



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ESCUELA DE HÁBITAT INGENIO Y CREATIVIDAD

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LABORATORIOS QUÍMICOS
EN LA ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES DE LA
PUCE IBARRA**

AUTORA: CRISTINA ALEJANDRA PADILLA REINA

TUTOR: JOSÉ LUIS IBARRA ESTÉVEZ

IBARRA – ECUADOR

JULIO, 2025

Ibarra, 16 de julio del 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Cristina Alejandra Padilla Reina titulado: SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LABORATORIOS QUÍMICOS EN LA ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES DE LA PUCE IBARRA, presentado por el estudiante Cristina Alejandra Padilla Reina con cédula de ciudadanía N° 1004705669, para obtener el Título de Ingeniera en Tecnologías de la Información.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

[Visualizador de documentos](#)

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 16-jul-2025 09:02 -05
Identificador: 2715875540
Número de palabras: 16144
Entregado: 1

Tesis Por CRISTINA ALEJANDRA PADILLA REINA

Similitud según fuente	
Índice de similitud	
9%	
Fuentes de Internet:	8%
Publicaciones:	2%
Trabajos del estudiante:	3%



Firmado electrónicamente por:
**JOSE LUIS IBARRA
ESTEVEZ**

Validar únicamente con FirmaBC

(f): _____
Msc. José Luis Ibarra Estévez
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1002640728

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

(f):  Firmado electrónicamente por:
**JOSE LUIS IBARRA
ESTEVEZ**
Validar únicamente con FirmaEC


Msc. José Luis Ibarra

C.C.: 1002640728

(f):  Firmado electrónicamente por:
**SEGUNDO ELICEO
PUSDA CHULDE**
Validar únicamente con FirmaEC

Msc. Segundo Pusdá

C.C.: 0401567938

(f):  Firmado digitalmente por
Jorge Vivero G.
Fecha: 2025.08.14
12:00:06 -05'00'

Msc. Jorge Vivero

C.C.: 1002061420

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Cristina Alejandra Padilla Reina, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 16 de julio del 2025

(f): _____

Cristina Alejandra Padilla Reina

C.C.: 1004705669

AUTORIA

Yo, Cristina Alejandra Padilla Reina, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1004705669, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad de la autora, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):

Cristina Alejandra Padilla Reina

C.C.: 1004705669

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco y dedico este logro primeramente a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza, cada día me bendice mi vida teniendo salud para llegar a cumplir uno de los sueños más importantes, llenándome de sabiduría y perseverancia para superar cada desafío.

A mi familia, especialmente a mis padres, Miryan Reina y Alberto Padilla, por su amor incondicional, su esfuerzo incansable y por ser un ejemplo constante de perseverancia y humildad. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudé, por ser mi base y mi inspiración. Han sido mi refugio en los días difíciles, mi impulso cuando sentía que no podía más y mi mayor motivación para seguir adelante. Este logro no habría sido posible sin el sacrificio silencioso que han hecho por mí durante toda la vida, y por enseñarme que, con esfuerzo y valores, se puede alcanzar cualquier meta.

A mis hermanos, Luis Padilla, por haber hecho posible este sueño con su apoyo incondicional, por creer en mí y brindarme los medios para avanzar; y Andrés Padilla, por estar siempre presente, por sus palabras de aliento y su compañía. Ambos, como Ingenieros en Sistemas, han sido una fuente constante de inspiración. Verlos crecer en esta profesión y compartir este mismo camino me motivó a esforzarme aún más. Gracias por su ejemplo y por acompañarme en cada paso.

A mi tía, Margarita Padilla, por su cariño sincero, sus sabios consejos y por ser ese apoyo silencioso pero constante que nunca me ha faltado. Gracias por estar cuando más lo necesité, por tus palabras oportunas y por haber sido como una segunda madre para mí. Tu presencia ha sido un refugio cuando sentía que no podía seguir adelante y una guía invaluable en mi vida.

A mi hermana de la vida, Lizbeth Aguas. Durante dieciséis años hemos compartido locuras, cariño y un apoyo incondicional que nunca ha faltado. Gracias por estar en cada etapa, por ser mi confidente en los momentos difíciles. Tu amistad es uno de los regalos más valiosos que la vida me ha dado, y este logro también es tuyo, porque siempre estuviste ahí, con el cariño intacto.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, dejaron su huella en este camino, a mis profesores que en esta etapa han estado pendientes de mi progreso, la PhD. Laura Guerra, y los Mgs. José Luis Ibarra, Mgs. Segundo Pusedá y Mgs. Jorge Vivero.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN TUTOR	ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iv
AUTORIA	v
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
ESTADO DEL ARTE	4
1.2 Conceptos Clave.....	5
1.2.1 Gestión de Laboratorios Académicos.....	6
1.2.2 Sistemas de Gestión Web Centralizados y Modulares.....	6
1.2.3 Gestión de Inventarios y Reactivos Químicos.....	7
1.3 Frameworks	7
1.3.1 Frontend.....	8
1.3.2 Backend	8
1.4 Metodologías ágiles de desarrollo de software.....	8
1.4.1 Tipos de metodologías ágiles de desarrollo de software	9
CAPÍTULO II.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.1 Aspectos Generales de la Investigación	11

2.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	11
2.3 Metodología SCRUM.....	12
2.3.1 Primera fase de Scrum.....	12
2.3.2 Definición de roles y funciones	12
2.3.3 Backlog.....	13
2.4 Fase 2: Diseño	22
2.4.1 Implementación de la lógica del negocio	22
2.4.2 Arquitectura del sistema	23
2.4.3 Casos de uso del sistema web.....	23
2.4.4. Diseño del sistema	30
2.4.5 Diseño de la interfaz.....	32
2.5 Base de Datos	33
2.6 Diseño Interfaz	34
2.7 Fase 3: Codificación	35
2.8 Herramientas de desarrollo.....	35
2.8.1 Lenguajes de programación.....	35
2.8.2 Frameworks de desarrollo	36
2.8.3 Base de Datos (BackEnd).....	36
2.8.4 Seguridad y Autenticación	37
2.8.5 Control de versiones y gestión del proyecto.....	37
2.8.6 Rama de desarrollo	38
2.9 Definición de pruebas funcionales	38
2.9.1 Definición de criterios de usabilidad.....	39
2.9.2 Plan de Pruebas.....	39
2.9.3 Módulo de Autenticación	40
2.9.4 Validación de Funcionalidades Asignadas	40

CAPITULO III	41
3.1 Interfaz Inicio de Sesión (login)	41
3.2 Interfaces del Módulo de Laboratorios:.....	42
3.2.1 Gestión de Administración de Laboratorios:.....	43
3.2.2 Gestión de Reserva de Laboratorios y Materiales	49
3.3 Pruebas Unitarias	58
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS	68
Anexo 1. Guion Entrevista	68
Anexo 2. Carta de Aceptación.....	69
Anexo 3. Repositorio de control de versiones	70
Anexo 4. Repositorio de código fuente	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Definición de roles y funciones de equipo de trabajo	13
Tabla 2	Datos de diseñadora y desarrolladora, proceso de levantamiento de requisitos	13
Tabla 3	Datos del encargado de los laboratorios de la ECAA	14
Tabla 4	Escala historia de usuario	14
Tabla 5	Historias de usuario	16
Tabla 6	Requerimientos funcionales	19
Tabla 7	Análisis y refinamiento de las historias de usuario	20
Tabla 8	Distribución de sprints.....	21
Tabla 9	Casos de prueba funcionales	38
Tabla 10	Criterios de evaluación para pruebas de usabilidad	39
Tabla 11	Plan de pruebas unitarias funcionamiento del módulo de laboratorios.....	39
Tabla 12	Prueba unitaria: login	58
Tabla 13	Prueba unitaria: listado categorías y laboratorios.....	58
Tabla 14	Prueba unitaria: listado equipamiento	59
Tabla 15	Prueba unitaria: crear equipamiento	59
Tabla 16	Prueba unitaria: editar equipamiento.....	59
Tabla 17	Prueba unitaria: crear tipo material	60
Tabla 18	Prueba unitaria: horarios	60
Tabla 19	Prueba unitaria: crear nuevo horario	60
Tabla 20	Prueba unitaria: editar horario	61
Tabla 21	Prueba unitaria: listado materiales	61
Tabla 22	Prueba unitaria: crear nuevo material.....	61
Tabla 23	Editar material	62
Tabla 24	Prueba unitaria: Acceso de funcionalidades de rol respectivo laboratorios	62
Tabla 25	Prueba unitaria: Edición de semaforización de reserva.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Arquitectura del sistema	23
Ilustración 2 Diagrama casos de uso	24
Ilustración 3 Diagrama de procesos reserva de laboratorios	26
Ilustración 4 Diagrama de procesos reserva de insumos	28
Ilustración 5 Diagrama de actividades préstamo de reactivos.....	30
Ilustración 6 Diagrama de actividades reserva de laboratorios	31
Ilustración 7 Diseño interfaz.....	33
Ilustración 8 Diseño físico de la base de datos - Diagrama base de datos laboratorios .	34
Ilustración 9 Interfaz gráfica: Iniciar sesión	35
Ilustración 10 Login módulo de laboratorios	41
Ilustración 11 Funciones foto perfil de usuario	42
Ilustración 12 Gestión de laboratorios químicos	43
Ilustración 13 Visualización detallada de laboratorios por categoría.....	44
Ilustración 14 Gestión de equipamiento del laboratorio.....	44
Ilustración 15 Modal crear tipo de material.....	45
Ilustración 16 Modal crear equipamiento	45
Ilustración 17 Modal Editar Equipamiento	46
Ilustración 18 Gestión de horarios por día.....	46
Ilustración 19 Modal crear nuevo horario para el laboratorio	47
Ilustración 20 Modal editar horario para el laboratorio.....	47
Ilustración 21 Vista de listado materiales.....	48
Ilustración 22 Modal crear nuevo material.....	48
Ilustración 23 Modal editar material	49
Ilustración 24 Gestión reserva de laboratorio y materiales por parte del usuario.	49
Ilustración 25 Selección de horario	50

Ilustración 26 Selección de materiales	50
Ilustración 27 Modal asignar cantidad material	51
Ilustración 28 Confirmación de reserva.....	51
Ilustración 29 Listado de reservas pendientes	52
Ilustración 30 Listado de reservas rechazadas.....	53
Ilustración 31 Listado de reservas aprobadas	53
Ilustración 32 Listado de reservas finalizadas	54
Ilustración 33 Modal cambio de estado.....	54
Ilustración 34 Mis reservas pendientes.....	55
Ilustración 35 Mis reservas rechazadas	55
Ilustración 36 Mis reservas aprobadas	56
Ilustración 37 Mis reservas finalizadas	56
Ilustración 38 Reporte bajo stock.....	57
Ilustración 39 Reporte por estado.....	57
Ilustración 40 Carta de aceptación módulo de laboratorios	69
Ilustración 41 Repositorio módulo laboratorios	70

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un sistema web para la administración de laboratorios químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-I). Hasta antes de esta propuesta, los procesos de gestión de reservas, materiales, horarios y seguimiento de prácticas se realizaban de forma manual, lo que generaba desorganización, demoras en la planificación y dificultades en el control de los recursos disponibles. Esta situación no solo afectaba la eficiencia administrativa, sino también el adecuado desarrollo de las actividades académicas y prácticas de laboratorio.

