híbrido:** se utilizó PostgreSQL como base de datos principal para información estructurada y transaccional (instituciones, usuarios, roles, periodos, materias, cursos, clases y relaciones académicas), garantizando integridad referencial y consistencia. El acceso se realizó mediante Prisma (versión 6), facilitando definición de modelos, relaciones y migraciones. Complementariamente, se incorporó MongoDB para información semiestructurada y variable vinculada al sistema de calificación, con el objetivo de soportar flexibilidad ante cambios futuros en criterios de evaluación, ponderaciones o formatos, sin comprometer el modelo relacional principal.
- **Validación de datos y seguridad:** la autenticación y sesiones se implementaron con NextAuth.js (versión 5 beta). Las credenciales se almacenaron de forma segura mediante bcrypt. La validación de datos se realizó con Zod, aplicada en *frontend* y *backend* para garantizar formatos, obligatoriedad y consistencia, reduciendo registros inválidos y mitigando riesgos asociados a entradas maliciosas.
- **Control de versiones y aseguramiento de calidad del código:** el código fuente fue gestionado con Git y GitHub, utilizando flujo basado en ramas. Para calidad del código se emplearon ESLint (detección temprana de errores) y Prettier (uniformidad de estilo), facilitando mantenibilidad y evolución del prototipo.

El uso integrado de estas tecnologías permitió desarrollar un prototipo funcional, seguro y

coherente, alineado con la arquitectura monolítica y el modelo *multitenant* propuesto, validando su aplicabilidad en el contexto institucional.

Diseño e implementación de la base de datos

El diseño de la base de datos se realizó como parte del diseño técnico del prototipo, con el propósito de garantizar integridad, consistencia, trazabilidad y aislamiento lógico de la información académica y administrativa, criterios fundamentales en la construcción de sistemas de información basados en persistencia estructurada (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020). El modelo se derivó directamente de los requerimientos funcionales definidos en la fase de levantamiento y de la estructura modular del sistema, considerando desde el inicio un enfoque *multitenant* que permita escalar la plataforma a múltiples instituciones educativas (*tenants*) sin duplicar infraestructura.

De manera general, el diseño lógico del núcleo relacional implementado en PostgreSQL se resume en la Figura 7. Esta representación simplificada muestra las principales entidades académicas e institucionales y sus relaciones generales. El detalle técnico completo del modelo de datos, incluyendo entidades, relaciones, referencias cruzadas e índices, se presenta en el apéndice G 5.

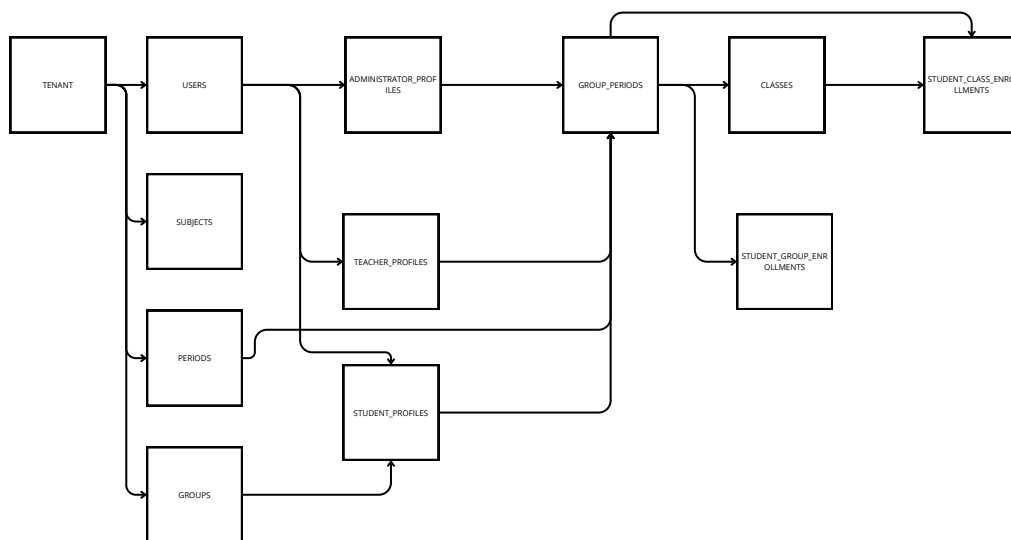
Criterios técnicos

Para orientar el diseño del modelo se aplicaron los siguientes criterios (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020):

- **Normalización y consistencia:** estructurar la información institucional y académica bajo un modelo relacional que evite redundancia y facilite validación.
- **Trazabilidad operativa:** asegurar que las relaciones entre periodos, cursos, materias y usuarios permitan reconstruir el contexto de operación y soportar reportes.

- **Aislamiento por institución:** incorporar una estrategia *multitenant* basada en *tenantId* para restringir lecturas/escrituras al ámbito institucional.
- **Flexibilidad en calificación:** separar el esquema de evaluación en un almacenamiento flexible para soportar variaciones en actividades, ponderaciones y criterios sin reestructurar el modelo académico principal.

Figura 7. Representación de entidades académicas y sus relaciones.



Nota. El diagrama presenta una representación conceptual simplificada de las principales entidades académicas del sistema y sus relaciones generales. Este modelo corresponde al núcleo relacional implementado en PostgreSQL, donde se gestionan la estructura institucional, los periodos, cursos, materias y usuarios, bajo un enfoque *multi-tenant* mediante el uso de identificadores de *tenant*.

El prototipo implementó un enfoque híbrido de persistencia, combinando:

- **PostgreSQL** como base principal para información estructurada y transaccional (instituciones, usuarios, periodos, cursos, materias, clases y relaciones académicas), aprovechando integridad referencial, restricciones y consistencia en operaciones.

- **MongoDB** como almacenamiento complementario para estructuras semiestructuradas asociadas a configuración y registro del esquema de calificación (actividades, ponderaciones, componentes formativo/sumativo y criterios ajustables), debido a su adaptabilidad ante cambios de estructura.

En esta arquitectura híbrida, PostgreSQL se emplea como la fuente principal de verdad para la estructura institucional y académica del sistema, incluyendo entidades como instituciones, usuarios, roles, periodos académicos, cursos, materias y relaciones de matrícula. Este modelo relacional permite mantener integridad referencial, coherencia entre entidades y control transaccional en operaciones críticas del sistema.

Por otro lado, MongoDB se utiliza para gestionar el componente de calificación académica, incluyendo configuraciones de evaluación, plantillas de actividades, categorías e ítems de calificación. Este enfoque documental permite representar estructuras jerárquicas y variables que pueden modificarse entre periodos o materias sin requerir cambios estructurales en el modelo relacional principal.

La relación entre ambos sistemas de persistencia se establece a nivel de aplicación mediante identificadores de referencia, particularmente a través del campo *gradingConfigId* asociado a cada clase académica, el cual vincula la estructura académica almacenada en PostgreSQL con la configuración de evaluación correspondiente almacenada en MongoDB. Esta separación permitió mantener estrictamente consistente la estructura institucional/operativa en PostgreSQL, mientras que la estructura evaluativa (más variable) pudo evolucionar con menor fricción en MongoDB, favoreciendo la estabilidad del núcleo transaccional y la flexibilidad del componente evaluativo (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Modelo relacional en PostgreSQL: en PostgreSQL se implementó el núcleo institucional y académico del prototipo. El modelo se organizó para representar la jerarquía operativa de la institución (Figura 3). A nivel conceptual, el modelo relacional cubrió las siguientes áreas:

- **Gestión institucional (*multitenant*):** entidad *Tenant* como raíz del dominio y referencia transversal para el aislamiento lógico.
- **Usuarios y roles:** entidad *User* con rol asociado (administrador, docente/tutor, estudiante) para control de acceso y trazabilidad de acciones.
- **Estructura académica:** entidades de *PeriodoAcadémico*, *Curso*, *Materia* y/o *Clase*, vinculadas según la organización real de la institución.
- **Relaciones académicas:** inscripción de estudiantes, asignación de docentes, vínculo de tutoría y relaciones periodo–curso–materia para asegurar coherencia operativa.

Modelo de calificación en MongoDB: El componente de calificación se gestionó mediante MongoDB debido a la variabilidad esperable del esquema evaluativo (tipos de actividades, ponderaciones, criterios, componentes formativo/sumativo y ajustes institucionales). Este enfoque permitió almacenar configuraciones y registros de calificación como documentos flexibles, facilitando:

- Definir configuraciones por materia/curso/periodo sin alterar el modelo relacional.
- Representar arreglos de actividades y ponderaciones con estructuras anidadas.
- Ajustar el esquema de evaluación con menor costo de refactorización a nivel de persistencia.

La coexistencia PostgreSQL–MongoDB permitió separar la estructura institucional (estable y relacional) de la estructura evaluativa (más dinámica), manteniendo coherencia en el núcleo académico y flexibilidad en el componente de evaluación.

Aislamiento lógico en el modelo *multitenant*; El aislamiento lógico por institución se implementó mediante una estrategia basada en el identificador *tenantId*, coherente con enfoques

multitenant utilizados en soluciones SaaS (Bautista Villegas et al., 2024; IBM, 2024a). En este modelo, cada institución educativa se representa como un *tenant* dentro de la misma instancia del sistema, lo que permite compartir infraestructura y aplicación sin mezclar la información entre organizaciones.

En el modelo relacional, las entidades que forman parte del dominio académico e institucional incorporan una referencia explícita al *tenant*, lo que permite asociar cada registro al contexto institucional correspondiente. Esto posibilita:

- Filtrar operaciones (*CRUD*) mediante el identificador *tenantId* en todas las consultas relevantes.
- Evitar el cruce de información entre instituciones dentro de una misma instancia del sistema.
- Mantener una arquitectura escalable que permite incorporar nuevas instituciones sin requerir despliegues independientes de la aplicación.

A nivel de aplicación, el *tenantId* se obtiene desde la sesión del usuario autenticado, resultado de la asociación entre el usuario y su institución. Este identificador se propaga como contexto en la lógica de negocio y en la capa de acceso a datos, aplicándose como restricción transversal en consultas y operaciones del sistema.

Adicionalmente, el sistema incorpora validaciones de autorización basadas en roles (RBAC), con el fin de restringir las operaciones disponibles según el perfil del usuario dentro de su institución, evitando accesos o modificaciones fuera del ámbito permitido.

Para garantizar la consistencia de la información académica dentro de cada *tenant*, el modelo relacional incorporó restricciones estructurales propias de bases de datos relacionales:

- **Claves primarias** para la identificación única de entidades.

- **Claves foráneas** para mantener relaciones válidas entre entidades académicas.
- **Restricciones de unicidad dentro del ámbito del *tenant*** para evitar duplicación lógica de registros.
- **Reglas controladas de actualización y eliminación** (*restrict* o *cascade*) para preservar la coherencia referencial y evitar registros huérfanos.

Estas medidas contribuyen a mantener la integridad y trazabilidad de la información académica dentro de cada institución, respondiendo a problemáticas identificadas durante el diagnóstico institucional, como la duplicación de registros, la pérdida de consistencia en la consolidación de información y el retrabajo administrativo.

Gestión del esquema con Prisma

La implementación del esquema relacional se realizó mediante Prisma como ORM, lo cual permitió:

- Definir el modelo de datos como artefacto central (entidades, relaciones y restricciones).
- Migraciones controladas y versionadas conforme avanzaban los módulos implementados.
- Consistencia entre el diseño lógico y el esquema real desplegado en el entorno de desarrollo/pruebas.

El uso de migraciones facilitó un desarrollo incremental, permitiendo introducir cambios estructurales de forma trazable y reduciendo riesgos de inconsistencia entre versiones del prototipo.

Seguridad y protección

La capa de persistencia se complementó con medidas de seguridad aplicadas en el prototipo:

- **Hashing de credenciales** mediante bcrypt, evitando almacenamiento en texto plano.
- **Control de acceso por roles (RBAC)** aplicado en la lógica del sistema.
- **Restricción por *tenant*** como mecanismo transversal de confidencialidad institucional.

En conjunto, el diseño e implementación de la base de datos proporcionaron una base técnica consistente y escalable para soportar los procesos del prototipo, habilitando aislamiento institucional, control de acceso y capacidad de evolución del componente evaluativo en el contexto de la Unidad Educativa Jesús María.

Desarrollo del software

El desarrollo del prototipo se realizó bajo un enfoque iterativo e incremental, orientado a construir un sistema funcional evaluable en un entorno institucional real. Este enfoque permitió implementar progresivamente los módulos del sistema, manteniendo trazabilidad con los requerimientos definidos y reduciendo retrabajo mediante incrementos verificables (Pressman & Maxim, 2020; Ries, 2011; Sommerville, 2020).

De forma transversal, la implementación consideró: (a) un modelo de control de acceso basado en roles (*Role-Based Access Control, RBAC*) para restringir funcionalidades según el perfil institucional del usuario, y (b) la incorporación de un contexto *multitenant* a nivel de diseño del sistema, mediante el cual las operaciones del sistema se ejecutan dentro del *tenant* activo.

La inclusión de este mecanismo permite aislar lógicamente la información por institución dentro del modelo de datos, en concordancia con principios de arquitectura *multitenant* para soluciones compartidas (Bautista Villegas et al., 2024; IBM, 2024a). No obstante, dado que la evaluación del prototipo se realizó únicamente en la Unidad Educativa Jesús María, el funcionamiento del sistema se validó en un escenario de una sola institución, por lo que el comportamiento en entornos multiinstitucionales queda planteado como una posibilidad arquitectónica más que como una validación empírica dentro de esta investigación.

Estructura modular

El prototipo se organizó en módulos funcionales asociados a los roles institucionales definidos: administrador, docente/tutor y estudiante. Cada módulo agrupa funcionalidades coherentes con las responsabilidades del rol y se integra con la estructura académica central (periodos académicos, cursos/paralelos, materias/clases, usuarios y asignaciones). Esta organización permitió cubrir flujos completos de uso y facilitar la validación del sistema desde escenarios reales de gestión académica y administrativa.

Módulo de administración:

el módulo de administración concentra las funcionalidades de gestión central del sistema y habilita la configuración del entorno académico requerido por los demás roles. En este módulo se implementaron funciones para:

- **Gestión institucional y contexto *multitenant*:** administración de la institución (*tenant*) y asociación de registros al contexto institucional correspondiente.
- **Gestión de estructura académica:** creación, edición y organización de periodos académicos, cursos y materias/clases, manteniendo relaciones consistentes entre entidades.
- **Gestión de usuarios y roles:** creación de cuentas para administradores, docentes/tutores y estudiantes, asignación de roles y control de acceso; adicionalmente, registro mediante carga masiva utilizando una plantilla predefinida en formato Excel.
- **Asignaciones operativas:** vinculación de docentes a materias/clases e inscripción de estudiantes en cursos, asegurando coherencia entre periodo–curso–materia.

Estas funcionalidades se implementaron considerando reglas de negocio orientadas a evitar duplicidad de registros, preservar integridad en relaciones académicas y asegurar que toda operación quede restringida al *tenant* autorizado.

Módulo docente/tutor:

el módulo docente/tutor implementa funcionalidades orientadas a la gestión académica y al seguimiento del desempeño estudiantil. Su objetivo principal es centralizar la información operativa del docente, reduciendo dispersión de registros y facilitando el acceso a información actualizada. En este módulo se incluyeron funcionalidades para:

- **Acceso a cursos y materias asignadas:** visualización de la estructura académica correspondiente al docente autenticado, restringiendo el acceso a entidades no asignadas.
- **Consulta de información académica:** acceso a listados de estudiantes, materias y clases, con información relevante para el seguimiento y la gestión operativa.
- **Seguimiento estructurado de estudiantes:** visualización de información académica consolidada en el contexto del curso, orientada a facilitar identificación de dificultades y trazabilidad básica.

Sistema de calificación y evaluación académica

El prototipo incorpora un sistema de calificación dentro del módulo docente/tutor, diseñado conforme al *Instructivo de Evaluación Estudiantil* del Ministerio de Educación del Ecuador (Ministerio de Educación del Ecuador, 2025). Sus principales características son:

- **Estructura normativa:** Evaluación cuantitativa y cualitativa alineada con la normativa nacional y adaptable a los reglamentos institucionales.
- **Componente cuantitativo:** Distribución de la calificación del periodo en evaluación formativa (70 %) y evaluación sumativa (30 %), con registro de actividades académicas y cálculo automático de la nota final.
- **Cálculo de promedios:** Generación automática de la calificación final anual a partir del promedio de las calificaciones trimestrales.

- **Componente cualitativo:** Asignación de descriptores cualitativos asociados a rangos de calificación, configurables por la institución.
- **Flexibilidad del modelo:** Implementación del esquema de calificación sobre una base de datos NoSQL (MongoDB), permitiendo modificar criterios, tipos de actividades y ponderaciones sin afectar el modelo relacional principal.
- **Soporte a tutoría:** Acceso transversal del rol tutor a la información académica consolidada del curso, facilitando el acompañamiento y seguimiento estudiantil.

Módulo estudiante

El módulo de estudiante permite el acceso a información académica personal dentro del sistema, completando el flujo integral del prototipo para su evaluación. Este módulo se orientó a la consulta y participación del estudiante en el entorno académico digital, incorporando funcionalidades como:

- **Acceso a materias inscritas:** visualización de las materias y clases asociadas al curso del estudiante.
- **Consulta de información académica:** acceso a actividades registradas, calificaciones y elementos de seguimiento relacionados con su desempeño.

Despliegue del prototipo

Con el fin de disponer de una instancia operativa y accesible para la validación del prototipo en un contexto institucional real, la plataforma fue desplegada utilizando la infraestructura en la nube de Vercel, la cual permite la ejecución de aplicaciones web modernas bajo un enfoque de despliegue continuo.

El sistema fue implementado como una aplicación web basada en Next.js, utilizando renderizado

del lado del servidor (SSR) y generación estática cuando corresponde, lo que permitió optimizar el rendimiento y la carga de las interfaces del usuario.

El despliegue se realizó mediante la integración directa con el repositorio del proyecto alojado en GitHub, permitiendo automatizar el proceso de construcción, pruebas básicas y publicación del sistema ante cada actualización del código fuente. Adicionalmente, se configuró un dominio público para el acceso externo a la aplicación, facilitando su uso por parte de los actores institucionales durante la etapa de evaluación.

Infraestructura y entorno de ejecución

La aplicación se ejecutó sobre la infraestructura *serverless* de Vercel, lo que permitió delegar la gestión de servidores físicos y aprovisionamiento de recursos al proveedor de la plataforma.

Este enfoque *serverless* facilita la escalabilidad automática del sistema, ya que los recursos de cómputo se asignan dinámicamente en función de la demanda. De esta manera, el prototipo puede responder de forma eficiente tanto a cargas bajas como a incrementos en el número de usuarios concurrentes, sin requerir una configuración manual de infraestructura.

Además, el modelo *serverless* contribuye a la optimización del uso de recursos, dado que la ejecución del código se realiza bajo demanda, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la eficiencia operativa del sistema.

Para la persistencia de datos, se utilizó una arquitectura híbrida compuesta por:

- **PostgreSQL:** empleado como base de datos relacional para la gestión estructurada de entidades académicas e institucionales.
- **MongoDB:** utilizado como base de datos documental para el almacenamiento flexible del sistema de calificaciones.

Ambas bases de datos fueron desplegadas en entornos cloud, garantizando alta disponibilidad,

acceso remoto y separación lógica de la información mediante el uso del identificador *tenantId*, alineado con el modelo *multitenant* implementado.

Gestión de configuración mediante variables de entorno

La configuración del sistema se gestionó mediante variables de entorno, utilizadas para almacenar parámetros sensibles y dependientes del entorno de ejecución, tales como credenciales de acceso a bases de datos, claves de autenticación y configuraciones del servidor.

Esta estrategia permitió separar la configuración del código fuente, mejorar la seguridad del sistema y facilitar la portabilidad entre entornos de desarrollo, pruebas y producción.

Proceso de publicación y actualización

El proceso de despliegue se ejecutó mediante un flujo automatizado de integración continua proporcionado por Vercel, el cual incluyó las siguientes etapas:

- **Integración con control de versiones:** el repositorio en GitHub actúa como fuente central del código, permitiendo trazabilidad y control de cambios.
- **Construcción del sistema:** ejecución del proceso de compilación (*build*) de la aplicación Next.js, validando la integridad del sistema antes de su publicación.
- **Despliegue automático:** generación de una versión funcional del prototipo accesible mediante el dominio configurado.
- **Actualización incremental:** publicación de nuevas versiones conforme a mejoras o correcciones identificadas durante las pruebas, manteniendo consistencia entre la versión evaluada y la versión desplegada.

Validación del prototipo

La validación del prototipo se desarrolló de manera progresiva al finalizar cada ciclo de desarrollo, con el propósito de verificar la estabilidad, el funcionamiento correcto de las funcionalidades implementadas y la preparación del sistema para su evaluación en un entorno institucional real. Esta validación técnica permitió comprobar que cada incremento del sistema cumpliera con los requerimientos previstos antes de avanzar a la siguiente etapa del desarrollo.

