



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Diseño e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca, periodo Febrero 2026- Julio 2026

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de **Tecnólogo Superior en Desarrollo de Software**

Proyecto Técnico de Titulación

Autores:

Lituma Remache Mateo Israel

Diaz Orellana Juan Fernando

Tutor:

Joaquín Andrés Pérez Ochoa

Cuenca, Ecuador

2026

Resumen

La gestión de información en los laboratorios clínicos casi siempre sufre de procesos manuales que generan demoras, pérdida de datos y que vulneran la seguridad. El presente trabajo tuvo como propósito diseñar e implementar una aplicación web para automatizar los procesos operativos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca. Para el desarrollo del software se utilizó el marco de trabajo ágil Scrum con tecnologías Angular y NestJS, bajo una evaluación (pre-test y post-test) aplicada al personal del laboratorio para medir descriptivamente el impacto en la eficiencia y satisfacción operativa. El pre-test reveló un 0% de aceptación respecto a los métodos manuales y físicos que se usaban. Tras la implementación, el post-test mostró un incremento descriptivo considerable: 100% de aceptación en la agilidad de registro, 100% en la seguridad de los datos, y un 94% en la centralización y trazabilidad de las muestras, mitigando la duplicidad y los errores tipográficos. Se concluye que la digitalización del flujo de trabajo, soportada por una arquitectura de Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) y un panel de control unificado, optimiza de gran manera los tiempos de atención y fortalece la confidencialidad médica, modernizando de forma significativa la operatividad del laboratorio.

Palabras clave: Automatización de procesos, Laboratorio clínico, Aplicación web, Scrum, Control de acceso basado en roles.



El contenido, las conclusiones y las opiniones expresadas en el presente Proyecto de Titulación son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen, representan ni reflejan la posición institucional del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.

La institución se exime de toda responsabilidad legal o perjuicio que pueda derivarse del contenido de esta obra frente a terceros. Los autores asumen la plena responsabilidad sobre la originalidad, la propiedad intelectual y los derechos de autor del trabajo desarrollado.

Repositorio institucional: <https://repositorio.sudamericano.edu.ec/home>

Abstract

Information management in clinical laboratories almost always suffers from manual processes that cause delays, data loss, and security vulnerabilities. The purpose of this study was to design and implement a web application to automate operational processes at the AG Clinical Laboratory in the city of Cuenca. For software development, the agile Scrum framework was used with Angular and NestJS technologies, under an evaluation design (pre-test and post-test) applied to the laboratory staff to descriptively measure the impact on operational efficiency and satisfaction. The pre-test revealed a 0% acceptance rate regarding the physical and manual methods being used. After implementation, the post-test showed a considerable descriptive increase: 100% acceptance in registration agility, 100% in data security, and 94% in the centralization and traceability of samples, mitigating duplication and typographical errors. It is concluded that the digitalization of the workflow, supported by a Role-Based Access Control (RBAC) architecture and a unified dashboard, greatly optimizes service times and strengthens medical confidentiality, significantly modernizing the laboratory's operations.

Key words: Process automation, Clinical laboratory, Web application, Scrum, Role-based access control.



The content, conclusions, and opinions expressed in this Graduation Project are the exclusive responsibility of the authors and do not compromise, represent, or reflect the institutional position of the Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.

The institution disclaims all legal responsibility or liability for any damages that may arise from the content of this work toward third parties. The authors assume full responsibility for the originality, intellectual property, and copyright of the developed work.

Repositorio institucional: <https://repositorio.sudamericano.edu.ec/home>

Índice de contenido

Introducción	13
Capítulo I: Problemática.....	16
Formulación del problema	18
Delimitación.....	18
Capítulo II: Marco Referencial	20
Antecedentes	20
Marco teórico	21
Laboratorio Clínico y sus Sistemas de Información	22
Aplicaciones Web	22
Angular	23
NestJS	23
Prisma ORM	24
Autenticación con JSON Web Tokens (JWT)	24
Control de Acceso Basado en Roles (RBAC).....	24
Arquitectura Monolítica Modular	25
Marco Conceptual	25
Conceptos de laboratorio clínico	25
Conceptos de desarrollo de software	26
Conceptos de Seguridad de la Información	27
Marco Legal	27
Constitución de la República del Ecuador (2008)	27
Ley Orgánica de Salud (2006)	28
Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021).....	28
Reglamento para Laboratorios Clínicos (Acuerdo Ministerial 0000014, 2013).....	29
Agenda Digital 2.0 del Ecuador (2022-2025).....	29
Herramientas Complementarias y de Despliegue	29
Generación dinámica de documentos (PDFKit)	29
Servicios de mensajería transaccional (Brevo SMTP).....	30
Despliegue en la Nube (Platform as a Service - PaaS)	30
Capítulo III: Metodología de investigación	31
Enfoque de investigación.....	31
Tipo y diseño de investigación	31
Población y muestra.....	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
Encuestas.....	33
Se empleará la encuesta como técnica principal para conocer la respuesta del usuario y	

la aceptación tecnológica de la nueva herramienta implementada.	33
Procedimiento de la investigación	34
Métodos y técnicas de análisis de datos.....	35
Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados.....	36
Resultados del diagnóstico inicial.....	36
Resultados asociados al Objetivo Específico 2: Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.	41
Resultados asociados al Objetivo Específico 3: Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.	46
Nivel de satisfacción general (Línea Base).....	48
Resultados del Post-test aplicado al personal del laboratorio	50
Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 1: Analizar el proceso actual de registro y gestión de pacientes en el laboratorio clínico AG, identificando tiempos, limitaciones y necesidades del sistema.	50
Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 2: Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.	52
Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 3: Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.	58
Nivel de satisfacción general (Línea de Salida).....	60
Comparación de resultados pre-test y post-test	62
Limitaciones del estudio	64
Capítulo V: Propuesta de investigación.....	66
Diagrama de solución	66
Justificación de la propuesta	67
Objetivos de la propuesta.....	67
Objetivo general.....	67
Objetivos específicos	67
Propuesta.....	68
Arquitectura de la solución	68
Tecnologías utilizadas.....	69
Metodología de desarrollo	70
Roles del Equipo Scrum.....	70
Product Backlog.....	71
Sprint Development	72
Cronograma de actividades	79
Conclusiones	82

Recomendaciones	84
Referencias.....	85

Dedicatoria

A mi padre y a mi madrastra, por ser mi pilar fundamental, por su apoyo moral incondicional y por el esfuerzo económico que me brindaron a lo largo de toda mi etapa de estudios; sin su confianza y sacrificio, culminar esta meta no habría sido posible.

A toda mi familia en general, por estar siempre presentes, por su paciencia, sus ánimos y por creer en mí de principio a fin durante todo este proceso formativo.

Y a mi gato, mi fiel compañero de madrugadas, por estar a mi lado durante las interminables horas de programación y redacción, brindándome la tranquilidad necesaria en los momentos de mayor estrés.

Fernando Diaz

A mis padres, Rosa y Efraín, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por creer en mí incluso en los momentos en que yo mismo dudaba. Todo lo que soy se lo debo a ustedes.

A mis familiares, por ser mi motivación constante durante este camino. Gracias por acompañarme en cada desvelo, cada tropiezo y cada pequeña victoria. Con todo mi cariño, les dedico este logro que también es suyo.

Mateo Lituma

Agradecimiento

Quiero darles las gracias de todo corazón a mi padre y a mi madrastra. Gracias por ser mi mayor refugio, por darme su abrazo incondicional en cada paso y por todo el esfuerzo económico con el que hicieron posible que hoy cumpla este sueño.

Un abrazo muy especial para mi gato, mi fiel guardián de las madrugadas. Gracias por acomodarte a mi lado en cada noche eterna de código y redacción, regalándome esa paz tan necesaria justo cuando el cansancio pesaba más.

Finalmente, a mi familia en general: gracias por el cariño de siempre, por su paciencia infinita y por abrazar esta meta junto conmigo de principio a fin.

Fernando Diaz

Gracias infinitas a cada persona que, con su cariño y presencia, hizo posible la llegada a esta meta.

A mis padres, por ese amor silencioso y constante que impulsó cada una de mis decisiones. Sin su apoyo y sus sacrificios, este logro no existiría.

A mis amigos y compañeros de camino, por esas charlas que encendieron ideas, por las risas compartidas cuando la fatiga apretaba y por hacer de esta etapa algo bonito de recordar.

A todos los que dejaron un pedacito de su huella en este viaje: gracias por caminar a mi lado y ser parte de este capítulo tan especial de mi vida.

Mateo Lituma

DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a su **AUTOR**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.

SUDAMERICANO



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Aprobación del Trabajo de Titulación

Doy fe que el trabajo desarrollado por los estudiantes: **Díaz Orellana Juan Fernando y Lituma Remache Mateo Israel**, con el título “**Diseño e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca**”, cumple con los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Atentamente,



Joaquin Andrés Pérez Ochoa

C.I 0107261448



www.sudamericano.edu.ec

📍 Bolívar y Manuel Vega - San Blas

☎ (593 7) 2838323 - 2843619

📧 0996976449

📧 info@sudamericano.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **Lituma Remache Mateo Israel**, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en **Desarrollo de Software**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **“Diseño e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca”** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



Lituma Remache Mateo Israel

Cédula: 0107555302



www.sudamericano.edu.ec

 Bolívar y Manuel Vega - San Blas  (593 7) 2838323 - 2843619  0996976449

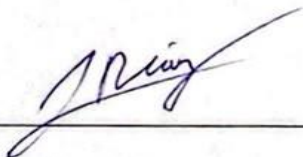
 info@sudamericano.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **Díaz Orellana Fernando Juan**, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en **Desarrollo de Software**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **“Diseño e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca”** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



Díaz Orellana Fernando Juan

Cédula: 0107047029



Introducción

Contextualización y antecedentes

En el contexto actual, la digitalización en el sector de la salud se ha consolidado como un factor imprescindible para garantizar servicios eficientes, seguros y oportunos. A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) subraya que la implementación de tecnologías de la información reduce drásticamente los errores clínicos y asegura la disponibilidad de los datos de los pacientes. Dentro de este ecosistema, los laboratorios clínicos manejan información altamente sensible y procesos que exigen un nivel de precisión riguroso. Diversos estudios han evidenciado la importancia de adoptar Sistemas de Información de Laboratorio (LIS). Por ejemplo, Largo Rodríguez (2023) y Camacho (2021) demuestran metodológicamente que el desarrollo de aplicaciones web modulares optimiza la gestión de recursos, la toma de decisiones y la interoperabilidad de la información clínica. Asimismo, Almeyda (2018) comprobó que la transición de sistemas manuales a plataformas web en entornos hospitalarios reduce los retrasos y la desorganización de la información médica.

A pesar de esta tendencia global y de la existencia de políticas nacionales como la Agenda Digital 2.0 del Ecuador, la adopción de estas tecnologías avanza de manera desigual en la región. En la ciudad de Cuenca, numerosas instituciones de diagnóstico privadas de mediano alcance aún carecen de plataformas integradas. Aquí radica la brecha de conocimiento y aplicación tecnológica que este proyecto busca cubrir: la ausencia de un sistema centralizado, desarrollado con tecnologías modernas (Angular y NestJS) y adaptado de manera estricta a los roles operativos específicos de una institución local, que permita abandonar de forma definitiva la dependencia de herramientas informáticas aisladas y procesos manuales.

Planteamiento del problema

La necesidad fundamental que esta investigación busca resolver es la ineficiencia operativa y la vulnerabilidad de la información derivada de la falta de digitalización en centros de diagnóstico clínico locales. En el caso específico del "Laboratorio AG" en Cuenca, la gestión de la información —desde el registro de pacientes hasta la asignación de exámenes y validación de resultados— presenta deficiencias críticas. La dependencia de flujos de trabajo parcialmente

manuales genera cuellos de botella administrativos, aumentando la probabilidad de errores en la transcripción de datos y provocando retrasos en la entrega de diagnósticos. Además, la carencia de un control de acceso centralizado dificulta la trazabilidad de las acciones del personal, comprometiendo la integridad de la información médica.

Ante esta situación, surge la siguiente pregunta de investigación: *¿De qué manera la implementación de una aplicación web mejora la automatización de los procesos en el laboratorio clínico AG de la ciudad de Cuenca?*

Para dar respuesta a esta interrogante, se plantea la siguiente hipótesis de trabajo: *La implementación de una aplicación web basada en una arquitectura monolítica modular, con control de acceso basado en roles (RBAC), optimizará significativamente los tiempos de registro y entrega de resultados, y reducirá el margen de error operativo en el manejo de datos del Laboratorio Clínico AG.*

Justificación

La gestión diaria de un laboratorio clínico exige un nivel bastante alto de precisión y un cuidado especial al manejar los datos médicos de los pacientes. Seguir dependiendo de herramientas físicas, anotaciones o programas que no están conectados entre sí representa un problema grave, ya que esta forma manual de trabajar aumenta directamente la probabilidad de cometer errores humanos. Por esta razón, el desarrollo de este proyecto nace como una solución técnica urgente para automatizar el manejo de la información y asegurar que los servicios brindados sean más rápidos, seguros y libres de fallas. La implementación de sistemas informáticos especializados, como los Sistemas de Información de Laboratorio (LIS), nos permiten optimizar la gestión de datos, mejorar la trazabilidad de los procesos y también nos permiten fortalecer la confidencialidad que existe de la información médica. En este aspecto el desarrollo de soluciones tecnológicas, adaptadas a las necesidades específicas de instituciones locales resulta bastante relevante.

Este estudio tiene como objetivo desarrollar e implementar una aplicación web para la automatización de los procesos en el laboratorio clínico AG, mediante una arquitectura monolítica, que permita optimizar el registro de exámenes, la entrega de resultados y la gestión

de pacientes con el fin de automatizar procesos. De esta manera, el proyecto no busca solo mejorar el funcionamiento interno del laboratorio, sino también establecer un sistema base sólido que facilite futuras mejoras y adaptaciones.

El personal del laboratorio AG será el principal beneficiado, ya que contará con una herramienta desarrollada específica para ellos, esto significa que tendrán mayor control sobre la información que manejan. Además, los pacientes también se benefician al contar con tiempos de respuesta más cortos y más confiabilidad en la entrega de resultados. A nivel institucional, obtener un sistema propio otorga al laboratorio mayor independencia sobre su gestión de datos, sin depender de servicios externos que no van de acuerdo a sus necesidades particulares. Desde el punto de vista académico, este proyecto aporta un caso aplicado de desarrollo de software enfocado a resolver una problemática dentro del sector de la salud.

En conclusión, este proyecto responde a una necesidad concreta del laboratorio AG, dando una solución tecnológica que mejora la eficiencia, seguridad y calidad en la gestión de información clínica, haciendo que beneficie el ámbito operativo del laboratorio.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar e implementar una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca

Objetivos específicos

1. Analizar el proceso actual de registro y gestión de pacientes en el laboratorio clínico AG, identificando tiempos, limitaciones y necesidades del sistema.
2. Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.
3. Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.

Capítulo I: Problemática

Actualmente en el sector de la salud se presenta un problema creciente, la administración de una gran cantidad de datos que se generan día a día. Los laboratorios clínicos como parte importante del sector de la salud, necesitan procesos más eficientes para la gestión de pacientes, exámenes y resultados. Sin embargo, en muchas ocasiones, estos procesos todavía dependen de procedimientos manuales, haciendo que incremente la probabilidad de tener errores y como resultado genere un retraso en la entrega de información sumamente importante.

Cuando existe la falta de sistemas especializados y automatizados, afecta directamente a la eficiencia operativa y la calidad del servicio ofrecido a los pacientes. Pasar de procesos manuales a una digitalización de procesos se ha hecho algo sumamente necesario para reducir fallos operativos y mejorar los tiempos de respuesta. En este caso, la creación de una solución tecnológica específica se presenta como una posibilidad para modernizar la gestión de los laboratorios clínicos.