Para atender estas necesidades, se diseñó e implementó un sistema web que permite gestionar de forma centralizada los distintos procesos vinculados con los laboratorios, tales como la visualización de horarios disponibles, la creación y validación de reservas, y la administración de inventario y materiales. El sistema contempla dos perfiles principales: administrador y usuario general (docente o estudiante), cada uno con funcionalidades específicas según sus responsabilidades, lo que garantiza una experiencia de uso adaptada y segura.

El desarrollo del sistema se llevó a cabo bajo la metodología ágil Scrum, lo que permitió organizar el trabajo en sprints, entregar funcionalidades de forma incremental y mantener una retroalimentación constante con los actores involucrados. Para su implementación técnica se emplearon tecnologías modernas como TypeScript, Vue.js, Nuxt, NestJS y PostgreSQL, seleccionadas por su robustez, escalabilidad y adecuación a arquitecturas modulares.

Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la organización de las reservas, el control de insumos, la trazabilidad de los horarios y la eficiencia operativa del entorno de laboratorio. Además, el sistema establece una base tecnológica sólida que puede escalarse e integrarse en otras áreas académicas, fortaleciendo el uso de herramientas digitales dentro de la PUCE-I.

Palabras clave: gestión de laboratorios, reservas académicas, PUCE-I, Scrum, TypeScript, Vue.js, Nuxt, PostgreSQL.

ABSTRACT

This thesis project focuses on the development and implementation of a web-based system for the administration of chemical laboratories at the School of Agricultural and Environmental Sciences (ECAA) of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra campus (PUCE-I). Prior to this proposal, the processes for managing laboratory reservations, materials, schedules, and practice monitoring were carried out manually, resulting in disorganization, planning delays, and difficulties in controlling available resources. This situation negatively affected both administrative efficiency and the proper execution of academic and laboratory activities.

To address these issues, a centralized web system was designed and implemented to manage key laboratory-related processes, such as viewing available schedules, creating and validating reservations, and managing inventory and materials. The platform supports two main user roles: administrator and general user (teacher or student), each with specific functionalities according to their responsibilities, ensuring a secure and tailored user experience.

The system was developed using the Scrum agile methodology, allowing the project to be organized into sprints, deliver functionalities incrementally, and maintain continuous feedback with the stakeholders. For the technical implementation, modern technologies were used, including TypeScript, Vue.js, Nuxt, NestJS, and PostgreSQL, chosen for their robustness, scalability, and compatibility with modular architectures.

The results show a significant improvement in the organization of reservations, resource tracking, schedule traceability, and operational efficiency in the laboratory environment. Furthermore, the system establishes a solid technological foundation that can be scaled and adapted to other academic areas, strengthening the adoption of digital tools within PUCE-I.

Keywords: laboratory management, academic reservations, PUCE-I, Scrum, TypeScript, Vue.js, Nuxt, PostgreSQL.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha generado un impacto significativo en el desarrollo y modernización de diversos sectores, incluyendo el ámbito académico. Dentro de esta área, el desarrollo de sistemas web representa una solución estratégica para automatizar procesos administrativos, mejorar el acceso a la información y optimizar la gestión de recursos institucionales. Estas herramientas tecnológicas permiten, digitalizar procesos que antes eran manuales, incrementando la eficiencia operativa y reduciendo el margen de error (Grajales & Osorno, 2019).

Particularmente en el contexto de las instituciones de educación superior, la gestión de laboratorios académicos, que son espacios fundamentales para el aprendizaje práctico y la investigación, requiere una administración eficiente que garantice la planificación adecuada de reservas, el seguimiento del uso de los laboratorios, el control del acceso de los usuarios y el mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones. Delgado-Barreto et al. (2025) destacan que la implementación de sistemas automatizados en laboratorios mejora significativamente la eficiencia operativa, reduce los errores humanos y optimiza la gestión de muestras, lo que contribuye a una mayor precisión en los resultados.

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra (PUCE-I), a través de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), cuenta con laboratorios químicos esenciales para la formación académica de los estudiantes y el desarrollo de investigaciones científicas. Sin embargo, actualmente la administración de estos laboratorios se lleva a cabo de manera manual, lo que conlleva a una serie de limitaciones como la ausencia de control sobre la disponibilidad de los espacios, deficiencias en la programación de prácticas, escaso seguimiento de mantenimiento de infraestructura y equipos, así como falta de trazabilidad en el uso de los recursos. Estas condiciones generan riesgos de seguridad, ineficiencia operativa y pérdida de información clave para la toma de decisiones.

Frente a esta problemática, surgió la necesidad de implementar un sistema web modular que permitiera gestionar de manera integral los procesos vinculados a los laboratorios de la ECAA. Fortaleciendo la seguridad mediante la incorporación de protocolos de control y validación de uso, alineándose con las normativas internas y externas vigentes.

De esta manera, el presente proyecto forma parte del campo de la ingeniería en tecnologías de la información y el desarrollo de software, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos académicos de la PUCE-I mediante la innovación digital. La implementación de un sistema de administración para los laboratorios de la ECAA no solo responde a una necesidad operativa concreta, sino que también apoya la mejora continua de la calidad educativa, la optimización del uso de recursos universitarios y la promoción de un entorno académico seguro, eficiente y alineado con los estándares actuales de gestión tecnológica.

Con el propósito de llevar a cabo esta propuesta, se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo General:

Desarrollar un sistema para la administración de laboratorios químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra, utilizando herramientas y tecnologías de desarrollo web con el propósito de optimizar la organización, la eficiencia y la trazabilidad de los procesos administrativos.

Objetivos Específicos:

- Determinar los requisitos técnicos y funcionales para implementar la gestión automatizada de reservas y préstamos de reactivos, incluyendo su clasificación, vigencia y reposición.
- Diseñar un sistema web que garantice la trazabilidad de los reactivos, genere alertas automáticas ante niveles críticos de inventario y optimice la administración de recursos, asegurando seguridad y eficiencia en las operaciones de los laboratorios de la ECAA.
- Validar el sistema mediante pruebas funcionales para verificar su integración con los procedimientos operativos y administrativos de la ECAA, y garantizar su aceptación por los usuarios.

La estructura de este documento contempla tres capítulos, definidos como:

- Capítulo I:

En este capítulo se recopilan y analizan antecedentes investigativos relevantes, así como fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo del sistema. Se abordan investigaciones previas y conceptos relacionados con la administración de laboratorios químicos en entornos educativos.

- Capítulo II:

En esta sección se describe el enfoque metodológico aplicado, detallando las fases del desarrollo del sistema web, las herramientas tecnológicas utilizadas, y el procedimiento técnico implementado. Además, se incluyen diagramas y modelos que respaldan la construcción de la solución propuesta.

- Capítulo III:

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del sistema, así como su validación a través de pruebas funcionales. Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas del proceso investigativo y las recomendaciones para futuras mejoras o implementaciones.

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

El avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha transformado la manera en que se gestionan los procesos administrativos en instituciones educativas, permitiendo automatizar tareas, garantizar trazabilidad y mejorar la seguridad en entornos especializados como los laboratorios académicos. En el contexto universitario, la necesidad de sistemas centralizados y modulares se ha vuelto apremiante, especialmente en áreas que involucran el manejo de sustancias químicas, como es el caso de los laboratorios de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra.

El presente capítulo examina antecedentes investigativos, conceptos claves, fundamentos teóricos y herramientas tecnológicas que sustentan el desarrollo de un sistema web para la administración de laboratorios químicos. Se revisan estudios previos relacionados, se identifican las tecnologías más utilizadas, y se establece el contexto técnico que fundamenta la propuesta de solución.

1.1 Antecedentes investigativos

Diversas investigaciones en el ámbito académico han demostrado el impacto positivo de los sistemas de gestión digital en contextos educativos. Hernández, Martínez y López (2021), en la Universidad de El Salvador, desarrollaron un sistema web y una aplicación móvil para la administración de activos fijos, con resultados favorables en cuanto a la eficiencia operativa y la trazabilidad de recursos en tiempo real. Aunque su enfoque fue hacia activos generales, su metodología demuestra la viabilidad de implementar soluciones tecnológicas para optimizar procesos administrativos.

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Rosero, Rivera y Pazmiño (2020) implementaron un sistema web orientado a la gestión de laboratorios químicos, destacando la importancia de la trazabilidad digital para garantizar el cumplimiento de normativas de seguridad y facilitar el control del préstamo y devolución de reactivos. Sin embargo, su propuesta carecía de integración modular avanzada y no abordaba funcionalidades como alertas automáticas por niveles críticos de inventario ni reportes automatizados segmentados por usuario o laboratorio.

Dentro del contexto ecuatoriano, Reyes y Cevallos (2020), en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), propusieron un sistema de gestión orientado al control de inventarios y al mantenimiento preventivo de recursos tecnológicos. Su estudio evidenció mejoras en la planificación institucional, pero no contemplaba aspectos específicos del manejo de sustancias químicas, ni incluía un sistema de reservas académicas.

Asimismo, Torres y Morales (2022), en la Universidad Católica de Cuenca, desarrollaron un sistema para el control automatizado de inventarios en laboratorios académicos, lo cual permitió reducir discrepancias entre registros físicos y digitales. No obstante, su sistema no integraba funcionalidades para la gestión de préstamos, trazabilidad de reactivos ni reservas calendarizadas de uso de laboratorio.

Estas investigaciones previas permiten reconocer la evolución y aplicabilidad de herramientas digitales en entornos educativos. No obstante, se evidencia que ninguna de ellas integra de forma conjunta funcionalidades como la gestión de reservas de laboratorio, préstamo de reactivos con validación de retornos, control de inventario con alertas automáticas y generación de reportes por usuario, fecha o laboratorio, como lo propone el presente proyecto.

En respuesta a estas limitaciones, el sistema planteado para la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra contempla una solución integral, basada en una arquitectura modular desarrollada con herramientas tecnológicas modernas como Vue.js, NestJS y PostgreSQL, garantizando escalabilidad, trazabilidad y eficiencia en la administración de laboratorios químicos. Esta propuesta no solo mejora la operatividad y seguridad, sino que también contribuye a la calidad académica mediante una gestión más organizada y controlada de los recursos

1.2 Conceptos Clave

Los sistemas web son aplicaciones accesibles a través de navegadores, diseñadas para facilitar la interacción en tiempo real entre usuarios y datos. Su arquitectura permite la ejecución de tareas complejas sin necesidad de instalar software adicional en los dispositivos del usuario. En el ámbito académico, estos sistemas son ampliamente utilizados debido a su escalabilidad y capacidad de integración con otras plataformas institucionales, lo que optimiza procesos administrativos y educativos (Ellucian, 2023).

La trazabilidad, aplicada a la gestión de reactivos, implica registrar cada movimiento o transacción realizada con un insumo, desde su ingreso al laboratorio hasta su devolución o eliminación. Esto permite controlar su disponibilidad, seguridad y cumplimiento normativo (Rosero et al., 2020).