Las actividades de validación incluyeron la verificación del cumplimiento de los requerimientos funcionales implementados, la ejecución de pruebas funcionales basadas en criterios de aceptación definidos en las historias de usuario, la revisión de los flujos principales por rol (administrador, docente/tutor y estudiante), y la identificación y corrección de errores de ejecución o inconsistencias lógicas detectadas durante las pruebas (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Como métricas de control se consideraron: (a) el cumplimiento de las funcionalidades planificadas para cada ciclo de desarrollo, (b) el número de errores funcionales detectados y corregidos antes del cierre del incremento correspondiente, y (c) la estabilidad del sistema al ejecutar los flujos principales sin fallos bloqueantes. En este estudio, se entendió como *fallo bloqueante* cualquier error que impidiera al usuario autenticarse, acceder a su panel correspondiente, registrar información esencial, consultar datos académicos o completar un flujo principal del sistema.

En conjunto, este proceso permitió disponer de un prototipo funcional, estable y evaluable, coherente con los requerimientos levantados y preparado para su posterior evaluación funcional y de usabilidad en el contexto de la Unidad Educativa Particular “Jesús María”.

Control de calidad y pruebas del prototipo

Durante el desarrollo del prototipo se realizaron actividades de control de calidad y pruebas de software con el objetivo de verificar su funcionamiento, estabilidad operativa y consistencia en los flujos principales antes de la evaluación institucional. Estas actividades se enfocaron en validar el cumplimiento funcional de los módulos implementados, la coherencia de navegación por rol y la correcta aplicación del control de acceso basado en roles (RBAC) y del aislamiento por *tenant* (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Dado el alcance experimental del proyecto, el control de calidad se abordó mediante pruebas manuales sistemáticas orientadas a la detección temprana de errores funcionales, inconsistencias de navegación y fallos de acceso. No se contempló la certificación bajo estándares industriales ni la implementación de pruebas automatizadas o unitarias, debido a que el propósito central del estudio fue la validación funcional de un prototipo desarrollado por un equipo reducido y aplicado a una sola institución educativa. En este contexto, se consideró metodológicamente suficiente la aplicación de pruebas manuales estructuradas, respaldadas mediante casos de prueba, registros de ejecución y evidencias documentadas.

Enfoque de aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad se integró de manera transversal al proceso iterativo e incremental de desarrollo. Conforme se incorporaban nuevas funcionalidades, se aplicaban verificaciones funcionales antes de considerar cada incremento como estable. Las pruebas se ejecutaron en un entorno controlado, utilizando datos representativos del contexto institucional, incluyendo institución, periodos, cursos, materias, docentes y estudiantes, así como cuentas de prueba asociadas a diferentes roles (Pressman & Maxim, 2020; Sommerville, 2020).

Para garantizar una cobertura mínima por rol, se definieron escenarios base de validación ejecutados sistemáticamente:

- **Escenario administrador:** creación y edición de periodos, cursos y materias; creación de usuarios; asignaciones académicas; y verificación de restricciones de duplicidad y consistencia entre entidades.
- **Escenario docente/tutor:** acceso a cursos y materias asignadas; creación de actividades; registro de calificaciones; consulta de resúmenes académicos y reportes; y verificación de permisos según rol.
- **Escenario estudiante:** acceso a materias inscritas; consulta de información académica personal; y validación de que no exista acceso a información de terceros.

La cobertura se consideró suficiente cuando los escenarios críticos definidos para cada rol pudieron ejecutarse completamente sin fallos bloqueantes. Para documentar la ejecución se utilizó una matriz de casos de prueba y una bitácora de validación, en las que se registraron el identificador de la prueba, la fecha, el módulo probado, el responsable, los pasos ejecutados, el resultado obtenido y las observaciones. La evidencia detallada de la ejecución de pruebas se presenta en los Apéndices J y K.

Con el fin de estructurar la validación técnica del sistema, se definieron 16 casos de prueba distribuidos en cuatro categorías: seguridad (4), funcionalidad (7), regresión (2) y usabilidad (3). Esta distribución permitió cubrir los flujos críticos del sistema y verificar tanto su comportamiento técnico como su ejecución operativa por rol.

La ejecución de las pruebas se realizó de forma sistemática durante el desarrollo iterativo. Las pruebas de humo se aplicaron al incorporar un módulo o funcionalidad principal; las pruebas exploratorias se ejecutaron al cierre de cada incremento funcional; las pruebas regresivas se realizaron tras modificaciones relevantes en módulos ya implementados; y las pruebas de usabilidad se desarrollaron durante la fase de evaluación del prototipo en el entorno institucional.

Criterios de verificación

Las pruebas se orientaron a comprobar los siguientes aspectos:

- **Cumplimiento de requerimientos funcionales:** verificación de funcionalidades definidas en historias de usuario y sus criterios de aceptación.
- **Correcta ejecución de flujos:** validación de las secuencias principales de navegación y operación por rol.
- **Control de acceso por rol (RBAC):** comprobación de que cada usuario acceda únicamente a las vistas y acciones permitidas según su perfil.
- **Aislamiento *multitenant*:** confirmación de que las operaciones se ejecuten dentro del *tenant* activo, evitando cruces de información institucional.
- **Validación de datos:** verificación de campos obligatorios, formatos, restricciones y prevención de registros inválidos.

Para considerar superada una prueba se establecieron los siguientes criterios:

- ejecución completa del flujo evaluado sin interrupciones;
- coincidencia entre el resultado esperado y el resultado obtenido;
- ausencia de fallos bloqueantes;
- corrección de defectos funcionales detectados antes del cierre del ciclo, cuando correspondía.

Casos de prueba planificados

Con el fin de dar trazabilidad al proceso de validación técnica, se definió un conjunto de 16 casos de prueba distribuidos en cuatro categorías: seguridad (4), funcionalidad (7), regresión (2) y

usabilidad (3). La Tabla 6 resume los casos de prueba planificados y sus criterios generales de aprobación, mientras que el detalle metodológico y la evidencia de ejecución se presentan en los apéndices correspondientes.

Tabla 6

Resumen de casos de prueba planificados para la validación técnica del prototipo

ID	Tipo	Objetivo	Criterio de aprobación
SG-01	Seguridad	Verificar inicio de sesión con credenciales válidas	Acceso correcto al panel correspondiente al rol autenticado
SG-02	Seguridad	Verificar rechazo de credenciales inválidas	Denegación de acceso y visualización de mensaje de error
SG-03	Seguridad	Verificar restricción de acceso por rol	Bloqueo del acceso a funciones no permitidas
SG-04	Seguridad	Verificar aislamiento por <i>tenant</i>	Visualización y operación solo sobre datos del <i>tenant</i> autorizado
FN-01	Funcional	Verificar creación de periodo académico	Registro correcto y visualización del periodo en el sistema
FN-02	Funcional	Verificar creación de asignaturas	Almacenamiento y visualización correcta de la asignatura
FN-03	Funcional	Verificar creación de usuarios académicos	Usuarios creados correctamente y disponibles para asignación

Continúa en la siguiente página

ID	Tipo	Objetivo	Criterio de aprobación
FN-04	Funcional	Verificar asignación de docentes y estudiantes	Asociación correcta entre usuarios, cursos y materias
FN-05	Funcional	Verificar creación de actividades académicas	Actividad creada y visible en el curso o materia correspondiente
FN-06	Funcional	Verificar registro de calificaciones	Calificaciones almacenadas y visualizadas correctamente
FN-07	Funcional	Verificar consulta de reportes y resumen académico	Información mostrada sin errores y con consistencia interna
RG-01	Regresiva	Verificar estabilidad del módulo de autenticación tras cambios	Flujo de autenticación operativo sin nuevos fallos bloqueantes
RG-02	Regresiva	Verificar estabilidad del módulo académico tras modificaciones	Escenarios críticos ejecutados sin introducir nuevos errores
US-01	Usabilidad	Verificar ejecución de tareas del administrador	Completa las tareas sin fallos bloqueantes y con navegación comprensible
US-02	Usabilidad	Verificar ejecución de tareas del docente/tutor	Completa las tareas sin fallos bloqueantes y con resultados consistentes

Continúa en la siguiente página

ID	Tipo	Objetivo	Criterio de aprobación
US-03	Usabilidad	Verificar consulta de información por parte del estudiante	Acceso y consulta correctos sin errores ni confusión operativa

Tipos de pruebas aplicadas

Durante el desarrollo del prototipo se aplicaron los siguientes tipos de prueba:

- **Pruebas de humo (*Smoke Testing*):** se ejecutaron al incorporar un módulo o funcionalidad principal, con el propósito de verificar que el sistema se mantuviera operativo en sus componentes esenciales, tales como autenticación, navegación base, carga inicial de vistas y acceso a funcionalidades principales. Se consideraron aprobadas cuando el flujo básico del módulo pudo completarse sin fallos bloqueantes.
- **Pruebas exploratorias:** se realizaron manualmente para identificar comportamientos inesperados, inconsistencias de navegación, errores de interacción y casos no previstos durante el uso normal del sistema. Estas pruebas se aplicaron especialmente al cierre de cada incremento y durante la revisión de módulos con interacción intensiva por rol.
- **Pruebas regresivas:** se aplicaron tras modificaciones relevantes en módulos ya implementados, con el fin de confirmar que funcionalidades previamente verificadas continuaran operando correctamente. En estas pruebas se reejecutaron escenarios críticos ya aprobados, considerándose satisfactorias cuando dichos escenarios se completaban sin introducir nuevos fallos bloqueantes.
- **Pruebas de usabilidad por tareas:** se aplicaron mediante la ejecución guiada de tareas representativas por rol, registrando tiempos de realización, cumplimiento de la tarea y observaciones de uso. En el caso del rol administrador se evaluaron acciones como crear

periodos, asignaturas, estudiantes y docentes; en el caso del rol docente/tutor se evaluaron tareas como crear actividades, registrar calificaciones y consultar reportes; y en el caso del estudiante se evaluó el acceso y consulta de su información académica.

La evidencia de los casos de prueba, la bitácora de ejecución, los resultados obtenidos y las evidencias visuales correspondientes se presentan en los Apéndices J, K y L.

Evaluación del prototipo en el entorno institucional

La evaluación del prototipo tuvo como propósito determinar en qué medida la plataforma contribuye a mejorar la eficiencia de la gestión académica y administrativa en la Unidad Educativa Particular “Jesús María”, considerando los problemas diagnosticados en la fase de levantamiento, entre ellos la duplicación de información, la carga administrativa, la dificultad para acceder a información actualizada y la baja trazabilidad. Para ello, se aplicó un enfoque mixto de evaluación, integrando evidencia cuantitativa y cualitativa obtenida directamente de los actores institucionales (UNESCO, 2021, 2023; Zaruma, 2024).

Enfoque de evaluación

La evaluación se diseñó para responder a los objetivos del estudio y valorar el prototipo desde dos perspectivas complementarias: una perspectiva funcional y operativa, centrada en comprobar que los módulos implementados permiten ejecutar los flujos institucionales definidos; y una perspectiva de percepción de utilidad y mejora, orientada a identificar cambios percibidos por los usuarios respecto a carga administrativa, organización de la información, facilidad de acceso y necesidad de una plataforma integrada (Aguirre et al., 2025; UNESCO, 2021, 2023; Zaruma, 2024).

- **Perspectiva funcional y operativa:** verificación de que los módulos implementados permiten ejecutar los flujos institucionales definidos, incluyendo gestión por roles,

centralización de información, registro y consulta de datos académicos, control de acceso y restricción por *tenant*.

- **Perspectiva de percepción de utilidad y mejora:** identificación de cambios percibidos por los usuarios respecto a carga administrativa, organización de la información, facilidad de acceso y disposición de uso institucional.

Técnicas e instrumentos aplicados

Para la evaluación del prototipo se utilizaron los instrumentos descritos previamente en la sección de técnicas de recolección de datos, particularmente la encuesta estructurada y la entrevista semiestructurada, los cuales fueron aplicados en la fase de evaluación para analizar la percepción de los usuarios y el funcionamiento del sistema en el contexto institucional.

Adicionalmente, se incorporó la validación funcional mediante escenarios de uso por rol, con el fin de comprobar que las funcionalidades implementadas permiten ejecutar los procesos académicos definidos y que el control de acceso por roles y el aislamiento por *tenant* se mantienen correctamente.

- **Encuesta estructurada:** utilizada para recoger información cuantitativa y cualitativa sobre la percepción de los usuarios respecto a la usabilidad, utilidad y mejora en la gestión académica.
- **Entrevista semiestructurada:** aplicada a la autoridad institucional para profundizar en la valoración del sistema y su impacto en la gestión administrativa.
- **Validación funcional por escenarios:** ejecución de flujos representativos del sistema por rol (administrador, docente/tutor y estudiante) para verificar el funcionamiento operativo del prototipo.

Criterios de evaluación

Para determinar si el prototipo contribuye a la solución del problema, se consideraron criterios derivados de los hallazgos del diagnóstico institucional y de los requerimientos definidos. Entre los principales criterios evaluados se incluyen:

- **Centralización de información:** grado en que la información académica deja de depender de múltiples medios y puede consultarse desde un sistema único.
- **Reducción de duplicación y retrabajo:** percepción de disminución en el registro repetido de información y en la necesidad de reconsolidación manual.
- **Acceso a información actualizada:** facilidad para consultar datos académicos vigentes, como estudiantes, cursos, materias y reportes, sin depender de búsquedas manuales o reuniones de coordinación.
- **Soporte al seguimiento académico:** utilidad percibida para facilitar el acompañamiento del desempeño estudiantil, especialmente en el rol docente/tutor.
- **Usabilidad y disposición de uso:** evaluación de la claridad de los flujos, facilidad de interacción y aceptación general del sistema por parte de la institución.

Tratamiento y análisis de la información de evaluación

Los datos cuantitativos provenientes de escalas tipo Likert y estimaciones de tiempo se analizaron mediante estadística descriptiva básica, calculando frecuencias y porcentajes por ítem y por rol institucional. Este análisis permitió identificar tendencias de percepción asociadas a carga administrativa, duplicación de información, organización de procesos y necesidad tecnológica.

En el componente cualitativo, las respuestas abiertas de la encuesta y la entrevista semiestructurada fueron analizadas mediante análisis temático. Este proceso se desarrolló a partir

de la lectura reiterada de la información recolectada, la identificación de unidades de sentido, la codificación inicial de ideas relevantes y su posterior agrupación en categorías temáticas vinculadas con organización de la información, carga administrativa, trazabilidad, utilidad percibida y observaciones de mejora. La triangulación entre resultados cuantitativos y cualitativos permitió interpretar los hallazgos de manera complementaria y fortalecer la evaluación del impacto del prototipo en el contexto institucional.

Resultados

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir de la aplicación de instrumentos cuantitativos y cualitativos, así como de evaluaciones técnicas realizadas durante el proceso de implementación del sistema. En particular, se presentan los hallazgos derivados de la encuesta diagnóstica aplicada en la fase de pre-implementación, la encuesta aplicada en la fase de post-implementación y la entrevista semiestructurada realizada a una autoridad institucional antes y después de la implementación del sistema (véanse los Apéndices A, B, C y D).

Adicionalmente, se incorporan los resultados del mapa de empatía elaborado a partir de la información recolectada mediante encuestas y entrevistas, el cual permite sintetizar las percepciones, necesidades y frustraciones del rol docente/tutor frente a los procesos académicos y administrativos evaluados.

Finalmente, el capítulo incluye los resultados obtenidos a partir de las pruebas de rendimiento y de aseguramiento de la calidad aplicadas al sistema desarrollado, con el objetivo de evaluar su comportamiento funcional, tiempos de respuesta y estabilidad en escenarios representativos de uso institucional.

Los resultados se presentan de manera descriptiva y sintetizada, organizados por ejes temáticos, sin realizar interpretaciones causales profundas, las cuales se desarrollan posteriormente en el capítulo de Discusión.

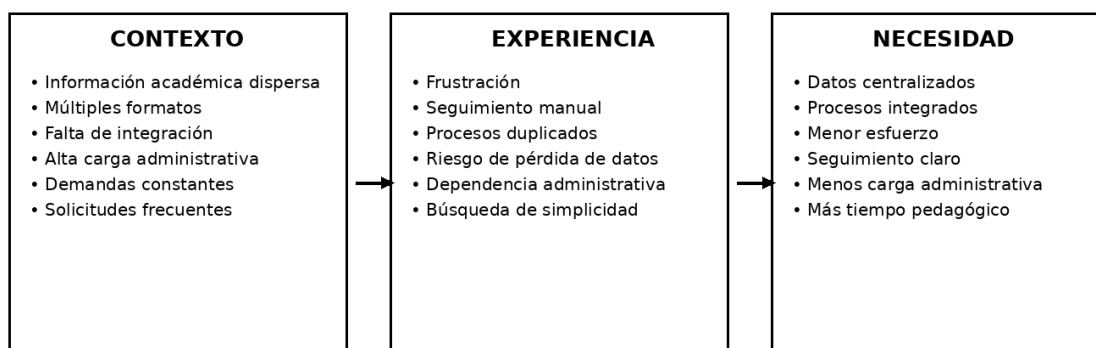
Mapa de empatía

A partir de la información recopilada mediante encuestas y entrevistas, se elaboró un mapa de empatía que sintetiza las percepciones, necesidades, frustraciones y expectativas del rol

docente/tutor frente a los procesos académicos y administrativos vigentes.

La Figura 8 presenta una síntesis visual de los principales hallazgos obtenidos, destacando preocupaciones relacionadas con la carga administrativa, la dispersión de la información, la necesidad de centralización de procesos y la búsqueda de herramientas que optimicen el seguimiento académico.

Figura 8. *Síntesis del mapa de empatía del rol docente/tutor.*



Nota. La figura resume los principales hallazgos del análisis cualitativo realizado al rol docente/tutor, incluyendo necesidades, percepciones, dificultades y expectativas identificadas durante el levantamiento de requerimientos.

La versión completa del mapa de empatía, incluyendo las respuestas recopiladas durante el levantamiento de información, se presenta en el Apéndice E.

Encuestas pre y post implementación

Los resultados cuantitativos presentados en esta sección se derivan de las encuestas aplicadas en las fases de pre y post implementación (véanse los Apéndices A y B). Estos instrumentos permitieron recoger información sobre la percepción del personal institucional respecto a los procesos administrativos y académicos, así como evaluar los cambios derivados de la implementación del sistema.

Con el fin de verificar la consistencia interna de los instrumentos utilizados, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, el cual permite medir el grado de correlación entre los ítems de una escala. Su formulación se expresa como:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right) \quad (3.1)$$

donde k corresponde al número de ítems, σ_i^2 representa la varianza de cada ítem, y σ_T^2 la varianza total del instrumento.

Para la encuesta pre-implementación se obtuvo $\alpha = 0,77$ ($n = 20$, $k = 14$ ítems), valor que indica una confiabilidad aceptable. Para la encuesta post-implementación se obtuvo $\alpha = 0,93$ ($n = 12$, $k = 12$ ítems), valor que indica una confiabilidad excelente (George & Mallery, 2003).

El análisis ítem por ítem evidenció que, en ambos instrumentos, ningún ítem reducía el coeficiente al ser eliminado, lo que refuerza la coherencia interna de los conjuntos de ítems empleados. La incorporación de este análisis respalda la validez interna de los instrumentos aplicados y fortalece la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 7*Comparación de resultados cuantitativos pre y post implementación*

Eje e indicador	Pre-implementación	Post-implementación
Muestra – roles	Docentes 40 %, tutores 35 %, directivos/coordinadores 15 %, administrativos 10 %.	Distribución equivalente a la fase pre-implementación.
Muestra – experiencia	>6 años 45 %; <1 año 30 %; 1–3 años 20 %; 4–6 años 5 %.	Distribución equivalente a la fase pre-implementación.
Gestión administrativa	Procesos dispersos, con percepción de desorganización y retrabajo.	Centralización de procesos en una única plataforma, con mejora en la organización administrativa.
Retrabajo	70 % reporta retrabajo frecuente o eventual.	El 100 % de los participantes reporta una percepción positiva respecto a la reducción del tiempo administrativo, evidenciando una disminución del retrabajo en comparación con el 70 % identificado en la fase pre-implementación.
Información académica	Uso simultáneo de múltiples herramientas y duplicación frecuente de información.	Centralización de la información académica, con disminución notable de duplicidad.
Tiempo – calificaciones	75 % tarda entre 15 y 60 minutos por curso o paralelo.	75 % tarda menos de 30 minutos tras la implementación del sistema.
Tiempo – tareas	70 % tarda entre 15 y 60 minutos en gestión de tareas académicas.	70 % tarda menos de 30 minutos en la gestión de tareas.
Aceptación del sistema	90 % considera necesaria una plataforma integrada para la gestión académica.	Alta aceptación del sistema y disposición a uso permanente por parte de los participantes.

Resultados cuantitativos pre-implementación

La encuesta diagnóstica fue aplicada a 20 participantes de la Unidad Educativa Particular “Jesús María”, pertenecientes a distintos roles institucionales. La muestra estuvo compuesta principalmente por docentes (40 %) y tutores (35 %), seguidos de directivos o coordinadores (15 %) y personal administrativo (10 %). En cuanto a la experiencia institucional, el 45 % del personal posee más de seis años de trayectoria, mientras que el 55 % restante corresponde a

personal con menor antigüedad, lo que permitió recoger percepciones diversas sobre los procesos institucionales.