A nivel mundial, diversas organizaciones como la Organización Mundial de la Salud han mostrado lo importante que es la digitalización en los sistemas de salud, ya que de esta manera se mejora la calidad de atención y la gestión de la información médica. Según la OMS (2021), la implementación de tecnologías de la información nos ayuda reduciendo errores en los procesos clínicos, además de que mejora la toma de decisiones y nos garantiza una mejor disponibilidad a los datos de los pacientes. Sin embargo, muchos sistemas de salud todavía tienen limitaciones en la incorporación de estas tecnologías.

Por otra parte, organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020) comentan que la falta de comunicación entre sistemas y el uso de procesos manuales son grandes limitantes en la modernización del sector de la salud. Esta situación afecta directamente a los laboratorios clínicos, en donde se necesita ser preciso en la gestión de resultados. La falta de sistemas fiables puede provocar inconsistencias en la información y causar una afeción a la calidad del diagnóstico.

En América Latina, la aceptación de tecnologías digitales en el sector de la salud avanza de manera desigual. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2022), hay

una gran diferencia en la implementación de sistemas de información sanitaria, especialmente en instituciones pequeñas y medianas. Esto limita a los laboratorios ya que no pueden optimizar sus procesos y garantizar la calidad de los servicios. Bajo el mismo enfoque, la crisis sanitaria reciente profundizó las carencias operativas que son el resultado de la falta de automatización en la región. Según UNICEF (2020), la debilidad de los sistemas digitales de información limitó la velocidad y calidad de respuesta junto con la gestión impuntual de los servicios necesarios durante la emergencia. Esta problemática se traduce en laboratorios que, al carecer de plataformas web integradas, enfrentan dificultades críticas para el seguimiento de pacientes y la entrega eficiente de resultados. En consecuencia, la persistencia de registros manuales no solo ralentiza la atención médica, sino que compromete la calidad y la oportunidad de los servicios de salud en el entorno latinoamericano.

Esta problemática nos dice que los laboratorios al no contar con plataformas web integradas, enfrentan grandes problemas para el seguimiento de pacientes y la entrega oportuna de resultados.

En Ecuador, la transformación digital en la salud ha avanzado gracias a políticas como el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 (Gobierno del Ecuador, 2021), el cual promueve la modernización de los servicios mediante el uso de tecnología. Sin embargo, llevar a la práctica estos lineamientos sigue siendo complicado, especialmente en instituciones privadas y de menor nivel.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022), cada vez es más necesario potenciar el uso de herramientas tecnológicas en sectores como la salud, de esta manera se mejora tanto la eficiencia como la calidad de los servicios. En muchos laboratorios del país aún se trabaja con procesos manuales o con sistemas poco eficientes, lo que hace más difícil el manejo de la información y la atención al paciente.

En la provincia del Azuay, y en especial en Cuenca, el aumento de los servicios de salud ha incrementado la necesidad de sistemas que permitan gestionar la información clínica de forma eficiente. Sin embargo, no todos los laboratorios tienen las herramientas necesarias para automatizar sus procesos y proteger la integridad de los datos.

A nivel local, informes del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022) nos muestran la necesidad de avanzar en la digitalización de las organizaciones de servicios. En este caso, los laboratorios clínicos presentan inconvenientes concretos relacionados con la gestión de pacientes, el registro de exámenes y la entrega de resultados, lo que afecta directamente en la eficiencia del servicio.

En el caso específico del Laboratorio AG, se reconoció que la información se gestiona mediante procesos parcialmente manuales y herramientas que no poseen comunicación entre sí. Esto genera demoras en el registro de pacientes, inconsistencias en los datos y problemas para validar y entregar resultados. Además, la falta de un sistema centralizado hace que sea más difícil controlar los accesos y hacer seguimiento a las acciones del personal.

Estas carencias afectan tanto a los trabajadores del laboratorio como a los pacientes, quienes deben esperar más tiempo y corren el riesgo de recibir información incorrecta. La falta de una solución tecnológica adecuada nos muestra la necesidad de implementar un sistema que ordene los procesos y asegure la protección de los datos.

En conclusión, la falta de digitalización y de sistemas integrados en la gestión de laboratorios clínicos representa un problema que se evidencia desde el ámbito global hasta el contexto local. Esta situación afecta la eficiencia operativa, la calidad del servicio y la seguridad de la información médica. Por ello, es completamente necesario desarrollar soluciones tecnológicas que permitan optimizar estos procesos, ayudando a mejorar la atención en el sector salud y cumpliendo a las necesidades específicas del entorno donde se realiza la investigación.

Formulación del problema

Ante las deficiencias operativas expuestas y la necesidad de salvaguardar la integridad de la información médica, surge la siguiente interrogante: **¿De qué manera la implementación de una aplicación web mejora la automatización de los procesos en el laboratorio clínico AG de la ciudad de Cuenca?**

Delimitación

Para garantizar que el problema sea manejable, específico y cumpla con los objetivos del proyecto, el estudio se delimita de la siguiente manera:

- **Límite Geográfico (Dónde):** La implementación y evaluación del proyecto se llevarán a cabo en las instalaciones de "Laboratorios AG", específicamente en el Área de Recepción y Área de Procesamiento Clínico, ubicadas en la calle Tomas Ordoñez 9-07 y Simón Bolívar en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El desarrollo académico del software se realizará bajo la supervisión del Instituto Tecnológico Superior Sudamericano.
- **Límite Poblacional (A quiénes):** El sistema está dirigido exclusivamente al personal interno de la institución. El software segmentará a esta población en cuatro roles estrictos: Administrador, Laboratorista, Secretaria y Validador.
- **Límite Temporal (Cuándo):** El levantamiento de requerimientos, diseño, desarrollo mediante metodología Scrum, y la fase de implementación del sistema se circunscriben al periodo académico actual de titulación (abril a julio de 2026).

Capítulo II: Marco Referencial

Este capítulo determina el apoyo teórico, conceptual y legal del proyecto de desarrollo e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG de la ciudad de Cuenca. Consiste en la revisión, resumen y análisis de la literatura, teorías, modelos e investigaciones previas que definen la investigación, junto con una descripción de los términos clave utilizados.

Antecedentes

En el campo de la automatización de procesos en laboratorios clínicos, varios estudios han demostrado la importancia de implementar sistemas de información basados en tecnologías web para mejorar la gestión de datos y la calidad del servicio.

En primer lugar, Largo Rodríguez (2023) propone el desarrollo de un prototipo de sistema de información para la gestión de laboratorios clínicos, estructurado en módulos de pacientes, pruebas y resultados, utilizando tecnologías como PHP, JavaScript, HTML y CSS. Este trabajo nos demuestra que la implementación de soluciones tecnológicas ayuda a mejorar la gestión de recursos, la toma de decisiones y la calidad del servicio brindado, funcionando como ejemplo metodológico para la modularización del presente sistema.

Asimismo, Almeyda (2018) desarrolló una aplicación web que mejora la gestión de exámenes clínicos en un hospital peruano, identificando problemas relacionados con procesos manuales, desorganización de la información y retrasos en la entrega de resultados. La implementación de este sistema logró optimizar los tiempos de atención y mejorar el manejo de la información mediante el uso de metodologías de desarrollo de software estructuradas, problemática la cual es similar con la situación actual del Laboratorio AG.

Similarmente, Tavera Gómez (2019) se planteaba la implementación de un sistema web para la gestión de servicios en un laboratorio clínico, con el objetivo de automatizar procesos como el almacenamiento, búsqueda y administración de la información. Los resultados obtenidos demuestran que el 89% de los usuarios no se sentía a gusto con el sistema tradicional, lo que nos muestra la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que mejoren la eficiencia y organización de los procesos, esta información refuerza la justificación del presente proyecto.

Por otro lado, Camacho (2021) nos presenta un prototipo de aplicación web enfocado en la gestión de laboratorios clínicos, cuyo objetivo es optimizar procesos como la cotización de exámenes, el registro de pacientes y la entrega de resultados. Este trabajo sobre todo nos muestra la importancia de la interoperabilidad y el uso de metodologías como RUP para el desarrollo de sistemas buenos, así como la inclusión de tecnologías modernas para mejorar la gestión de la información, características importantes que han sido consideradas en el diseño del presente sistema.

Por último, Ruiz Munguía y Silva Vanegas (2025) desarrollaron un sistema web para el registro de pacientes, control de exámenes clínicos y gestión de citas en el Laboratorio Clínico Santa Julia (Nicaragua), implementando la metodología ágil Scrum con una arquitectura Modelo-Vista-Controlador que separa claramente las responsabilidades entre las capas del sistema. Su trabajo demuestra que la modularización y la separación de capas en aplicaciones web para laboratorios clínicos mejoran significativamente la eficiencia operativa, reducen errores y optimizan la atención al paciente, principios que han sido acogidos en el presente proyecto mediante el uso de Angular y NestJS.

En conjunto, estos desarrollos científicos y tecnológicos nos demuestran una tendencia obvia hacia la digitalización y automatización de los procesos en laboratorios clínicos mediante el uso de aplicaciones web y sistemas de información. Ya que estos sistemas ayudan a mejorar el rendimiento operativo, reducir errores humanos, optimizar tiempos de respuesta y garantizar un mejor acceso a la información.

Por lo tanto, los antecedentes revisados representan una base sólida para el desarrollo del presente proyecto titulado "Diseño e implementación de una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca", ya que proporcionan enfoques, metodologías y herramientas tecnológicas que han sido adaptadas para diseñar una fuerte solución la cual es adecuada para las necesidades actuales.

Marco teórico

El presente marco teórico recoge las bases científicas y tecnológicas que sustentan el desarrollo de la aplicación web para la automatización del Laboratorio Clínico AG. Se abordan los

fundamentos de los sistemas de gestión de laboratorio, las tecnologías de desarrollo web empleadas, la arquitectura de software seleccionada y la metodología ágil acogida.

Laboratorio Clínico y sus Sistemas de Información

Un laboratorio clínico es una instalación de salud que se especializa en el análisis de muestras biológicas como los fluidos corporales, con la finalidad de apoyar el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2022), los servicios de laboratorio son fundamentales para la toma adecuada de decisiones clínicas y la seguridad del paciente, lo que nos indica la gran importancia de la precisión y oportuna entrega de resultados.

Los Sistemas de Información de Laboratorio, que se conocen internacionalmente como LIS (*Laboratory Information System*), son plataformas de software diseñadas para gestionar de manera integral el flujo de trabajo de un laboratorio clínico. Según Straseski y Strathmann (2020), un LIS moderno permite el registro de pacientes, la solicitud y asignación de exámenes, la recepción de resultados desde equipos analíticos, la validación técnica y clínica, y la realización de informes, todo dentro de un ambiente digitalizado y seguible. La implementación de un LIS disminuye en gran medida los errores de transcripción, merma los tiempos de respuesta y mejora la calidad global del servicio prestado al paciente (Burd et al., 2018).

Aplicaciones Web

Una aplicación web es un programa de software que se ejecuta en un servidor y al que los usuarios pueden entrar a través de un navegador web mediante el protocolo HTTP o HTTPS, sin tener que instalar software adicional en el dispositivo cliente. En comparación con las aplicaciones de escritorio, las aplicaciones web ofrecen accesibilidad universal, facilidad de actualización centralizada y compatibilidad multiplataforma (Pressman y Maxim, 2020).

Las aplicaciones web modernas se desarrollan bajo una arquitectura cliente-servidor, donde el *frontend* (interfaz de usuario) se comunica con el *backend* (lógica de negocio y base de datos) mediante interfaces de programación de aplicaciones (API), generalmente siguiendo el estilo arquitectónico REST (*Representational State Transfer*). Este modelo permite una clara separación de responsabilidades, mejora la escalabilidad y facilita el mantenimiento del sistema (Fielding, 2000).

En el contexto de los sistemas de información sanitaria, las aplicaciones web presentan ventajas adicionales relevantes: permiten el acceso multiusuario simultáneo desde distintos puntos del laboratorio, facilitan la actualización y el mantenimiento centralizado del sistema, y aseguran tener la información disponible en tiempo real para todos los actores del proceso clínico (Dhawan y Patidar, 2021).

Angular

Angular es un framework de código abierto que sirve para desarrollar aplicaciones web de código abierto, mantenido por Google, que permite construir interfaces de usuario dinámicas y de buen rendimiento mediante TypeScript. Está basado en una arquitectura de componentes, donde cada componente encapsula su propia lógica, plantilla HTML y estilos CSS, lo que favorece la reutilización y el mantenimiento del código (Angular Team, 2024).

Entre sus características principales se destacan el enlace de datos bidireccional (*two-way data binding*), la inyección de dependencias, el sistema de módulos y el uso del router para la navegación entre vistas sin recarga de página (*Single Page Application*). Angular resulta especialmente adecuado para aplicaciones empresariales de mediana y gran escala que requieren una arquitectura estructurada y mantenible a largo plazo (Fain y Moiseev, 2019).

NestJS

NestJS es un framework de Node.js que sirve para desarrollar aplicaciones de servidor las cuales serán eficientes y escalables, escrito en TypeScript. Su arquitectura se inspira en Angular, organizando el código en módulos, controladores y servicios, lo que ayuda con la separación de responsabilidades y la aplicación de principios SOLID. NestJS soporta de forma nativa patrones de diseño como la inyección de dependencias, lo que favorece la escritura de código modular y testeable (Mysliwiec, 2024).

Adicionalmente, NestJS es compatible con múltiples transportes y puede exponer tanto APIs REST como GraphQL, WebSockets y microservicios, lo que lo convierte en una solución versátil para el backend de aplicaciones web modernas. Su integración con librerías como Passport para autenticación y con ORMs como Prisma lo posiciona como una opción robusta para proyectos que requieren seguridad y gestión eficiente de datos.

Prisma ORM

Prisma es un Object-Relational Mapper(ORM) de nueva generación que se utiliza para Node.js y TypeScript, que ayuda a hacer más simple el acceso a bases de datos relacionales usando una capa de abstracción tipada y segura. A través del esquema de Prisma, el desarrollador define los modelos de datos en un lenguaje declarativo, a partir del cual se generan automáticamente los tipos de TypeScript y las consultas necesarias (Prisma Data, Inc., 2024).

Las principales ventajas de Prisma incluyen la autocompletación inteligente en el editor de código, la prevención de errores de tipo en tiempo de compilación, y la capacidad de realizar migraciones de base de datos de forma controlada. Esto contribuye directamente a la integridad de los datos y reduce el tiempo de desarrollo, siendo especialmente valioso en proyectos como el presente, donde la gestión correcta de la información clínica es crítica.

Autenticación con JSON Web Tokens (JWT)

JSON Web Token o JWT es un estándar abierto (RFC 7519) el cual define un método compacto y autocontenido para enviar de forma segura información entre partes como un objeto JSON. Los tokens JWT son firmados digitalmente mediante un algoritmo de clave secreta (HMAC) o un par de claves pública/privada (RSA o ECDSA), lo que garantiza su autenticidad e integridad (Jones et al., 2015).

En el contexto del presente proyecto, JWT se utiliza para implementar la autenticación sin estado (stateless) de los usuarios del sistema. Una vez que el usuario inicia sesión con credenciales que sean válidas, el servidor genera un token que encapsula la identidad y el rol del usuario. Este token es enviado en cada solicitud subsiguiente y verificado por el servidor, permitiendo controlar el acceso a los recursos según el rol asignado (Administrador, Laboratorista, Secretaria o Validador), sin necesidad de mantener sesiones en el servidor (Sharma y Bawa, 2021).

Control de Acceso Basado en Roles (RBAC)

El Control de Acceso Basado en Roles (RBAC, por sus siglas en inglés *Role-Based Access Control*) se trata de un modelo de seguridad ampliamente utilizado en sistemas de información, en el cual los permisos de acceso a los recursos del sistema son asignados a roles específicos y no

directamente a los usuarios individuales. A cada usuario se le da uno o más roles, teniendo automáticamente los permisos asociados a estos (Ferraiolo et al., 2001).

Este modelo resulta especialmente apropiado en entornos sanitarios, donde distintos actores (médicos, laboratoristas, administrativos) requieren niveles diferenciados de acceso a la información clínica. La implementación de RBAC en el sistema del Laboratorio AG garantiza que únicamente el personal autorizado pueda registrar, validar o aprobar resultados de exámenes, cumpliendo con los principios de confidencialidad e integridad de la información médica exigidos por las normativas vigentes.