La gestión académica basada en tecnologías digitales busca optimizar procesos educativos a través del uso de TIC. Estas herramientas promueven entornos más seguros, colaborativos y eficientes (Grajales & Osorno, 2019).

Por último, el control de accesos digitales, mediante mecanismos de autenticación y autorización, garantiza que solo usuarios autorizados puedan realizar operaciones críticas, contribuyendo a la protección de datos sensibles y la integridad de las operaciones (OWASP, 2019).

1.2.1 Gestión de Laboratorios Académicos

Los laboratorios académicos constituyen espacios clave para la enseñanza práctica, especialmente en disciplinas científicas. Una gestión eficiente implica controlar reservas, disponibilidad de equipos y cumplimiento de protocolos de bioseguridad. Sin embargo, la administración manual de estos entornos puede conllevar problemas como pérdida de trazabilidad, duplicación de datos, errores humanos y falta de planificación, lo cual impacta negativamente en la eficiencia y la seguridad de las operaciones (Sanmartín, 2024).

1.2.2 Sistemas de Gestión Web Centralizados y Modulares

Los sistemas de gestión centralizados consolidan en una única plataforma toda la información relevante de una institución o proceso, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia operativa. Al adoptar una arquitectura modular, estos sistemas permiten la incorporación de nuevas funcionalidades sin afectar el funcionamiento general, promoviendo la escalabilidad y el mantenimiento del software. Frameworks como NestJS, basados en TypeScript, ofrecen una estructura modular y orientada a objetos que facilita la construcción de aplicaciones escalables y mantenibles en Node.js (MyTaskPanel, 2023)

En el contexto de laboratorios químicos, los módulos comunes incluyen: gestión de reservas, control de inventario, trazabilidad de reactivos, reportes administrativos y

seguimiento de actividades académicas. La implementación de estos sistemas promueve la eficiencia, el orden y la seguridad en los procesos educativos (Torres & Morales, 2022).

1.2.3 Gestión de Inventarios y Reactivos Químicos

La correcta administración de inventarios en laboratorios académicos es fundamental para garantizar el uso seguro de sustancias químicas, evitar desperdicios y cumplir con las normativas de bioseguridad. Este proceso implica no solo registrar entradas y salidas de insumos, sino aplicar mecanismos técnicos que permitan mantener la trazabilidad, la disponibilidad y la seguridad de los reactivos.

Para ello, se recomienda implementar un sistema digital que clasifique los reactivos según tipo, peligrosidad, cantidad disponible y fecha de caducidad. Además, debe incorporar alertas automáticas ante niveles críticos o fechas próximas de vencimiento, así como un historial de préstamo y devolución de sustancias por usuario. Estas funcionalidades permiten asegurar la trazabilidad completa del recurso químico desde su ingreso hasta su disposición final (Reyes & Cevallos, 2020).

Entre los modelos de control de inventario más apropiados para laboratorios académicos se destacan:

- **Inventario continuo (perpetuo):** mantiene actualizados los registros de stock en tiempo real, facilitando una respuesta rápida ante faltantes.
- **Método FIFO (First In, First Out):** garantiza que los reactivos más antiguos sean utilizados primero, previniendo pérdidas por vencimiento.
- **Clasificación ABC:** segmenta los insumos por nivel de criticidad o valor, priorizando el control sobre aquellos más relevantes para las actividades académicas.

Estas estrategias permiten optimizar la gestión operativa del laboratorio y deben ser integradas en la lógica del sistema web propuesto, permitiendo decisiones informadas, reducción de errores humanos y cumplimiento de estándares técnicos y de seguridad.

1.3 Frameworks

En el desarrollo moderno de aplicaciones y páginas web, los frameworks se han convertido en herramientas fundamentales que permiten agilizar los procesos de

programación, mejorar la mantenibilidad del código y garantizar una estructura coherente en los proyectos. Un framework es un conjunto de bibliotecas, herramientas y convenciones que proporcionan una base estándar para el desarrollo, reduciendo el tiempo de codificación y minimizando errores comunes (Feldman, 2019).

1.3.1 Frontend

El frontend es la parte del desarrollo web encargada de la interfaz con la que interactúa el usuario. Involucra la creación de estructuras visuales, navegación y componentes dinámicos, utilizando tecnologías como HTML, CSS y JavaScript. Frameworks modernos como Vue.js permiten construir interfaces modulares, reactivas y eficientes, facilitando la experiencia del usuario final. En aplicaciones educativas, como la gestión de laboratorios en la ECAA, un frontend claro y funcional mejora la accesibilidad y promueve el uso adecuado del sistema (Kinsta, 2023).

1.3.2 Backend

El backend es la capa del desarrollo web encargada de gestionar la lógica del negocio, la conexión con bases de datos, la autenticación de usuarios y el procesamiento de solicitudes. Esta parte del sistema opera en el servidor y es invisible para el usuario final, pero esencial para el funcionamiento integral de una aplicación web. NestJS, basado en TypeScript, ofrece una arquitectura modular que facilita el mantenimiento del código y su integración con otros servicios (MyTaskPanel, 2023).

1.4 Metodologías ágiles de desarrollo de software

Las metodologías ágiles han revolucionado la forma en que se desarrollan proyectos de software, priorizando la flexibilidad, la entrega incremental de funcionalidades y la participación activa del usuario final. Este enfoque permite adaptarse a cambios en los requerimientos durante el proceso de desarrollo, lo cual es especialmente útil en contextos educativos donde las necesidades pueden evolucionar conforme se valida la solución con los usuarios.

A diferencia de los modelos tradicionales, las metodologías ágiles promueven una planificación iterativa, la colaboración continua entre los desarrolladores y los actores del proyecto, y la entrega frecuente de versiones funcionales del sistema. Estas características

hacen que el proceso de desarrollo sea más dinámico, favoreciendo la retroalimentación temprana, la detección oportuna de errores y la mejora continua del producto.

Además, el uso de metodologías ágiles mejora la visibilidad del progreso del proyecto y facilita la gestión del tiempo y los recursos mediante herramientas de control y seguimiento. De acuerdo con Vargas y Castañeda (2022), este tipo de enfoques promueve un entorno colaborativo y adaptable, lo cual incrementa las probabilidades de éxito en proyectos de desarrollo de sistemas tecnológicos.

1.4.1 Tipos de metodologías ágiles de desarrollo de software

Las metodologías ágiles han revolucionado el desarrollo de software al proponer marcos de trabajo iterativos e incrementales que promueven la flexibilidad, la colaboración y la entrega continua de valor. A diferencia de los enfoques tradicionales como el modelo en cascada, donde los procesos son secuenciales y rígidos, las metodologías ágiles permiten adaptarse a cambios constantes durante el ciclo de vida del proyecto, lo cual es especialmente útil en entornos educativos, académicos y tecnológicos (Pressman & Maxim, 2021).

Entre las metodologías ágiles más utilizadas destacan las siguientes:

- **Scrum**

Scrum es una de las metodologías ágiles más difundidas a nivel mundial. Se basa en ciclos cortos de trabajo denominados sprints, que permiten entregar incrementos funcionales del producto en períodos regulares. Cada sprint incluye fases de planificación, desarrollo, revisión y retrospectiva. El trabajo se organiza en un backlog priorizado y se gestiona por roles como el Scrum Master, el Product Owner y el equipo de desarrollo. Scrum favorece la transparencia, la inspección y la adaptación continua, siendo ideal para proyectos en los que los requisitos pueden cambiar con frecuencia (Schwaber & Sutherland, 2020).

- **Kanban**

Kanban es una metodología visual que se basa en la gestión del flujo de trabajo mediante tableros que reflejan el estado de cada tarea. A través de principios como la limitación del trabajo en curso (*WIP – Work In Progress*) y la mejora continua, Kanban permite identificar cuellos de botella y optimizar el rendimiento del equipo. Es especialmente útil en contextos donde las prioridades cambian

frecuentemente o cuando se busca una implementación ágil sin modificar la estructura actual del equipo.

- **Extreme Programming (XP)**

XP se enfoca en la mejora de la calidad del software y la capacidad de respuesta ante los cambios. Promueve prácticas técnicas como la programación en pareja (pair programming), el desarrollo guiado por pruebas (TDD – Test Driven Development) y la integración continua. Esta metodología está orientada a proyectos donde los cambios son frecuentes y se requiere un alto estándar de calidad en el código.

- **Lean Software Development**

Basado en los principios del sistema de producción Toyota, Lean se centra en eliminar desperdicios, acelerar la entrega de valor y fomentar la mejora continua (Kaizen). Promueve decisiones basadas en evidencias, la responsabilidad compartida y la eficiencia del flujo de trabajo. Lean puede combinarse con otras metodologías como Scrum o Kanban para lograr una mayor efectividad.

Cada una de estas metodologías ofrece ventajas particulares según el tipo de proyecto y el entorno en el que se desarrolle. En el contexto del presente trabajo de titulación, se adopta la metodología Scrum por su enfoque estructurado, su capacidad de adaptación a los cambios en los requerimientos y su compatibilidad con proyectos de desarrollo incremental como lo es un sistema web modular.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo describe la metodología adoptada para el desarrollo del sistema web propuesto, orientado a la administración de laboratorios químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE Ibarra. Se detallan los aspectos generales de la investigación, el enfoque metodológico, las técnicas e instrumentos utilizados, así como las herramientas tecnológicas aplicadas en cada fase del proceso de desarrollo. La estructura metodológica se fundamenta en principios de ingeniería de software y en metodologías ágiles, permitiendo una planificación iterativa, una validación progresiva y una estrecha interacción con los usuarios finales. Además, se incluye el modelado de los procesos, los diagramas funcionales y la planificación temporal del proyecto, con el fin de garantizar una implementación coherente, escalable y alineada con los objetivos académicos y operativos de la institución.

2.1 Aspectos Generales de la Investigación

El presente trabajo de titulación se enmarca dentro de una investigación de tipo aplicada, ya que tiene como propósito el desarrollo de una solución tecnológica que responde a una problemática concreta identificada en los laboratorios químicos de la ECAA. La investigación adopta un enfoque cualitativo, respaldado por la observación directa del entorno institucional, entrevistas con usuarios clave (personal encargado de los laboratorios), y el análisis documental de los procesos actuales de gestión. El alcance del proyecto contempla el diseño, desarrollo, validación y documentación de un sistema web modular, cuyo propósito es automatizar y optimizar las funciones relacionadas con la reserva de espacios, el préstamo de reactivos, la trazabilidad de insumos y la generación de reportes académicos y administrativos.

2.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Para el levantamiento de requerimientos y el entendimiento de los procesos actuales, se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- Entrevistas semiestructuradas al personal encargado de los laboratorios, para identificar necesidades, limitaciones y oportunidades de mejora. El guion de la entrevista se presenta en el anexo 1.
- Observación directa de los procesos manuales realizados en los laboratorios, incluyendo la gestión de reservas, registro de préstamos y actualización de

inventario, lo cual permitió identificar flujos operativos clave y puntos críticos que requieren automatización.

Estas técnicas permitieron construir una visión integral de la situación actual y definir los requisitos funcionales y no funcionales del sistema propuesto.