En relación con la gestión administrativa, los resultados evidencian percepciones heterogéneas respecto a la carga de trabajo y al tiempo invertido en procesos operativos. Aproximadamente el 70 % de los encuestados manifestó la presencia ocasional o frecuente de retrabajo y duplicación de tareas, así como la necesidad de invertir más tiempo del deseado en actividades administrativas, especialmente en el registro de calificaciones y la gestión de tareas académicas.

La gestión de la información académica se caracteriza por el uso simultáneo de múltiples herramientas, tanto físicas como digitales, entre las que destacan cuadernos físicos, plataformas virtuales, aplicaciones de mensajería y hojas de cálculo. La recurrencia de duplicación de información evidencia limitaciones en la organización y consolidación de los datos académicos.

En términos de tiempo, la mayoría del personal indicó invertir entre 15 y 60 minutos por curso o paralelo en actividades como el registro de calificaciones y la organización de tareas, así como entre una y seis horas semanales en labores administrativas generales.

Finalmente, los resultados reflejan una alta aceptación hacia la implementación de una plataforma digital integrada, con más del 90 % de los participantes manifestando su necesidad y disposición de uso como apoyo para la mejora de la gestión académica institucional.

Tabla 8
Síntesis cuantitativa de resultados pre-implementación

Eje	Indicador	Resultado pre-implementación
Muestra	Rol institucional	Docentes 40 %, tutores 35 %, directivos 15 %, administrativos 10 %.
Muestra	Experiencia	>6 años 45 %; <1 año 30 %; 1–3 años 20 %; 4–6 años 5 %.
Procesos	Retrabajo	70 % reporta retrabajo frecuente o eventual.
Información	Herramientas	Uso simultáneo de herramientas físicas y digitales.
Información	Duplicación	Presencia recurrente de duplicación de información.
Tiempos	Calificaciones	75 % tarda entre 15 y 60 minutos.
Tiempos	Tareas	70 % tarda entre 15 y 60 minutos.
Aceptación	Plataforma	Más del 90 % considera necesaria una plataforma integrada.

Resultados cuantitativos post-implementación

La encuesta post-implementación fue aplicada al personal institucional que utilizó la plataforma educativa durante el periodo de prueba, manteniendo coherencia con la muestra considerada en la fase de pre-implementación e incluyendo docentes, tutores, directivos y personal administrativo.

Los resultados evidencian mejoras en la gestión administrativa y académica tras la implementación del sistema, en comparación con la fase diagnóstica. La centralización de procesos en una única plataforma digital permitió reducir el retrabajo, disminuir la duplicación de información y facilitar el acceso a datos académicos relevantes.

En cuanto al tiempo de ejecución, el 75 % de los participantes indicó que el registro de calificaciones se realiza en menos de 30 minutos, mientras que el 70 % reportó una reducción en el tiempo requerido para la gestión de tareas académicas. Estos resultados evidencian una mejora significativa en la eficiencia operativa del sistema.

Asimismo, se observó una percepción positiva respecto a la facilidad de uso, claridad de navegación y utilidad del sistema, así como una alta disposición a su uso permanente dentro de la institución.

Tabla 9

Síntesis cuantitativa de resultados post-implementación

Eje	Indicador	Resultado post-implementación
Muestra	Rol institucional	Distribución equivalente a la fase pre-implementación (n = 12).
Muestra	Experiencia	Participantes con experiencia docente y administrativa diversa.
Procesos	Retrabajo	Reducción significativa del retrabajo.
Información	Herramientas	Centralización de procesos en una única plataforma digital.
Información	Duplicación	Disminución notable de duplicación de información.
Tiempos	Calificaciones	75 % tarda menos de 30 minutos.
Tiempos	Tareas	70 % tarda menos de 30 minutos.
Aceptación	Plataforma	Alta aceptación y disposición a uso permanente.

Los resultados presentados en la Tabla 9 corresponden a las mismas dimensiones evaluadas en la fase pre-implementación, lo que permite una comparación directa entre ambos momentos del estudio.

Entrevista pre y post implementación

Los resultados cualitativos presentados en esta sección se derivan de la entrevista semiestructurada aplicada a la autoridad institucional antes y después de la implementación del sistema (véanse los Apéndices C y D). El análisis se organizó en ejes temáticos relacionados con organización de la información, procesos académicos y administrativos, seguimiento estudiantil, comunicación institucional y toma de decisiones.

Resultados cualitativos pre-implementación

En la fase de pre-implementación, la autoridad institucional describió una gestión académica y administrativa caracterizada por la dispersión de la información, la lentitud de los procesos y la dependencia de mecanismos manuales de registro y consolidación. Según la entrevista, los docentes realizaban el manejo de datos de forma individual, lo que generaba retrasos en la organización académica y dificultades para validar la información disponible.

En relación con el registro de calificaciones, se identificó la ausencia de una trazabilidad suficiente sobre el origen de los datos. La autoridad señaló que no siempre existía evidencia clara para respaldar una calificación específica, como fechas de evaluación, tareas registradas o justificaciones de la nota. Esta situación ocasionaba problemas de consistencia, duplicación de información e incluso errores en la asignación de calificaciones, los cuales solían detectarse únicamente al momento de consolidar las notas finales, generando retrabajo administrativo.

Respecto a las herramientas utilizadas, se reportó el uso simultáneo de Excel para el registro de calificaciones, Word para actas e informes, Google Classroom para la entrega de tareas y diversos medios de comunicación como correo electrónico y aplicaciones de mensajería. No obstante, la autoridad indicó que el uso de estas herramientas no garantizaba una organización integrada de la información, ya que parte del registro dependía de la constancia individual de cada docente y de la revisión manual de múltiples fuentes.

En el seguimiento estudiantil también se evidenciaron limitaciones. La autoridad manifestó que, aunque el rol del tutor debería orientarse al acompañamiento constante del desempeño académico de sus estudiantes, en la práctica el seguimiento se desarrollaba de manera reactiva, generalmente cuando un docente de área informaba la existencia de dificultades académicas o disciplinarias. Esto limitaba la posibilidad de contar con un monitoreo oportuno y sistemático del progreso estudiantil.

En el ámbito administrativo, la entrevista permitió identificar que la elaboración de actas, informes estadísticos e informes individuales de estudiantes constituía una de las actividades más

demandantes en términos de tiempo. Asimismo, se señaló que el personal disponía de conocimientos tecnológicos básicos, aunque todavía con limitaciones para un uso más eficiente de herramientas digitales aplicadas a la gestión académica y documental.

De forma complementaria, la autoridad indicó que una plataforma educativa para la institución debía incorporar funcionalidades como el registro directo de calificaciones, el cálculo automático de promedios, la inclusión de distintos insumos de evaluación, la generación de estadísticas académicas y la visualización administrativa del avance del trabajo docente. También consideró importante que el sistema permitiera generar reportes o expedientes individuales por estudiante, con información académica clara y accesible.

En síntesis, los resultados pre-implementación muestran un contexto institucional con procesos fragmentados, limitada trazabilidad de la información académica, alta dependencia de registros manuales y dificultades para consolidar datos oportunos para el seguimiento estudiantil y la toma de decisiones.

Resultados cualitativos post-implementación

En la fase de post-implementación, la valoración institucional del sistema se orientó hacia la mejora de la organización y disponibilidad de la información académica y administrativa. De acuerdo con la percepción recogida, la plataforma favoreció una mayor centralización de los datos, facilitando su consulta desde un único entorno digital y disminuyendo la dependencia de registros dispersos en distintos medios.

En relación con las calificaciones y el seguimiento académico, la implementación del prototipo fortaleció la trazabilidad de la información, al permitir un acceso más claro a los registros académicos y una mejor visualización del desempeño estudiantil. Esta disponibilidad favoreció el acompañamiento por parte de docentes y tutores y redujo la necesidad de procesos manuales de verificación o reconsolidación.

Asimismo, la autoridad identificó una disminución del retrabajo administrativo en tareas

relacionadas con la consulta de información, revisión de avances y seguimiento académico. La disponibilidad más inmediata de los datos también aportó a una gestión institucional más ágil, especialmente en situaciones que requerían revisión del rendimiento estudiantil o coordinación entre actores académicos.

Desde la perspectiva del rol tutorial, la plataforma aportó condiciones más favorables para un seguimiento menos reactivo y más sistemático, al facilitar la consulta de información académica consolidada. De igual manera, se percibió una mejora en la comunicación interna y en la capacidad de acceder a información relevante para sustentar decisiones institucionales con mayor oportunidad.

En términos generales, los resultados post-implementación muestran una valoración positiva del sistema en relación con la centralización de la información, la mejora de la trazabilidad académica, la reducción de tareas repetitivas y el fortalecimiento del seguimiento estudiantil y de la toma de decisiones institucionales.

Con base en el contraste entre la entrevista pre y post-implementación, se identificaron cambios percibidos en cinco ejes principales, resumidos en la Tabla 10.

Tabla 10*Comparación de resultados cualitativos pre y post implementación*

Eje	Pre-implementación	Post-implementación
Información	Dispersa, con duplicación frecuente y validación limitada.	Centralizada, con mayor accesibilidad y trazabilidad de los datos.
Procesos	Predominantemente manuales, con tiempos elevados y presencia de retrabajo.	Más organizados y ágiles, con reducción de la reconsolidación manual.
Seguimiento	Predominantemente reactivo, con limitada visibilidad del estado académico.	Más sistemático, con acceso a información consolidada para el seguimiento.
Comunicación	Fragmentada entre múltiples medios y canales informales.	Más directa, apoyada en la disponibilidad de información dentro de la plataforma.
Decisiones	Basadas en revisión manual y reuniones de verificación.	Más ágiles, sustentadas en información disponible de manera oportuna.

Rendimiento y aseguramiento de la calidad

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas sobre el sistema desarrollado, considerando el desempeño del sistema en procesos administrativos de carga masiva y el tiempo de respuesta en vistas críticas del sistema, así como su comportamiento funcional frente a distintos escenarios de uso.

Rendimiento del sistema

El rendimiento del sistema fue evaluado a partir de operaciones reales de uso, correspondientes a procesos administrativos y a la carga de vistas fundamentales para la gestión académica. Se analizaron tres escenarios: la creación masiva de docentes, la creación masiva de estudiantes de bachillerato y la carga de la vista de un curso con sus entidades asociadas.

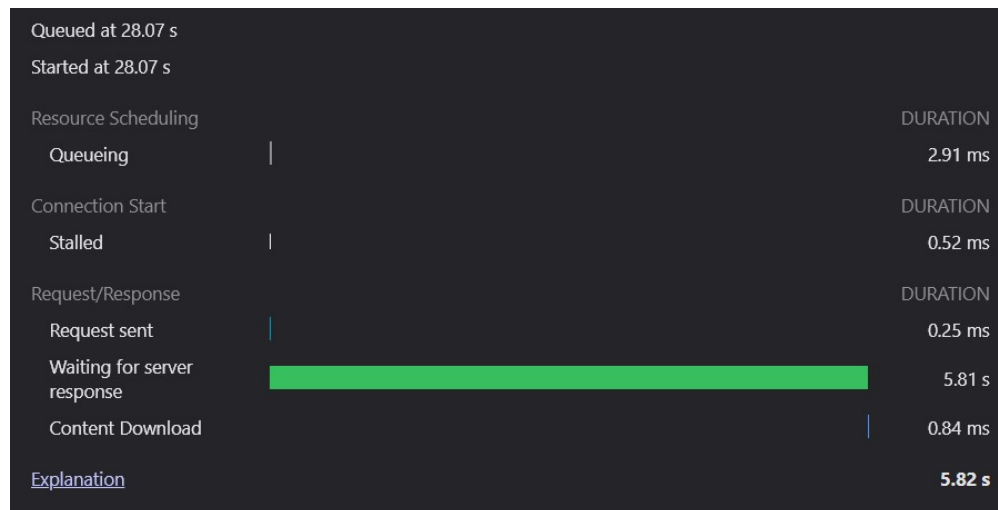
Registro de personal institucional

En el primer escenario se evaluó el proceso de creación simultánea de 21 usuarios correspondientes al personal institucional, incluyendo docentes y otros roles administrativos. Este proceso contempla la creación del usuario, generación del perfil institucional, asignación de roles y la generación y cifrado de credenciales de acceso.

Como se observa en la Figura 9, el tiempo total de respuesta fue de aproximadamente 5.8 segundos. La mayor parte de este tiempo se concentra en la fase de espera de respuesta del servidor (*waiting for server response*), mientras que las etapas de envío de la solicitud y descarga del contenido presentan tiempos marginales.

Este comportamiento indica que el procesamiento en el servidor constituye el principal factor de latencia en operaciones de inserción en lote, lo cual es consistente con la ejecución de múltiples transacciones relacionadas con la creación de usuarios y asignación de roles.

Figura 9. *Tiempo de respuesta en la creación masiva de personal institucional*



Nota. Comportamiento del tiempo de respuesta del sistema durante la creación masiva de usuarios del personal institucional.

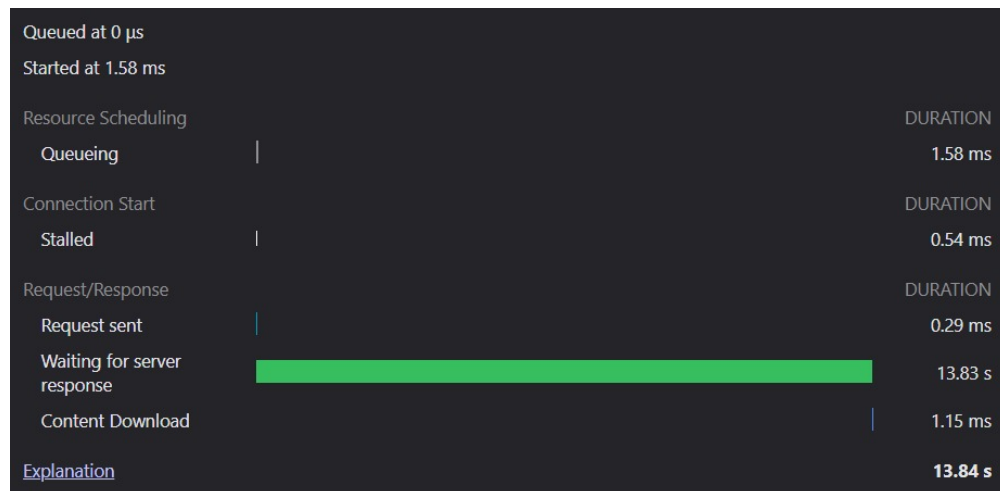
Registro de estudiantes de bachillerato

En el segundo escenario se evaluó el proceso de creación simultánea de 52 estudiantes de bachillerato, el cual contempla la creación del usuario, generación del perfil estudiantil, asociación al curso correspondiente y la asignación de credenciales de acceso al sistema.

Como se observa en la Figura 10, el tiempo total de respuesta del servidor fue de aproximadamente 13.8 segundos. Al igual que en el escenario de registro de personal institucional, la mayor parte del tiempo se concentra en la fase de espera de respuesta del servidor (*waiting for server response*).

El incremento en el tiempo de respuesta se asocia al mayor volumen de registros procesados y a la complejidad de las relaciones generadas en la base de datos, especialmente en la vinculación de estudiantes con cursos y estructuras académicas. Esto evidencia que las operaciones de inserción masiva representan una carga significativa para el sistema en comparación con procesos de consulta.

Figura 10. *Tiempo de respuesta en la creación masiva de estudiantes de bachillerato*



Nota. Rendimiento del sistema durante la creación masiva de estudiantes de bachillerato.

Carga de la vista de curso

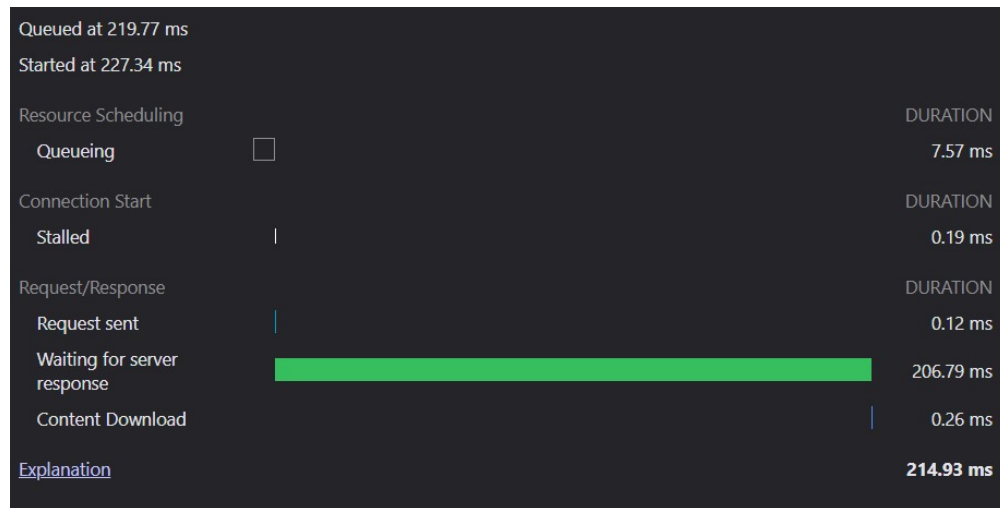
En el tercer escenario se evaluó el tiempo de carga de la vista correspondiente a un curso académico, la cual incluye la recuperación y visualización de los estudiantes matriculados y las materias asociadas.

Como se observa en la Figura 11, el tiempo total de respuesta fue de aproximadamente 215 milisegundos, significativamente menor en comparación con los escenarios de creación masiva de registros.

La mayor parte del tiempo se concentra en la fase de espera de respuesta del servidor (*waiting for server response*), mientras que las etapas de envío de solicitud y descarga de contenido presentan tiempos mínimos.

Este comportamiento evidencia un desempeño eficiente del sistema en operaciones de consulta, donde la latencia es reducida debido a la menor complejidad de procesamiento en comparación con operaciones de inserción. En contraste con los escenarios anteriores, que implican múltiples escrituras en base de datos, la carga de vistas se basa principalmente en operaciones de lectura, lo que explica la diferencia significativa en los tiempos de respuesta.

Figura 11. *Tiempo de respuesta en la carga de la vista de un curso académico*



Nota. Tiempo de carga de la vista de un curso académico durante la recuperación de información.

Pruebas de aseguramiento de la calidad

Además de las pruebas de rendimiento, el prototipo fue sometido a un proceso de validación técnica mediante pruebas manuales estructuradas, orientadas a verificar el funcionamiento de los flujos principales, la estabilidad operativa del sistema y la correcta ejecución de las funcionalidades implementadas.

En total, se ejecutaron 16 casos de prueba distribuidos en cuatro categorías: seguridad (4), funcionalidad (7), regresión (2) y usabilidad (3). La ejecución de estas pruebas permitió comprobar el comportamiento del sistema en escenarios representativos de uso por rol, así como validar restricciones de acceso, integridad de datos y continuidad operativa.

Los resultados obtenidos muestran que el 100 % de los casos de prueba ejecutados fueron aprobados, sin evidenciarse fallos bloqueantes en los flujos críticos del sistema. En las pruebas de seguridad se verificó correctamente el inicio de sesión con credenciales válidas, el rechazo de accesos no autorizados, la restricción por rol y el aislamiento de la información por *tenant*. En las pruebas funcionales se confirmó la correcta creación de periodos, asignaturas, usuarios,

asignaciones, actividades y calificaciones, así como la consulta de reportes académicos sin inconsistencias.

En las pruebas regresivas, los módulos previamente implementados mantuvieron su funcionamiento tras la incorporación de nuevas funcionalidades, sin introducir errores adicionales en los escenarios ya validados. Por su parte, las pruebas de usabilidad por rol evidenciaron que las tareas principales pudieron completarse en tiempos promedio de 12 minutos para el administrador, 9 minutos para el docente/tutor y 4 minutos para el estudiante, sin fallos bloqueantes y con una navegación comprensible.

De manera complementaria, durante las pruebas exploratorias se identificaron observaciones menores relacionadas con retroalimentación visual, claridad de ciertos elementos de interfaz y aspectos puntuales de experiencia de usuario. No obstante, estas observaciones no comprometieron la integridad de los datos ni el funcionamiento general del prototipo.

La Tabla 11 resume los principales resultados obtenidos en las pruebas manuales de aseguramiento de la calidad, mientras que la bitácora de ejecución y el detalle de los casos aplicados se presentan en los Apéndices J, K y L.