Arquitectura Monolítica Modular

La arquitectura monolítica consiste en el desarrollo de una aplicación como una única unidad desplegable, donde todos los módulos tales como la interfaz de usuario, lógica de negocio y acceso a datos, están integrados en un mismo proceso. Si bien esta arquitectura puede presentar limitaciones de escalabilidad horizontal en sistemas de gran envergadura, resulta altamente adecuada para proyectos de pequeña y mediana escala, como el del Laboratorio AG, por su simplicidad de despliegue, depuración y mantenimiento (Richards, 2015).

En su variante modular, la arquitectura monolítica organiza el código en módulos lógicos bien definidos (pacientes, exámenes, resultados, usuarios, etc.), lo que facilita la evolución del sistema y sienta las bases para una eventual migración hacia microservicios si el volumen de operaciones lo requiriese en el futuro. NestJS, el framework seleccionado para el backend, promueve explícitamente este estilo arquitectónico a través de su sistema de módulos.

Marco Conceptual

A continuación, se definen los términos clave usados a lo largo de este proyecto, organizados mediante áreas temáticas que posee. Estos conceptos representan el vocabulario específico sobre el que se crea la solución propuesta y permiten definir bien el alcance de cada componente del sistema.

Conceptos de laboratorio clínico

Laboratorio clínico. Instalación de salud que realiza análisis de muestras biológicas para apoyar el diagnóstico y tratamiento médico.

LIS (Laboratory Information System). Sistema informático diseñado para gestionar integralmente los flujos de trabajo de un laboratorio clínico, desde el registro del paciente hasta la entrega de resultados.

Muestra biológica. Material de origen humano (sangre, orina, tejido, entre otros) utilizado para la realización de análisis clínicos.

Resultado clínico. Dato cuantitativo o cualitativo obtenido tras el análisis de una muestra biológica, utilizado por el profesional de salud para la toma de decisiones diagnósticas.

Trazabilidad. Capacidad de rastrear el historial completo de una muestra o resultado a lo largo de todo el proceso analítico.

Conceptos de desarrollo de software

Aplicación web. Programa de software accesible desde un navegador web, que se ejecuta en un servidor remoto y no requiere instalación local.

Frontend. Capa de presentación de una aplicación web, con la que el usuario interactúa directamente a través del navegador.

Backend. Capa de lógica de negocio y acceso a datos de una aplicación web, que procesa las solicitudes del frontend y gestiona la base de datos.

API REST. Interfaz de programación de aplicaciones que sigue los principios REST, permitiendo la comunicación entre frontend y backend mediante solicitudes HTTP.

ORM (Object-Relational Mapper). Herramienta que permite interactuar con una base de datos relacional mediante objetos del lenguaje de programación, sin necesidad de escribir SQL directamente.

TypeScript. Lenguaje de programación de código abierto desarrollado por Microsoft, que extiende JavaScript añadiendo tipado estático opcional, mejorando la detección temprana de errores.

Angular. Framework de desarrollo frontend basado en componentes, mantenido por Google, que utiliza TypeScript para construir aplicaciones web de página única (SPA).

NestJS. Framework de Node.js para el desarrollo de aplicaciones de servidor escalables y mantenibles, que sigue una arquitectura modular inspirada en Angular.

Prisma. ORM de nueva generación para Node.js y TypeScript que proporciona acceso tipado y seguro a bases de datos relacionales.

Conceptos de Seguridad de la Información

Autenticación. Proceso de verificación de la identidad de un usuario o sistema antes de concederle acceso a los recursos.

Autorización. Proceso mediante el cual se determina qué acciones o recursos puede acceder un usuario ya autenticado.

JWT (JSON Web Token). Estándar para la transmisión segura de información entre partes mediante tokens firmados digitalmente.

RBAC (Role-Based Access Control). Modelo de seguridad en el que los permisos se asignan a roles y los usuarios heredan los permisos del rol que se les ha asignado.

Confidencialidad. Principio de seguridad que garantiza que la información solo sea accesible a las personas autorizadas.

Integridad. Principio de seguridad que garantiza que la información no ha sido alterada de forma no autorizada.

Marco Legal

El desarrollo e implementación del presente sistema se inscribe en un contexto jurídico e institucional definido por la normativa ecuatoriana vigente en materia de salud, protección de datos personales y tecnologías de la información. A continuación, se analizan las principales disposiciones legales aplicables al proyecto.

Constitución de la República del Ecuador (2008)

La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 32, establece que la salud es un derecho fundamental que el Estado garantizará mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales. Asimismo, el artículo 66, numeral 19, reconoce el derecho a

la protección de datos de carácter personal, incluyendo el acceso y la decisión sobre información y datos de este carácter. Este precepto constitucional fundamenta la necesidad de implementar mecanismos de control de acceso y protección de la información clínica en el sistema desarrollado.

Ley Orgánica de Salud (2006)

La Ley Orgánica de Salud del Ecuador, en su artículo 7, literal f, establece que toda persona tiene derecho a que su historial clínico y datos personales sean manejados con absoluta confidencialidad. El artículo 202 determina que la información contenida en la historia clínica es de carácter reservado y que el personal de salud está obligado a guardar la debida reserva sobre ella. Estas disposiciones justifican la implementación de roles diferenciados y controles de acceso en el sistema del Laboratorio AG.

Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021)

La Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP), publicada en el Suplemento del Registro Oficial N.º 459 el 26 de mayo de 2021, constituye el principal instrumento legal de Ecuador en materia de protección de datos personales. Su objeto es garantizar el derecho a la protección de datos personales, que incluye el acceso y decisión sobre información propia.

En lo que respecta al presente proyecto, son especialmente relevantes los siguientes principios establecidos en la LOPDP: el principio de licitud (art. 8), que exige una base legal para el tratamiento de datos; el principio de finalidad (art. 9), que limita el uso de los datos a la finalidad para la que fueron recabados; el principio de seguridad (art. 13), que obliga al responsable del tratamiento a implementar medidas técnicas y organizativas para garantizar la seguridad de los datos; y el principio de confidencialidad (art. 14), que impone el deber de secreto sobre los datos personales tratados. El sistema del Laboratorio AG respeta estos principios al limitar el acceso a los datos clínicos exclusivamente al personal autorizado mediante el mecanismo de autenticación JWT y el modelo RBAC implementado.

Reglamento para Laboratorios Clínicos (Acuerdo Ministerial 0000014, 2013)

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador, mediante el Acuerdo Ministerial N.º 0000014 de 2013, expidió el Reglamento para la Habilitación y Control de los Laboratorios Clínicos. Este reglamento establece los requisitos técnicos, administrativos y de calidad que deben cumplir los laboratorios clínicos del país para su funcionamiento. Entre los aspectos relevantes para el presente proyecto se destacan los requisitos de documentación y registro de los procesos analíticos, la obligatoriedad de contar con sistemas que garanticen la trazabilidad de los resultados y la necesidad de implementar procedimientos que aseguren la confidencialidad de la información del paciente.

Agenda Digital 2.0 del Ecuador (2022-2025)

La Agenda Digital 2.0, aprobada por el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL) para el período 2022-2025, establece entre sus líneas de acción la transformación digital del sector salud y el impulso al desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren la calidad y accesibilidad de los servicios públicos y privados. El presente proyecto se alinea con estos lineamientos al proponer una solución digital que moderniza los procesos del Laboratorio AG, contribuyendo a la transformación tecnológica del sector salud en Ecuador.

Herramientas Complementarias y de Despliegue

Generación dinámica de documentos (PDFKit)

Para la automatización de laboratorios, es indispensable exportar resultados digitales a formatos universales y de solo lectura que puedan ser entregados a los pacientes. PDFKit es una librería robusta para entornos Node.js que permite la construcción programática de documentos PDF directamente desde el servidor. El uso de esta tecnología permite transformar los datos estructurados en formato JSON de la base de datos en reportes médicos oficiales, eliminando la intervención humana en la transcripción manual a procesadores de texto y reduciendo los márgenes de error (PDFKit, 2025).

Servicios de mensajería transaccional (Brevo SMTP)

La mensajería transaccional consiste en el envío automatizado de correos electrónicos desencadenados por una acción específica del usuario o del sistema. A diferencia del correo masivo, requiere de servidores SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) de alta disponibilidad que

garanticen la entrega inmediata y segura de la información. La integración de pasarelas como Brevo permite notificar en tiempo real a pacientes y médicos validadores sobre la disponibilidad de sus resultados, optimizando el flujo de comunicación interdepartamental mediante infraestructuras dedicadas y seguras (Brevo, 2025).

Despliegue en la Nube (Platform as a Service - PaaS)

Para que una aplicación web esté disponible de forma ininterrumpida sin la necesidad de gestionar servidores físicos locales, se recurre a plataformas PaaS. En arquitecturas modernas, es una práctica estándar separar el despliegue según la naturaleza del software. Por un lado, plataformas como Vercel proporcionan una infraestructura optimizada para el despliegue de aplicaciones Frontend (como Angular), ofreciendo redes de entrega de contenido (CDN) ultrarrápidas y seguras (Vercel, 2026). Por otro lado, plataformas de infraestructura en la nube como Railway están diseñadas para aprovisionar bases de datos relacionales y desplegar servidores Backend (como NestJS), facilitando la escalabilidad y el monitoreo del consumo de recursos en tiempo real sin configuraciones complejas de servidores (Railway, 2026).

En síntesis, el marco referencial presentado en este capítulo establece los fundamentos teóricos, conceptuales y legales que orientan el desarrollo del sistema propuesto. Los antecedentes revisados demuestran la viabilidad y necesidad de la solución; las bases teóricas justifican la selección tecnológica; los conceptos clave delimitan el alcance del sistema; y el marco legal garantiza que su implementación se desarrolle dentro de los parámetros normativos vigentes en Ecuador.

Capítulo III: Metodología de investigación

Enfoque de investigación

Este trabajo se desarrolló con un enfoque **cuantitativo**. Lo cual significa que nos enfocamos en el análisis de datos numéricos y recolección de datos numéricos que servirán para contestar las preguntas de investigación y probar hipótesis que anteriormente establecimos, apoyándonos en los números y el análisis estadístico.

La elección de este enfoque para el presente proyecto se justifica porque se necesita medir objetivamente el impacto de la implementación de la aplicación web en el Laboratorio AG. Se cuantificará el cambio en las variables de estudio como la percepción de eficiencia y control de errores, comparando numéricamente la situación operativa antes de tener el sistema frente a los resultados obtenidos después de usarlo, mediante encuestas que usen una puntuación..

Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación: Aplicada**

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que está orientada al desarrollo e implementación de una solución tecnológica en específico para resolver una problemática operativa en el Laboratorio Clínico AG. El estudio no busca sólo generar conocimiento teórico, sino utilizar los fundamentos del desarrollo de software (arquitectura monolítica modular, Angular, NestJS) para hacer una herramienta la cual permita facilitar y automatizar el trabajo médico y administrativo.

- **Diseño metodológico: Experimental**

La investigación se desarrollará bajo un diseño experimental, en el cual se manipuló intencionalmente la variable independiente (la implementación del nuevo Sistema de Gestión de Laboratorio Web) para analizar su efecto sobre las variables dependientes (la percepción de agilidad en los procesos, seguridad de datos y satisfacción del personal). Además el estudio posee un diseño longitudinal, debido a que la recolección de datos no se realiza en un único momento. Ya que se toman medidas a lo largo del tiempo para observar la evolución y el cambio en las variables de estudio cambiadas por la intervención tecnológica. Para lograr esto, el diseño tiene dos momentos exactos de medición en el mismo grupo de estudio:

- Fase Pre-test: Se usará una encuesta diagnóstica inicial para evaluar numéricamente cómo percibe el personal sus procesos actuales de trabajo.
- Fase Post-test: Después de implementar la aplicación web y permitir un periodo de uso y adaptación, se hará una segunda encuesta para medir las mismas variables y determinar estadísticamente la mejoría y satisfacción que generó la nueva herramienta tecnológica mediante datos cuantitativos.

Población y muestra

- **Población**

La población de estudio estará conformada por todo el personal operativo y administrativo del Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca, quienes se encargan directamente del registro de pacientes, procesamiento de exámenes y validación de resultados.

- **Muestra**

Dado el tamaño reducido del personal en la institución, la muestra será de tipo no probabilística por conveniencia, es decir, censal. Estará integrada por todos los colaboradores disponibles que participen en los procesos y acepten interactuar con el nuevo sistema.

Tabla 1*Unidad de estudio*

<i>Perfil de Usuario</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Administrador General</i>	<i>1</i>
<i>Validadores</i>	<i>2</i>
<i>Laboratoristas</i>	<i>2</i>
<i>Secretarias</i>	<i>1</i>
<i>Total</i>	<i>6</i>

Nota. Elaboración propia a partir de datos del Laboratorio AG.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recopilar la información necesaria respecto a la evaluación del sistema, se utilizará la siguiente técnica:

Encuestas

Se empleará la encuesta como técnica principal para conocer la respuesta del usuario y la aceptación tecnológica de la nueva herramienta implementada.

- **Instrumento:** Cuestionario propio (ad-hoc) de percepción operativa y satisfacción, diseñado específicamente para responder a los objetivos de esta investigación. Utiliza una escala de Likert de 5 puntos (donde 1 es "Totalmente en desacuerdo" y 5 es "Totalmente de acuerdo"). Este instrumento consta de 12 ítems y se aplica en dos versiones con dimensiones equivalentes para permitir su comparación:
- **Cuestionario Pre-test:** Evaluará la percepción de lentitud, propensión a errores y nivel de satisfacción con los métodos de trabajo actuales.

- **Cuestionario Post-test:** Evaluará la percepción de agilidad, facilidad para navegar por la nueva interfaz, claridad en los datos y el nivel de satisfacción general tras usar la nueva plataforma web.

Cabe destacar que, previo a la aplicación de los instrumentos de evaluación, se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes. Se resguardó la confidencialidad de las respuestas del personal y se les informó que serían procesadas con fines estrictamente académicos, asegurando un manejo ético de la información recolectada. Ambas versiones del cuestionario (pre-test y post-test) fueron administradas de forma digital mediante la herramienta Google Forms, lo que ayudó con la recolección anónima de las respuestas y su posterior tabulación.

Procedimiento de la investigación

El desarrollo de la investigación seguirá un orden cronológico y secuencial estructurado en las siguientes fases:

1. **Gestión y diagnóstico:** Obtención de los permisos correspondientes con el encargado del Laboratorio AG y aplicación de la primera encuesta (pre-test) al personal para medir numéricamente la problemática inicial. También se levantarán los requerimientos iniciales del sistema (Product Backlog).
2. **Desarrollo del software (Metodología Scrum):** Construcción de la aplicación web utilizando el marco de trabajo ágil Scrum. El desarrollo se dividirá en iteraciones o Sprints definidos, permitiendo entregas incrementales y funcionales del sistema (Backend y Frontend).
3. **Despliegue e implementación:** Instalación del sistema en el entorno del laboratorio, creación de los perfiles de usuario y capacitación básica al personal (Secretarias, Laboratoristas, Validadores) para el uso de la plataforma.
4. **Evaluación y recolección de datos:** Luego de un pequeño tiempo de adaptación y uso del sistema en su entorno real, se procederá a aplicar el cuestionario de satisfacción y usabilidad a toda la muestra seleccionada.

Métodos y técnicas de análisis de datos

Dado que la muestra del laboratorio es de tamaño reducido ($n=6$) y el cuestionario es de carácter operativo ad-hoc, la encuesta será procesada estrictamente mediante técnicas de estadística descriptiva. Las puntuaciones obtenidas en la escala de Likert se tabularán en hojas de cálculo (como por ejemplo Microsoft Excel).

Se calcularán las distribuciones de frecuencias absolutas y porcentajes redondeados para evitar una falsa precisión estadística, con el fin de conocer el nivel medio de aceptación y la facilidad de uso notada. El análisis principal consistirá en comparar descriptivamente los resultados del pre-test contra los del post-test para evidenciar el cambio en las variables. Los resultados se mostrarán visualmente a través de gráficos circulares (pasteles), ayudando a tener una interpretación clara y directa sobre el éxito de la implementación del sistema en el laboratorio.

Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados

Este capítulo presenta, analiza e interpreta los datos obtenidos en la fase metodológica. Ya que la investigación sigue un diseño experimental, la presentación de los resultados del diagnóstico y del pre-test se ha organizado en función de los objetivos específicos planteados para el Laboratorio Clínico AG.

Resultados del diagnóstico inicial

Antes de la aplicación del pre-test, se realizó una observación y una pequeña entrevista para conocer la línea base operativa.

Resultados de la observación

Tabla 2

Resultados de la observación de procesos en Laboratorio Clínico AG

Aspecto observado	Hallazgo
Registro de pacientes y órdenes	Se realiza de forma manual en hojas de cálculo compartidas y papel.
Catálogo y asignación de exámenes	Búsqueda manual en listas impresas; no tiene los precios integrados.
Validación de resultados	El documento físico se pasa de mano en mano entre áreas.
Control de acceso a la información	No lo tienen. Cualquier persona puede ver o modificar los archivos.

Nota. Se observó que la gestión se realiza de forma manual, lo cual causa cuellos de botella y vulnerabilidad en los datos médicos. Esto muestra la necesidad de la arquitectura monolítica propuesta.

Resultados de la entrevista al representante del Laboratorio AG

Tabla 3

Resultados de la entrevista

Pregunta	Respuesta resumida
Procesos críticos a mejorar	Tiempos de registro de pacientes y demora en la entrega de resultados.
Requerimiento de seguridad	Trazabilidad de acciones (saber quién registró o validó).
Funcionalidades deseadas	Historial de pacientes, catálogo de exámenes y dashboard.

Nota. Estas respuestas ayudaron a definir los requerimientos funcionales y orientar el diseño del backend (NestJS/Prisma) y frontend (Angular).

Resultados del pretest aplicado al personal del laboratorio

Resultados asociados al Objetivo Específico 1: Analizar el proceso actual de registro y gestión de pacientes en el laboratorio clínico AG, identificando tiempos, limitaciones y necesidades del sistema.

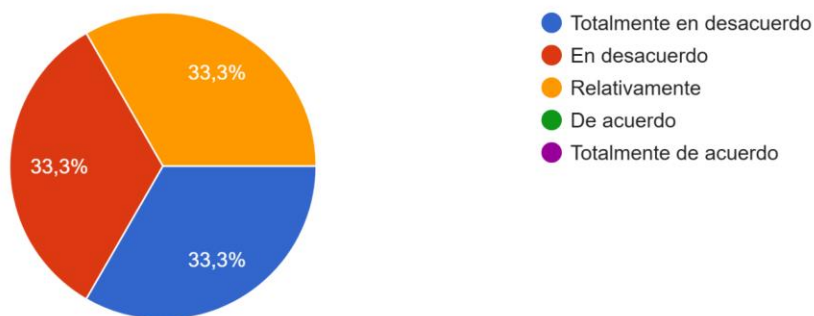
En esta sección se analizan las preguntas del pre-test relacionadas a la agilidad, tiempos y calidad del registro de información.

Pregunta 6. Registro de pacientes y exámenes con el método actual.

Figura 1*Pregunta 6 de la encuesta*

6. El registro de pacientes y exámenes es ágil con el método actual.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran que 4 de los 6 encuestados (67%) tienen una percepción negativa de la agilidad del registro actual (2 de ellos "totalmente en desacuerdo" y 2 "en desacuerdo"), mientras que los 2 restantes (33%) se muestran neutrales. La falta de respuestas positivas sugiere fuertemente que el proceso manual hace que sea lenta la atención en recepción, lo que justifica la necesidad de sistematizar este módulo en la aplicación web para reducir los tiempos de ingreso.

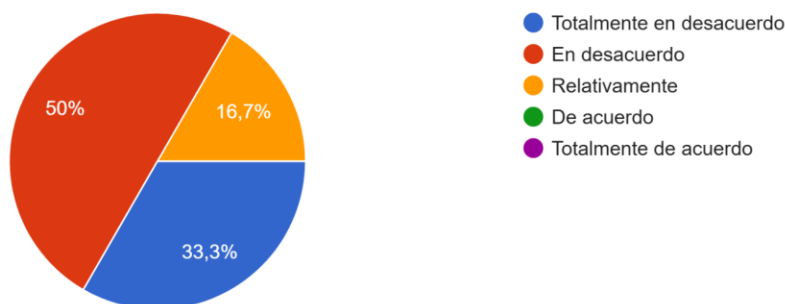
Pregunta 7. El tiempo que toma transcribir o trasladar información entre las distintas áreas(recepción, laboratorio, validación)

Figura 2

Pregunta 7 de la encuesta

7. El tiempo que toma transcribir o trasladar información entre las distintas áreas (recepción, laboratorio, validación) es adecuado.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los datos muestran un disgusto en cuanto al manejo de información, con 5 de los 6 encuestados (83%) emitiendo valoraciones negativas (3 "en desacuerdo" y 2 "totalmente en desacuerdo") y apenas 1 persona (17%) en una posición neutral. Esto indica que el proceso manual de reescribir o trasladar documentos físicos entre departamentos consume bastante tiempo. La digitalización ayudará a eliminar esta redundancia operativa, buscando que los datos viajen de manera eficiente entre el registro y el laboratorio.

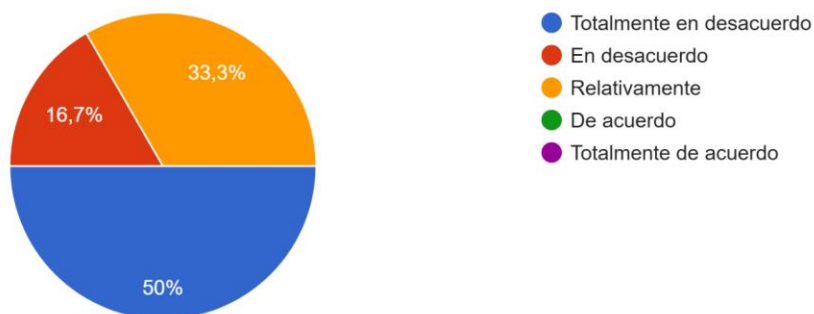
Pregunta 9. No existen duplicidades ni inconsistencias en los registros.

Figura 3

Pregunta 9 de la encuesta

9. No existen duplicidades ni inconsistencias en registros

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran que 4 de los 6 encuestados (67%) perciben problemas con la integridad de los datos (3 "totalmente en desacuerdo" y 1 "en desacuerdo" con la suposición de que no existen errores), mientras que 2 de ellos (33%) se mantienen neutrales, es decir, ni siquiera están seguros. Esta cantidad de incidentes sugiere que el ingreso manual causa la creación de historiales clínicos erróneos o repetidos. El sistema propuesto busca solucionar esta deficiencia al centralizar la base de datos, procurando la integridad referencial y unificando el historial de cada paciente desde su primer registro.

Resultados asociados al Objetivo Específico 2: Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.

En esta sección se agrupan los resultados sobre cómo el personal interactúa con la información, la búsqueda de datos y la comunicación entre áreas, cosas que serán resueltas por el diseño del Frontend.

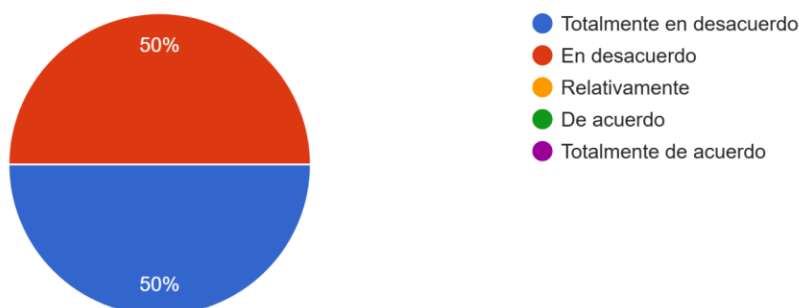
Pregunta 1. La información de los pacientes (datos personales, historial de exámenes) se encuentra centralizada en un solo lugar de fácil acceso.

Figura 4

Pregunta 1 de la encuesta

1. La información de los pacientes (datos personales, historial de exámenes) se encuentra centralizada en un solo lugar de fácil acceso.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los datos muestran una total disconformidad de la disponibilidad actual de la información, con los 6 encuestados (100%) evaluando negativamente este aspecto (3 "totalmente en desacuerdo" y 3 "en desacuerdo"). Esta clara fragmentación de los datos obliga a que los colaboradores inviertan más tiempo buscando en distintas fuentes físicas o digitales, lo que justifica operativamente el desarrollo de una interfaz gráfica que unifique todas las operaciones e historiales del laboratorio en una sola pantalla de fácil acceso.

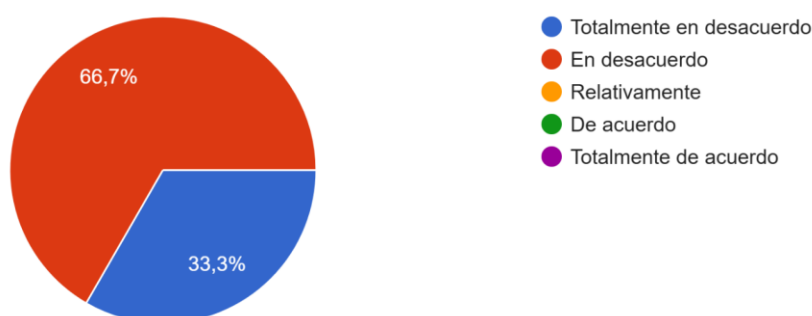
Pregunta 2. Puedo acceder a los datos o resultados de un paciente sin tener que consultar varias fuentes (papel, Excel, cuadernos, etc.).

Figura 5

Pregunta 2 de la encuesta

2. Puedo acceder a los datos o resultados de un paciente sin tener que consultar varias fuentes (papel, Excel, cuadernos, etc.).

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran un rechazo total a la premisa, con los 6 encuestados (100%) indicando que no pueden acceder a la información clínica desde un único lugar (4 "en desacuerdo" y 2 "totalmente en desacuerdo"). Esta dependencia de registros físicos hace que sea muy propenso el desorden y la pérdida de tiempo en búsquedas manuales. Esta falla justifica directamente el desarrollo de una interfaz gráfica (Frontend) intuitiva, equipada con módulos específicos de búsqueda y visualización, que establezca todo el historial del paciente en una sola plataforma digital.

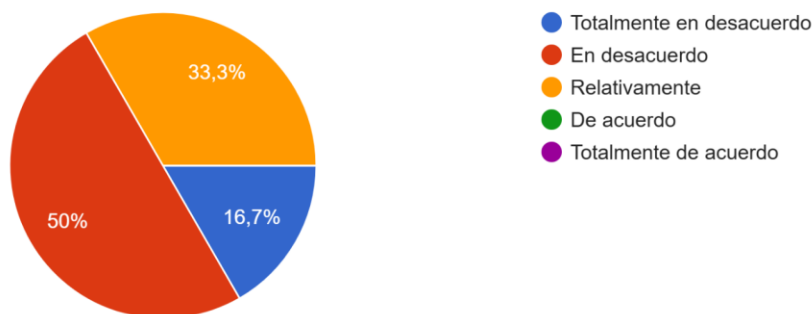
Pregunta 4. Es fácil saber en qué etapa se encuentra una muestra o examen (recibido, en proceso, validado, entregado).

Figura 6

Pregunta 4 de la encuesta

4. Es fácil saber en qué etapa se encuentra una muestra o examen (recibido, en proceso, validado, entregado).

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los datos indican que 4 de los 6 encuestados (67%) evalúan negativamente la facilidad para rastrear el estado de los exámenes (3 "en desacuerdo" y 1 "totalmente en desacuerdo"), mientras que los 2 restantes (33%) mantienen una postura neutral ("relativamente"). La ausencia de opiniones favorables evidencia que el sistema manual actual no proporciona una visibilidad clara sobre el progreso clínico de cada paciente. Esto justifica la necesidad de diseñar una interfaz visual que incorpore estados dinámicos claramente definidos mediante etiquetas de colores (por ejemplo: "Pendiente", "En proceso", "Validado"), permitiendo un seguimiento intuitivo y en tiempo real de cada orden.

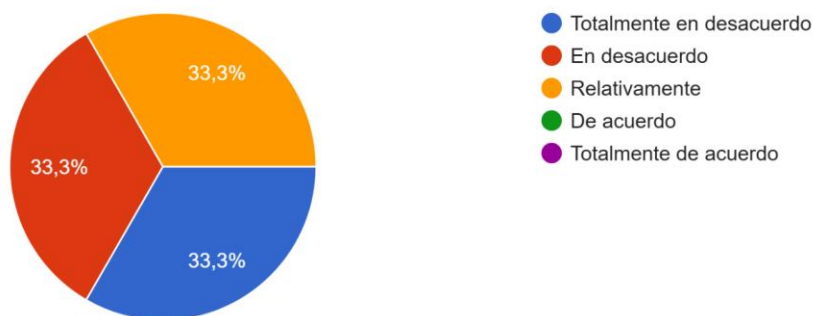
Pregunta 8. Es poco común que se cometan errores al registrar o transcribir datos manualmente.

Figura 7

Pregunta 8 de la encuesta

8. Es poco común que se cometan errores al registrar o transcribir datos manualmente.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados evidencian que 4 de los 6 encuestados (67%) rechazan la premisa (2 "totalmente en desacuerdo" y 2 "en desacuerdo"), reconociendo de manera implícita que los errores son frecuentes durante la transcripción manual de información. Los 2 restantes (33%) mantienen una postura neutral. Esta alta susceptibilidad al error humano representa un riesgo directo para la exactitud de los diagnósticos. Esta problemática justifica la necesidad de construir una interfaz gráfica que reemplace la escritura libre por la selección de "Valores predefinidos" y catálogos automatizados, mitigando así el riesgo de errores tipográficos en el ingreso de resultados.

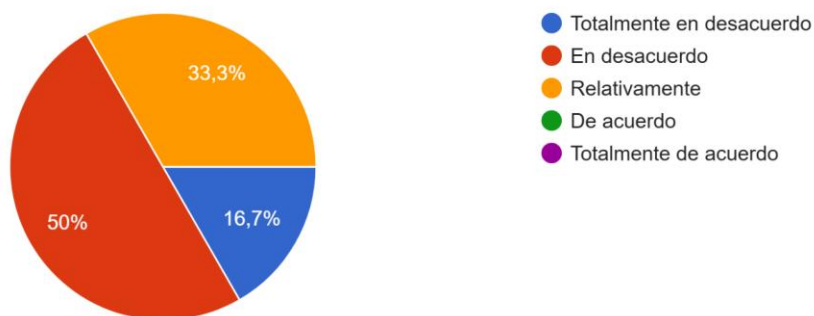
Pregunta 10. La comunicación entre áreas es fluida con el método actual.

Figura 8

Pregunta 10 de la encuesta

10. La comunicación entre áreas es fluida con el método actual.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados evidencian que 4 de los 6 encuestados (67%) perciben deficiencias en la comunicación interna (3 "en desacuerdo" y 1 "totalmente en desacuerdo"), mientras que los 2 restantes (33%) mantienen una postura neutral. Esta falta de fluidez, generada por el uso de métodos manuales y procesos aislados, provoca fricciones y retrasos en el flujo de trabajo. Esta situación justifica el desarrollo de una interfaz gráfica (Frontend) que integre un panel de control (Dashboard) centralizado, permitiendo que las actualizaciones de los exámenes sean visibles en tiempo real para todos los departamentos sin necesidad de comunicación verbal o traslado físico de documentos.