2.3 Metodología SCRUM

Para el desarrollo del presente proyecto se aplicó la metodología ágil SCRUM, debido a su enfoque iterativo e incremental, que permite gestionar proyectos de desarrollo de software de forma eficiente y colaborativa. Esta metodología se basa en la organización del trabajo en fases llamadas sprints, cada una con objetivos específicos y entregables funcionales, lo que permite realizar ajustes continuos según las necesidades del usuario.

El desarrollo del sistema se organizó en las siguientes fases:

Primera fase: Definición de roles y funciones, así como la elaboración del backlog, que incluye historias de usuario, requisitos funcionales y no funcionales.

Segunda fase: Diseño de funcionalidades del sistema, elaboración de diagramas de procesos, casos de uso, y secuencia; así como el desarrollo del product backlog.

Tercera fase: Evaluación, pruebas funcionales y entrega del producto final.

2.3.1 Primera fase de Scrum

En la primera fase de desarrollo se enfocó en definir el qué se quiere y cómo se lo quiere por medio de las entrevistas realizadas al personal encargado de los laboratorios, las cuales ayudaron en la definición de roles y definición del backlog.

2.3.2 Definición de roles y funciones

Para llevar a cabo la metodología SCRUM en el desarrollo del sistema de administración de laboratorios químicos, fue necesario definir claramente los roles y funciones del equipo de trabajo. Esta estructura organizacional es fundamental para garantizar una comunicación efectiva, una distribución adecuada de responsabilidades y una ejecución ágil de las actividades dentro de cada sprint.

La Tabla 1 resume los roles definidos, sus funciones principales y su relación con el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 1 Definición de roles y funciones de equipo de trabajo

Nombre	Rol	Funciones
Santiago Mafla	Encargado de Laboratorios	Definición de requisitos de sistema, modelo de negocio–revisión de avances y sistema
Mgs. José Luis Ibarra	Asesor de Tesis – Scrum Master	Validación de requisitos y avances de proyecto
Cristina Padilla	Autora del Proyecto	Desarrolladora
		Levantamiento de información, requisitos
		Diseño de base de datos
		Desarrollo de sistema
		Ejecución de pruebas de sistema
		Documentación

2.3.3 Backlog

El levantamiento de información realizado por medio de las entrevistas y la observación resultó esencial para la definición y descripción backlogs, además de que se presenta el listado de requisitos funcionales por medio de la plantilla que brinda el Estándar IEEE 830 de levantamiento de requisitos, y los requisitos no funcionales:

- **Personal involucrado en el levantamiento de requisitos**

Para el proceso de levantamiento de requisitos y tomando en cuenta el equipo de trabajo ya definido, se determinó el personal que se involucró en este proceso, ver la tabla 2 y 3:

Tabla 2 Datos de diseñadora y desarrolladora, proceso de levantamiento de requisitos

Nombre	Cristina Padilla
Rol	Diseñadora y Desarrolladora
Categoría Profesional	Estudiante de Ingeniería en Tecnologías de la Información
Responsabilidad	Levantamiento de información y requisitos y documentación

Como parte del proceso de levantamiento de requisitos, se realizaron entrevistas semiestructuradas al personal responsable de la administración de los laboratorios químicos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra. Esta actividad permitió obtener información clave sobre los procesos actuales, necesidades operativas, limitaciones del sistema manual y propuestas de mejora desde la perspectiva del usuario experto.

La Tabla 3 resume los datos del encargado entrevistado, cuya experiencia y conocimiento fueron fundamentales para definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema propuesto.

Tabla 3 Datos del encargado de los laboratorios de la ECAA

Nombre	Santiago Javier Mafla Andrade
Rol	Encargado de los laboratorios de la ECAA
Categoría Profesional	Docente Investigador, encargado de agropecuaria y agronomía
Responsabilidad	Definición de modelo de negocio, requisitos y validación de sistema

Con el fin de priorizar el desarrollo de las funcionalidades descritas en las historias de usuario, se definió una escala de valoración que permite clasificarlas según su importancia, complejidad o nivel de esfuerzo requerido. Esta clasificación es fundamental para organizar de forma eficiente los sprints de trabajo y garantizar una implementación progresiva y controlada de los módulos del sistema.

La Tabla 4 presenta la escala utilizada para evaluar las historias de usuario, asignando un valor que facilita la toma de decisiones en el proceso de planificación ágil del proyecto.

Tabla 4 Escala historia de usuario

Valor	Nivel de Importancia	Descripción
200	Muy Alta	Funcionalidad crítica para el funcionamiento del sistema. Impide el uso adecuado si no se implementa.
180	Alta	Funcionalidad clave para los usuarios. Mejora la eficiencia y la experiencia de uso.
160	Media-Alta	Importante pero no crítica. Puede implementarse después de funcionalidades esenciales.
140	Media	Funcionalidad útil, pero no afecta directamente la operatividad principal del sistema.
120	Baja	Funcionalidad complementaria que aporta valor, pero no es prioritaria.
100	Muy Baja	Mejora opcional o estética, no tiene impacto directo en los procesos principales.

- **Historias de Usuarios**

Las historias de usuario constituyen una herramienta clave en el levantamiento de requerimientos dentro de proyectos que adoptan metodologías ágiles como Scrum, ya que permiten definir funcionalidades desde la perspectiva del usuario final, lo cual garantiza un mayor alineamiento con sus necesidades reales. A diferencia de los requerimientos técnicos tradicionales, las historias de usuario se centran en lo que el usuario desea lograr con el sistema, utilizando un lenguaje claro, accesible y no técnico. Esto facilita la colaboración interdisciplinaria entre desarrolladores, diseñadores y actores clave del sistema, como el administrador de laboratorios o los docentes que gestionan las reservas.

Durante la fase de análisis, se identificaron y documentaron diversas historias de usuario que abarcan funcionalidades críticas, tales como la gestión de laboratorios, la visualización de horarios disponibles, la reserva de espacios y el registro de insumos, entre otras. Estas historias no solo orientan el desarrollo iterativo del sistema, sino que también permiten priorizar tareas según el valor que aportan al usuario, fomentar una retroalimentación continua y ajustar las funcionalidades de acuerdo con los cambios del entorno institucional.

Cada historia fue elaborada considerando el contexto operativo del sistema y las actividades que los distintos perfiles deben ejecutar, asegurando que las funcionalidades desarrolladas respondan a necesidades concretas y recurrentes. Este enfoque permitió organizar los requerimientos de forma clara y priorizada, facilitando su implementación progresiva a lo largo de los ciclos de desarrollo. Asimismo, las historias de usuario sirvieron como base para definir los criterios de aceptación y las pruebas funcionales correspondientes, garantizando que cada módulo del sistema cumpliera con los objetivos esperados por los usuarios institucionales.

La Tabla 5 presenta las principales historias de usuario levantadas durante esta etapa, especificando el rol del usuario, la funcionalidad esperada y el objetivo que se busca alcanzar.

Tabla 5 Historias de usuario

HISTORIAS DE USUARIO						
ID	NOMBRE	ESTIMACIÓN ESFUERZO (HORAS)	IMPORTANCIA	DESCRIPCIÓN DE HISTORIA DE USUARIO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	DEPENDENCIAS
1	Login	16	120	Como usuario (administrador, docente o estudiante), deseo ingresar al sistema con usuario y contraseña, para acceder según mi rol.	Validar credenciales.	-
					Acceder al sistema según rol.	
					Mostrar mensaje de error si las credenciales son incorrectas.	
2	Solicitud de reserva de laboratorio	32	200	Como estudiante o docente, deseo solicitar la reserva de un laboratorio mediante el sistema, para asegurarme del espacio en la fecha y hora que necesito.	Mostrar formulario para seleccionar laboratorio, fecha y horario.	1
					Validar disponibilidad.	
					Registrar solicitud.	
					Mostrar confirmación o error.	
3	Aprobación de reservas	36	160	Como administrador, deseo revisar y aprobar o rechazar las solicitudes de reserva, para gestionar eficientemente el uso de los laboratorios.	Mostrar listado de reservas pendientes.	2
					Aprobar o rechazar solicitudes.	
					Cambiar estado de la solicitud.	
					Notificar respuesta al solicitante.	
4	Préstamo de reactivos	36	180	Como usuario, deseo solicitar el préstamo de reactivos para realizar prácticas de laboratorio.	Seleccionar reactivos y cantidades.	5
					Validar existencia en inventario.	
					Registrar solicitud.	
5	Gestión de inventario	36	200	Como administrador, deseo gestionar el inventario de reactivos y materiales, para mantener actualizado el stock disponible.	Notificar al administrador.	1
					Registrar entradas y salidas.	
					Generar alertas por niveles bajos.	
					Cambiar estado del laboratorio (disponible, mantenimiento, etc.).	
					Asociar devolución con la reserva correspondiente.	

6	Consulta de historial	28	140	Como usuario, deseo consultar mi historial de reservas y préstamos, para llevar un control de mis actividades.	Mostrar lista de reservas y préstamos del usuario.	2, 4
					Detallar fecha, estado y laboratorio o reactivo.	
					Permitir filtrado.	
					Filtrar por laboratorio o fecha.	
7	Generación de reportes	32	120	Como administrador, deseo generar reportes por usuario, fecha o laboratorio, para analizar el uso de los recursos.	Usar colores para estado de reserva (aprobada, pendiente, etc.).	2, 3, 5
					Seleccionar criterios de búsqueda.	
					Generar reportes en PDF o Excel.	
					Mostrar cantidad de reservas, préstamos y reactivos usados.	
					Incluir filtros por fecha, usuario y laboratorio.	

Requerimientos no funcionales

- Usabilidad
 - Las interfaces deben ser intuitivas, con botones, campos de entrada y tablas que mantengan coherencia visual y funcional.
 - Se deben desplegar mensajes de confirmación o advertencia al ejecutar acciones como enviar solicitudes, editar registros o eliminar datos.
- Disponibilidad
 - El sistema debe estar disponible al menos el 99% del tiempo, salvo durante periodos planificados de mantenimiento. La alta disponibilidad es crucial, especialmente durante periodos académicos intensivos.
- Rendimiento
 - Las consultas a la base de datos y las acciones de carga de información deben ejecutarse en tiempos aceptables para el usuario, incluso en escenarios de alta concurrencia. Para este sistema, se establece como criterio que:
 1. El tiempo de respuesta promedio para operaciones básicas (consultas, registros, actualizaciones) no debe superar los 2 segundos en condiciones normales.
 2. Este parámetro se verificará durante la fase de pruebas funcionales, utilizando los mecanismos de monitoreo disponibles en el entorno de desarrollo y ejecución.
 3. Se considerará aceptable una leve variación en el tiempo de respuesta cuando se realicen múltiples operaciones simultáneas, siempre que no se comprometa la estabilidad general del sistema.

Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales del sistema fueron definidos en colaboración directa con los usuarios finales, asegurando que cada funcionalidad responda a una necesidad real dentro del contexto operativo de los laboratorios de la ECAA. Este proceso permitió estructurar una solución alineada con los flujos de trabajo actuales, garantizando la pertinencia y usabilidad del sistema.

La Tabla 6 presenta el listado completo de los requerimientos funcionales identificados, los cuales constituyen la base para el desarrollo y validación de cada módulo del sistema.