Tabla 11*Resultados de las pruebas de aseguramiento de la calidad*

Tipo de prueba	Casos	Resultado	Hallazgo principal
Pruebas de humo	–	Aprobadas	Acceso correcto a vistas principales con tiempos de carga de hasta 215 ms en vistas de consulta, sin fallos bloqueantes.
Pruebas de seguridad	4	4/4 aprobadas	Validación de autenticación, control de acceso por rol y aislamiento de datos por <i>tenant</i> .
Pruebas funcionales	7	7/7 aprobadas	Creación, asignación y consulta de entidades académicas ejecutadas sin inconsistencias.
Pruebas regresivas	2	2/2 aprobadas	Estabilidad del sistema tras modificaciones sin introducción de nuevos errores.
Pruebas exploratorias	–	Observaciones menores	Ajustes de interfaz y retroalimentación visual sin impacto funcional.
Pruebas de usabilidad	3	3/3 aprobadas	Tiempos promedio: administrador (12 min), docente/tutor (9 min), estudiante (4 min).

Discusión

El presente capítulo tiene como objetivo interpretar y analizar los hallazgos obtenidos en el capítulo de Resultados, en relación con la pregunta principal y las preguntas específicas de la investigación. La discusión se fundamenta en la evidencia empírica derivada de las encuestas pre y post implementación, así como de la entrevista semiestructurada realizada a la autoridad institucional, articulando dichos resultados con los enfoques teóricos sobre gestión académica, eficiencia administrativa y arquitectura de software en contextos educativos.

Análisis de la pregunta principal

En relación con la pregunta principal de investigación: *¿Cómo el desarrollo de un prototipo con arquitectura multitenant puede mejorar la eficiencia de la gestión académica y administrativa en la Unidad Educativa Jesús María?*, los resultados obtenidos evidencian que el prototipo desarrollado contribuye a mejorar la eficiencia de los procesos institucionales, particularmente en la reducción de tiempos operativos y en la organización de la información académica.

En la fase de pre-implementación, se evidenció que una proporción considerable del personal institucional dedicaba entre 15 y 60 minutos por curso a actividades como el registro de calificaciones y la organización de tareas, además de varias horas semanales a procesos administrativos. Este escenario se caracterizaba por la dispersión de la información, la duplicación de registros y el uso simultáneo de múltiples herramientas.

Tras la implementación del prototipo, los resultados muestran una reducción en los tiempos reportados, donde aproximadamente el 75 % de los participantes indicó realizar el registro de calificaciones en menos de 30 minutos, en contraste con el escenario pre-implementación donde

predominaban intervalos entre 15 y 60 minutos. De manera similar, cerca del 70 % reportó una disminución en el tiempo dedicado a la gestión de tareas académicas, junto con una reducción en la percepción de retrabajo, evidenciada en que el 100 % de los participantes reportó una disminución en el tiempo destinado a la gestión administrativa en la fase post-implementación.

Estos resultados evidencian que la centralización de la información y la automatización de procesos contribuyen directamente a optimizar el uso del tiempo y mejorar la eficiencia operativa y que el aporte del presente estudio no solo radica en la implementación de una solución tecnológica, sino en la validación empírica de su impacto en la eficiencia operativa dentro de un contexto institucional real.

Estos hallazgos son consistentes con la literatura sobre transformación digital en contextos educativos, la cual señala que la integración de sistemas de información reduce la duplicación de tareas y mejora la disponibilidad de datos para la gestión académica. No obstante, a diferencia de algunos enfoques teóricos que plantean una automatización completa de los procesos, en este estudio la mejora se evidencia principalmente en la reducción de tiempos operativos y en la organización de la información, manteniéndose cierto grado de intervención manual.

Desde una perspectiva tecnológica, la arquitectura *multitenant* permitió estructurar el sistema de manera que los datos institucionales se gestionen de forma centralizada pero con aislamiento lógico, lo que facilita tanto la organización como la escalabilidad del sistema.

Discusión de las preguntas específicas

Necesidades, limitaciones y problemáticas de los procesos actuales

Los resultados pre-implementación confirman la existencia de problemáticas asociadas a la fragmentación de la información y la dependencia de procesos manuales. La evidencia muestra el uso simultáneo de herramientas como cuadernos físicos, hojas de cálculo, plataformas educativas no integradas y aplicaciones de mensajería, lo que genera duplicación de información y tiempos

elevados de consolidación.

Estos hallazgos coinciden con estudios sobre gestión académica digital, los cuales identifican la dispersión de la información como un factor que limita la eficiencia y la toma de decisiones institucionales. En este caso, la falta de trazabilidad en el registro de calificaciones y la necesidad de validación manual, evidenciadas en la entrevista, refuerzan la necesidad de soluciones tecnológicas integradas.

Características funcionales y técnicas del prototipo

Las funcionalidades implementadas en el prototipo —como el registro directo de calificaciones, el cálculo automático de promedios y la generación de reportes— responden directamente a las problemáticas identificadas en la fase de diagnóstico.

Los resultados post-implementación muestran que estas funcionalidades contribuyeron a reducir tiempos operativos y mejorar la organización de la información académica. Esto refuerza la coherencia entre las necesidades detectadas y la solución desarrollada, validando el enfoque de ingeniería de requerimientos aplicado.

Desde la literatura de ingeniería de software, este tipo de correspondencia entre requerimientos y solución implementada es fundamental para garantizar la pertinencia del sistema. En este estudio, dicha correspondencia se evidencia en la mejora percibida en los procesos académicos y administrativos.

Percepción sobre la utilidad, usabilidad y pertinencia del sistema

Los resultados evidencian una percepción favorable respecto al sistema. En la fase pre-implementación, más del 90 % del personal manifestó la necesidad de una plataforma integrada, mientras que en la fase post-implementación se registraron valoraciones positivas sobre la facilidad de uso, la claridad de navegación y la utilidad del sistema.

Este comportamiento es consistente con modelos de adopción tecnológica, que plantean que la percepción de utilidad se fortalece a partir de la experiencia de uso. En este caso, la coherencia entre expectativas iniciales y percepciones posteriores sugiere un adecuado nivel de aceptación institucional.

Sin embargo, es importante considerar que estas valoraciones se basan en percepciones de los usuarios, lo que implica un componente subjetivo que puede estar influenciado por factores como la novedad del sistema o el contexto de implementación.

Escalabilidad y aportes de la arquitectura multitenant

Desde una perspectiva técnica, la arquitectura *multitenant* adoptada permite proyectar el sistema hacia otros contextos educativos, manteniendo la independencia lógica de los datos por institución.

Aunque el prototipo fue evaluado en una sola institución, el modelo implementado permite gestionar múltiples contextos mediante el uso de identificadores de *tenant*, lo que posibilita compartir infraestructura sin comprometer la seguridad de la información.

Este enfoque se alinea con los planteamientos teóricos sobre arquitecturas escalables, las cuales buscan optimizar recursos y facilitar la expansión del sistema. No obstante, su validación en múltiples instituciones aún requiere estudios adicionales.

Discusión integrada de los resultados

El análisis conjunto de los resultados cuantitativos y cualitativos permite observar una convergencia entre las percepciones del personal institucional y la valoración de la autoridad respecto al funcionamiento del prototipo. Mientras los datos de encuestas muestran una reducción cuantificable en los tiempos reportados —por ejemplo, una disminución hacia intervalos menores a 30 minutos en el registro de calificaciones—, la entrevista post-implementación refuerza esta

tendencia al señalar una mejor organización de la información, mayor trazabilidad de las calificaciones y una disminución del retrabajo administrativo.

No obstante, es importante considerar que los resultados de la fase de pre-implementación pueden estar condicionados por la falta de experiencia previa de los usuarios con un sistema integrado de estas características. En este sentido, las percepciones iniciales sobre la carga de trabajo, la eficiencia de los procesos o la necesidad de una plataforma tecnológica pueden no reflejar completamente el potencial de mejora real, debido a que los participantes aún no contaban con una referencia práctica de uso.

A diferencia de la fase post-implementación, donde las valoraciones se basan en la experiencia directa con el sistema, las percepciones pre-implementación se construyen a partir de expectativas, hábitos de trabajo previos y limitaciones del entorno existente. Esto implica que la comparación entre ambos momentos no solo refleja cambios en los procesos, sino también una evolución en la comprensión del valor que aporta la solución tecnológica.

Este fenómeno es consistente con enfoques teóricos sobre adopción tecnológica, los cuales plantean que la percepción de utilidad de un sistema se fortalece a partir de su uso efectivo, y no únicamente desde una evaluación hipotética previa a su implementación. En este contexto, los resultados post-implementación adquieren mayor peso interpretativo, al estar sustentados en la interacción real con el prototipo.

En consecuencia, la mejora observada entre los escenarios pre y post implementación debe interpretarse considerando tanto los cambios operativos introducidos por el sistema como la transformación en la percepción de los usuarios respecto a su propio trabajo y a las posibilidades de optimización mediante herramientas digitales.

Limitaciones metodológicas

El presente estudio presenta limitaciones relacionadas con los métodos utilizados. En primer lugar, la evaluación se basó principalmente en percepciones del personal institucional, lo que introduce un componente subjetivo en los resultados. Si bien estas percepciones son relevantes para analizar la aceptación del sistema, no permiten medir de forma completamente objetiva el impacto en la eficiencia operativa.

Asimismo, el tamaño de la muestra fue reducido y se limitó a una sola institución educativa, lo que restringe la generalización de los resultados a otros contextos. Además, las pruebas de calidad se realizaron mediante enfoques manuales y en un entorno controlado, sin incluir pruebas automatizadas o evaluaciones a gran escala.

Finalmente, debe considerarse un posible efecto de novedad, donde la percepción positiva del sistema puede estar influenciada por su reciente implementación, lo cual podría modificarse con el uso prolongado en el tiempo.

Síntesis de la discusión

En conjunto, los resultados sugieren que el prototipo desarrollado responde de manera coherente a las necesidades identificadas en la Unidad Educativa Jesús María. La comparación entre los escenarios pre y post implementación evidencia mejoras en la organización de la información, la reducción del retrabajo y la optimización de tiempos operativos.

No obstante, las limitaciones metodológicas del estudio indican que los resultados deben interpretarse dentro del contexto específico en el que fueron obtenidos. En este sentido, futuras investigaciones podrían ampliar el alcance del estudio mediante evaluaciones longitudinales y la aplicación del sistema en múltiples instituciones educativas.

Conclusiones

El presente trabajo de titulación permitió desarrollar e implementar un prototipo de plataforma educativa automatizada con arquitectura *multitenant*, orientada a la gestión académica y administrativa en la Unidad Educativa Particular “Jesús María”. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la solución propuesta contribuye a mejorar la centralización de la información, reducir la dispersión de registros y optimizar tiempos operativos asociados a procesos académicos institucionales.

En el diagnóstico inicial se identificó que la gestión académica se desarrollaba mediante herramientas dispersas y procedimientos predominantemente manuales, lo que generaba duplicación de información, retrabajo administrativo, limitada trazabilidad en el registro de calificaciones y dificultades para el seguimiento oportuno del desempeño estudiantil. Estas condiciones afectaban la organización institucional y aumentaban el tiempo requerido para actividades como el registro de notas, la gestión de tareas y la elaboración de reportes.

Tras la implementación del prototipo, los resultados evidencian mejoras en la organización de la información académica y en la eficiencia operativa de los procesos evaluados. En particular, se observó una reducción en los tiempos reportados para actividades como el registro de calificaciones y la gestión de tareas, así como una disminución en la percepción de retrabajo, evidenciada en que el 100% de los participantes reportó una reducción en el tiempo destinado a la gestión administrativa en la fase post-implementación y una mayor facilidad para acceder a información académica actualizada. En este sentido, puede concluirse que la plataforma aportó a una gestión más estructurada, centralizada y funcional dentro del contexto institucional estudiado.

En relación con los objetivos específicos, se concluye que el estudio permitió identificar con

claridad las principales limitaciones de los procesos institucionales, definir una solución técnica alineada con dichas necesidades e implementar funcionalidades pertinentes para el contexto educativo analizado. Entre estas destacan el registro directo de calificaciones, el cálculo automático de promedios, la visualización de reportes y la organización de la información por roles. Asimismo, la evaluación realizada mostró una percepción favorable sobre la utilidad, facilidad de uso y pertinencia del sistema.

Desde el punto de vista técnico, la arquitectura *multitenant* implementada constituye una base viable para el desarrollo de soluciones educativas escalables, al permitir la gestión centralizada de la información con aislamiento lógico por institución. Aunque el prototipo fue validado en una sola unidad educativa, su diseño arquitectónico ofrece condiciones favorables para una futura expansión hacia otros contextos, manteniendo integridad de los datos y coherencia estructural.

Las pruebas técnicas también respaldan la viabilidad funcional del sistema. Los resultados de rendimiento mostraron tiempos adecuados en operaciones de consulta y un comportamiento estable en procesos de inserción masiva, mientras que las pruebas manuales de seguridad, funcionalidad, regresión y usabilidad permitieron verificar el correcto funcionamiento de los flujos principales sin fallos bloqueantes. Esto permite concluir que el prototipo no solo fue conceptualmente pertinente, sino también operativamente estable dentro del alcance de la investigación.

No obstante, las conclusiones deben interpretarse considerando las limitaciones del estudio. La evaluación se realizó en una sola institución educativa, con una muestra reducida en la fase post-implementación y basada principalmente en percepciones de los participantes. Además, no se incorporaron indicadores longitudinales de impacto académico ni evaluaciones comparativas en múltiples contextos institucionales, por lo que los resultados no pueden generalizarse de manera directa.

En síntesis, se concluye que el prototipo desarrollado constituye una solución técnicamente viable, funcionalmente pertinente y organizacionalmente útil para el contexto analizado. La

investigación demuestra que una plataforma educativa *multitenant* contribuye a la mejora de la gestión académica y administrativa mediante la centralización de la información, la reducción del retrabajo y la optimización de tiempos operativos. Este estudio aporta evidencia empírica en un contexto institucional real, validando la viabilidad de aplicar soluciones basadas en arquitectura *multitenant* para la optimización de procesos académicos en entornos educativos. A partir de ello, se establece una base sólida para futuras investigaciones orientadas a la evaluación longitudinal del sistema, la incorporación de analíticas de aprendizaje y su aplicación en otras instituciones educativas.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, L. J. T., Gordillo, S. E., & Ramos, Y. (2025). Las plataformas educativas digitales para potenciar el aprendizaje de las medidas de tendencia central en estudiantes de séptimo año de básica. *Revista Suplemento CICA Multidisciplinario*, 9(19), 114-120.
<https://uleam.suplementocica.org/index.php/SuplementoCICA/article/view/209>
- Aljawarneh, S. (2020). Reviewing and exploring innovative ubiquitous learning tools in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 32, 57-73.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/constitucion_de_la_republica_del_ecuador
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021).
https://www.finanzaspopulares.gob.ec/wp-content/uploads/2021/07/ley_organica_de_proteccion_de_datos_personales.pdf
- Bautista Villegas, E. A., Valles Paz, J. J., Collantes Chules, H., Casildo-Bedón, N. E., & Sánchez Calle, J. E. (2024). Arquitectura multi-tenant para la implementación de un software como servicio y su influencia en la usabilidad de las MYPES del sector comercio del nororiente peruano. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 32(5), 512-526.
- Cavoukian, A. (2011). *Privacy by Design: The 7 Foundational Principles*. Information; Privacy Commissioner of Ontario.
<https://www.ipc.on.ca/sites/default/files/legacy/2018/01/pbd-1.pdf>

- Código de la Niñez y Adolescencia (2003). https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/codigo_ninezyadolescencia.pdf
- Gašević, D., Prinsloo, P., & Cobo, C. (2018). *Analíticas de aprendizaje para el Sur Global*. Fundación FIT-ED. <https://redi.anii.org.uy/jspui/handle/20.500.12381/329>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference* (4.^a ed.). Allyn & Bacon.
- González Ciriaco, L. A. (2024). Desafíos y estrategias para superar la brecha digital en entornos universitarios: una revisión sistemática. *Revista Multidisciplinaria Voces de América y el Caribe*, 1(1), 217-243. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10999762>
- IBM. (2024a). *¿Qué es la multitenencia (multitenant)? IBM Cloud Learn Hub*. <https://www.ibm.com/es-es/topics/multi-tenant>
- IBM. (2024b). *What is monolithic architecture?* [IBM Think]. Consultado el 16 de marzo de 2026, desde <https://www.ibm.com/think/topics/monolithic-architecture>
- Idukay. (2025). *Plataforma de gestión escolar en la nube*. <https://www.idukay.com>
- Loor, K. P. E. (2022). Gestión escolar y su incidencia en la calidad educativa: Estudio en el Distrito 13D06 Junín-Bolívar. *Revista Business Science*, 3, 81-92. https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/business_science/article/view/257
- Loor Pinargote, J. A., Garcia Gruezo, M. G., Montaña Rodríguez, E. V., Armijo Mogrovejo, A. V., & Mogrovejo Yumbla, E. S. (2025). El uso de plataformas digitales en la educación del siglo XXI: avances, retos y oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.18712

- Ministerio de Educación del Ecuador. (2025). *Instructivo de evaluación estudiantil*.
<https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/04/Instructivo-de-Evaluacion-Estudiantil-2025.pdf>
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador. (2025). *Lineamientos Nacionales para la Valoración de los y las Estudiantes y la Evaluación de los Aprendizajes*. PUCE.
https://www.puce.edu.ec/intranet/documentos/gaceta/normativa-historica/lineamientos-nacionales/lineamientos-nac-valoracion-estudiantes-evaluacion-aprendizajes_historico_20250201.pdf
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown Business. <https://theleanstartup.com/book>
- Runachay. (2025). *Sistema integral de gestión educativa*. <https://runachay.com>
- Siemens, G., & Baker, R. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 252-254. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Sommerville, I. (2020). *Ingeniería del software* (10.^a ed.). Pearson Educación.
- UNESCO. (2021). *Transforming education with digital technologies*. UNESCO.
<https://www.unesco.org/en/digital-education>
- UNESCO. (2023). *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education: A tool on whose terms?* UNESCO. Paris. <https://doi.org/10.54676/UZQV8501>

Vidal, M. C. G. (2025). Gestión educativa: Un camino incierto en Ecuador. *Revista Científica UTIC*. <https://www.uticvirtual.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/702?articlesBySimilarityPage=14>

Zaruma, M. S. I. (2024). Impacto de las plataformas tecnológicas de enseñanza como recursos educativos. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar de Humanidades, Ciencias y Educación*. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/13307>

Cuestionario post-implementación

Apéndice: Cuestionario post-implementación de la plataforma ETER

Instrucciones: Marque la opción que mejor represente su percepción. En las preguntas abiertas, responda de forma breve y clara.

Ítem	Enunciado	Opciones de respuesta
1	Rol que desempeña dentro de la institución	Docente / Tutor / Administrativo / Directivo– Coordinador
2	Tiempo de uso de la plataforma ETER	< 1 mes / 1–3 meses / 3–6 meses / > 6 meses
3	Frecuencia de uso de la plataforma ETER	Diario / Varias veces por semana / Ocasional / Rara vez / Solo cuando es obligatorio
4	La plataforma ETER centraliza adecuadamente la información académica	Likert (1–5)
5	Las funcionalidades de la plataforma se ajustan a las necesidades de mi rol	Likert (1–5)
6	Tiempo para registrar o consolidar calificaciones usando ETER	< 15 min / 15–30 min / 31–60 min / > 1 h / No aplica
7	Tiempo para organizar y verificar tareas de los estudiantes	< 15 min / 15–30 min / 31–60 min / > 1 h / No aplica
8	Tiempo semanal dedicado a tareas administrativas luego de usar ETER	< 1 h / 1–3 h / 4–6 h / > 6 h
9	El uso de ETER ha reducido mi carga administrativa	Likert (1–5)
10	Los procesos académicos son más rápidos con ETER	Likert (1–5)
11	La plataforma reduce la repetición de tareas administrativas	Likert (1–5)
12	ETER facilita la organización de la información académica	Likert (1–5)
13	ETER facilita el respaldo y la trazabilidad de las calificaciones	Likert (1–5)
14	La comunicación institucional ha mejorado con el uso de ETER	Likert (1–5)
15	Es más fácil acceder a información académica actualizada	Likert (1–5)
16	El seguimiento académico de los estudiantes es claro y estructurado	Likert (1–5)
17	La plataforma ETER es fácil de usar	Likert (1–5)
18	La navegación dentro del sistema es clara e intuitiva	Likert (1–5)
19	Me siento cómodo(a) utilizando ETER en mis actividades diarias	Likert (1–5)
20	Considero que ETER aporta valor a la gestión académica institucional	Likert (1–5)
21	En comparación con los procesos anteriores, ETER ha mejorado mi trabajo	Mucho menos eficiente / Menos eficiente / Igual / Más eficiente / Mucho más eficiente
22	Recomendaría el uso permanente de la plataforma ETER	Sí / No / Tal vez
23	Beneficios principales identificados al utilizar la plataforma ETER	Respuesta abierta
24	Aspectos que pueden mejorarse en la plataforma	Respuesta abierta

Cuestionario pre-implementación

Apéndice: Cuestionario de encuesta diagnóstica pre-implementación

Instrucciones: Marque la opción que mejor represente su percepción.