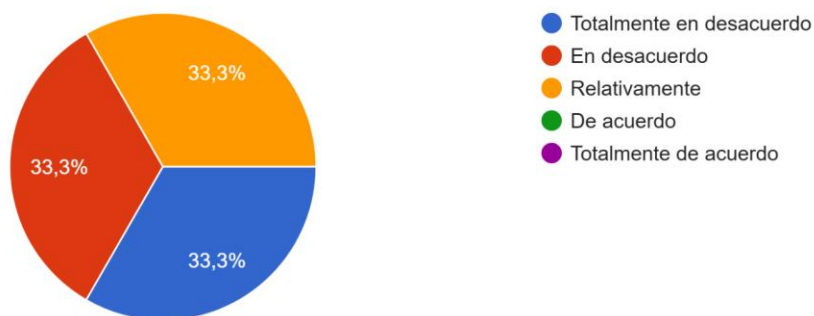
Pregunta 11. Los doctores/validadores reciben la información de resultados sin demoras innecesarias.

Figura 9

Pregunta 11 de la encuesta

11. Los doctores/validadores reciben la información de resultados sin demoras innecesarias.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados muestran que 4 de los 6 encuestados (67%) experimentan retrasos en este proceso (2 "totalmente en desacuerdo" y 2 "en desacuerdo" con la falta de demoras), mientras que 2 personas (33%) mantienen una postura neutral. La ausencia de respuestas positivas respalda la existencia de cuellos de botella en el traspaso de información hacia el área de validación médica. Esta situación justifica el diseño de una interfaz gráfica (Frontend) que cuente con un módulo o bandeja de entrada digital exclusiva para Doctores/Validadores, permitiendo que los resultados procesados por laboratorio estén disponibles para su revisión y aprobación de forma instantánea, eliminando los tiempos muertos del traslado físico de documentos.

Resultados asociados al Objetivo Específico 3: Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.

Aquí se analizan las vulnerabilidades de la información actual y la necesidad de establecer permisos estrictos.

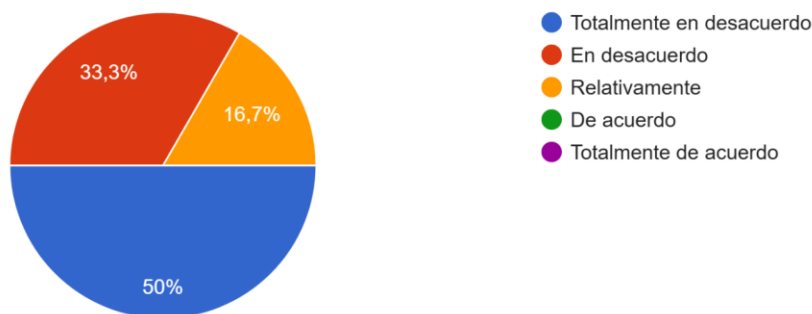
Pregunta 3. La información que manejo está actualizada y disponible para todo el personal que la necesita, sin duplicados.

Figura 10

Pregunta 3 de la encuesta

3. La información que manejo está actualizada y disponible para todo el personal que la necesita, sin duplicados.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados indican que 5 de los 6 encuestados (83%) perciben deficiencias críticas en el manejo de los datos (3 "totalmente en desacuerdo" y 2 "en desacuerdo" con la premisa), mientras que apenas 1 persona (17%) se mantiene neutral. La presencia de registros duplicados y la falta de sincronización evidencian un descontrol en el acceso a la información médica. Esta vulnerabilidad operativa justifica directamente la implementación de una arquitectura backend segura y un control de acceso basado en roles (RBAC), garantizando que exista una única base de datos centralizada donde la información esté protegida, actualizada y disponible de forma exclusiva para el personal autorizado (Administrador, Laboratorista, Secretaria o Validador).

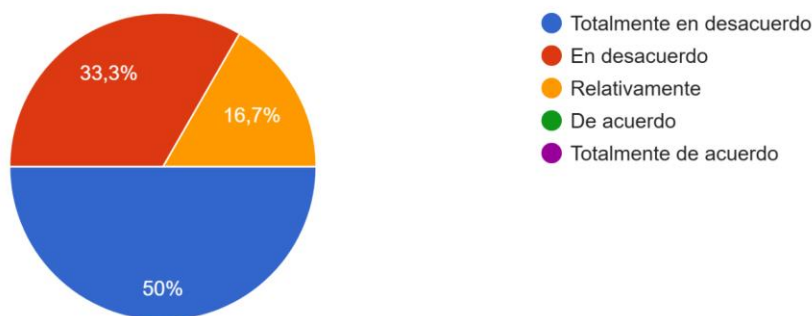
Pregunta 5. Cuando se pierde o extravía información, es sencillo recuperarla.

Figura 11

Pregunta 5 de la encuesta

5. Cuando se extravía información, es sencillo recuperarla

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los resultados revelan que 5 de los 6 encuestados (83%) rechazan la premisa (3 "totalmente en desacuerdo" y 2 "en desacuerdo"), lo que sugiere que es muy difícil o imposible recuperar los datos clínicos una vez que se extravían en el formato manual actual. Solo 1 persona (17%) mantiene una postura neutral. La vulnerabilidad de los historiales físicos expone al laboratorio a la pérdida permanente de información médica, lo cual acarrea riesgos legales por violación a la confidencialidad. Este hallazgo sustenta de manera contundente la necesidad de implementar una base de datos segura y un sistema estricto de control de acceso basado en roles, previniendo la manipulación o el borrado no autorizado.

Nivel de satisfacción general (Línea Base)

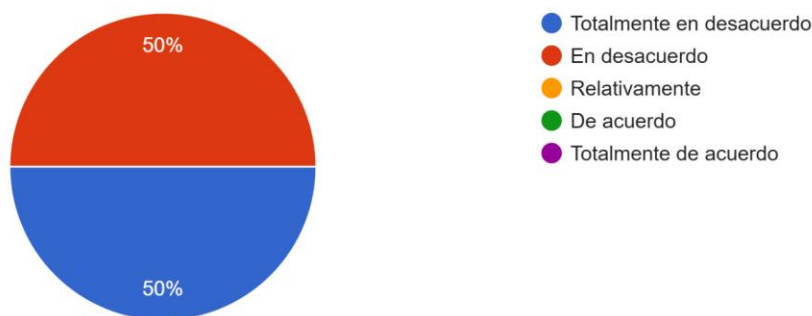
Pregunta 12. Me siento satisfecho/a con la forma actual de gestionar la información del laboratorio.

Figura 12

Pregunta 12 de la encuesta

12. Me siento satisfecho/a con la forma actual de gestionar la información del laboratorio.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación:

Los datos muestran que los 6 encuestados (100%) manifiestan una insatisfacción absoluta con el método manual vigente (3 "totalmente en desacuerdo" y 3 "en desacuerdo"). Esta falta total de opiniones neutrales o positivas proporciona un respaldo empírico claro que justifica el desarrollo del proyecto. El rechazo unánime hacia los procesos actuales constituye la "línea base" del diagnóstico, respaldando la necesidad urgente de implementar la aplicación web propuesta. Estos valores iniciales servirán como el punto de comparación para contrastar la percepción del sistema una vez que se aplique la encuesta Post-test tras su implementación.

Interpretación Final del Pre-test:

El rechazo de todo el personal del laboratorio hacia la metodología actual nos brinda un fuerte respaldo empírico para justificar este proyecto. El personal necesita con urgencia la aplicación web propuesta. Estos bajos índices operativos constituyen la "línea base" que se utilizará para contrastar la efectividad del sistema una vez que se aplique la encuesta Post-test.

Resultados del Post-test aplicado al personal del laboratorio

Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 1: Analizar el proceso actual de registro y gestión de pacientes en el laboratorio clínico AG, identificando tiempos, limitaciones y necesidades del sistema.

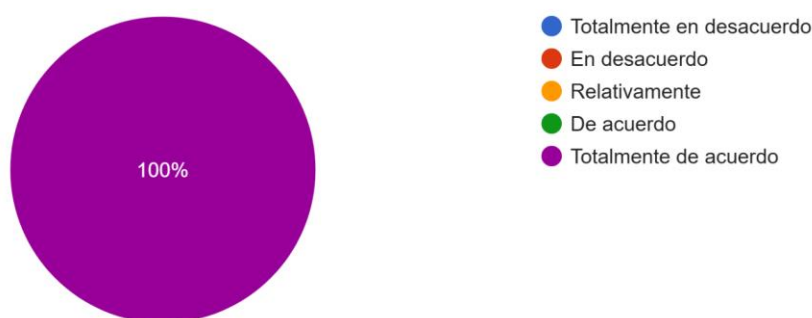
Pregunta 6. El registro de pacientes y exámenes es ágil con el nuevo sistema.

Figura 13

Pregunta 6 de la encuesta

6. El registro de pacientes y exámenes es ágil con el nuevo sistema.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Los 6 encuestados (100%) indican estar totalmente de acuerdo en que el proceso de registro es ágil con la implementación de la nueva aplicación web. No existen valoraciones neutras ni negativas.

Interpretación

En contraste con el pre-test (donde los 6 encuestados percibían lentitud), la sistematización del módulo de recepción sugiere haber erradicado los cuellos de botella. La automatización de los catálogos y valores predefinidos redujo significativamente el tiempo promedio de ingreso percibido, cumpliendo con el primer objetivo específico del proyecto.

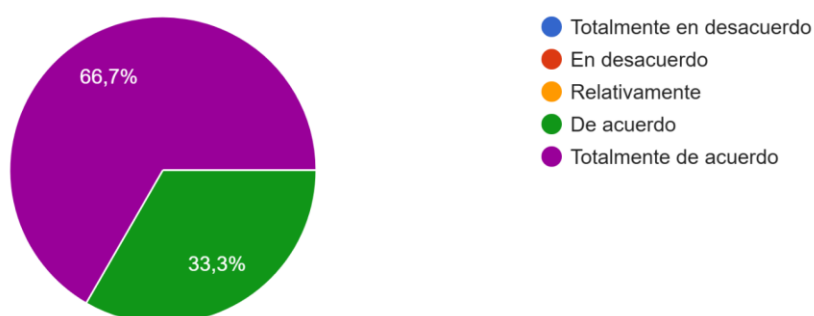
Pregunta 7. El tiempo que toma transcribir o trasladar información entre las distintas áreas (recepción, laboratorio, validación) es adecuado.

Figura 14

Pregunta 7 de la encuesta

7. El tiempo que toma transcribir o trasladar información entre las distintas áreas (recepción, laboratorio, validación) es adecuado.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Podemos ver que 4 de los 6 colaboradores (67%) están totalmente de acuerdo con la adecuación de los tiempos de traslado de información, complementado por los 2 restantes (33%) que se muestran de acuerdo.

Interpretación

La eliminación del traslado físico de documentos y la re-digitación ha optimizado el flujo de trabajo. La información ahora viaja a través de la arquitectura del sistema, lo que sugiere que la aplicación web suprime los tiempos muertos entre áreas. .

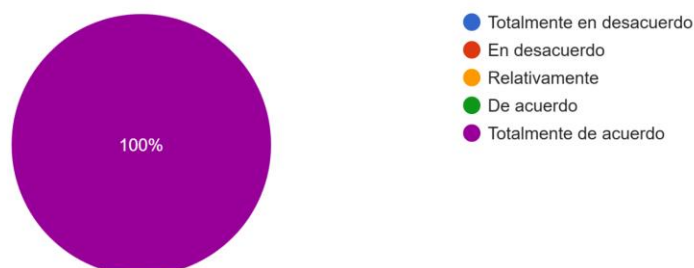
Pregunta 9. No existen duplicidades ni inconsistencias en los registros.

Figura 15

Pregunta 9 de la encuesta

9. No existen duplicidades ni inconsistencias en los registros

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

La totalidad de la muestra (los 6 encuestados, 100%) afirma estar totalmente de acuerdo en que ya no perciben duplicidades ni inconsistencias en los datos clínicos.

Interpretación

La centralización de la base de datos sugiere haber garantizado la integridad referencial. A diferencia de la etapa inicial, el sistema impide la creación de historiales repetidos, unificando el expediente de cada paciente de forma automatizada.

Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 2: Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.

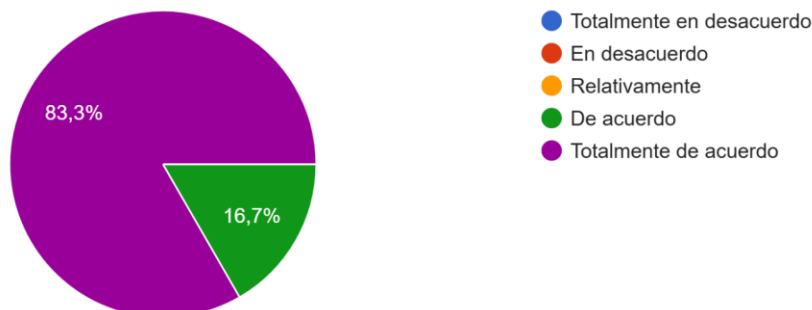
Pregunta 1. Con el nuevo sistema, la información de los pacientes (datos personales, historial de exámenes) se encuentra centralizada en un solo lugar de fácil acceso.

Figura 16

Pregunta 1 de la encuesta

1. Con el nuevo sistema, la información de los pacientes (datos personales, historial de exámenes) se encuentra centralizada en un solo lugar de fácil acceso.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Podemos apreciar que 5 de los 6 encuestados (83%) están totalmente de acuerdo con la centralización y accesibilidad de los datos, mientras que el encuestado restante (17%) indica estar de acuerdo.

Interpretación

El desarrollo del "Dashboard" centralizado aborda la fragmentación histórica del laboratorio. El Frontend proporciona una interfaz donde toda la información relevante converge en una sola pantalla, mejorando la experiencia de usuario del personal.

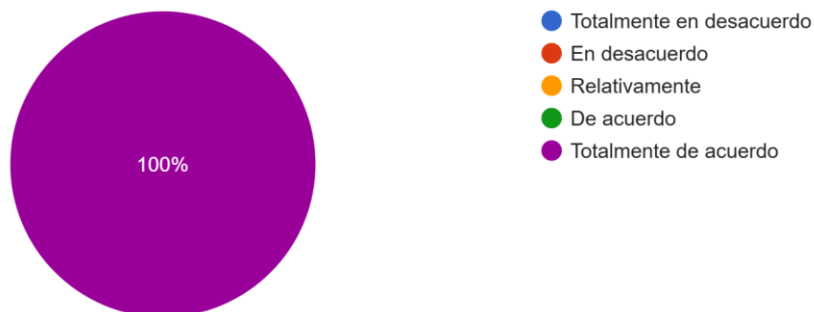
Pregunta 2. Puedo acceder a los datos o resultados de un paciente sin tener que consultar varias fuentes (papel, Excel, cuadernos, etc.).

Figura 17

Pregunta 2 de la encuesta

2. Puedo acceder a los datos o resultados de un paciente sin tener que consultar varias fuentes (papel, Excel, cuadernos, etc.).

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Los 6 encuestados (100%) manifiestan estar totalmente de acuerdo con la capacidad de acceder a la información desde una única fuente.

Interpretación

Se elimino la dependencia de herramientas ofimáticas aisladas y registros físicos. La interfaz gráfica cumple su objetivo al consolidar todos los módulos operativos, permitiendo una navegación más fluida.

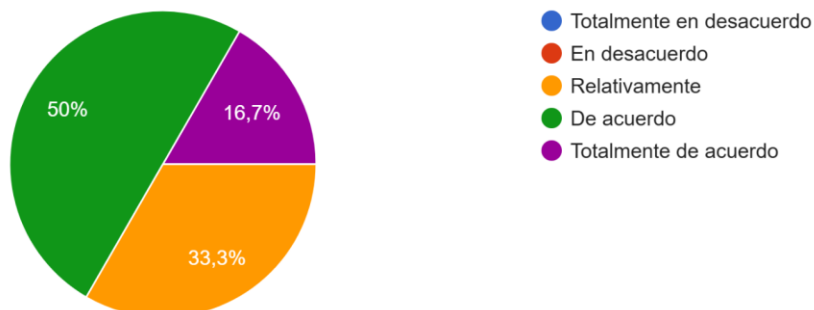
Pregunta 4. Es fácil saber en qué etapa se encuentra una muestra o examen (recibido, en proceso, validado, entregado).