Tabla 6 Requerimientos funcionales

N.º	Requerimiento funcional
1	El sistema debe permitir a los usuarios iniciar sesión según su rol.
2	Los usuarios podrán solicitar reservas de laboratorio indicando fecha, hora y tipo de actividad.
3	El administrador podrá aprobar o rechazar dichas solicitudes.
4	El sistema debe permitir registrar y aprobar préstamos de reactivos.
5	Los usuarios podrán consultar el estado de sus solicitudes y préstamos anteriores.
6	El administrador podrá gestionar el inventario de reactivos: ingresar, editar, eliminar y ver alertas de stock crítico.
7	El sistema generará reportes por laboratorio, usuario y fecha.
8	Se deben generar alertas automáticas cuando un reactivo alcance un nivel mínimo.
9	El sistema debe registrar el historial completo de cada laboratorio, préstamo y reserva.

Una vez identificadas las historias de usuario iniciales, se llevó a cabo un proceso de análisis y refinamiento con el propósito de descomponer y detallar cada funcionalidad de forma más precisa y accionable. Este proceso resulta fundamental dentro del marco de metodologías ágiles como Scrum, ya que permite transformar requerimientos generales en elementos específicos, comprensibles y técnicamente viables para el equipo de desarrollo. Durante esta etapa, se definieron aspectos clave como el alcance de cada historia, los criterios de aceptación, las condiciones de validación y posibles restricciones técnicas o funcionales.

La Tabla 7 sintetiza los resultados de esta etapa de refinamiento, presentando una versión estructurada, detallada y validada de las historias de usuario. Esta documentación sirvió como insumo directo para la planificación del desarrollo, la estimación de tiempos y la ejecución de pruebas funcionales, asegurando que cada módulo construido cumpla con los requerimientos definidos y aporte valor real a los distintos perfiles de usuario del sistema.

Tabla 7 Análisis y refinamiento de las historias de usuario

PRIORIDAD	NUMERO DE HISTORIAS DE USUARIO	ID DE TAREA	TAREAS	HORAS – ESFUERZO
200	2	T2-1	Diseño y generación de estructura de base de datos de solicitud de reserva de laboratorios	4
		T2-2	Diseñar interfaz de wizard con los pasos a seguir para la reserva.	12
		T2-3	Diseñar componente de selección laboratorios	8
		T2-4	Diseñar componentes de selección de horarios	8
		T2-5	Diseñar componente de resumen y confirmación de reserva	8
200	5	T5-1	Diseñar y generar estructura de datos para el módulo de gestión de reactivos e insumos	4
		T5-2	Diseñar interfaz de componente de visualización de reactivos e insumos	12
		T5-3	Diseñar interfaz de componente de registro de reactivos e insumos	12
		T5-4	Configuración y envío de alerta de stock bajo	8
180	4	T4-1	Diseño y generación de estructura de base de datos de solicitud de reserva de reactivos	8
		T4-2	Diseñar componentes de selección de reactivos insumos y equipos	12
		T4-3	Diseñar componente de resumen y confirmación de reserva	8
		T4-4	Notificar de nueva solicitud al administrador	8
160	3	T3-1	Diseñar y generar estructura de datos para el módulo de aprobaciones	8
		T3-2	Diseñar interfaz de componente de visualización de reserva	12
		T3-3	Diseñar interfaz de aprobación /rechazo de solicitudes de reserva	8
		T3-4	Envío notificación del estado de la reserva	8
140	6	T6-1	Diseño e implementación de componente para mostrar historial de reservas del usuario	8
		T6-2	Diseño e implementación de componente para mostrar detalle de una reserva	12
		T6-3	Pruebas de funcionamiento	8
120	1	T1-1	Diseñar interfaz de autenticación con usuario y contraseña	8
		T1-2	Realizar pruebas de validación del interfaz de login	8
100	7	T7-1	Diseñar e implementar componente de visualización de reporte	12
		T7-2	Diseñar e implementar componente de filtrado	8
		T7-3	Diseñar e implementar componente de exportación en PDF o Excel	12

Una vez definido el Product Backlog, con la estimación del esfuerzo y la prioridad asignada a cada historia de usuario, se estructuró su desarrollo en 5 sprints, cada uno con una duración de dos semanas. Para la planificación se consideró una jornada de trabajo de 5 días a la semana, con 6 horas diarias, lo que representa:

- **Duración de cada sprint:** 2 semanas = 10 días hábiles
- **Velocidad de desarrollo por sprint:** 60 horas

Aunque varias tareas fueron estimadas con una duración menor a 16 horas, cada historia de usuario está compuesta por múltiples tareas técnicas que, en conjunto, representan un esfuerzo considerable. Además, se incorporaron actividades complementarias propias de la metodología ágil, como pruebas, revisiones, ajustes, validaciones y reuniones de seguimiento.

Con base en el análisis de las funcionalidades priorizadas y el refinamiento de las historias de usuario, se realizó una redistribución de tareas por sprint, con el propósito de equilibrar tanto la complejidad como la carga de trabajo en cada iteración. Esta planificación busca optimizar los tiempos de desarrollo y asegurar entregables funcionales al final de cada ciclo.

La Tabla 8 muestra la nueva distribución de tareas por sprint, considerando los módulos clave del sistema, el esfuerzo estimado y la secuencia lógica de implementación.

Tabla 8 Distribución de sprints

Sprint	Tareas asignadas
1	T1-1, T1-2, T2-1, T2-2, T2-3, T2-4, T2-5
2	T3-1, T3-2, T3-3, T3-4, T4-1, T4-2
3	T4-3, T4-4, T5-1, T5-2, T5-3, T5-4, T6-1
4	T6-2, T6-3, T7-1, T7-2, T7-3
5	Ajustes y Refinamiento

Una vez completadas las iteraciones correspondientes a cada sprint, se procedió a evaluar continuamente los avances y resultados obtenidos. Durante todo el proceso, se trabajó con rigor y compromiso, aplicando buenas prácticas de desarrollo ágil y asegurando que cada funcionalidad se implementara conforme a los requisitos establecidos. Cada componente fue diseñado, probado y ajustado con el objetivo de garantizar la calidad del producto y el cumplimiento de los objetivos propuestos en cada sprint.

2.4 Fase 2: Diseño

En esta fase se priorizó la simplicidad y claridad del diseño, tanto en términos funcionales como técnicos. El objetivo principal fue definir una arquitectura comprensible, eficiente y escalable, que facilitara la implementación progresiva del sistema durante los sprints. Se diseñaron diagramas de base de datos, esquemas de interacción entre componentes, y una estructura modular centrada en la lógica del negocio, permitiendo una gestión eficaz de los laboratorios, reservas y reactivos.

2.4.1 Implementación de la lógica del negocio

El sistema implementado corresponde a un módulo único e integral para la gestión de laboratorios químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE Ibarra. Su lógica de negocio fue diseñada con base en los procesos operativos reales y estructurada según los perfiles de usuario: administrador y usuario general (docente o estudiante).

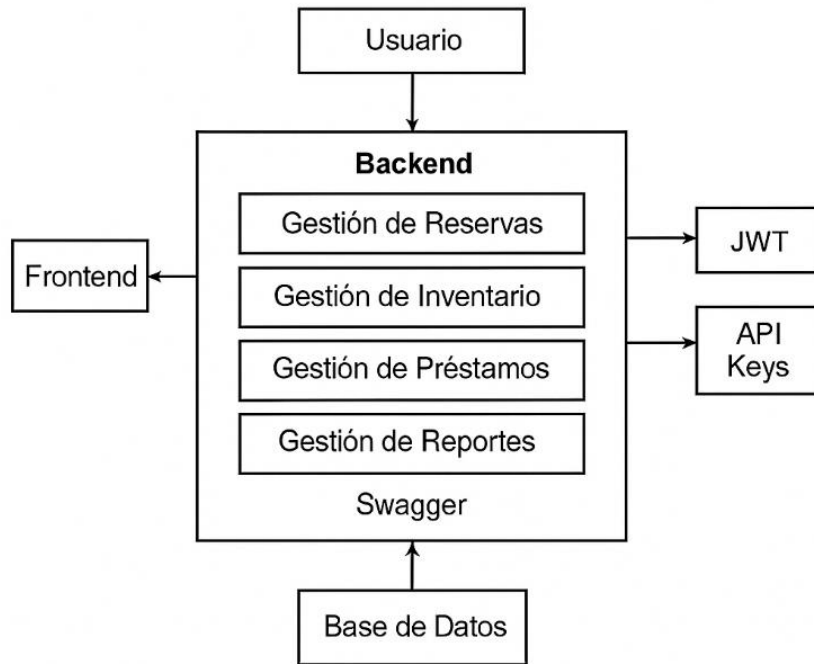
El módulo permite gestionar aspectos clave como la reserva y disponibilidad de laboratorios, el préstamo de reactivos, la gestión de inventario, y la generación de reportes administrativos. Las acciones disponibles para cada perfil fueron definidas a partir del levantamiento de requerimientos y se reflejan en los casos de uso presentados en este capítulo.

La implementación se basa en principios de modularidad, trazabilidad y control de acceso, asegurando que cada funcionalidad responda a las necesidades específicas del perfil que la utiliza, y manteniendo la integridad de los procesos académicos y administrativos relacionados con los laboratorios.

En conjunto, esta lógica de negocio no solo automatiza procesos anteriormente manuales, sino que también mejora la eficiencia operativa, reduce los márgenes de error y fortalece la gestión académica y administrativa de los laboratorios, constituyéndose en una herramienta estratégica para la toma de decisiones dentro de la institución.

2.4.2 Arquitectura del sistema

Ilustración 1 Arquitectura del sistema



La Ilustración 1 representa la arquitectura general del Sistema de Administración de Laboratorios Químicos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra. El diagrama muestra la relación entre los distintos componentes del sistema: el usuario interactúa con el frontend, el cual se comunica con el backend para gestionar las funcionalidades principales como reservas, inventario, préstamos y reportes. A su vez, el backend se conecta con la base de datos para almacenar y recuperar información, y utiliza herramientas como JWT y API Keys para garantizar la seguridad y autenticación de los usuarios. Además, se implementa Swagger como mecanismo de documentación interactiva para facilitar la comprensión y uso de los servicios web.