Ítem	Enunciado	Opciones de respuesta
1	Rol que desempeña dentro de la institución	Docente / Tutor / Administrativo / Directivo–Coordinador
2	Años de experiencia en la institución	< 1 año / 1–3 años / 4–6 años / > 6 años
3	La gestión administrativa consume una parte significativa de mi tiempo laboral	Likert (1–5)
4	Los procesos académicos y administrativos actuales no generan retrabajo	Likert (1–5)
5	Herramientas que utiliza para gestionar información académica	Respuesta abierta
6	La información académica se encuentra centralizada en un solo sistema	Likert (1–5)
7	Frecuencia con la que debe duplicar información académica	Nunca / Rara vez / Ocasional / Frecuente
8	La organización de la información académica es clara y sencilla	Likert (1–5)
9	Tiempo para registrar o consolidar calificaciones	< 15 min / 15–30 min / 31–60 min / > 1 h
10	Tiempo semanal dedicado a tareas administrativas	< 1 h / 1–3 h / 4–6 h / > 6 h
11	Tiempo para organizar y verificar tareas de estudiantes	< 15 min / 15–30 min / 31–60 min / > 1 h
12	Los procesos actuales me obligan a invertir más tiempo del necesario	Likert (1–5)
13	La búsqueda de información académica consume tiempo innecesario	Likert (1–5)
14	La falta de un sistema integrado incrementa la carga administrativa	Likert (1–5)
15	La comunicación entre docentes, tutores y administración es clara	Likert (1–5)
16	Es fácil acceder a información académica actualizada	Likert (1–5)
17	Considero necesario implementar una plataforma digital integrada	Likert (1–5)
18	Una plataforma digital podría reducir la carga administrativa	Likert (1–5)
19	Estaría dispuesto(a) a utilizar una nueva plataforma digital	Likert (1–5)

Escala Likert (1–5): Totalmente en desacuerdo – Totalmente de acuerdo.

Guion de entrevista pre-implementación

Apéndice: Guion de entrevista pre-implementación

N°	Pregunta
1	¿Cómo describiría los procesos de gestión académica y administrativa actuales?
2	¿Existe un respaldo claro del origen de las calificaciones registradas?
3	¿Qué herramientas utilizan los docentes para gestionar la información académica?
4	¿Qué tan fácil es para los tutores realizar seguimiento académico?
5	¿Cuáles considera que son los procesos administrativos más tardados?
6	¿Qué tan familiarizado está el personal con herramientas tecnológicas?
7	¿Qué funcionalidades considera indispensables en una plataforma educativa?
8	¿Las fórmulas o estructuras de calificación varían con frecuencia?
9	¿Cómo afecta el uso de sistemas manuales a la toma de decisiones institucionales?
10	¿Es común que un docente cumpla rol de tutor y docente de área?
11	¿Cuántos docentes y estudiantes tiene la institución?
12	¿Qué tan familiarizados están los estudiantes con plataformas educativas?
13	¿Qué impacto tendría una plataforma digital integrada en la institución?
14	¿Dónde se almacenan actualmente los archivos digitales institucionales?

Guion de entrevista post-implementación

Apéndice: Guion de entrevista post-implementación

N°	Pregunta
1	¿Cómo describiría la experiencia general tras la implementación de la plataforma?
2	¿La plataforma cumplió con las expectativas iniciales?
3	¿Qué cambios observó en la gestión de calificaciones?
4	¿Se redujo el tiempo para consolidar calificaciones y generar reportes?
5	¿Cómo influyó la plataforma en la elaboración de actas e informes?
6	¿La carga administrativa del personal ha disminuido?
7	¿Se logró centralizar la información académica y administrativa?
8	¿Ha mejorado la trazabilidad y respaldo de registros académicos?
9	¿Mejoró el seguimiento académico de los estudiantes?
10	¿El tutor cuenta con información más clara y oportuna?
11	¿Mejoró la comunicación entre docentes, tutores y administración?
12	¿Cómo evalúa la facilidad de uso de la plataforma?
13	¿El nivel de adaptación del personal fue adecuado?
14	¿Qué dificultades o limitaciones se identificaron?
15	¿Existen procesos que aún requieran ajustes?
16	¿La plataforma facilita la toma de decisiones institucionales?
17	¿Considera que la plataforma mejoró la eficiencia institucional?
18	¿Recomendaría su uso a otras instituciones educativas?

Mapa de empatía del rol docente/tutor



Mapa de empatía completo del rol docente/tutor utilizado durante el levantamiento de requerimientos.

Arquitectura de la plataforma

Arquitectura de la Plataforma

Descripción técnica detallada del sistema Academic System

1. Visión General

El sistema Academic System está construido sobre **Next.js 14** con App Router, desplegado en **Vercel**. La arquitectura es **full-stack monolítica** en el servidor de aplicaciones, pero implementa una **persistencia híbrida** con dos motores independientes: **PostgreSQL** para datos relacionales e institucionales, y **MongoDB** para datos semiestructurados del sistema de calificación.

El sistema adopta un patrón de **multi-tenancy por identificador**: todos los tenants comparten la misma instancia de base de datos e infraestructura. El aislamiento se logra propagando el `tenantId` —derivado del subdominio de la URL— a través de cada consulta en ambas bases de datos.

2. Stack Tecnológico

Componente	Tecnología	Propósito
Next.js 14 (App Router)	React / Node.js	Framework full-stack, SSR, API Routes
Prisma ORM	TypeScript	Mapeo objeto-relacional para PostgreSQL
Mongoose ODM	TypeScript	Mapeo objeto-documento para MongoDB
NextAuth.js	JWT / OAuth	Autenticación, sesiones y roles
PostgreSQL (Neon)	Cloud RDBMS	Datos estructurados y lógica académica
MongoDB (Atlas)	Cloud NoSQL	Plantillas de calificación y calificaciones
Vercel	Edge / Serverless	Despliegue, CDN y ejecución de API Routes
TypeScript	Lenguaje tipado	Seguridad de tipos en toda la codebase

3. Arquitectura por Capas

La plataforma se organiza en cinco capas lógicas. La figura 1 presenta una vista completa de estas capas y sus componentes principales.

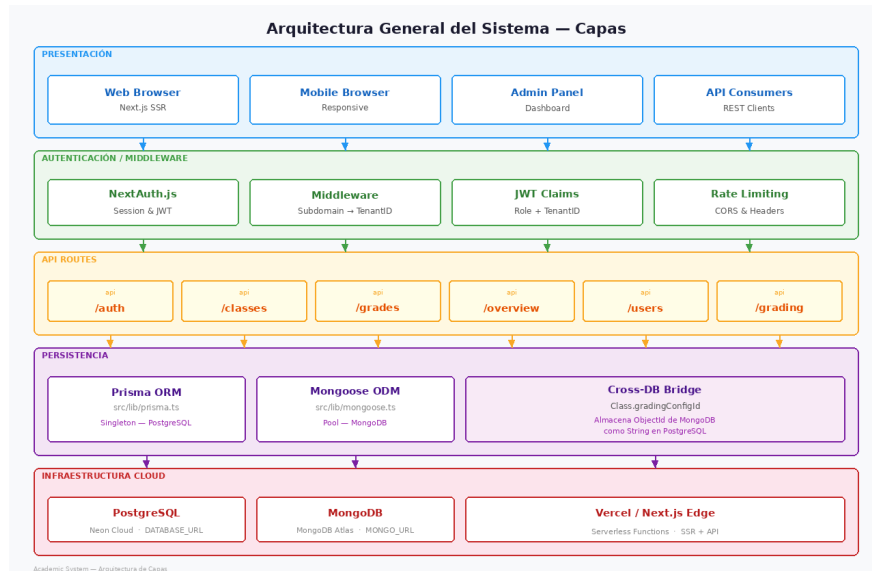


Figura 1. Arquitectura general del sistema organizada por capas.

3.1 Capa de Presentación

Cientes web y móviles acceden al sistema a través del navegador. Next.js renderiza páginas por SSR o las sirve como componentes React en el cliente según la ruta. Todos los clientes se comunican exclusivamente a través de las API Routes; no existe acceso directo a la base de datos desde el navegador.

3.2 Capa de Autenticación y Middleware

NextAuth.js gestiona el ciclo de vida de la sesión mediante **JWT**. El middleware de Next.js se ejecuta en el Edge antes de que la petición llegue a cualquier API Route y cumple dos funciones: (1) extrae el subdominio de la URL para identificar el tenant, y (2) inyecta el `tenantId` en el payload del JWT. Cada API Route confía en este JWT para determinar el contexto del tenant sin necesidad de volver a consultar la base de datos.

3.3 Capa de Lógica de Negocio — API Routes

Las API Routes actúan como controladores, organizadas por dominio funcional: autenticación, clases, calificaciones, plantillas, usuarios y métricas del dashboard. Cada route es responsable de la validación de entrada, la orquestación de consultas a las bases de datos y la composición de la respuesta. Los flujos que involucran ambas bases de datos coordinan las operaciones manualmente, dado que no existe un gestor de transacciones distribuidas.

3.4 Capa de Persistencia

Prisma ORM provee un cliente tipado para PostgreSQL; su instancia es un singleton reutilizable (src/lib/prisma.ts). Mongoose ODM gestiona la conexión a MongoDB con connection pooling por proceso (src/lib/mongoose.ts). La relación entre ambas bases se materializa en un único campo: Class.gradingConfigId, que almacena el _id.toString() del GradingTemplate activo al crear la clase.

4. Arquitectura Multi-Tenant

La figura 2 ilustra la arquitectura multi-tenant, reflejando con precisión la implementación de persistencia híbrida del prototipo. A diferencia de representaciones anteriores que mostraban la capa de persistencia como un único componente, el sistema utiliza dos motores independientes con mecanismos de aislamiento propios.

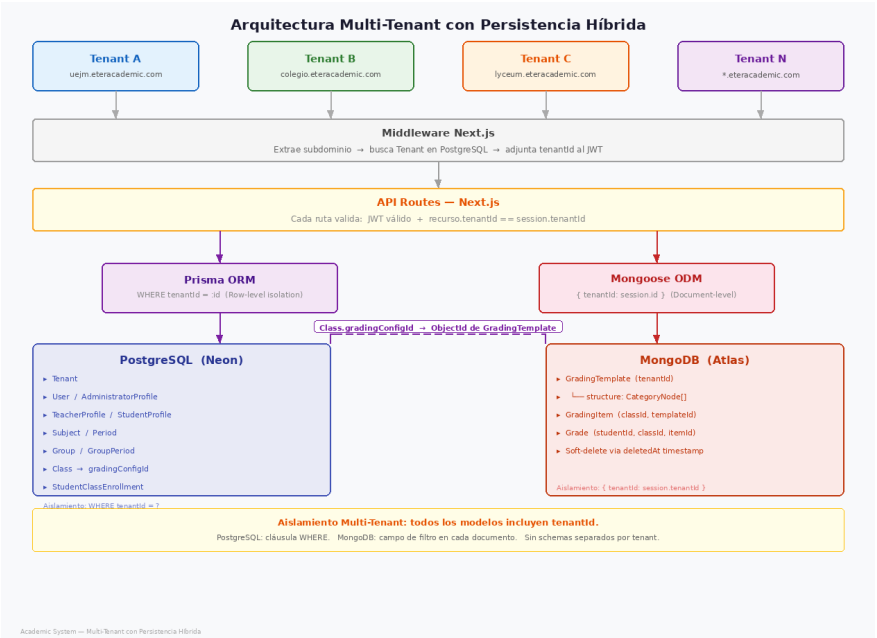


Figura 2. Arquitectura multi-tenant con persistencia híbrida PostgreSQL + MongoDB.

El modelo adoptado es **shared database, shared schema** con discriminación por tenantId. Todos los tenants conviven en las mismas tablas y colecciones; el aislamiento es responsabilidad de la capa de aplicación:

Capa	PostgreSQL	MongoDB
Identificación del tenant	Subdominio → Tenant.subdomain en DB	Campo tenantId en cada documento

Propagación	JWT session con tenantId	JWT session con tenantId
Aislamiento de datos	WHERE tenantId = :id en cada query	{ tenantId } en cada consulta Mongoose
Validación	API Route: recurso.tenantId == session.tenantId	Mismo mecanismo en rutas de calificación

Corrección respecto a la Figura 7 del documento principal: La representación anterior etiquetaba la persistencia como un único componente 'Base de Datos'. El prototipo utiliza dos motores independientes: PostgreSQL (Neon) para la estructura académica y MongoDB (Atlas) para las calificaciones. La figura 2 refleja correctamente esta arquitectura.

5. Flujos de Datos Entre Bases de Datos

5.1 Creación de Clase

Es el flujo central de coordinación entre las dos bases. La figura 3 detalla la secuencia y su relación con cada motor de persistencia.

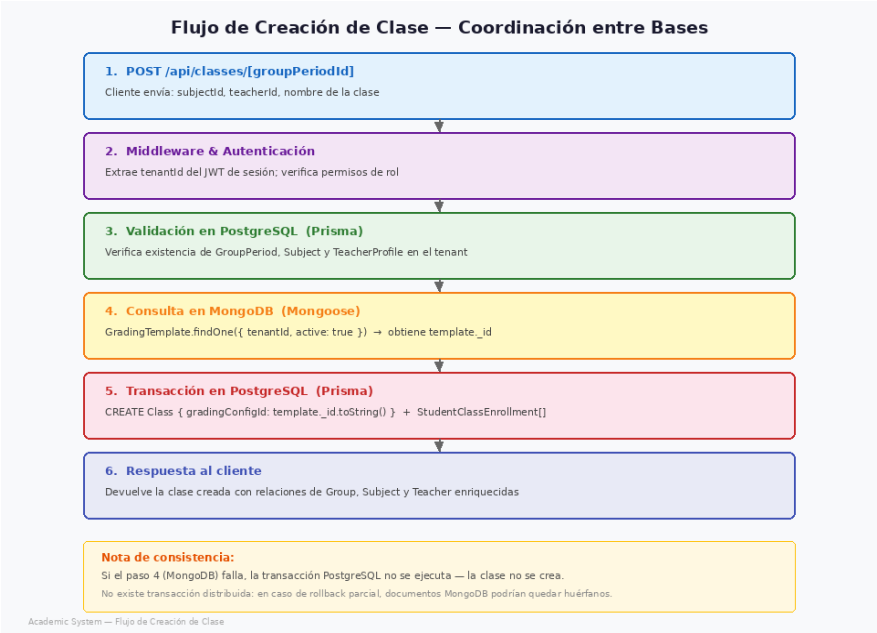


Figura 3. Flujo de creación de clase con coordinación entre PostgreSQL y MongoDB.

5.2 Registro de Calificaciones

Al registrar calificaciones, la API Route primero obtiene el `gradingConfigId` de la clase desde PostgreSQL, luego recupera el `GradingTemplate` y los `GradingItem` correspondientes desde MongoDB, y finalmente escribe o actualiza los documentos `Grade`. La validación de puntaje ($\text{score} \leq \text{maxScore}$) y de pesos por categoría ocurre en memoria antes de la escritura.

5.3 Dashboard del Administrador

Las métricas del dashboard operativo —conteo de usuarios, grupos, asignaturas, clases y matrículas por período— se obtienen exclusivamente de PostgreSQL mediante agregaciones Prisma. MongoDB no participa en este flujo, lo que simplifica la carga de lectura para la pantalla de mayor tráfico del sistema.

6. Consideraciones de Consistencia

Ausencia de transacciones distribuidas: No existe two-phase commit entre PostgreSQL y MongoDB. La consistencia se garantiza por el ordenamiento del flujo: las operaciones críticas están diseñadas para fallar antes de comprometer datos en ambas bases.

Escenarios de inconsistencia identificados:

1. Fallo en MongoDB antes de la transacción Prisma → la clase no se crea. Estado final: consistente.
2. Template eliminado post-creación de clase → `GradingItem` persiste; la clase sigue operativa.
3. Rollback parcial de Prisma tras escritura MongoDB → documentos MongoDB quedan huérfanos. Sin mecanismo de compensación.

Estas limitaciones son aceptables: la consistencia eventual es tolerable en un sistema académico y los flujos críticos están diseñados para fallar de forma segura.

Diagrama entidad-relación

Diagrama Entidad-Relación

Descripción completa del modelo de datos — PostgreSQL y MongoDB

1. Introducción

Este documento presenta la estructura de datos completa del sistema Academic System. El modelo está distribuido entre dos motores de persistencia: **PostgreSQL** para los datos relacionales institucionales, y **MongoDB** para los datos semiestructurados del sistema de calificaciones. Cada motor se describe con su propio diagrama y tablas de atributos.

Las relaciones entre los modelos de ambas bases de datos no están respaldadas por claves foráneas declaradas a nivel de motor; la integridad referencial cruzada es responsabilidad de la capa de aplicación. El único enlace explícito es `Class.gradingConfigId` en PostgreSQL, que almacena el `_id` de MongoDB como cadena de texto.

2. Modelo Relacional — PostgreSQL

La figura 4 muestra el diagrama entidad-relación completo de PostgreSQL. Los colores de encabezado agrupan entidades por dominio: **azul oscuro** para la raíz del tenant, **azul** para usuarios y perfiles, **verde** para la estructura académica (asignaturas, grupos, períodos), **verde claro** para las matrículas, y **naranja** para la clase —el punto de enlace con MongoDB.

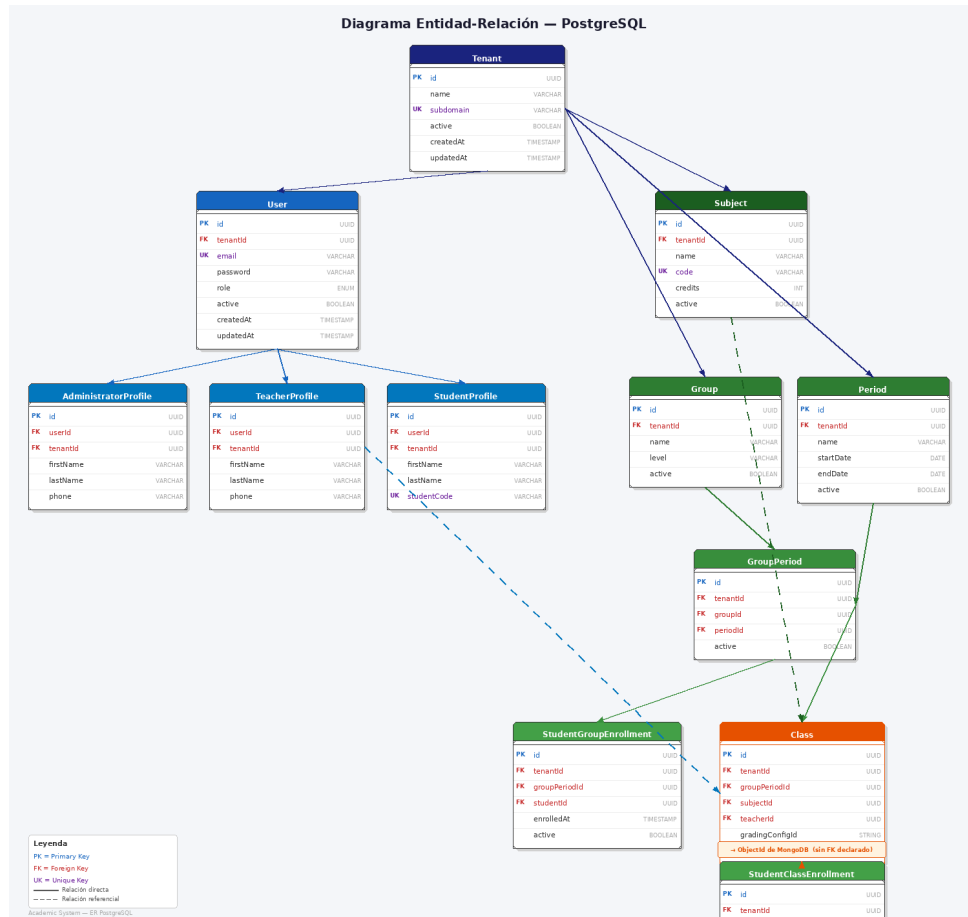


Figura 4. Diagrama entidad-relación de PostgreSQL. La entidad Class contiene el campo `gradingConfigId` que referencia MongoDB.

2.1 Tenant

Entidad raíz del sistema multi-tenant. Cada institución educativa es un tenant identificado por su subdominio único. Todos los demás modelos incluyen `tenantId` como clave de particionamiento lógico.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
id	UUID	PK	Identificador único del tenant (UUID v4)

name	VARCHAR		Nombre de la institución educativa
subdomain	VARCHAR	UK	Subdominio único; usado por middleware para identificar el tenant
active	BOOLEAN		Estado activo/inactivo del tenant
createdAt	TIMESTAMP		Fecha de creación del registro
updatedAt	TIMESTAMP		Fecha de última modificación

2.2 User y Perfiles de Rol

La entidad `User` centraliza la autenticación. Cada usuario tiene exactamente un perfil según su rol (administrador, docente o estudiante). Esta separación permite extender los atributos específicos de cada rol sin modificar el esquema base.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
id	UUID	PK	Identificador único del usuario
tenantId	UUID	FK	Referencia a Tenant; define el alcance del usuario
email	VARCHAR	UK	Correo electrónico; único dentro del tenant
password	VARCHAR		Hash bcrypt de la contraseña
role	ENUM		Rol: administrator teacher student
active	BOOLEAN		Permite deshabilitar un usuario sin eliminarlo
createdAt	TIMESTAMP		Fecha de creación
updatedAt	TIMESTAMP		Fecha de última modificación

AdministratorProfile, TeacherProfile, StudentProfile: Los tres perfiles tienen estructura base idéntica — `id, userId (FK), tenantId (FK), firstName, lastName, phone`. `StudentProfile` agrega `studentCode (UK)`, código institucional único dentro del tenant.