Figura 18

Pregunta 4 de la encuesta

4. Es fácil saber en qué etapa se encuentra una muestra o examen (recibido, en proceso, validado, entregado).

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

La mitad del personal, 3 de los 6 encuestados (50%), está de acuerdo con la facilidad de seguimiento, 1 persona (17%) está totalmente de acuerdo, y 2 personas (33%) califican la facilidad como relativa (neutral).

Interpretación

Aunque existe una mejora notable frente al pre-test, la presencia de valoraciones relativas indica una curva de aprendizaje en el uso de las etiquetas visuales dinámicas. No obstante, la interfaz gráfica ha dotado al laboratorio de una trazabilidad visual mejorada.

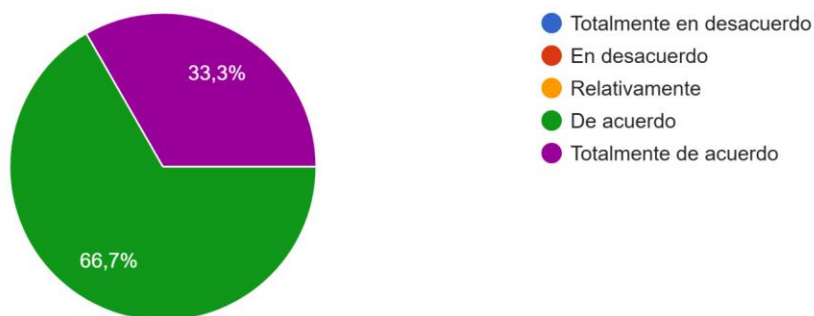
Pregunta 8. Es poco común que se cometan errores al registrar o transcribir datos con el nuevo sistema.

Figura 19

Pregunta 8 de la encuesta

8. Es poco común que se cometan errores al registrar o transcribir datos con el nuevo sistema.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Aquí vemos que 4 de los 6 encuestados (67%) están de acuerdo con la afirmación, respaldados por los 2 restantes (33%) que se muestran totalmente de acuerdo respecto a la disminución de errores tipográficos.

Interpretación

El uso de controles en el Frontend y catálogos predefinidos contribuye a mitigar el margen de error humano que existía en el registro manual, procurando una mayor exactitud en el manejo de resultados médicos.

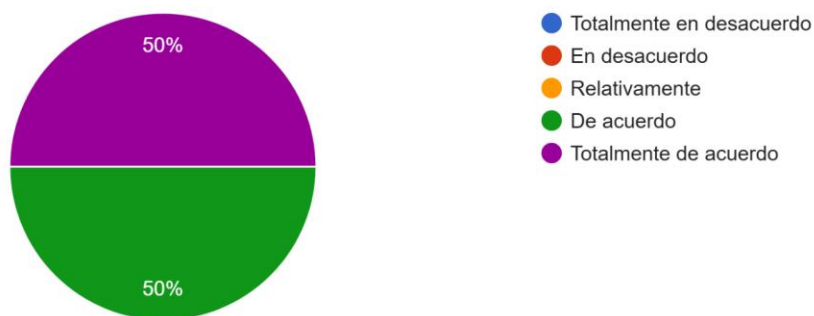
Pregunta 10. La comunicación entre áreas es fluida con el nuevo sistema.

Figura 20

Pregunta 10 de la encuesta

10. La comunicación entre áreas es fluida con el nuevo sistema.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Las respuestas se dividen equitativamente: 3 de los 6 encuestados (50%) están totalmente de acuerdo y 3 (50%) están de acuerdo respecto a la fluidez de la comunicación.

Interpretación

La aplicación web actúa como un puente digital efectivo. Al visualizar las actualizaciones en tiempo real, el equipo mantiene una mejor coordinación sin necesidad de traslados físicos, validando el diseño del Frontend.

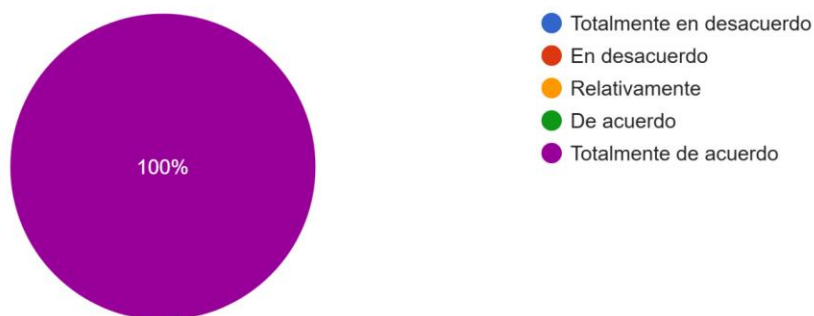
Pregunta 11. Los doctores/validadores reciben la información de resultados sin demoras innecesarias.

Figura 21

Pregunta 11 de la encuesta

11. Los doctores/validadores reciben la información de resultados sin demoras innecesarias.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Los 6 encuestados (100%) están totalmente de acuerdo en que los validadores reciben la información sin retrasos.

Interpretación

La bandeja de entrada digital exclusiva para doctores/validadores en el Frontend ha ayudado a eliminar los cuellos de botella en la etapa final. La validación ahora procede de forma más directa una vez que el laboratorio procesa la muestra.

Resultados del Post-test asociados al Objetivo Específico 3: Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.

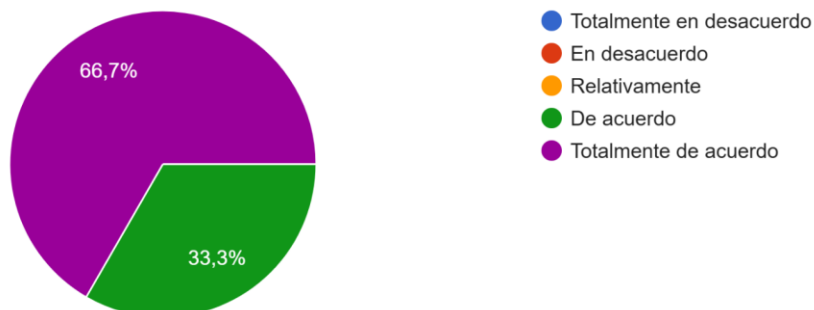
Pregunta 3. La información que manejo está actualizada y disponible para todo el personal que la necesita, sin duplicados.

Figura 22

Pregunta 3 de la encuesta

3. La información que manejo está actualizada y disponible para todo el personal que la necesita, sin duplicados.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Podemos ver que 4 de los 6 evaluados (67%) están totalmente de acuerdo con la correcta disponibilidad y actualización de los datos que manejan, seguidos por 2 personas (33%) en la categoría de acuerdo.

Interpretación

El control de acceso basado en roles (RBAC) está operando correctamente. Cada usuario visualiza la información pertinente a sus funciones en tiempo real, apoyando la operatividad simultánea bajo parámetros de seguridad.

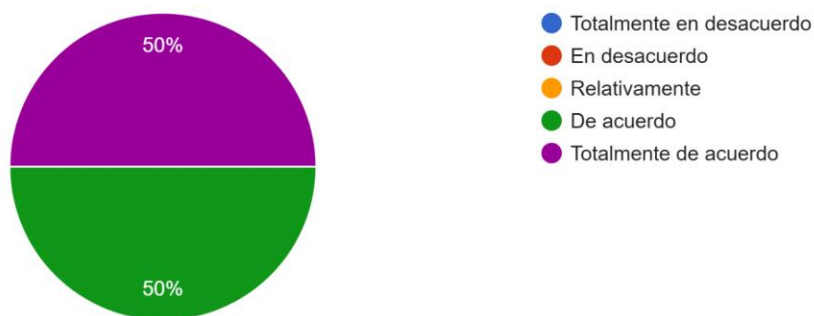
Pregunta 5. Cuando se extravía información, es sencillo recuperarla.

Figura 23

Pregunta 5 de la encuesta

5. Cuando se extravía información, es sencillo recuperarla.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Las percepciones se dividen por igual: 3 de los 6 encuestados (50%) están totalmente de acuerdo y los 3 restantes (50%) están de acuerdo en la facilidad de recuperar registros.

Interpretación

A diferencia de la vulnerabilidad absoluta del pre-test (100% de percepción negativa por pérdida de papeles), la implementación de un backend robusto mejora la protección de los historiales clínicos. La base de datos centralizada resguarda los registros, mitigando el riesgo de extravío.

Nivel de satisfacción general (Línea de Salida)

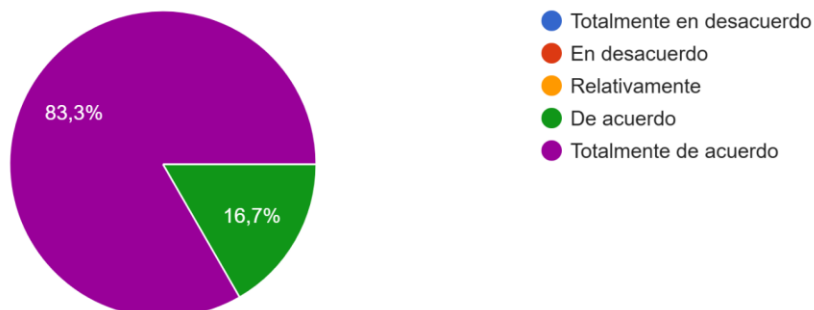
Pregunta 12. Me siento satisfecho/a con la forma en que el nuevo sistema gestiona la información del laboratorio.

Figura 24

Pregunta 12 de la encuesta

12. Me siento satisfecho/a con la forma en que el nuevo sistema gestiona la información del laboratorio.

6 respuestas



Nota. Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Podemos apreciar que 5 de los 6 integrantes del equipo (83%) expresan estar totalmente de acuerdo con su nivel de satisfacción respecto al nuevo sistema, mientras que 1 persona (17%) indica estar de acuerdo. No se registran opiniones negativas.

Interpretación

La contrastación entre la línea base del pre-test (100% de insatisfacción) y la línea de salida del post-test (100% de valoraciones positivas) respalda empíricamente la acogida del proyecto. La aplicación web monolítica modular logró sistematizar los procesos operativos, evidenciando un impacto favorable en la gestión del Laboratorio Clínico AG.

Comparación de resultados pre-test y post-test

Tabla 4

Comparación del nivel de aceptación y eficiencia percibida antes y después de la implementación de la aplicación web

Criterio de Evaluación (Basado en Objetivos)	Nivel de Aceptación Pre-test	Nivel de Aceptación Post-test	Diferencia	Observaciones
1. Análisis de registro (Preguntas 6, 7, 9)	0%	100%	+ 100%	Sugiere la reducción de cuellos de botella en recepción y transcripción.
2. Centralización y trazabilidad (Preguntas 1, 2, 4, 8, 10, 11)	0%	94%	+ 94%	Indica una reducción drástica de fragmentación y dependencia de papel.
3. Seguridad y control de acceso (Preguntas 3, 5)	0%	100%	+ 100%	Consistente con una mayor disponibilidad e integridad de los datos (RBAC).
4. Satisfacción General del sistema (Pregunta 12)	0%	100%	+ 100%	Refleja una mejora absoluta en la percepción del flujo de trabajo clínico.

Nota. Dado el tamaño reducido de la muestra poblacional ($n=6$), los datos se manejan desde un enfoque puramente descriptivo, utilizando porcentajes redondeados a números enteros para evitar una falsa

precisión estadística. Ya que la recolección de datos fue anónima, la comparación no evalúa por cada individuo, sino de forma general al personal del laboratorio. El "Nivel de Aceptación" corresponde al promedio simple de las respuestas positivas (suma de las frecuencias de "Totalmente de acuerdo" y "De acuerdo") respecto al total posible en cada bloque.

Análisis descriptivo

Al contrastar los resultados globales del diagnóstico inicial (pre-test) con la evaluación posterior a la implementación del sistema (post-test), se evidencia un incremento absoluto en los indicadores operativos del Laboratorio Clínico AG. Durante el pre-test, el nivel de aceptación en todas las categorías evaluadas fue del 0%, reflejando una insatisfacción general en el manejo manual de la información. En el post-test, los criterios asociados a la agilidad de registro (Objetivo 1), la seguridad de los datos (Objetivo 3) y la satisfacción general experimentaron un incremento hasta el 100%, alcanzando la totalidad de valoraciones positivas. Por su parte, la centralización y trazabilidad de la información (Objetivo 2) pasó de un 0% a un 94% de aceptación acumulada, indicando que la práctica totalidad del personal percibe una mejora en la fluidez comunicacional y la reducción de errores.

Interpretación

La marcada diferencia entre el pre-test y el post-test sugiere fuertemente la efectividad de la solución tecnológica desarrollada. Al no aplicar pruebas de hipótesis inferenciales debido al tamaño de la muestra, estos resultados se interpretan como evidencia descriptiva que es consistente con la premisa inicial: la implementación de la aplicación web monolítica modular ayudó a resolver la problemática diagnosticada. Al migrar de un escenario inicial donde ningún colaborador percibía agilidad o seguridad (0%), a un entorno digital que supera el 94% de eficiencia percibida, se concluye que la automatización de catálogos, el "Dashboard" centralizado y el control de acceso basado en roles (RBAC) contribuyeron exitosamente a optimizar los tiempos de atención, promoviendo un flujo de trabajo clínico más confiable y seguro.

Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados favorables que obtuvimos en la evaluación después de la implementación de la aplicación web, es importante reconocer algunas limitaciones propias del diseño y contexto de esta investigación, las cuales enmarcan el alcance de los hallazgos:

- **Tamaño reducido de la muestra:** Debido a la estructura del Laboratorio Clínico AG, la evaluación del sistema se realizó con la totalidad de su personal, lo que representa una muestra de 6 participantes ($n=6$). Esta cantidad impide la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales, por lo que los resultados presentados son de carácter estrictamente descriptivo y no buscan ser generalizables a laboratorios de mayor escala.
- **Posibilidad de sesgo de cortesía:** Al tratarse de un entorno laboral pequeño y con comunicación directa con el equipo desarrollador durante la fase de implementación y despliegue, existe la posibilidad de que las valoraciones del post-test presenten un ligero sesgo de cortesía o entusiasmo inicial (efecto novedad) hacia la nueva herramienta, en contraste con el rechazo unánime hacia el método manual anterior.
- **Periodo de evaluación a corto plazo:** La recolección de datos mediante el cuestionario post-test se llevó a cabo de manera inmediata tras la etapa de capacitación y despliegue inicial. Por lo tanto, los índices de aceptación del 100% reflejan una percepción operativa a corto plazo. El estudio no contempla variables longitudinales que evalúen el comportamiento del sistema, la curva de fatiga del usuario o el impacto en la carga de trabajo tras varios meses de uso ininterrumpido.
- **Ausencia de validación formal del instrumento:** El cuestionario ad-hoc de 12 ítems utilizado para recolectar los datos de percepción del personal fue diseñado de manera específica para el contexto operativo del Laboratorio Clínico AG. Sin embargo, esta herramienta no fue sometida a pruebas formales de confiabilidad estadística (como el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach) ni a un proceso riguroso de validación por juicio de expertos. En consecuencia, los resultados se apoyan en la validez aparente y de contenido del instrumento, careciendo de métricas psicométricas estandarizadas que respalden su fiabilidad a nivel estadístico.
- **Ausencia de auditoría de seguridad externa:** La evaluación de los mecanismos de seguridad implementados (JWT, Bcrypt, RBAC, CORS) se basó en la percepción del personal recogida mediante la encuesta y en la revisión técnica interna del equipo desarrollador, sin someter el sistema a una auditoría de seguridad externa formal. Por lo

tanto, la efectividad de estos mecanismos frente a escenarios reales de ataque no ha sido verificada de forma independiente.