2.4.3 Casos de uso del sistema web

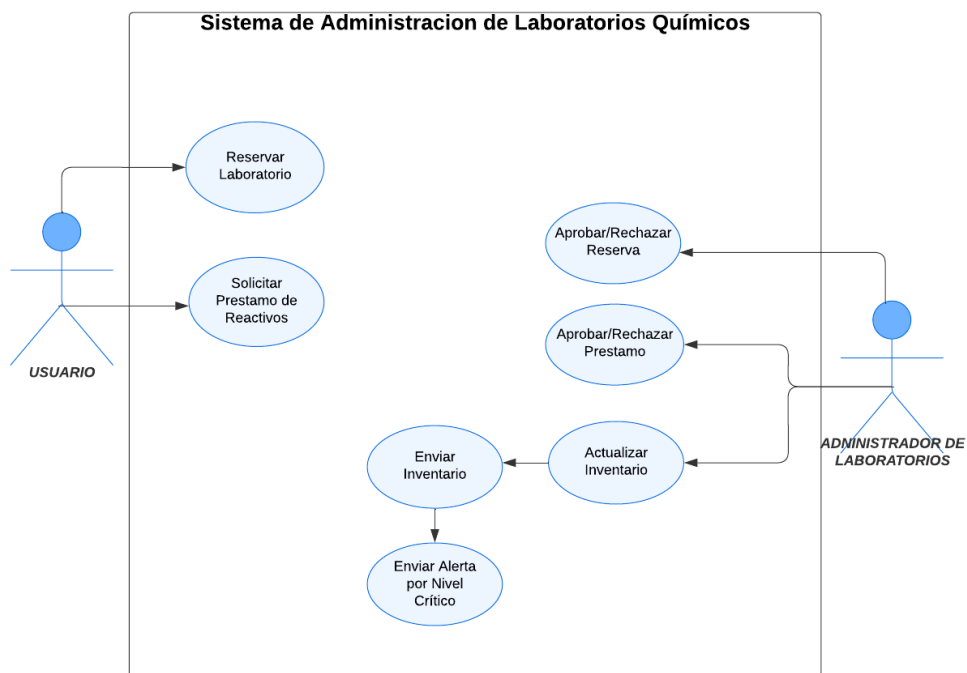
Con el objetivo de representar de forma clara y estructurada las funcionalidades y el comportamiento del sistema propuesto, se desarrollaron diagramas de casos de uso, los cuales permiten identificar las interacciones entre los actores y las funcionalidades del sistema.

El diagrama de casos de uso constituye una herramienta esencial para visualizar los requerimientos funcionales, facilitar la comunicación con los usuarios finales y sentar las

bases para el diseño técnico del sistema. En este caso, se identificaron dos actores principales: Usuario (que puede ser un estudiante o docente) y Administrador del laboratorio.

Las funcionalidades modeladas abarcan desde la solicitud y consulta de reservas, hasta el registro de préstamos, devoluciones, gestión de inventario y generación de reportes. Estos casos de uso reflejan los principales procesos administrativos y operativos involucrados en la gestión de los laboratorios químicos de la ECAA.

Ilustración 2 Diagrama casos de uso



La Ilustración 2 muestra el diagrama de casos de uso del Sistema de Administración de Laboratorios Químicos y Préstamo de Reactivos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra. Este modelo representa de manera visual las interacciones esenciales entre los actores principales y los procesos clave del sistema, facilitando la comprensión de las funcionalidades involucradas en la gestión de laboratorios y el control de reactivos.

Actores principales:

- **Usuario (estudiante o docente):** representa al usuario final del sistema, quien puede reservar laboratorios y solicitar préstamos de reactivos para realizar actividades académicas o de investigación.
- **Administrador de Laboratorios:** es el responsable de aprobar o rechazar solicitudes, así como de actualizar el inventario y gestionar las alertas del sistema asociadas al uso de los reactivos.

Casos de uso principales:

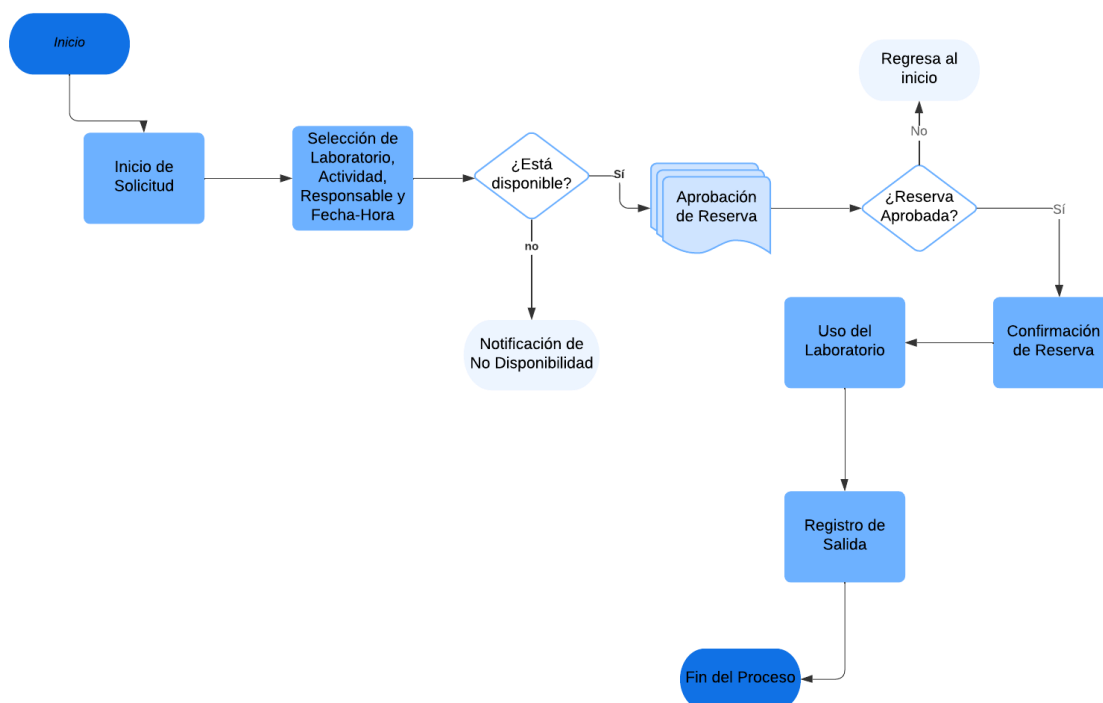
1. **Reservar Laboratorio:** permite a los usuarios registrar una solicitud de uso de laboratorio para prácticas o experimentos. Esta operación queda registrada en el sistema para ser gestionada por el administrador.
2. **Solicitar Préstamo de Reactivos:** los usuarios pueden pedir reactivos específicos necesarios para sus actividades. Estas solicitudes son evaluadas por el administrador para su aprobación o rechazo.
3. **Aprobar/Rechazar Reserva / Préstamo:** el administrador analiza cada solicitud ingresada y, en función de la disponibilidad y políticas del laboratorio, decide aprobar o rechazar la petición. Este proceso garantiza la trazabilidad y el uso adecuado de los recursos del laboratorio.
4. **Actualizar Inventario:** Este caso de uso permite registrar los cambios en las cantidades de reactivos, ya sea por salida (préstamo) o por devolución. La actualización puede realizarse de dos maneras:
 - Automáticamente, cuando se aprueba una solicitud o se registra una devolución en el sistema.
 - Manualmente, por el administrador, en casos especiales como correcciones o ajustes de stock.

Este proceso garantiza que el inventario refleje en todo momento el estado real de los insumos, fortaleciendo la trazabilidad y el control de existencias.

5. **Enviar Alerta por Nivel Crítico de Inventario:** cuando el sistema detecta que un reactivo ha alcanzado un umbral mínimo configurado, genera automáticamente una alerta dirigida al administrador para iniciar el proceso de reposición. Esta

función es automática y se activa desde el caso de uso de actualización de inventario.

Ilustración 3 Diagrama de procesos reserva de laboratorios



La Ilustración 3 muestra el flujo de trabajo del Sistema de Administración de Laboratorios Químicos de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE Ibarra. Este diagrama de procesos detalla cada paso involucrado en la solicitud, evaluación, uso y cierre de una reserva de laboratorio, con el objetivo de garantizar la disponibilidad organizada de espacios y el cumplimiento de protocolos operativos y académicos.

Explicación de los pasos del proceso

1. Inicio de Solicitud

El proceso se inicia cuando un usuario (estudiante o docente) accede al sistema para solicitar la reserva de un laboratorio. Esta acción da paso a un flujo estructurado de validaciones.

2. Selección de Laboratorio, Actividad, Responsable y Fecha-Hora

El usuario debe especificar el laboratorio requerido, el tipo de actividad a realizar, la persona responsable y el horario deseado. Esta información es clave para verificar la disponibilidad del espacio solicitado.

3. **¿Laboratorio Disponible?**

El sistema evalúa si el laboratorio está libre para la fecha y hora seleccionadas:

- **Si está disponible**, la solicitud avanza hacia el proceso de aprobación.
- **Si no está disponible**, se genera una notificación de no disponibilidad y el proceso finaliza o se reinicia.

4. **Aprobación de Reserva**

El administrador de laboratorios revisa la solicitud para validar que cumple con los criterios institucionales, técnicos y de seguridad. Esta etapa garantiza una adecuada planificación del uso de los espacios.

5. **¿Reserva Aprobada?**

El sistema realiza una nueva bifurcación:

- **Si es aprobada**, se confirma la reserva al usuario y se agenda el laboratorio.
- **Si es rechazada**, el usuario es notificado y puede iniciar nuevamente el proceso si lo desea.

6. **Confirmación de Reserva**

Una vez aprobada, el sistema emite una confirmación formal. La reserva queda registrada y reflejada en el calendario de disponibilidad del laboratorio.

7. **Uso del Laboratorio**

En la fecha indicada, el usuario accede al laboratorio para realizar la actividad previamente registrada. Esta fase representa la ejecución real del objetivo de la reserva.

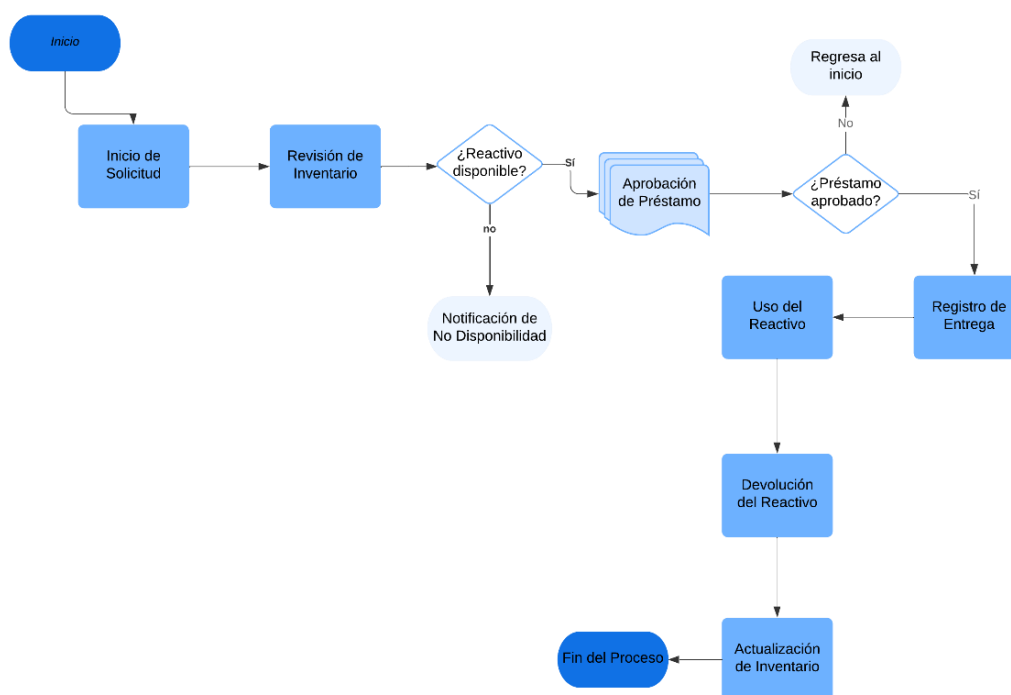
8. **Registro de Salida**

Al finalizar el uso del laboratorio, el administrador realiza un registro de salida que puede incluir observaciones sobre el estado del espacio, el cumplimiento del horario y cualquier incidente ocurrido.