2.3 Estructura Académica

La estructura académica la componen **Subject** (asignatura), **Period** (ciclo académico) y **Group** (cohorte de estudiantes). **GroupPeriod** es la relación ternaria que materializa la operación de un grupo en un período, habilitando inscripción de estudiantes y asignación de clases.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
id	UUID	PK	Identificador de la instancia grupo-período
tenantId	UUID	FK	Aislamiento multi-tenant
groupId	UUID	FK	Referencia al grupo (Group)
periodId	UUID	FK	Referencia al período académico (Period)

active	BOOLEAN		Estado activo; permite cerrar el período sin eliminar datos
createdAt	TIMESTAMP		Fecha de apertura del período para el grupo

2.4 Class — Punto de Enlace con MongoDB

La entidad `Class` representa la instancia de una asignatura impartida por un docente a un grupo en un período. Es el pivote central del sistema y el único punto de enlace explícito con MongoDB a través de `gradingConfigId`.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
id	UUID	PK	Identificador único de la clase
tenantId	UUID	FK	Aislamiento multi-tenant
groupPeriodId	UUID	FK	Grupo y período al que pertenece la clase
subjectId	UUID	FK	Asignatura impartida
teacherId	UUID	FK	Docente responsable de la clase
gradingConfigId	STRING		ObjectId (<code>_id.toString()</code>) del GradingTemplate activo en MongoDB al crear la clase
name	VARCHAR		Nombre descriptivo de la clase
createdAt	TIMESTAMP		Fecha de creación

Nota sobre `gradingConfigId`: No es una clave foránea declarada a nivel de base de datos. Almacena el ObjectId de MongoDB como VARCHAR. No existe constraint referencial: si el template se elimina de MongoDB, el campo apuntaría a un documento inexistente. El sistema mitiga esto preservando los GradingItem mediante soft delete incluso cuando el template se elimina.

2.5 Matrículas

`StudentGroupEnrollment` registra la pertenencia de un estudiante a un grupo en un período. `StudentClassEnrollment` registra la inscripción en cada clase específica. Esta separación permite que al añadir un estudiante a un grupo que ya tiene clases activas, el sistema cree automáticamente los registros de matrícula por clase.

3. Esquema Documental — MongoDB

La figura 5 muestra el esquema de las tres colecciones de MongoDB. El modelo está diseñado para representar la jerarquía recursiva de categorías de calificación y la granularidad de ítems y calificaciones individuales.

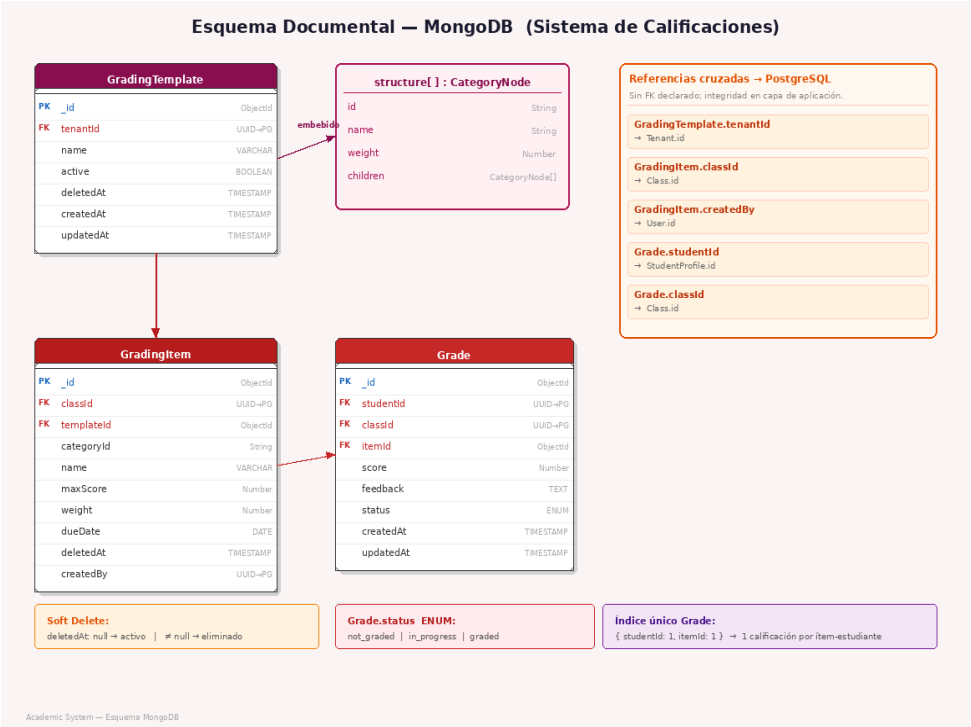


Figura 5. Esquema documental de MongoDB. UUID→PG indica campos que referencian entidades de PostgreSQL sin FK declarado.

3.1 GradingTemplate

Plantilla de calificación que define la estructura jerárquica de evaluación para un tenant. El campo `structure` almacena un array de `CategoryNode` con soporte recursivo (categorías con sub-categorías). Solo puede existir una plantilla activa por tenant; el pre-save hook de Mongoose garantiza esta invariante desactivando cualquier plantilla activa previa.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
_id	ObjectId	PK	Identificador único generado por MongoDB
tenantId	UUID	FK	UUID de PostgreSQL Tenant (sin FK declarado)
name	VARCHAR		Nombre descriptivo de la plantilla
active	BOOLEAN		Solo 1 activa por tenant (invariante por hook de Mongoose)
structure	Array<CategoryNode>		Árbol recursivo de categorías con pesos

deletedAt	TIMESTAMP		Soft delete: null = activo; valor = eliminado
createdAt	TIMESTAMP		Fecha de creación
updatedAt	TIMESTAMP		Fecha de última modificación

CategoryNode (embebido): Nodo del árbol de estructura. Campos: `id` (string único dentro del árbol), `name` (nombre de la categoría), `weight` (peso porcentual), `children: CategoryNode[]` (sub-categorías recursivas).

3.2 GradingItem

Ítem de evaluación concreto asociado a una clase. Representa una tarea, examen, proyecto o cualquier actividad evaluable. Cada ítem pertenece a un nodo del árbol de calificación del template.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
<code>_id</code>	ObjectId	PK	Identificador único del ítem
<code>classId</code>	UUID	FK	UUID de PostgreSQL Class (sin FK declarado)
<code>templateId</code>	ObjectId	FK	Referencia al GradingTemplate (ObjectId MongoDB)
<code>categoryId</code>	String		ID del nodo en el árbol structure del template
<code>name</code>	VARCHAR		Nombre descriptivo del ítem (ej. 'Parcial 1')
<code>maxScore</code>	Number		Puntuación máxima posible
<code>weight</code>	Number		Peso del ítem dentro de su categoría
<code>dueDate</code>	DATE		Fecha límite de la actividad
<code>createdBy</code>	UUID		UUID de PostgreSQL User que creó el ítem
<code>deletedAt</code>	TIMESTAMP		Soft delete
<code>createdAt</code>	TIMESTAMP		Fecha de creación

3.3 Grade

Registro de calificación de un estudiante en un ítem específico. El índice único { `studentId`, `itemId` } garantiza exactamente una calificación por ítem-estudiante.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
<code>_id</code>	ObjectId	PK	Identificador único del registro de calificación
<code>studentId</code>	UUID	FK	UUID de PostgreSQL StudentProfile
<code>classId</code>	UUID	FK	UUID de PostgreSQL Class
<code>itemId</code>	ObjectId	FK	ObjectId del GradingItem evaluado
<code>score</code>	Number		Puntaje obtenido; debe ser $\leq$ GradingItem.maxScore

feedback	TEXT		Retroalimentación del docente (opcional)
status	ENUM		Estado: not_graded in_progress graded
createdAt	TIMESTAMP		Fecha del registro
updatedAt	TIMESTAMP		Fecha de última modificación

4. Relaciones Entre PostgreSQL y MongoDB

La tabla siguiente resume todas las referencias cruzadas entre modelos de ambas bases. Ninguna está respaldada por un constraint de base de datos; la integridad se delega a las API Routes.

Campo MongoDB	Entidad PostgreSQL	Tipo de relación	Dirección
Class.gradingConfigId	GradingTemplate._id	Explícita (String→ObjectId)	PG → Mongo
GradingTemplate.tenantId	Tenant.id	Implicita (UUID string)	Mongo → PG
GradingItem.classId	Class.id	Implicita (UUID string)	Mongo → PG
GradingItem.createdBy	User.id	Implicita (UUID string)	Mongo → PG
Grade.studentId	StudentProfile.id	Implicita (UUID string)	Mongo → PG
Grade.classId	Class.id	Implicita (UUID string)	Mongo → PG

5. Estrategia de Índices

5.1 PostgreSQL

Todos los modelos indexan `tenantId` individualmente y en combinaciones con campos de alta selectividad.

Índice	Tabla(s)	Propósito
(tenantId)	Todos los modelos	Aislamiento multi-tenant
(tenantId, role)	User	Filtrado por rol dentro del tenant
(tenantId, active)	User, Group, Subject, Period	Listing de registros activos
(periodId)	GroupPeriod	Consultas por período académico
(teacherId, periodId)	Class	Clases por docente y período

(classId)	StudentClassEnrollment	Matrículas por clase
(studentId, periodId)	StudentGroupEnrollment	Grupos de un estudiante por período

5.2 MongoDB

Los índices están orientados al filtrado por `classId` en `GradingItem` y `Grade`, y filtrado por `tenantId` en `GradingTemplate`.

Índice	Colección	Propósito
{ tenantId: 1 }	GradingTemplate	Lookup de plantilla activa por tenant
{ active: 1 }	GradingTemplate	Filtro de plantilla activa
{ classId: 1 }	GradingItem	Ítems de una clase
{ templateId: 1 }	GradingItem	Ítems de un template
{ classId: 1, deletedAt: 1 }	GradingItem	Ítems activos de una clase (soft delete)
{ templateId: 1, categoryId: 1 }	GradingItem	Ítems por categoría del árbol
{ classId: 1, studentId: 1 }	Grade	Calificaciones de un estudiante en clase
{ studentId: 1, itemId: 1 } UNIQUE	Grade	Unicidad: 1 calificación por ítem-estudiante

Consentimiento informado

Título del estudio: Desarrollo e implementación de un prototipo de plataforma educativa automatizada para la gestión académica y administrativa en la Unidad Educativa Particular “Jesús María”

Investigadores responsables: Johannes Carofilis Veliz, José Manuel Terán Sandoval

Carrera: Ingeniería en Software

Institución académica: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por medio del presente documento, se invita a usted a participar de manera voluntaria en el proceso de recolección de información correspondiente al trabajo de titulación titulado *“Desarrollo e implementación de un prototipo de plataforma educativa automatizada para la gestión académica y administrativa en la Unidad Educativa Particular Jesús María”*.

El propósito de esta investigación es analizar los procesos académicos y administrativos de la institución, así como evaluar la utilidad y funcionamiento de un prototipo de plataforma educativa diseñado para apoyar la organización, centralización y consulta de información académica.

Su participación podrá incluir una o varias de las siguientes actividades: responder una encuesta, participar en una entrevista semiestructurada o intervenir en actividades de validación del prototipo mediante escenarios de uso. La información recopilada será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación.

Se deja constancia de que:

- Su participación es completamente voluntaria.
- Puede negarse a participar o retirarse en cualquier momento, sin que esto implique perjuicio alguno.
- La información proporcionada será tratada de manera confidencial y utilizada exclusivamente para fines académicos.
- Los resultados del estudio podrán ser presentados en el documento de titulación, pero sin exponer datos personales sensibles de los participantes.
- Los datos recolectados serán analizados de forma agregada o anonimizada, cuando corresponda.
- La participación en esta investigación no representa riesgos mayores a los de las actividades habituales del entorno institucional.

En caso de aceptar su participación, se entenderá que ha sido informado(a) sobre el propósito del estudio, las actividades a realizar y el tratamiento de la información proporcionada.

Yo, _____, con cédula de identidad No.

_____, declaro que he leído y comprendido la información anterior, y que acepto participar de manera voluntaria en esta investigación.

Firma del participante: _____

Fecha: _____

Firma de los investigadores:

Johannes Carofilis Veliz

José Manuel Terán Sandoval

Repositorio del sistema

El código fuente del prototipo desarrollado en el presente trabajo de titulación se encuentra disponible en un repositorio público, con el fin de garantizar la transparencia, reproducibilidad y validación técnica de la solución propuesta.

Repositorio:

<https://github.com/nightydev/sistema-academico>

El repositorio contiene la implementación completa del sistema, desarrollado bajo una arquitectura web moderna con enfoque multi-tenant, permitiendo el aislamiento lógico de la información entre distintas instituciones educativas.

Desde el punto de vista técnico, el sistema implementa una arquitectura híbrida de persistencia de datos, combinando PostgreSQL como base de datos relacional para la gestión de la estructura académica y MongoDB como base de datos documental para el manejo flexible del sistema de calificaciones.

Entre los principales componentes disponibles en el repositorio se incluyen:

- Código fuente del frontend desarrollado con tecnologías web modernas basadas en Next.js.
- Implementación del backend mediante rutas de API, incluyendo la lógica de negocio y validación de datos.
- Configuración de la base de datos relacional (PostgreSQL) mediante Prisma ORM.
- Configuración de la base de datos documental (MongoDB) mediante Mongoose.

- Definición del modelo multi-tenant basado en el uso de identificadores *tenantId*.
- Implementación de los módulos de gestión académica, incluyendo usuarios, cursos, grupos, períodos y clases.
- Sistema de evaluación académica basado en plantillas jerárquicas de calificación.

Asimismo, el repositorio permite acceder al historial de cambios del sistema, lo cual facilita el análisis del proceso de desarrollo, iteraciones del prototipo y evolución de la solución implementada.

Se recomienda revisar el archivo *README.md* del repositorio para obtener instrucciones detalladas sobre la instalación, configuración del entorno y ejecución del sistema en un entorno local.

Bitácora de ejecución de pruebas

En este apéndice se presenta la bitácora general de ejecución de pruebas aplicada durante la validación técnica del prototipo. En ella se registran la fecha, el identificador de la prueba, el módulo evaluado, el tipo de prueba, el resultado obtenido y las observaciones relevantes derivadas de la ejecución.

Tabla 12

Bitácora de ejecución de pruebas del prototipo

Fecha	ID	Módulo	Tipo	Resultado	Observaciones
12/08/2025	SG-01	Autenticación	Seguridad	Aprobada	Inicio de sesión correcto con credenciales válidas
12/08/2025	SG-02	Autenticación	Seguridad	Aprobada	Acceso denegado con credenciales inválidas y mensaje visible
12/08/2025	SG-03	Control de acceso	Seguridad	Aprobada	Restricción correcta de vistas según rol autenticado
13/08/2025	SG-04	Contexto institucional	Seguridad	Aprobada	Validación correcta del aislamiento por <i>tenant</i>

Continúa en la siguiente página

Fecha	ID	Módulo	Tipo	Resultado	Observaciones
13/08/2025	FN-01	Periodos académicos	Funcional	Aprobada	Creación y visualización correcta del periodo
13/08/2025	FN-02	Asignaturas	Funcional	Aprobada	Registro exitoso de asignatura
14/08/2025	FN-03	Usuarios	Funcional	Aprobada	Creación correcta de usuario académico
14/08/2025	FN-04	Asignaciones	Funcional	Aprobada	Asociación correcta entre usuarios, cursos y materias
15/08/2025	FN-05	Actividades	Funcional	Aprobada	Actividad creada y visible en el curso
15/08/2025	FN-06	Calificaciones	Funcional	Aprobada	Registro y visualización correcta de calificaciones
16/08/2025	FN-07	Reportes	Funcional	Aprobada	Consulta de resumen académico sin inconsistencias
16/08/2025	RG-01	Autenticación	Regresiva	Aprobada	Sin nuevos fallos tras modificaciones en el acceso
17/08/2025	RG-02	Gestión académica	Regresiva	Aprobada	Reejecución correcta de escenarios críticos del módulo

Continúa en la siguiente página

Fecha	ID	Módulo	Tipo	Resultado	Observaciones
20/08/2025	US-01	Administración	Usabilidad	Aprobada	Tareas completadas sin fallos bloqueantes
20/08/2025	US-02	Docente/Tutor	Usabilidad	Aprobada	Flujo completado correctamente con navegación comprensible
20/08/2025	US-03	Estudiante	Usabilidad	Aprobada	Consulta de información académica realizada sin errores

Casos de prueba detallados

En este apéndice se presentan los casos de prueba utilizados en la validación técnica del prototipo. Para cada caso se especifican su objetivo, precondiciones, pasos ejecutados, resultado esperado, resultado obtenido y estado final.

Pruebas de seguridad

Caso de prueba SG-01

Tipo de prueba: Seguridad

Módulo: Autenticación

Objetivo: Verificar el inicio de sesión con credenciales válidas.

Herramienta utilizada: Navegador web y entorno desplegado del sistema.

Precondiciones:

- El usuario debe estar registrado en el sistema.
- La cuenta debe encontrarse activa.
- Deben existir credenciales válidas de acceso.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al formulario de inicio de sesión.
2. Escribir nombre de usuario válido.

3. Escribir contraseña válida.
4. Seleccionar la opción de inicio de sesión.

Resultado esperado: El sistema autentica correctamente al usuario y redirige al panel correspondiente a su rol.

Resultado obtenido: El sistema permitió el acceso correcto al panel del usuario autenticado.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba SG-02

Tipo de prueba: Seguridad

Módulo: Autenticación

Objetivo: Verificar el rechazo de credenciales inválidas.

Herramienta utilizada: Navegador web y entorno desplegado del sistema.

Precondiciones:

- Debe existir el formulario de autenticación habilitado.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al formulario de inicio de sesión.
2. Escribir un nombre de usuario o contraseña incorrecta.
3. Seleccionar la opción de inicio de sesión.

Resultado esperado: El sistema impide el acceso y muestra un mensaje de error.

Resultado obtenido: El sistema denegó el acceso y mostró el mensaje de error correspondiente.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba SG-03

Tipo de prueba: Seguridad

Módulo: Control de acceso por rol

Objetivo: Verificar la restricción de acceso a vistas o acciones no autorizadas según el rol.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuentas de prueba con diferentes roles.

Precondiciones:

- Deben existir usuarios con diferentes roles.
- El sistema debe tener habilitado el control de acceso por rol.

Pasos ejecutados:

1. Iniciar sesión con un usuario de rol restringido.
2. Intentar acceder a una ruta o funcionalidad no autorizada para ese rol.

Resultado esperado: El sistema bloquea el acceso a la vista o acción no permitida.

Resultado obtenido: El sistema restringió correctamente el acceso a funciones no autorizadas.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba SG-04

Tipo de prueba: Seguridad

Módulo: Aislamiento por *tenant*

Objetivo: Verificar que el usuario autenticado opere únicamente dentro del contexto institucional autorizado.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuentas asociadas al contexto institucional.

Precondiciones:

- El usuario debe estar autenticado.
- El sistema debe mantener activo el contexto *tenant*.

Pasos ejecutados:

1. Iniciar sesión con una cuenta institucional.
2. Consultar registros académicos y administrativos disponibles.
3. Verificar que los datos correspondan únicamente al contexto autorizado.

Resultado esperado: El sistema solo permite visualizar y operar información del *tenant* asociado al usuario.

Resultado obtenido: La consulta de información permaneció restringida al contexto institucional autorizado.

Estado: Aprobada.

Pruebas funcionales

Caso de prueba FN-01

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Administración académica

Objetivo: Verificar la creación de un periodo académico.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de administrador.

Precondiciones:

- El usuario debe haber iniciado sesión con rol administrador.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al módulo de periodos académicos.
2. Seleccionar la opción de creación.
3. Completar los campos requeridos.
4. Guardar el registro.

Resultado esperado: El sistema registra el periodo académico y lo muestra en el listado correspondiente.

Resultado obtenido: El periodo académico fue creado correctamente y se visualizó en el sistema.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-02

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Administración académica

Objetivo: Verificar la creación de asignaturas.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de administrador.

Precondiciones:

- Debe existir un periodo académico previamente registrado.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al módulo de asignaturas.
2. Seleccionar la opción de creación.
3. Registrar la información requerida.

4. Guardar el registro.

Resultado esperado: La asignatura se almacena correctamente y aparece en el listado correspondiente.

Resultado obtenido: La asignatura fue registrada y visualizada correctamente.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-03

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Gestión de usuarios

Objetivo: Verificar la creación de usuarios académicos.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de administrador.