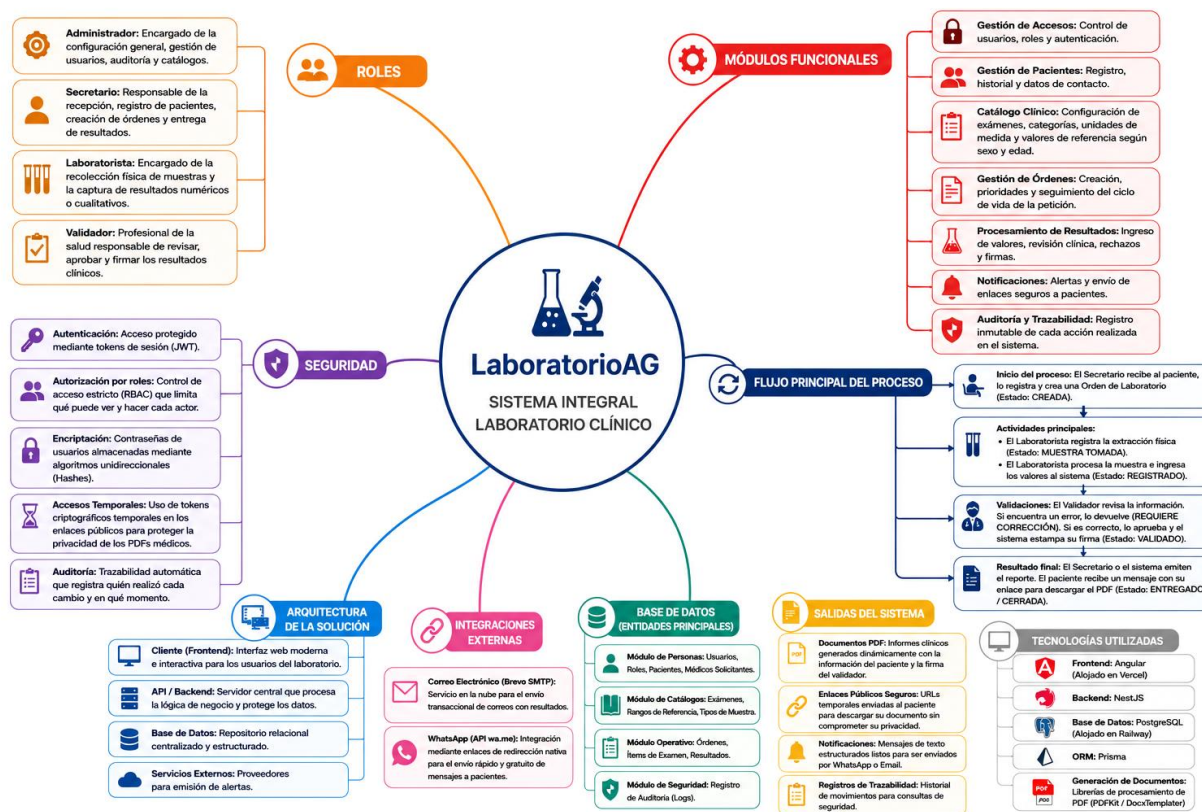
Capítulo V: Propuesta de investigación

En este capítulo se detalla la solución tecnológica desarrollada para el Laboratorio Clínico AG. El lector encontrará el diseño de la arquitectura del sistema, las tecnologías empleadas para su construcción y la justificación metodológica basada en los resultados obtenidos. Además, se expone de manera minuciosa la ejecución del proyecto bajo el marco de trabajo ágil Scrum, detallando los roles del equipo, la planificación y el desarrollo iterativo de cada *Sprint* hasta la entrega final del software.

Diagrama de solución

Figura 25

Diagrama del Modelo Integral del Sistema



Nota. Elaboración propia.

El diagrama de solución ilustra la visión holística del sistema "LaboratorioAG". La solución se concibe bajo una arquitectura cliente-servidor distribuida en la nube, donde convergen diversos módulos operativos (catálogos, gestión de órdenes, pacientes) y de comunicación (notificaciones por correo electrónico y whatsapp). Todo el ecosistema está resguardado por una capa de seguridad transversal que facilita la trazabilidad mediante registros de auditoría inmutables y un control de acceso estructurado para cada actor del sistema.

Justificación de la propuesta

En base a los hallazgos documentados en el Capítulo 4, se respaldó de manera descriptiva la necesidad crítica de crear una aplicación web para el laboratorio. El diagnóstico inicial (pre-test)

sugirió un 100% de insatisfacción operativa, indicando que los procesos manuales generaban cuellos de botella en la recepción, pérdida de documentos físicos y una nula trazabilidad del estado de las muestras. Además, la ausencia de un sistema informático exponía información médica confidencial a personal no autorizado.

La evaluación posterior a la implementación (post-test) respaldó la pertinencia de la propuesta. Al digitalizar y centralizar el flujo de trabajo, se observó un 100% de aceptación en la agilidad de registros y en la seguridad de los datos. La aplicación web abordó directamente la fragmentación de la información, dotando al laboratorio de un panel visual centralizado que optimiza la comunicación interdepartamental y mitiga los errores tipográficos, justificando plenamente el esfuerzo técnico e investigativo desarrollado.

Objetivos de la propuesta

Objetivo general

Diseñar e implementar una aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG en la ciudad de Cuenca.

Objetivos específicos

1. Analizar el proceso actual de registro y gestión de pacientes en el laboratorio clínico AG, identificando tiempos, limitaciones y necesidades del sistema.
2. Diseñar y desarrollar una aplicación web que permita gestionar el registro de pacientes, exámenes y resultados de manera estructurada.
3. Implementar mecanismos de control de acceso basados en roles para fortalecer la seguridad y confidencialidad de la información del sistema.

Propuesta

Arquitectura de la solución

La arquitectura del sistema se fundamenta en un modelo monolítico modular con separación estricta de responsabilidades (Separation of Duties). Se divide en tres capas principales:

1. **Capa de Presentación (Frontend):** Desarrollada como una Single Page Application (SPA), encargada de la interacción con el usuario (Administrador, Secretario, Laboratorista, Validador). Se despliega en la infraestructura en la nube de Vercel.
2. **Capa de Lógica de Negocio (Backend / API REST):** Servidor centralizado responsable de procesar las reglas de negocio, validar datos, generar documentos dinámicos (PDFKit/DocxTemplater) y orquestar las notificaciones multicanal. Está desplegado en la plataforma Railway.
3. **Capa de Persistencia (Base de Datos):** Un motor relacional alojado en la nube que interactúa con el backend mediante un ORM (Object-Relational Mapping), garantizando la integridad referencial y las transacciones ACID.

Figura 26

Matriz de Control de Acceso Basado en Roles (RBAC)

ACCIONES POR ROLES – LaboratorioAG

Sistema de Gestión de Laboratorio Clínico

ACCIONES DEL SISTEMA	SECRETARIO (Recepción)	LABORATORISTA	VALIDADOR	ADMINISTRADOR
 Registrar pacientes	✓	—	—	✓
 Crear órdenes	✓	—	—	✓
 Consultar órdenes	✓	✓	✓	✓
 Registrar muestras (toma de muestra)	—	✓	—	✓
 Registrar resultados	—	✓	—	✓
 Consultar resultados	—	✓	✓	✓
 Validar resultados	—	—	✓	✓
 Entregar resultados	✓	—	—	✓
 Enviar resultados (PDF, Email, WhatsApp)	✓	—	—	✓
 Gestionar usuarios	—	—	—	✓
 Gestionar roles	—	—	—	✓
 Ver auditoría	—	—	—	✓
 Configurar sistema	—	—	—	✓

LEYENDA	DESCRIPCIÓN DE ROLES			
 Puede realizar la acción  No tiene permiso  Acción compartida entre roles	 SECRETARIO (Recepción) Gestiona la atención al paciente, crea órdenes, entrega resultados y se comunica con los pacientes.	 LABORATORISTA Toma de muestras, registra resultados y da seguimiento a estados de análisis.	 VALIDADOR Revisa, valida o rechaza los resultados garantizando la calidad antes de la entrega.	 ADMINISTRADOR Administra el sistema, usuarios, roles, auditoría y configuración general.

 Las acciones están definidas según los permisos de cada rol dentro de LaboratorioAG.

Nota. Elaboración propia.

Para respaldar esta arquitectura, se diseñó una matriz de permisos que aplica el principio de mínimo privilegio. Como se observa en la Figura 15, el Secretario gestiona la admisión, el Laboratorista ejecuta la captura de resultados, el Validador certifica la precisión clínica y el Administrador posee el control integral y de auditoría.

Tecnologías utilizadas

Para el desarrollo del sistema, se seleccionó un *stack* tecnológico moderno y escalable:

- **Frontend:** Framework Angular, para asegurar un diseño responsivo.
- **Backend:** Framework NestJS (Node.js) con TypeScript, estructurado bajo patrones de inyección de dependencias. Para la seguridad de la capa de datos se implementó cifrado de contraseñas mediante Bcrypt, validación estricta de datos de entrada con las librerías class-validator y class-transformer, y cabeceras de seguridad HTTP mediante Helmet, junto con una configuración restrictiva de CORS.

- **Base de Datos:** PostgreSQL como motor relacional, administrado a través de Prisma ORM.
- **Servicios Externos:** Brevo SMTP para correos electrónicos, api gratuita whatsapp y JSON Web Tokens (JWT) para la autenticación y encriptación de sesiones.

Metodología de desarrollo

Para la construcción de la aplicación web del Laboratorio Clínico AG, se adoptó el marco de trabajo ágil **Scrum**. Esta metodología empírica e iterativa permitió una entrega de valor continua, facilitando la adaptación del software a las necesidades clínicas reales mediante la entrega de incrementos funcionales al final de cada ciclo de desarrollo (*Sprint*).

Roles del Equipo Scrum

La ejecución del proyecto requirió la definición estricta de roles para garantizar el cumplimiento de los objetivos técnicos y operativos:

- **Product Owner:** Lic. Mateo Astudillo. Encargado del Laboratorio Clínico AG. Su responsabilidad fue definir los requerimientos operativos, validar los procesos médicos y aceptar los incrementos de software.
- **Scrum Master:** Tnlgo. Joaquin Andres Perez Ochoa. Tutor de tesis. Su función consistió en velar por la correcta aplicación de la metodología, asegurar el rigor académico y eliminar los impedimentos técnicos durante el desarrollo.
- **Development Team:** Conformado por dos estudiantes a cargo del desarrollo del producto:
 - **Díaz Orellana Juan Fernando:** Desarrollador Frontend (Arquitectura e interfaces en Angular).
 - **Lituma Remache Mateo Israel:** Desarrollador Backend (Arquitectura del servidor, base de datos y API en NestJS).

Product Backlog

Previo al inicio del desarrollo, se levantaron los requerimientos mediante entrevistas con el *Product Owner*. Estas necesidades se agruparon en *Epics* (grandes módulos funcionales) documentados en el *Product Backlog*, los cuales posteriormente se desglosaron en Historias de Usuario específicas y tareas técnicas durante cada *Sprint Planning*.

Tabla 5

Resumen del Product Backlog priorizado por módulos

ID	Módulo	Descripción del Requerimiento / Epic	Prioridad
REQ-01	Fundación / Base	Configuración de la base de datos (PostgreSQL/Prisma) y arquitectura base (Angular/NestJS).	Alta
REQ-02	Seguridad	Autenticación JWT, creación de perfiles y Control de Acceso Basado en Roles (RBAC).	Alta
REQ-03	Catálogos	Gestión paramétrica de exámenes, valores de referencia, unidades y tipos de muestra.	Alta
REQ-04	Pacientes	Registro, modificación y gestión de historiales de pacientes y médicos derivantes.	Alta
REQ-05	Transaccional	Flujo de creación de órdenes de laboratorio, registro de toma de muestras (ACID).	Crítica
REQ-06	Resultados	Ingreso de resultados analíticos, evaluación automática y validación clínica.	Crítica
REQ-07	Frontend UI	Creación del Dashboard general, navegación y vistas operativas estructuradas.	Media

REQ-08	Reportes	Generación de informes en formato PDF (Órdenes y Resultados consolidados).	Media
REQ-09	Notificaciones	Integración de mensajería (Email vía Brevo y mensajes de whatsapp) para entrega a pacientes.	Baja
REQ-10	Auditoría	Trazabilidad de acciones del sistema (Tracking de login, modificaciones y borrados).	Baja

Nota. Elaboración propia.

Sprint Development

El desarrollo se planificó y ejecutó en un bloque de 9 semanas, dividido en **5 Sprints** paralelos e integrados. En cada *Sprint Planning*, el equipo estimó la complejidad de las tareas asignando Puntos de Historia (SP - Story Points) basados en la sucesión de Fibonacci (1, 2, 3, 5, 8).

Definición de Hecho (Definition of Done - DoD): Para que un *Issue* o tarea técnica fuera considerada como "Completada" en la bitácora de los Sprints, debía cumplir estrictamente con la Definición de Hecho (DoD) acordada por el equipo: el código debía carecer de errores de sintaxis, compilar sin fallos (*build* exitoso), estar integrado sin conflictos en el repositorio principal, y contar con pruebas de funcionamiento manuales exitosas validadas en el navegador web.

A continuación, se detalla la bitácora técnica de ejecución:

Tabla 6*Detalle de ejecución - SPRINT 1: Base y Autenticación*

Sprint 1	Fechas: 5 de Mayo 2026 – 19 de Mayo 2026
Objetivo	Dejar el cascarón del proyecto, la arquitectura de base de datos y la puerta de entrada listos.

Issue	Asignación	Descripción Técnica y Tareas	Estado
T-1.1	M. Lituma (Backend)	Inicializar NestJS + Prisma + PostgreSQL. Configurar variables, Helmet, CORS.	Completado
T-1.2	J. Díaz (Frontend)	Inicializar Angular (ng new). Instalar estilos y crear estructura de carpetas base.	Completado
T-1.3	M. Lituma (Backend)	Diseñar Prisma schema completo. Ejecutar migraciones y crear Seed de roles/admin.	Completado
T-1.4	M. Lituma (Backend)	Módulo Auth: Endpoints de login (JWT), register y profile. Implementar Guardias.	Completado
T-1.5	M. Lituma (Backend)	CRUD completo de Roles y Usuarios (base de datos y lógica).	Completado

T-1.6	J. Díaz (Frontend)	Maquetación del Login reactivo con validaciones estrictas.	Completado
T-1.7	J. Díaz (Frontend)	Crear AuthGuard en Angular para bloquear rutas sin token.	Completado

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Detalle de ejecución - SPRINT 2: Layout y Dashboard

Sprint 2	Fechas: 20 de Mayo 2026 – 2 de Junio 2026
Objetivo	Construir la navegación principal, la pantalla de resumen y los catálogos paramétricos base.

Tarea (Issue)	Asignación	Descripción Técnica y Tareas	Estado
T-2.1	J. Díaz (Frontend)	Crear LayoutComponent, Sidebar de navegación y Topbar con menú.	Completado
T-2.2	J. Díaz (Frontend)	Maquetar DashboardComponent (4 tarjetas de métricas y botones rápidos).	Completado
T-2.3	M. Lituma (Backend)	Módulo Dashboard & Health: Endpoints de estadísticas e integridad de BD.	Completado

T-2.4	M. Lituma (Backend)	Módulo Catalogs: CRUD de Unidades de medida y Tipos de muestra.	Completado
T-2.5	M. Lituma (Backend)	Módulo Catalogs: CRUD de Categorías y Técnicas de laboratorio.	Completado

Nota. Elaboración propia.

Tabla 8

Detalle de ejecución - SPRINT 3: Módulos Core (Pacientes y Exámenes)

Sprint 3	Fechas: 3 de Junio 2026 – 16 de Junio 2026
Objetivo	Construir las interfaces y la lógica del servidor para gestionar pacientes y el catálogo médico.

Tarea (Issue)	Asignación	Descripción Técnica y Tareas	Estado
T-3.1	M. Lituma (Backend)	Módulo Patients y Doctors: CRUD completo (soft delete y migraciones extra).	Completado
T-3.2	J. Díaz (Frontend)	Vista PacientesComponent (Buscador, tabla de datos y acciones).	Completado
T-3.3	M. Lituma (Backend)	Módulo Exams: CRUD de exámenes, rangos de referencia y valores predefinidos.	Completado

T-3.4	J. Díaz (Frontend)	Vista Exámenes y Valores Predefinidos con diseño de badges de estado.	Completado
T-3.5	M. Lituma (Backend)	Módulo Orders (Base): POST transaccional ACID y generación de código secuencial.	Completado

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

Detalle de ejecución - SPRINT 4: Administración e Integración Transaccional

Sprint 4	Fechas: 17 de Junio 2026 – 30 de Junio 2026
Objetivo	Integrar APIs transaccionales (Órdenes/Resultados) y desarrollar el panel de Administración.