9. **Fin del Proceso**

Con el registro de salida completado, el sistema cierra formalmente el ciclo de reserva, dejando el laboratorio disponible nuevamente para futuras solicitudes.

Ilustración 4 Diagrama de procesos reserva de insumos



La ilustración 3 muestra el flujo de trabajo del sistema de administración de laboratorios químicos y préstamo de reactivos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE Ibarra. Este diagrama de procesos detalla cada paso involucrado en la solicitud, aprobación, uso y devolución de los reactivos dentro del sistema, con el objetivo de garantizar un control riguroso y la disponibilidad continua de insumos.

Explicación de los pasos del proceso

1. Inicio de Solicitud

El proceso comienza cuando un usuario (como un estudiante o docente) inicia una solicitud para el préstamo de un reactivo. Esto desencadena una serie de revisiones y aprobaciones para asegurar que el reactivo esté disponible y que el préstamo sea seguro.

2. Revisión de Inventario

Una vez recibida la solicitud, el sistema revisa el inventario de reactivos para verificar si el reactivo solicitado está disponible. Este paso es crucial para asegurar la eficiencia en la gestión del stock y la satisfacción de las necesidades académicas.

3. ¿Reactivo Disponible?

En este punto, el sistema toma una decisión basada en el inventario:

- Si el reactivo está disponible, el proceso pasa a la siguiente etapa: aprobación de la solicitud.
- Si el reactivo no está disponible, el sistema envía una notificación de no disponibilidad al usuario y termina el proceso en ese punto.

4. Aprobación de Préstamo:

La solicitud pasa a un proceso de aprobación donde el administrador del laboratorio evalúa el propósito y la seguridad del préstamo. Esta revisión asegura que se cumplan los protocolos de seguridad y se utiliza el reactivo de manera responsable.

5. ¿Préstamo Aprobado?:

Aquí se realiza otra verificación:

- Si la solicitud es aprobada, el usuario puede proceder a utilizar el reactivo.
- Si no es aprobada, el proceso finaliza y el usuario es notificado de que su solicitud fue denegada, regresando al inicio del proceso si desea hacer otra solicitud.

6. Registro de Entrega:

Una vez aprobado el préstamo, se registra la entrega del reactivo al usuario. Este registro incluye detalles sobre el tipo de reactivo, la cantidad y el usuario que lo recibe, facilitando la trazabilidad del uso.

7. Uso del Reactivo:

En esta etapa, el usuario emplea el reactivo para su propósito académico o investigativo. Este paso es temporal y se completa con la devolución del reactivo.

8. Devolución del Reactivo:

Al finalizar el uso, el usuario debe devolver el reactivo al laboratorio. Este paso es obligatorio y permite mantener un inventario actualizado y disponible para otros usuarios.

9. Actualización de Inventario:

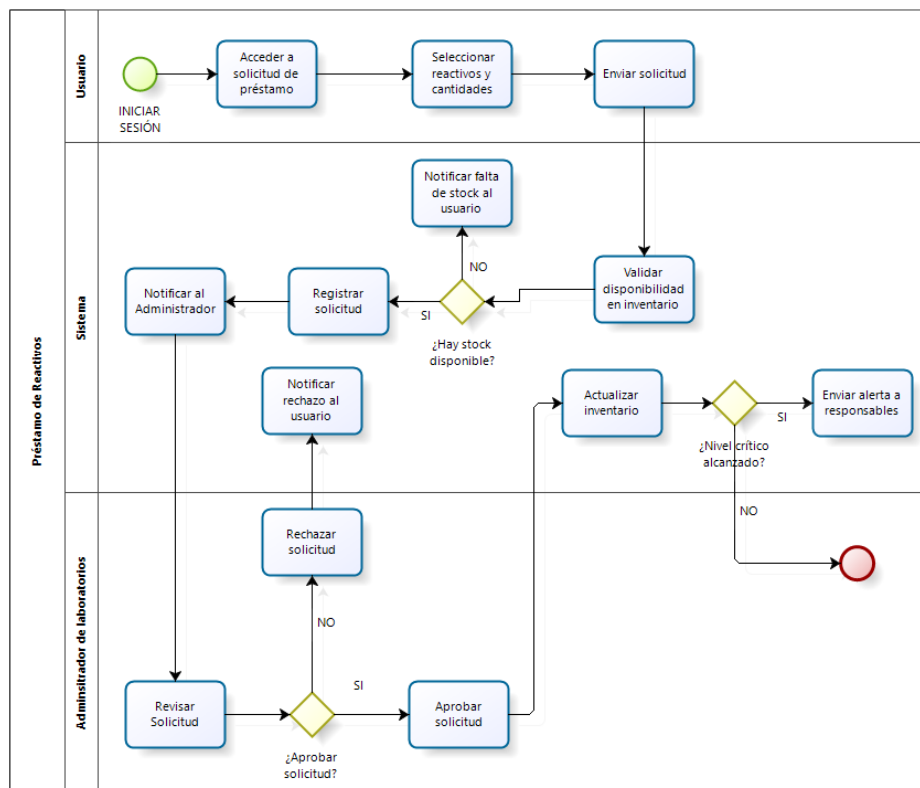
Tras la devolución, el sistema actualiza automáticamente el inventario, reflejando los cambios en la cantidad disponible del reactivo. Esta actualización es clave para asegurar la precisión del inventario y facilitar futuros préstamos.

10. Fin del Proceso:

Con la actualización del inventario, el proceso finaliza. El sistema está preparado para recibir nuevas solicitudes de préstamo y repetir el flujo de trabajo.

2.4.4. Diseño del sistema

Ilustración 5 Diagrama de actividades préstamo de reactivos



La Ilustración 5 representa el flujo de actividades del proceso de préstamo de reactivos dentro del sistema de gestión de laboratorios. Este proceso inicia con el acceso del usuario

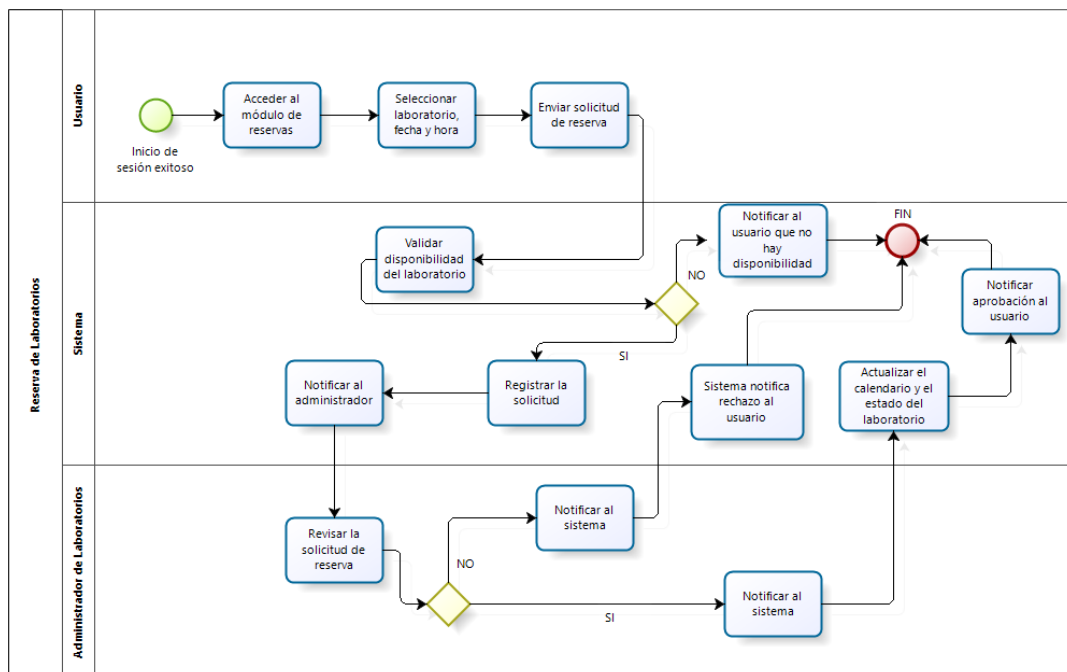
autenticado al sistema, quien procede a ingresar una solicitud especificando los reactivos requeridos y sus respectivas cantidades. Una vez enviada la solicitud, el sistema valida la disponibilidad de los reactivos en el inventario.

Si no existe suficiente stock, el sistema notifica al usuario sobre la falta de disponibilidad. En caso contrario, se actualiza el inventario y se verifica si el nivel de stock ha alcanzado un valor crítico. Si se cumple esta condición, se envía una alerta a los responsables del laboratorio para que tomen las medidas pertinentes.

Posteriormente, la solicitud registrada es enviada al administrador del laboratorio, quien tiene la responsabilidad de revisarla y determinar su aprobación o rechazo. Si la solicitud es rechazada, el sistema notifica al usuario. Si se aprueba, el proceso concluye exitosamente y el sistema finaliza el flujo.

Este diagrama refleja la interacción entre el usuario, el sistema y el administrador, garantizando el control del inventario, la trazabilidad de las solicitudes y la gestión oportuna de los recursos críticos.

Ilustración 6 Diagrama de actividades reserva de laboratorios



La Ilustración 6 muestra el diagrama de actividades correspondiente al proceso de reserva de laboratorios dentro del sistema. Este proceso se inicia cuando un usuario accede exitosamente al sistema y navega hacia el módulo de reservas, donde procede a

seleccionar el laboratorio deseado junto con la fecha y hora requeridas. Posteriormente, se envía la solicitud al sistema para su validación.

El sistema verifica la disponibilidad del laboratorio en la fecha y hora solicitadas. Si no existe disponibilidad, el usuario es notificado y el proceso finaliza. En caso contrario, se registra la solicitud y se notifica al administrador responsable.

El administrador revisa la solicitud de reserva. Si considera que esta no debe aprobarse, el sistema notifica el rechazo al usuario y se termina el proceso. En caso de que la solicitud sea aprobada, se actualiza el estado del laboratorio y el calendario correspondiente. Finalmente, el sistema notifica la aprobación de la solicitud al usuario.

Este diagrama detalla la secuencia de acciones y decisiones implicadas en la reserva de laboratorios, estableciendo claramente la interacción entre usuario, sistema y administrador. Además, permite evidenciar el control de disponibilidad y la trazabilidad de solicitudes, aspectos fundamentales para una gestión eficiente de espacios en entornos académicos.