Precondiciones:

- El administrador debe estar autenticado.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al módulo de usuarios.
2. Seleccionar la opción de creación.
3. Registrar los datos del nuevo usuario.
4. Guardar la información.

Resultado esperado: El usuario queda registrado correctamente y disponible para procesos de asignación.

Resultado obtenido: El usuario fue creado correctamente y se mostró en el listado del sistema.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-04

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Gestión académica

Objetivo: Verificar la asignación de docentes y estudiantes.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de administrador.

Precondiciones:

- Deben existir usuarios y estructura académica previamente registrados.

Pasos ejecutados:

1. Acceder al módulo de asignaciones.
2. Seleccionar curso, materia y usuarios.
3. Confirmar la asignación.

Resultado esperado: La asignación queda registrada de forma correcta y coherente.

Resultado obtenido: La asociación entre usuarios, cursos y materias se realizó correctamente.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-05

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Docente/Tutor

Objetivo: Verificar la creación de actividades académicas.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de docente.

Precondiciones:

- El docente debe tener cursos o materias asignadas.

Pasos ejecutados:

1. Ingresar al curso o materia asignada.
2. Seleccionar la opción de crear actividad.
3. Registrar la información solicitada.
4. Guardar la actividad.

Resultado esperado: La actividad se registra correctamente y queda visible en el curso o materia correspondiente.

Resultado obtenido: La actividad fue creada y visualizada correctamente.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-06

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Evaluación académica

Objetivo: Verificar el registro de calificaciones.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta de docente.

Precondiciones:

- Debe existir una actividad registrada.

Pasos ejecutados:

1. Acceder al módulo de calificaciones.

2. Seleccionar la actividad correspondiente.
3. Registrar notas de los estudiantes.
4. Guardar los cambios.

Resultado esperado: Las calificaciones se almacenan correctamente y se reflejan en el resumen académico.

Resultado obtenido: Las calificaciones fueron registradas y visualizadas correctamente.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba FN-07

Tipo de prueba: Funcional

Módulo: Reportes y resumen académico

Objetivo: Verificar la consulta de reportes y resúmenes académicos.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuenta docente/tutor.

Precondiciones:

- Deben existir registros académicos previos.

Pasos ejecutados:

1. Acceder al módulo de resumen o reportes.
2. Seleccionar curso o materia.
3. Consultar la información consolidada.

Resultado esperado: El sistema muestra la información académica sin errores y con consistencia interna.

Resultado obtenido: Los reportes y resúmenes se visualizaron correctamente.

Estado: Aprobada.

Pruebas regresivas

Caso de prueba RG-01

Tipo de prueba: Regresiva

Módulo: Autenticación

Objetivo: Verificar la estabilidad del módulo de autenticación tras modificaciones.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuentas de prueba.

Precondiciones:

- Deben haberse realizado modificaciones en el módulo de autenticación.

Pasos ejecutados:

1. Reejecutar el flujo de inicio de sesión con credenciales válidas.
2. Reejecutar el flujo de validación con credenciales inválidas.

Resultado esperado: El módulo de autenticación continúa operando sin nuevos fallos bloqueantes.

Resultado obtenido: El flujo de autenticación permaneció estable después de la modificación.

Estado: Aprobada.

Caso de prueba RG-02

Tipo de prueba: Regresiva

Módulo: Gestión académica

Objetivo: Verificar la estabilidad del módulo académico tras modificaciones.

Herramienta utilizada: Navegador web y cuentas de prueba.

Precondiciones:

- Deben haberse realizado cambios en módulos académicos previamente implementados.

Pasos ejecutados:

1. Reejecutar la creación de registros académicos.
2. Reejecutar asignaciones y consultas relacionadas.
3. Verificar la continuidad de los flujos principales.

Resultado esperado: Los escenarios críticos continúan operando sin introducir nuevos errores.

Resultado obtenido: Los flujos críticos del módulo académico se ejecutaron correctamente tras la modificación.

Estado: Aprobada.

Pruebas de usabilidad por rol

En este apéndice se presentan las pruebas de usabilidad aplicadas mediante tareas representativas por rol, con registro de tiempo de ejecución, resultado obtenido y observaciones generales.

Tabla 13

Pruebas de usabilidad por rol

ID	Rol	Tarea	Tiempo	Estado	Observaciones
US-01	Administrador	Crear periodo, asignaturas, registrar usuarios y realizar asignaciones	12 min	Aprobada	Completó todas las tareas sin fallos bloqueantes
US-02	Docente/Tutor	Crear actividad, registrar calificación, consultar resumen de estudiantes y revisar reportes	9 min	Aprobada	Navegación comprensible y ejecución correcta del flujo
US-03	Estudiante	Ingresar al sistema, consultar materias y revisar calificaciones	4 min	Aprobada	Acceso correcto a la información académica personal

Prototipos de bajo nivel

En este apéndice se presentan los prototipos de bajo nivel elaborados durante la etapa de diseño de interfaces, utilizados para definir la estructura visual, la organización de la información y la secuencia de navegación previa a la implementación del sistema.

The image shows a low-level prototype of a login interface. It consists of a white rectangular container with a thin black border. At the top, there is a light gray horizontal bar containing the word "Logo" in a large, bold, black sans-serif font. Below this bar, the word "Login" is displayed in a bold, black sans-serif font. Underneath the title, there are two dark blue rounded rectangular input fields. The first field contains the text "username" in a light gray font, and the second field contains the text "password" in a light gray font. Below the "password" field, there are two links: "Registrarse" on the left and "Olvidaste tu contraseña?" on the right, both in a small, black sans-serif font. At the bottom of the container, there is a dark blue rectangular button with the word "Login" in a white sans-serif font.

Figura 12. *Prototipo de bajo nivel de la interfaz de inicio de sesión.*

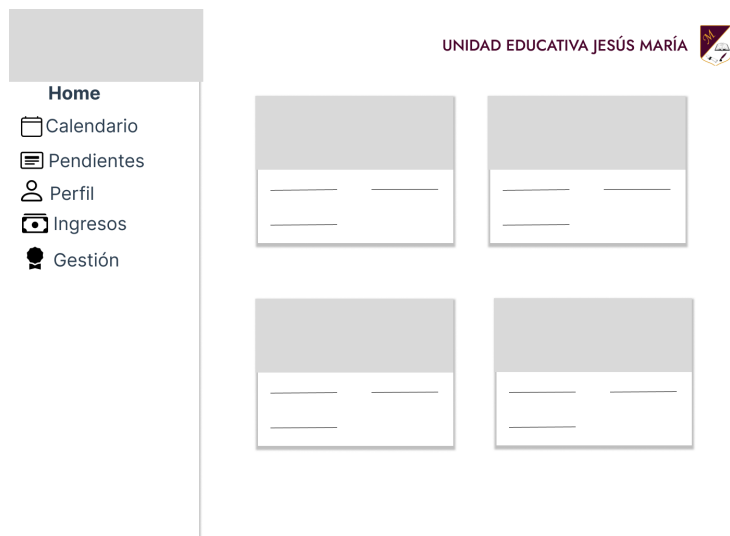


Figura 13. *Prototipo de bajo nivel de la interfaz de gestión de cursos.*

Historias de usuario complementarias

En este apéndice se presentan las historias de usuario complementarias consideradas durante el desarrollo del prototipo. Estas historias permiten evidenciar la correspondencia entre los requerimientos funcionales definidos y las funcionalidades implementadas en el sistema.

Tabla 14

Historia de usuario: gestión de estructura académica

Elemento	Descripción
ID	HU-02
Rol	Como administrador del sistema
Necesidad	Quiero gestionar periodos académicos, cursos y materias
Objetivo	Para organizar la estructura académica institucional dentro de la plataforma
Criterios de aceptación	■ El sistema debe permitir crear, editar y eliminar periodos académicos. ■ El sistema debe permitir crear cursos y asociarlos a un periodo académico. ■ El sistema debe permitir crear materias y asociarlas a cursos o periodos según la estructura institucional. ■ No debe permitirse la duplicación de registros dentro del mismo <i>tenant</i>. ■ Las relaciones entre periodos, cursos y materias deben mantenerse consistentes.

Tabla 15*Historia de usuario: gestión académica del docente/tutor*

Elemento	Descripción
ID	HU-03
Rol	Como docente o tutor
Necesidad	Quiero registrar y consultar información académica de mis estudiantes
Objetivo	Para realizar seguimiento académico y gestionar actividades dentro del sistema
Criterios de aceptación	■ El sistema debe permitir visualizar cursos, materias y estudiantes asignados al docente o tutor. ■ El docente debe poder registrar y actualizar calificaciones por actividad. ■ El sistema debe calcular automáticamente promedios y consolidaciones académicas. ■ El docente o tutor solo debe poder acceder a la información correspondiente a su rol y asignación. ■ La información registrada debe reflejarse correctamente en el sistema.

Tabla 16*Historia de usuario: consulta de información académica del estudiante*

Elemento	Descripción
ID	HU-04
Rol	Como estudiante
Necesidad	Quiero consultar mis materias y calificaciones
Objetivo	Para conocer mi desempeño académico dentro de la plataforma
Criterios de aceptación	■ El sistema debe mostrar las materias y cursos asociados al estudiante. ■ El estudiante debe poder visualizar sus calificaciones por actividad, materia y periodo. ■ El sistema debe mostrar promedios académicos consolidados. ■ El estudiante solo debe poder consultar su propia información. ■ La información mostrada debe mantenerse actualizada de acuerdo con los registros del sistema.

Tabla 17*Historia de usuario: supervisión institucional*

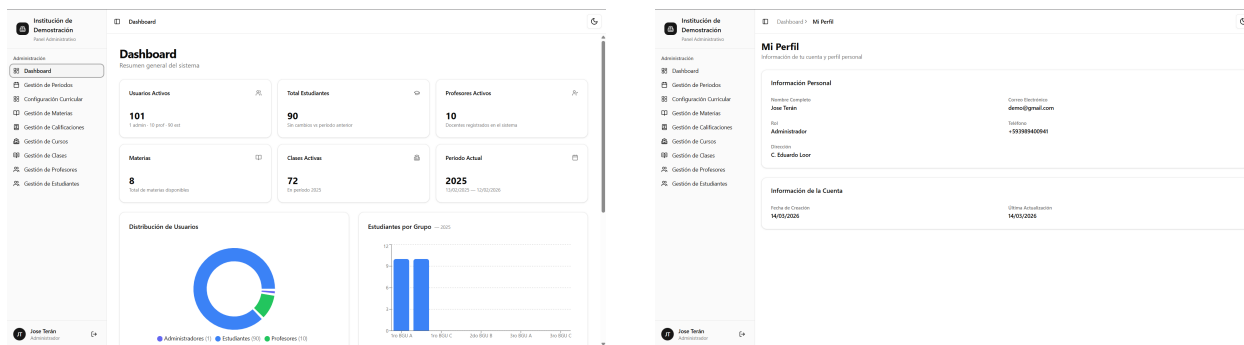
Elemento	Descripción
ID	HU-05
Rol	Como administrador institucional
Necesidad	Quiero consultar información general del sistema
Objetivo	Para supervisar el funcionamiento académico y administrativo de la institución
Criterios de aceptación	■ El sistema debe permitir visualizar información general de cursos, usuarios y estructura académica. ■ Debe ser posible consultar reportes o vistas consolidadas para supervisión institucional. ■ La información visualizada debe corresponder únicamente al <i>tenant</i> activo. ■ El acceso a estas funciones debe estar restringido al rol autorizado. ■ Los datos mostrados deben mantener coherencia con la información registrada en la plataforma.

Evidencias visuales de ejecución de pruebas del módulo administrador

En este apéndice se presentan capturas de pantalla obtenidas durante la ejecución de las pruebas funcionales y de usabilidad del módulo administrador. Estas evidencias visuales permiten verificar la correcta implementación de las interfaces, así como la ejecución de los flujos principales evaluados en el sistema.

Panel principal y navegación

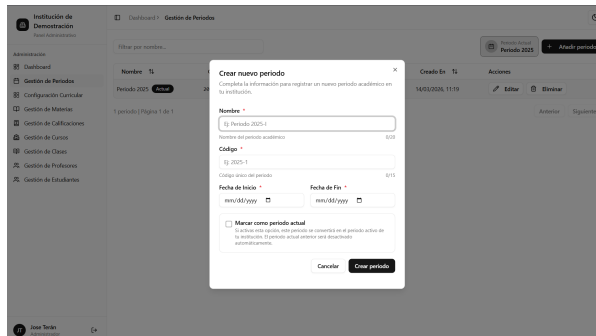
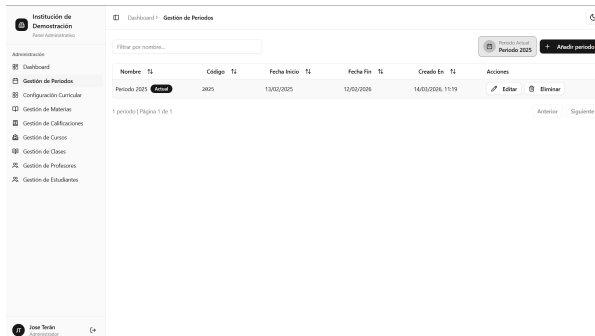
Figura 14. *Panel principal y perfil del administrador.*



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de acceso al panel principal y gestión del perfil del administrador.

Gestión de periodos académicos

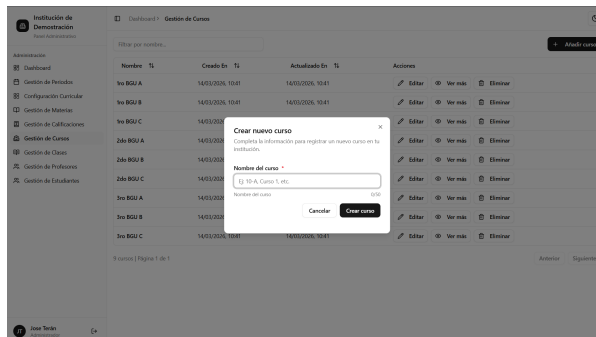
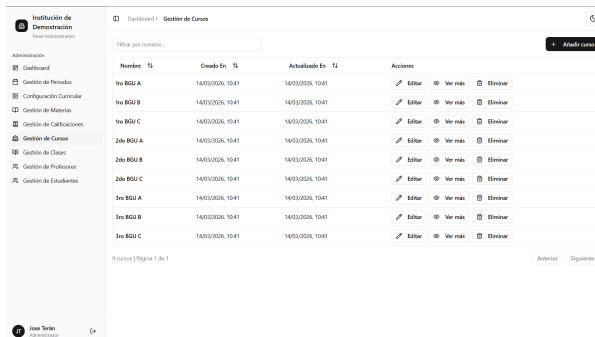
Figura 15. Gestión de periodos académicos.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de creación y edición de periodos académicos mediante formulario modal.

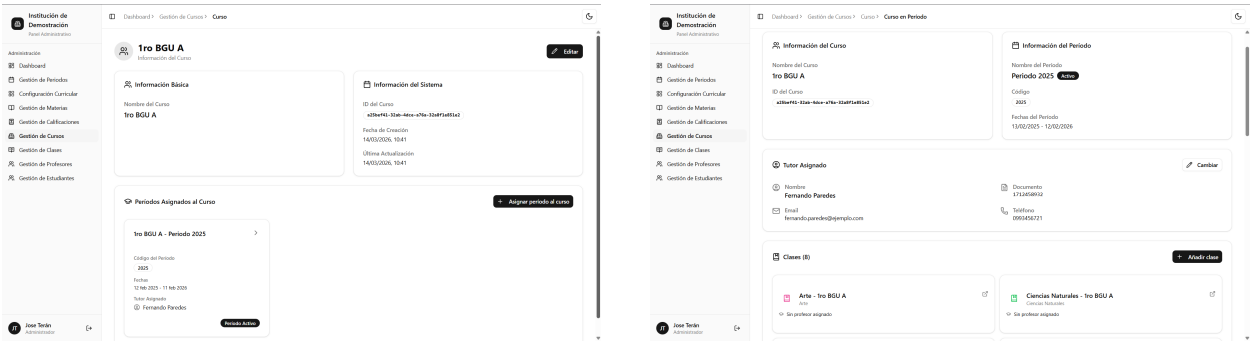
Gestión de cursos

Figura 16. Gestión de cursos académicos.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de administración y configuración de cursos en el sistema.

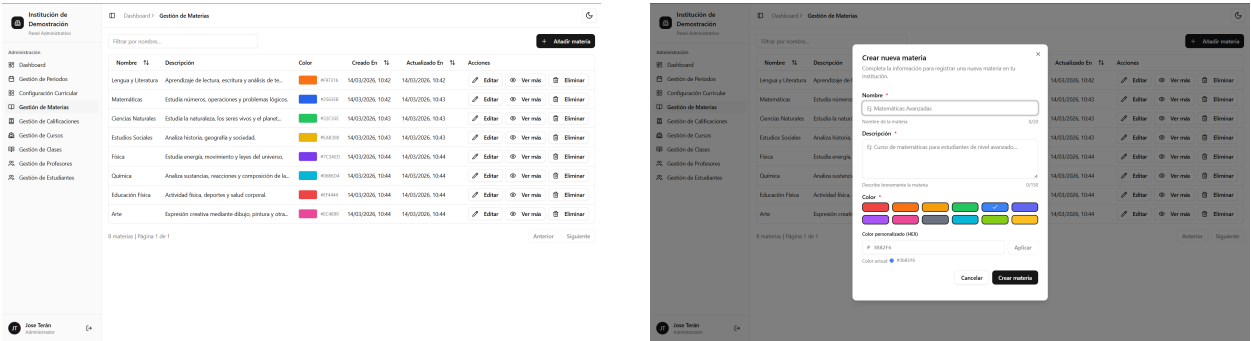
Figura 17. Visualización de cursos y su relación con periodos académicos.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de visualización de cursos y su organización dentro de periodos académicos.

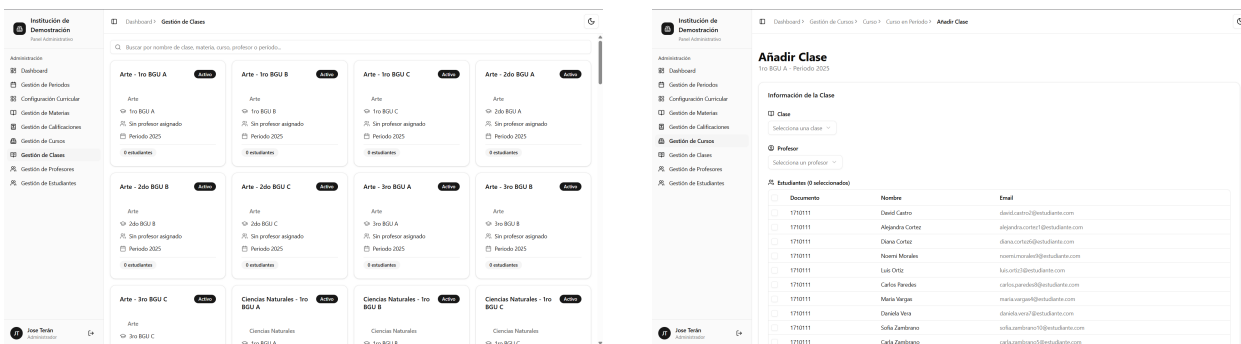
Gestión de materias y clases

Figura 18. Gestión de materias académicas.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de creación y administración de materias dentro de la estructura académica.

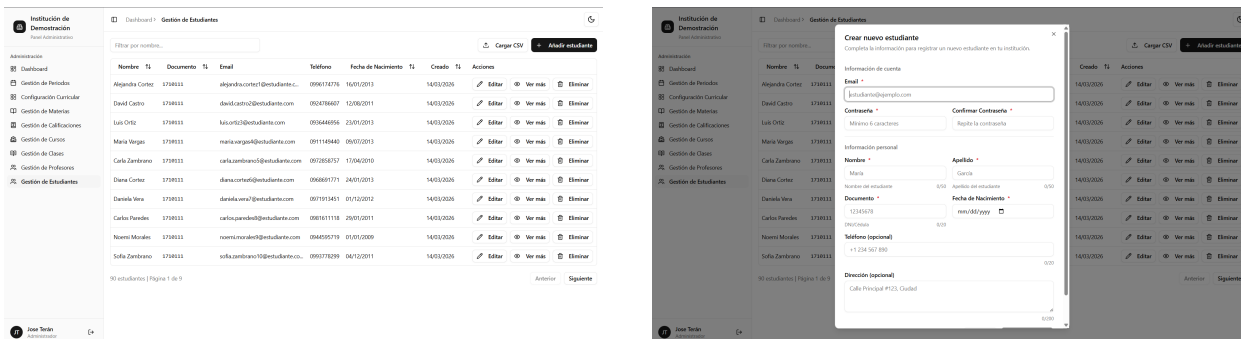
Figura 19. Gestión de clases.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de creación y administración de clases en el sistema.