Tarea (Issue)	Asignación	Descripción Técnica y Tareas	Estado
T-4.1	J. Díaz (Frontend)	Panel UsuariosAdminComponent y modal de creación de personal.	Completado
T-4.2	J. Díaz (Frontend)	Servicios HTTP Angular (Auth, Usuarios, Pacientes) e HttpInterceptor JWT.	Completado
T-4.3	M. Lituma (Backend)	Módulo OrderItems: Toma de muestra física y transiciones de estado de la orden.	Completado

T-4.4	M. Lituma (Backend)	Módulo Results: Evaluación automática contra rangos, listar pendientes y validar.	Completado
T-4.5	M. Lituma (Backend)	Módulo Reports: Generación de PDF (orden completa, resultados y petición).	Completado

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Detalle de ejecución - SPRINT 5: Pruebas, Reportes y Cierre

Sprint 5	Fechas: 1 de Julio 2026 – 8 de Julio 2026
Objetivo	Pulir el sistema, implementar notificaciones/reportes, corregir errores visuales y preparar la entrega.

Tarea (Issue)	Asignación	Descripción Técnica y Tareas	Estado
T-5.1	J. Díaz (Frontend)	Control de Permisos UI: Ocultar módulos según rol y validación responsiva.	Completado
T-5.2	J. Díaz (Frontend)	Corrección de Bugs UI/UX (Toasts de alertas) y compilación para Producción (ng build).	Completado
T-5.3	M. Lituma (Backend)	Módulo Audit: Rastreo de acciones, login/logout y filtros de búsqueda.	Completado

T-5.4	M. Lituma (Backend)	Módulo Notifications: Envío por Email(Brevo) y Whatsapp .	Completado
T-5.5	M. Lituma (Backend)	Configuración de Swagger, pruebas de integración finales y estabilización.	Completado

Nota. Elaboración propia.

Sprint Review & Retrospective

El ciclo ágil garantizó la calidad del software a través de dos ceremonias clave al final de cada iteración:

1. **Sprint Review (Revisión):** Al término de cada bloque, el Equipo de Desarrollo presentó el incremento funcional integrado ante el Product Owner y el Scrum Master. Por ejemplo, al finalizar el Sprint 3, se validó operativamente que la parametrización de catálogos médicos se integrara sin problemas en la vista de pacientes, garantizando la utilidad real del sistema en recepción.
2. **Sprint Retrospective (Retrospectiva):** Consistió en reuniones técnicas internas. Un hito importante fue la estandarización de los Contratos de Datos (DTOs). Durante la conexión de las APIs en el Sprint 4, se identificaron discrepancias en la lectura de objetos JSON entre Angular y NestJS; mediante la retrospectiva, se unificaron las interfaces de TypeScript, optimizando la integración final.

Cronograma de actividades

Para garantizar una planificación temporal clara y estructurada del proyecto, se estableció una hoja de ruta dividida en fases críticas que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta la evaluación final del sistema. La representación visual de la duración y solape de las tareas se detalla en el Gráfico de Gantt a continuación.

Figura 27

Cronograma de actividades

Actividades	ABRIL 2026			MAYO 2026				JUNIO 2026				JULIO 2026			
	13-19 abr	20-26 abr	27 abr- 03 may	04-10 may	11-17 may	18-24 may	25-31 may	01-07 jun	08-14 jun	15-21 jun	22-28 jun	29 jun- 05 jul	06-12 jul	13-19 jul	20-26 jul
Levantamiento, requisitos y Pre-test															
Sprint 1: Base y Login															
Sprint 2: Layout y Dashboard															
Sprint 3: Módulos Core															
Sprint 4: Admin. y Transaccional															
Sprint 5: Reportes y Cierre															
Aplicación de encuestas (Post-test)															
Análisis de resultados finales															

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11

Matriz de actividades, fases, períodos de ejecución y responsables del proyecto

Fase / Actividad	Período de Ejecución	Duración	Responsable(s)
1. Levantamiento, análisis de requisitos y Pre-test	13 de abril – 04 de mayo de 2026	3 semanas	Equipo de Desarrollo / Tutor
2. Sprint 1: Base y Login	05 de mayo – 19 de mayo de 2026	2 semanas	F. Díaz (Frontend) / M. Lituma (Backend)
3. Sprint 2: Layout y Dashboard	20 de mayo – 02 de junio de 2026	2 semanas	F. Díaz (Frontend) / M. Lituma (Backend)
4. Sprint 3: Módulos Core (Pacientes y Exámenes)	03 de junio – 16 de junio de 2026	2 semanas	F. Díaz (Frontend) / M. Lituma (Backend)
5. Sprint 4: Administración y Transaccional	17 de junio – 30 de junio de 2026	2 semanas	F. Díaz (Frontend) / M. Lituma (Backend)
6. Sprint 5: Pruebas, Reportes y Cierre	01 de julio – 08 de julio de 2026	1 semana	F. Díaz (Frontend) / M. Lituma (Backend)
7. Aplicación de encuestas (Post-test)	09 de julio – 15 de julio de 2026	1 semana	Equipo de Desarrollo

8. Análisis de datos y resultados finales	16 de julio – 20 de julio de 2026	5 días	Equipo de Desarrollo / Tutor
--	--------------------------------------	--------	---------------------------------

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

En relación con el objetivo general de esta investigación, se concluye que el diseño e implementación de la aplicación web para la automatización de procesos en el Laboratorio Clínico AG se completó de manera satisfactoria. La adopción del marco de trabajo Scrum permitió transformar un flujo de trabajo que antes era completamente manual y físico. El laboratorio no contaba con un sistema propio, y ahora se cuenta con un entorno digital estructurado. Los resultados del post-test, procesados mediante Google Forms en una escala Likert de 5 puntos aplicada a toda la muestra (n=6), muestran un nivel de aceptación del 100% en el análisis de registro y gestión (preguntas 6, 7 y 9) y del 94% en centralización y trazabilidad. Este último fue calculado como el promedio de aceptación de seis preguntas relacionadas (1, 2, 4, 8, 10 y 11). Ambos valores representan un aumento de 100 y 94 puntos porcentuales respectivamente en comparación con el 0% de aceptación registrado en el pre-test para estos criterios. Esto evidencia una notable reducción, desde la perspectiva del personal, en la duplicidad de información y en los errores de transcripción respecto al proceso anterior.

Respecto a los objetivos específicos, se destacan los siguientes resultados:

En el análisis del proceso inicial, el diagnóstico realizado mediante el pre-test respaldó la necesidad de sistematizar los procesos del laboratorio. Los criterios evaluados mostraron un 0% de aceptación antes de la intervención, evidenciando que la dependencia de registros físicos y herramientas ofimáticas aisladas generaba cuellos de botella en el área de recepción. También causaba pérdida de trazabilidad de las muestras y una alta incidencia de historiales clínicos erróneos o duplicados por la entrada manual de datos.

Para el diseño y desarrollo estructurado, la solución se construyó sobre una arquitectura monolítica modular (Angular en el frontend y NestJS en el backend). Esto permitió centralizar la operación en un panel de control unificado. La automatización de los catálogos paramétricos redujo la fragmentación de los datos y los tiempos asociados al traslado físico de documentos entre áreas, lo que se refleja en el aumento del 94% en centralización y trazabilidad tras la implementación.

En cuanto a los mecanismos de seguridad, el sistema incorporó autenticación basada en JWT, cifrado de contraseñas mediante Bcrypt, y validación de datos con class-validator y class-transformer. También se implementó una configuración estricta de CORS en el backend, junto con

un Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) que delimita las funciones de cada actor del sistema (Administrador, Validador, Laboratorista y Secretaria). Este conjunto de mecanismos, que logró un 100% de aceptación en el criterio de seguridad y control de acceso (preguntas 3 y 5), respalda el cumplimiento del objetivo de seguridad planteado.

El principal avance de esta implementación es la modernización operativa del Laboratorio Clínico AG. Los resultados obtenidos, incluyendo el 100% de aceptación en la evaluación general del sistema (pregunta 12), son consistentes con una mejora percibida en los tiempos de atención en recepción, la estandarización en la entrega de resultados y el manejo confidencial de la información de los pacientes.

Como limitación del estudio, se debe mencionar que la muestra fue pequeña ($n=6$) y de tipo censal por conveniencia, dado el tamaño del personal. Por lo tanto, los resultados, aunque consistentes, corresponden a un entorno específico y no son directamente generalizables a otros laboratorios sin una validación adicional. Asimismo, la evaluación de seguridad se basó en los mecanismos técnicos implementados (JWT, Bcrypt, RBAC, CORS, class-validator/class-transformer, Helmet) y en la percepción del personal, sin que se haya realizado una auditoría de seguridad externa formal (véase sección 4.5).

Recomendaciones

1. Dar mantenimiento continuo a la plataforma para que responda a las nuevas necesidades operativas que defina el Laboratorio AG, tales como la incorporación de exámenes adicionales, la ampliación de catálogos o modificaciones en el proceso de validación clínica.
2. Supervisar periódicamente el desempeño del servidor, verificando posibles registros duplicados, intentos de ingreso no autorizados o fallos en la comunicación con los servicios externos de notificación (Brevo y WhatsApp).
3. Emplear variables de entorno como mecanismo para resguardar las credenciales críticas del sistema —claves de firma de los tokens JWT, credenciales de conexión a la base de datos y llaves de acceso a servicios externos— dejando por escrito el procedimiento para su actualización y reemplazo periódico.
4. Definir una política de copias de seguridad periódicas para la base de datos, junto con un plan de contingencia ante posibles interrupciones del servicio o de los proveedores de alojamiento en la nube (Vercel, Railway), reduciendo así la dependencia total del laboratorio hacia terceros para mantener su funcionamiento.
5. Formar al personal asignado en el manejo correcto de cada módulo conforme a su perfil de usuario (Administrador, Secretaria, Laboratorista, Validador), abarcando el registro de pacientes, la asignación de exámenes, la validación de resultados y la lectura del panel de control.
6. Reforzar los controles de seguridad ya integrados (JWT, RBAC) mediante una evaluación externa e independiente —como pruebas de penetración o revisión de código fuente— que permita comprobar de forma objetiva su capacidad de respuesta frente a intentos reales de vulneración.
7. Explorar la integración de protocolos de interoperabilidad en salud (como HL7) para conectar directamente los equipos analizadores del laboratorio con la aplicación web, automatizando aún más el ingreso de resultados.
8. Replicar el estudio en laboratorios clínicos con mayor cantidad de personal, para validar si los niveles de aceptación observados se mantienen en un contexto con una muestra más amplia.

Referencias

- Almeyda, S. (2018). *Aplicación web para la mejora de la gestión de exámenes de laboratorio clínico en el Hospital San José de Chíncha* [Tesis de pregrado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional UIGV. <https://repositorio.uigv.edu.pe/item/3ad2e829-1b74-42e5-b61f-587f86bf098f>
- Angular Team. (2024). Angular documentation. Google. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://angular.dev/docs>
- Brevo. (2025). Transactional Email API Documentation. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://developers.brevo.com/>
- Burd, E. M., Hinton, A., & Miller, J. M. (2018). Strategies for laboratory information management. *Clinical Microbiology Newsletter*, 40(5), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2018.02.001>
- Camacho, A. C. (2021). *Prototipo de aplicación web para la gestión de laboratorios clínicos de nivel I y II, de apoyo en la cotización de exámenes y la realización y entrega de resultados de laboratorio* [Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio Institucional UNAB. <http://hdl.handle.net/20.500.12749/17704>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). Salud digital en América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a9a1cffe-e344-45b3-83d2-f7773c30d4ff/content>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449. Asamblea Constituyente del Ecuador.
- Dhawan, S., & Patidar, K. (2021). Web-based clinical information systems: Architecture, implementation and challenges. *Journal of Medical Systems*, 45(3), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01702-1>
- Fain, Y., & Moiseev, A. (2019). *Angular development with TypeScript* (2nd ed.). Manning Publications.
- Ferraiolo, D. F., Sandhu, R., Gavrila, S., Kuhn, D. R., & Chandramouli, R. (2001). Proposed NIST standard for role-based access control. *ACM Transactions on Information and System Security*, 4(3), 224–274. <https://doi.org/10.1145/501978.501980>

- Fielding, R. T. (2000). *Architectural styles and the design of network-based software architectures* [Tesis doctoral, University of California]. <https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
- Gobierno del Ecuador. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021–2025*. Secretaría Nacional de Planificación. <https://planificacion.presidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Estadísticas de tecnologías de la información y comunicación*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- Jones, M., Bradley, J., & Sakimura, N. (2015). *JSON Web Token (JWT) (Request for Comments 7519)*. IETF. <https://tools.ietf.org/html/rfc7519>
- Largo Rodríguez, S. J. (2023). *Desarrollo de un prototipo de sistema de información para la gestión de laboratorio clínico* [Trabajo de titulación, Universidad Católica de Cuenca]. Repositorio Institucional UIDE. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/f353ea9b-7a6a-4b5d-8982-6a1699e8cf18>
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. (2021). Registro Oficial Suplemento 459. Asamblea Nacional del Ecuador.
- Ley Orgánica de Salud. (2006). Registro Oficial Suplemento 423. Congreso Nacional del Ecuador.
- Ministerio de Salud Pública. (2013). Acuerdo Ministerial N.º 0000014: Reglamento para la Habilitación y Control de los Laboratorios Clínicos. Ministerio de Salud Pública del Ecuador.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2022). *Agenda Digital 2.0 del Ecuador 2022-2025*. MINTEL. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/agenda-digital/>
- Mysliwiec, K. (2024). *NestJS documentation*. Recuperado el 15 de abril de 2026 , de <https://docs.nestjs.com>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924>
- Organización Panamericana de la Salud. (2022). *Sistemas de laboratorio*. OPS. <https://www.paho.org/es/temas/sistemas-laboratorio>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020). *Health in the 21st century: Putting data to work for stronger health systems*. https://www.oecd.org/en/publications/health-in-the-21st-century_e3b23f8e-en.html
- PDFKit. (2025). PDFKit: A JavaScript PDF generation library for Node and the browser. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://pdfkit.org/>
- Pressman, R., & Maxim, B. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Prisma Data, Inc. (2024). *Prisma documentation*. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://www.prisma.io/docs>
- Railway. (2026). *Railway Documentation: Infrastructure as Code*. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://docs.railway.app/>
- Richards, M. (2015). *Software architecture patterns*. O'Reilly Media.
- Ruiz Munguía, A. A., & Silva Vanegas, E. A. (2025). *Sistema web para el registro de pacientes, control de exámenes clínicos y administración de citas a domicilio en el Laboratorio Clínico Santa Julia [Trabajo monográfico, Universidad Nacional de Ingeniería]*. Repositorio Institucional UNI. <https://ribuni.uni.edu.ni/7016/>
- Sharma, S., & Bawa, S. (2021). A comparative analysis of authentication mechanisms for web-based systems. *International Journal of Computer Applications*, 183(15), 1–7. <https://doi.org/10.5120/ijca2021921456>
- Straseski, J. A., & Strathmann, F. G. (2020). Laboratory information systems. *Clinics in Laboratory Medicine*, 39(3), 399–411. <https://doi.org/10.1016/j.cll.2019.05.001>
- Tavara Gomez, Y. B. (2019). *Implementación de un sistema web para la gestión de los servicios del laboratorio clínico San Martin De Porras - Tumbes, 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]*. Repositorio Institucional ULADECH Católica. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/15134>
- UNICEF. (2020). *Protección social y respuesta al COVID-19 en América Latina y el Caribe. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia*. https://www.unicef.org/lac/media/31606/file/Proteccion_social_y_respuesta_al_COVID_19_en_America_Latina_y_el_Caribe.pdf
- Vercel. (2026). *Vercel Documentation: Frontend Cloud*. Recuperado el 15 de abril de 2026, de <https://vercel.com/docs>