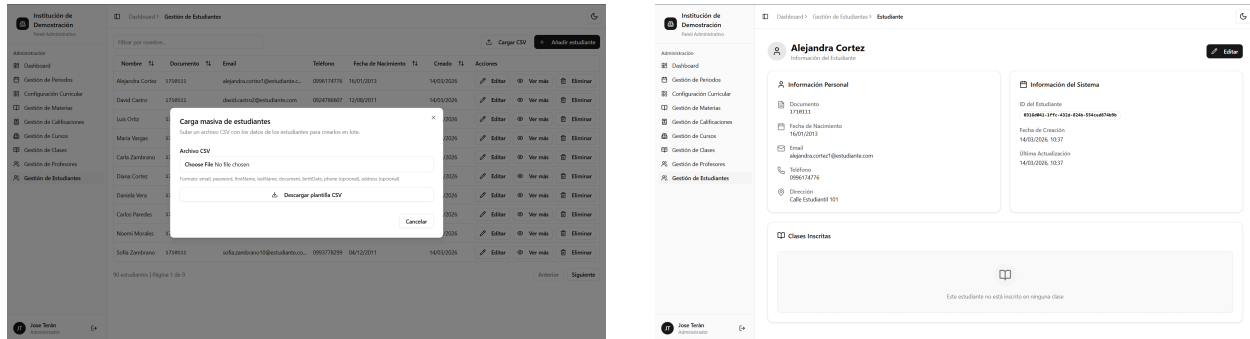
Gestión de usuarios

Figura 20. Gestión de estudiantes.



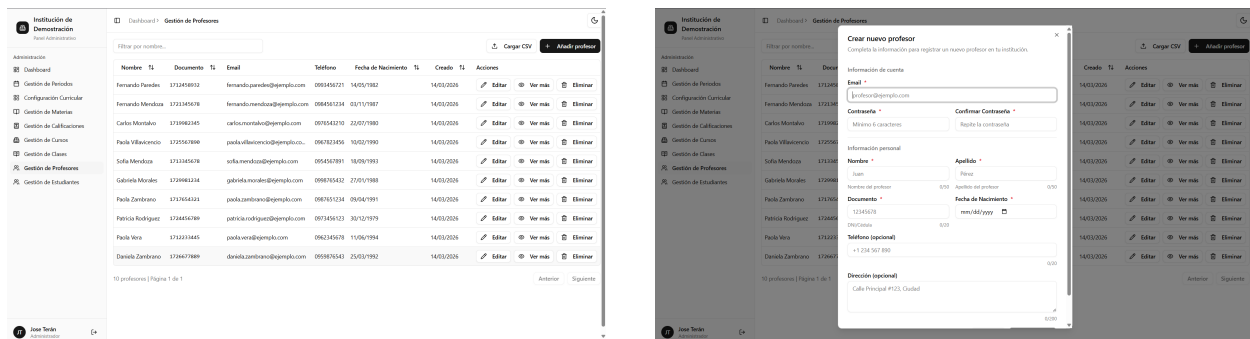
Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de registro y administración de estudiantes.

Figura 21. Carga masiva y visualización de estudiantes.



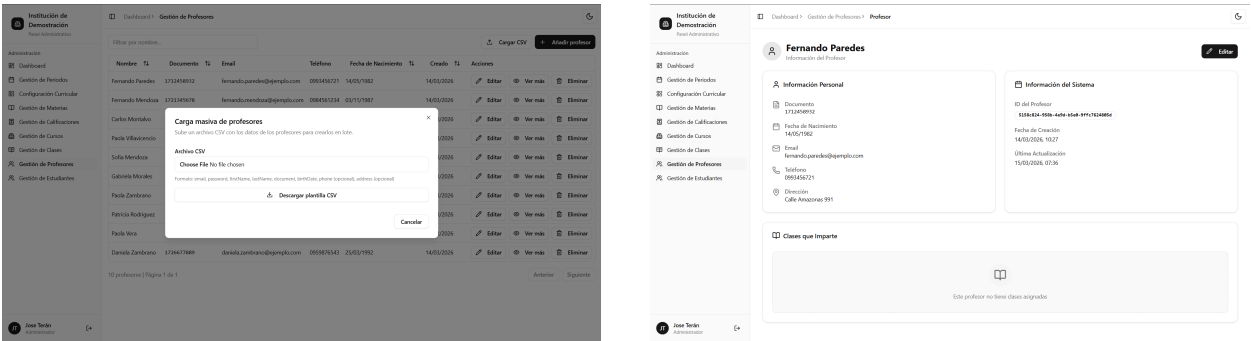
Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de carga masiva y visualización de registros de estudiantes.

Figura 22. Gestión de personal docente.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de registro y administración del personal docente.

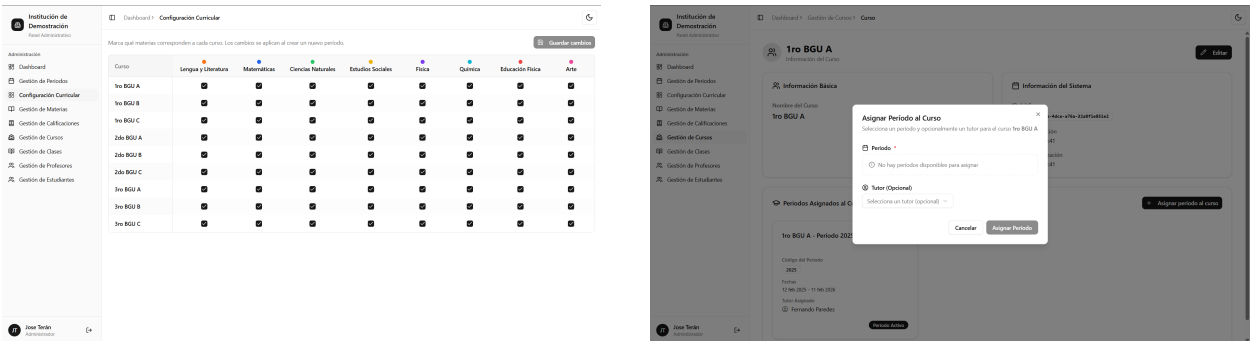
Figura 23. Carga masiva y visualización de personal docente.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de carga masiva y visualización de registros del personal docente.

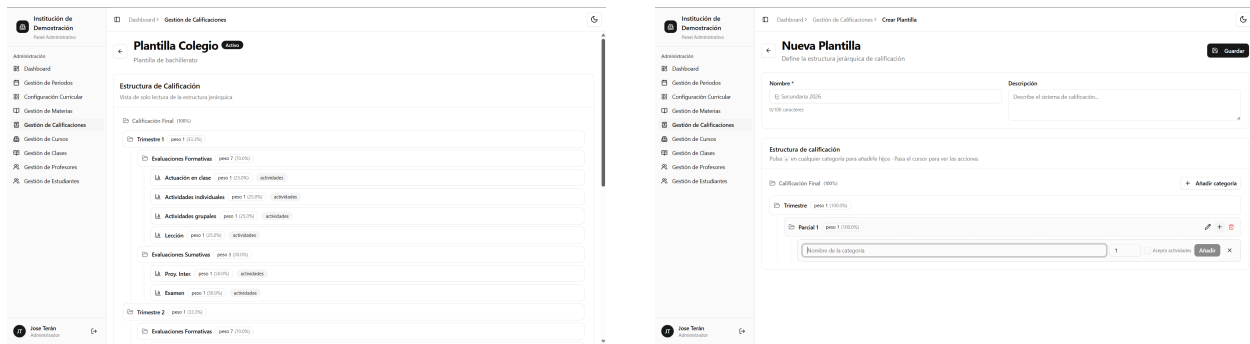
Configuración académica

Figura 24. Configuración curricular y asignación de estructura académica.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de configuración curricular y asignación de cursos a periodos académicos.

Figura 25. *Gestión de plantillas académicas.*



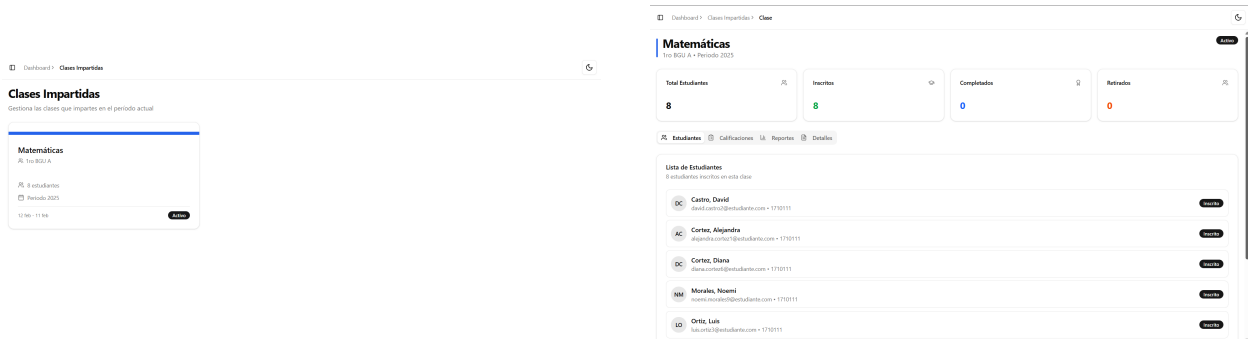
Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de creación y gestión de plantillas académicas dentro del sistema.

Evidencias visuales de ejecución de pruebas del módulo docente/tutor

En este apéndice se presentan capturas de pantalla obtenidas durante la ejecución de las pruebas funcionales y de usabilidad del módulo de docente/tutor. Estas evidencias visuales permiten verificar la correcta implementación de las interfaces, así como la ejecución de los flujos principales evaluados en el sistema.

Gestión de clases y estudiantes

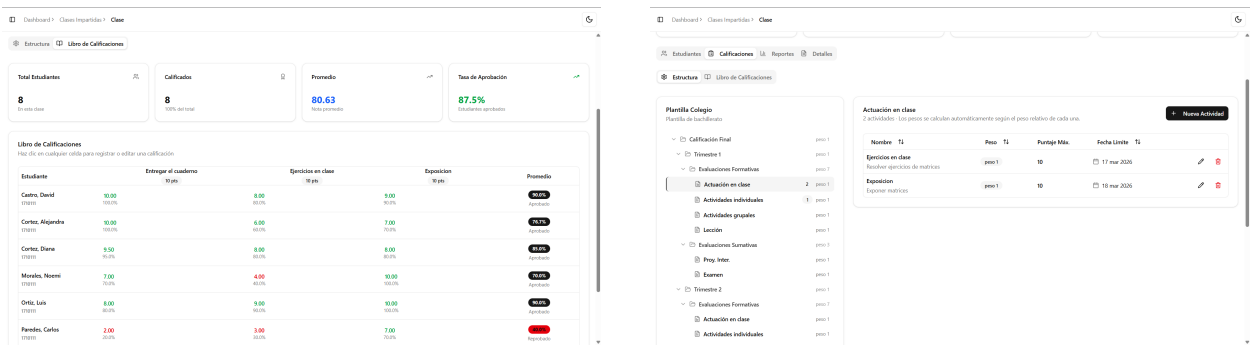
Figura 26. *Gestión de clases y estudiantes.*



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de visualización de clases asignadas y gestión de estudiantes por curso durante las pruebas funcionales.

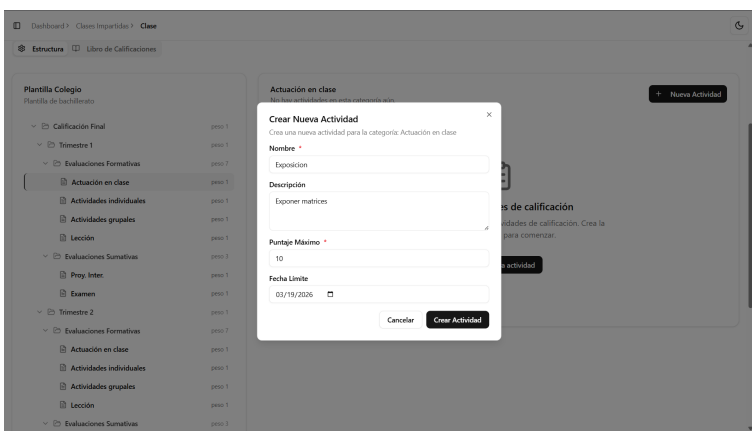
Registro y gestión de calificaciones

Figura 27. Registro y visualización de calificaciones.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de registro y consulta de calificaciones, tanto en formato de libro como en estructura evaluativa.

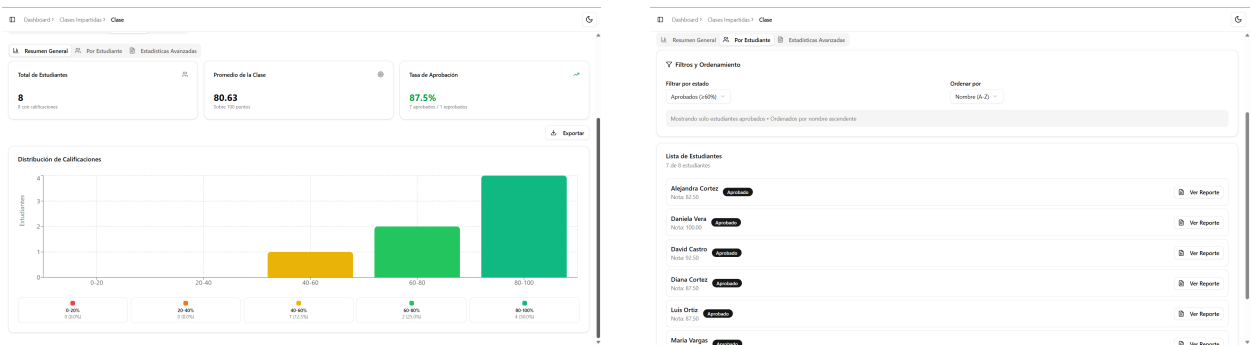
Figura 28. Creación de actividades académicas.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de creación y configuración de actividades académicas mediante formulario modal.

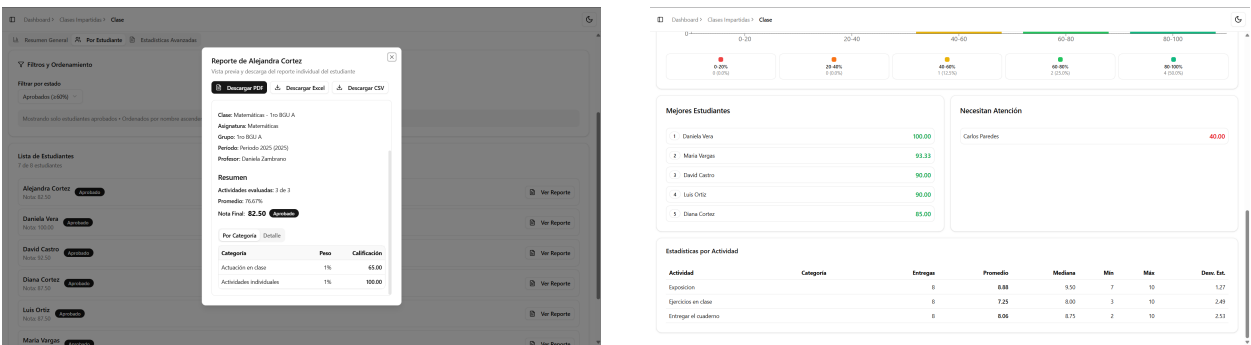
Consultas y reportes académicos

Figura 29. Reportes académicos generales e individuales.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de consulta de reportes académicos generales y reportes individuales por estudiante.

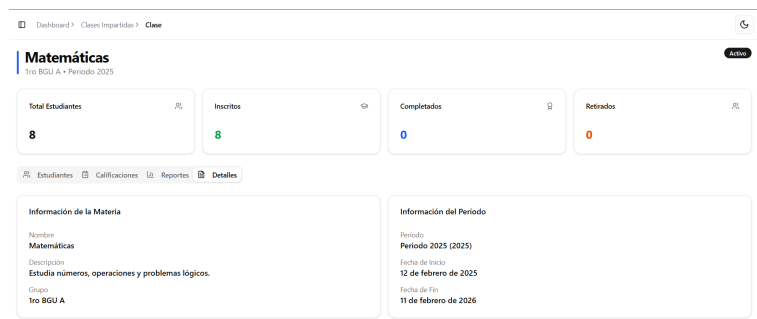
Figura 30. Visualización detallada y estadísticas académicas.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de análisis del desempeño académico, incluyendo visualización detallada y estadísticas.

Detalle de información académica

Figura 31. Detalle de información académica del estudiante.



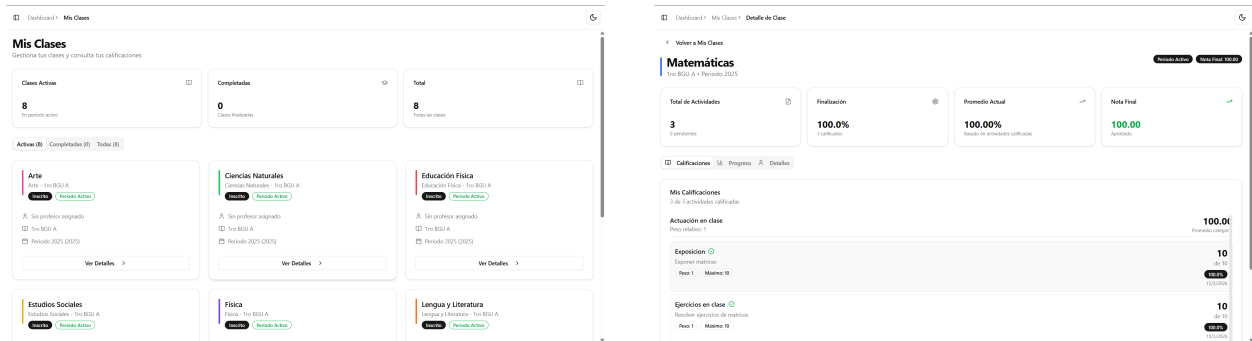
Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de consulta detallada de información académica para el seguimiento del desempeño estudiantil.

Evidencias visuales de ejecución de pruebas del módulo estudiante

En este apéndice se presentan capturas de pantalla obtenidas durante la ejecución de las pruebas funcionales y de usabilidad del módulo de estudiante. Estas evidencias visuales permiten verificar la correcta implementación de las interfaces, así como la ejecución de los flujos principales evaluados en el sistema.

Acceso y visualización de clases

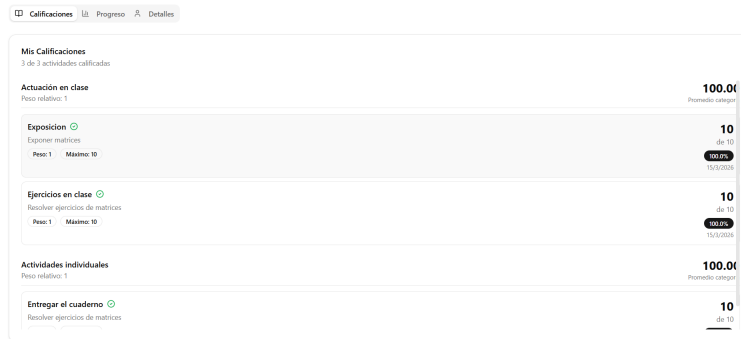
Figura 32. Visualización de clases del estudiante.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de visualización de clases por parte del estudiante, incluyendo el acceso a sus cursos matriculados y la navegación hacia el contenido académico.

Consulta de calificaciones

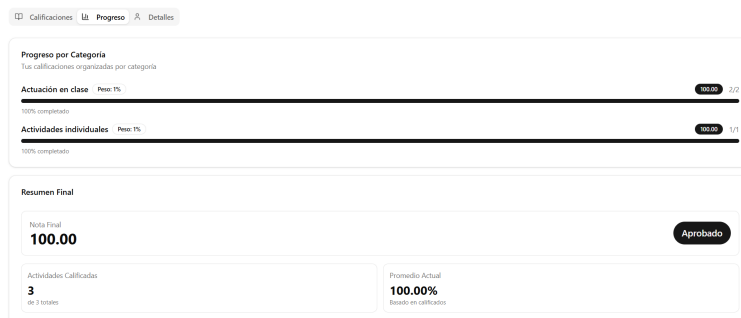
Figura 33. Consulta de calificaciones.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de consulta de calificaciones, donde el estudiante visualiza sus resultados académicos registrados en el sistema.

Seguimiento del progreso académico

Figura 34. Visualización del progreso académico.



Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de seguimiento del progreso académico, permitiendo identificar el desempeño general del estudiante en el curso.

Detalle de información académica

Figura 35. *Detalle de información académica del estudiante.*

Calificaciones

Progreso

Detalles

Información de la Materia

Nombre
Matemáticas

Descripción
Estudia números, operaciones y problemas lógicos.

Grupo
1ro BGU A

Ciclo
Matemáticas - 1ro BGU A

Información del Periodo

Periodo
Periodo 2025 (2025)

Fecha de Inicio
12 de febrero de 2025

Fecha de Fin
11 de febrero de 2026

Profesor



Daniela Zambrano
Profesora

Tu Inscripción

Estado
Inscrito

Fecha de Inscripción
15 de marzo de 2026

Nota. Evidencia de la ejecución del flujo de consulta detallada de información académica, utilizada para el seguimiento específico del desempeño del estudiante.