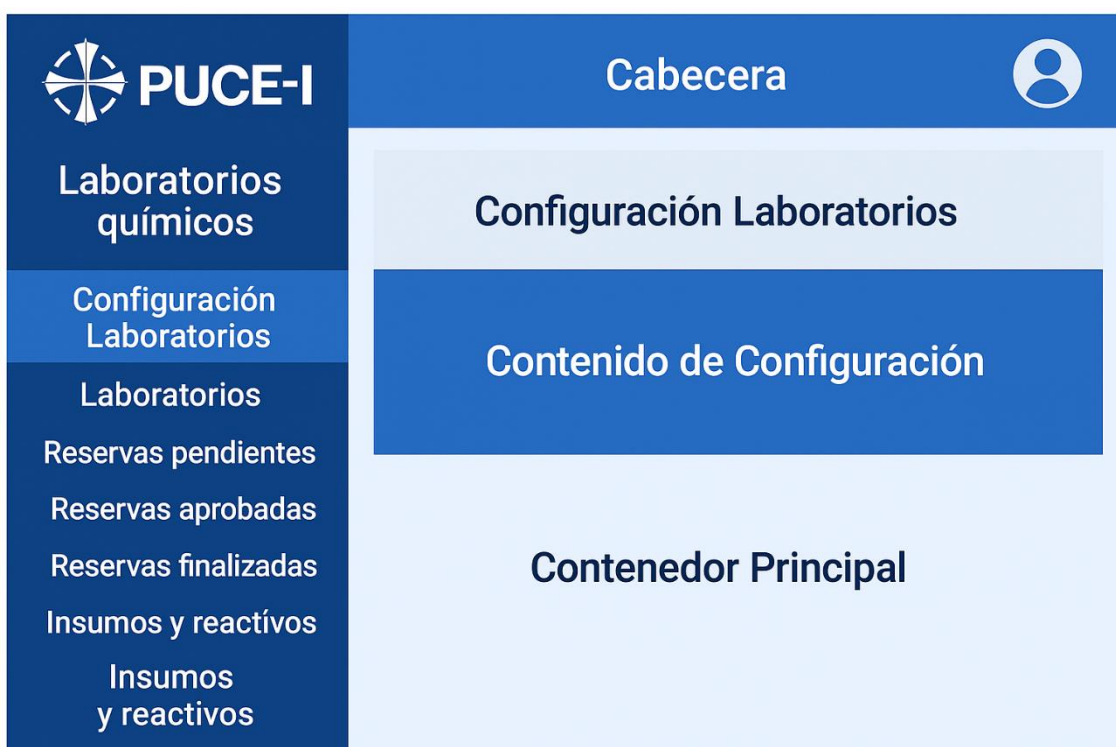
2.4.5 Diseño de la interfaz

Para el desarrollo del sistema web de administración de laboratorios químicos, se elaboró un prototipo inicial de la interfaz principal, el cual cumplió un rol fundamental como guía estructural y visual en la construcción de los distintos módulos del sistema. Este diseño preliminar no solo permitió definir la distribución de los elementos clave de la plataforma como la cabecera, barra lateral de navegación, áreas informativas y el contenedor principal de contenido, sino que también facilitó la validación temprana de la experiencia de usuario (UX) por parte de los actores involucrados.

El proceso de diseño estuvo orientado por principios de usabilidad y accesibilidad, priorizando una interfaz clara, coherente y funcional que permitiera a los usuarios interactuar con el sistema de forma intuitiva. Se cuidaron aspectos como la jerarquía visual, la consistencia entre vistas y la reducción de la carga cognitiva para el usuario final, lo cual resulta especialmente importante en contextos académicos donde los usuarios pueden tener distintos niveles de familiaridad con herramientas tecnológicas.

Además, el diseño de la interfaz sirvió como puente entre los requerimientos funcionales y su posterior implementación técnica, al traducir necesidades expresadas en el levantamiento de requerimientos en componentes visuales concretos. Este enfoque permitió detectar oportunidades de mejora desde etapas tempranas del desarrollo y asegurar que la plataforma respondiera de manera efectiva a las expectativas del administrador y de los usuarios docentes o estudiantiles.

Ilustración 7 Diseño interfaz

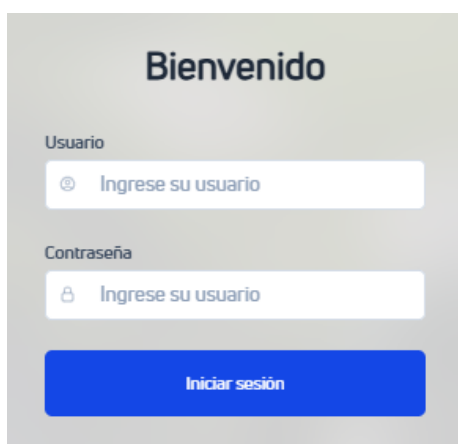


La Ilustración 7 presenta el diseño de la interfaz principal del Sistema de Administración de Laboratorios Químicos desarrollado para la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE sede Ibarra. Este esquema representa la estructura visual general del sistema, donde se organizan los módulos principales como la configuración de laboratorios, gestión de reservas, administración de insumos y visualización del contenido central. La interfaz fue diseñada para garantizar una navegación clara, intuitiva y acorde con la identidad visual institucional.

2.5 Base de Datos

La base de datos, representada en la Ilustración 8, fue diseñada utilizando un enfoque relacional que permite la gestión estructurada y eficiente de las reservas de laboratorio y

Ilustración 9 Interfaz gráfica: Iniciar sesión



La imagen muestra una interfaz de usuario para iniciar sesión. El fondo es gris claro. En la parte superior, el texto "Bienvenido" está centrado en una fuente sans-serif. Debajo, hay dos campos de entrada de texto. El primer campo está etiquetado "Usuario" y contiene el texto "Ingrese su usuario" con un ícono de ojo cerrado a la izquierda. El segundo campo está etiquetado "Contraseña" y también contiene "Ingrese su usuario" con un ícono de ojo cerrado a la izquierda. Debajo de estos campos hay un botón rectangular azul con el texto "Iniciar sesión" en blanco.

En cuanto a la implementación técnica, esta interfaz fue construida utilizando componentes de Nuxt UI y estilos personalizados con Tailwind CSS, lo que permite una visualización responsiva y coherente con el resto del sistema

2.7 Fase 3: Codificación

Cada funcionalidad fue desarrollada e integrada siguiendo una metodología iterativa e incremental, permitiendo al equipo revisar el funcionamiento del sistema en cada Sprint, comprobar su adecuación con los casos de uso definidos y garantizar su calidad antes de avanzar a nuevas etapas. Este proceso incluyó la codificación de interfaces, lógica de negocio y conexión con la base de datos, priorizando la eficiencia, seguridad y experiencia del usuario.

2.8 Herramientas de desarrollo

Para el desarrollo del sistema de administración de laboratorios químicos, se seleccionaron tecnologías y herramientas que respondieran a criterios de rendimiento, escalabilidad, seguridad y mantenibilidad. A continuación, se detallan los principales componentes utilizados en la construcción del sistema, tanto en el lado del cliente como en el del servidor. A continuación, se describen las principales herramientas empleadas:

2.8.1 Lenguajes de programación

- **TypeScript:** Se eligió TypeScript como lenguaje de programación principal debido a sus múltiples beneficios en proyectos de mediana y gran escala. Su sistema de tipado estático permite detectar errores en tiempo de compilación, mejorar la legibilidad del código y facilitar el mantenimiento. Además,

TypeScript favorece la colaboración en equipo al proporcionar una base más robusta y estructurada para el desarrollo de aplicaciones web.

2.8.2 Frameworks de desarrollo

Se emplearon frameworks modernos para facilitar el desarrollo y estructuración del sistema tanto en frontend como en backend.

- **Frontend – Vue.js y Nuxt.js:** Vue.js fue elegido por ser un framework progresivo, ligero y de fácil integración que permite desarrollar interfaces interactivas y modulares. Este fue complementado con Nuxt.js, una herramienta basada en Vue que optimiza el rendimiento mediante renderizado del lado del servidor (SSR), manejo automático de rutas y generación de aplicaciones estáticas. Esta combinación permitió una experiencia de usuario fluida y veloz.
- **Backend – NestJS:** Para el desarrollo del servidor se utilizó NestJS, un framework basado en Node.js y TypeScript que permite estructurar aplicaciones de forma escalable, aplicando principios de programación orientada a objetos y arquitectura en capas. Gracias a su compatibilidad con TypeORM, se facilitó la implementación de controladores, servicios, validaciones y lógica de negocio en una API RESTful robusta.

2.8.3 Base de Datos (BackEnd)

- **PostgreSQL:** Para la gestión de los datos del sistema se empleó PostgreSQL como sistema gestor de base de datos relacional, seleccionado por su robustez, rendimiento y cumplimiento de los principios ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad). Esta herramienta permitió estructurar la información de manera segura y eficiente, garantizando la integridad y trazabilidad de los datos, incluso en entornos con alta concurrencia.
- **Endpoints y API RESTful:** La comunicación entre la base de datos y el frontend se realizó a través de una API RESTful desarrollada con NestJS, que expone un conjunto de endpoints organizados según los recursos del sistema (usuarios, laboratorios, reservas, materiales, etc.). Estos endpoints permiten realizar operaciones CRUD (crear, leer, actualizar y eliminar) mediante solicitudes HTTP estructuradas y seguras.

- **Swagger:** Para documentar y facilitar el consumo de la API, se integró Swagger, una herramienta que permite generar documentación técnica interactiva. A través de Swagger, se definieron los detalles de cada endpoint (rutas, métodos, parámetros, respuestas esperadas, códigos de estado, etc.), lo que facilita la comprensión del sistema por parte de los desarrolladores y permite realizar pruebas de integración directamente desde la interfaz.

2.8.4 Seguridad y Autenticación

Para garantizar un acceso seguro y controlado a las funcionalidades del sistema, se implementaron mecanismos de autenticación y protección de rutas sensibles:

- **API Keys:** Se utilizaron para restringir el acceso a ciertas rutas críticas del sistema. Este mecanismo permite validar que las solicitudes provienen de fuentes autorizadas, protegiendo así operaciones administrativas o internas del sistema.
- **JWT (JSON Web Tokens):** Se integraron para gestionar la autenticación y autorización de usuarios mediante tokens firmados digitalmente. Esta técnica permite verificar la identidad del usuario en cada solicitud, mantener sesiones seguras y garantizar la integridad de los datos transmitidos en la comunicación entre el cliente y el servidor.

2.8.5 Control de versiones y gestión del proyecto

Durante el desarrollo del sistema, se implementaron herramientas especializadas que permitieron mantener un flujo de trabajo organizado, colaborativo y controlado, aspectos esenciales en entornos de desarrollo ágil.

- **Jira:** Para la planificación y seguimiento del proyecto se empleó la herramienta Jira, la cual permitió aplicar de manera estructurada la metodología ágil Scrum. Esta plataforma facilitó la organización de tareas mediante tableros y backlogs, la definición clara de historias de usuario, y la gestión del trabajo en ciclos de desarrollo iterativos o sprints.
- **Git:** Se utilizó Git como sistema de control de versiones distribuido, el cual permitió llevar un historial detallado de los cambios realizados en el código fuente del proyecto. Gracias a su estructura basada en ramas, fue posible desarrollar nuevas funcionalidades de forma paralela, sin afectar la versión estable del

sistema. Esto facilitó la detección temprana de errores, la integración continua y el trabajo colaborativo entre los miembros del equipo, asegurando coherencia y trazabilidad en cada etapa del desarrollo. Además, Git ofreció mecanismos de reversión en caso de errores, y permitió una integración efectiva con plataformas de despliegue y revisión de código.

2.8.6 Rama de desarrollo

Se utilizaron dos ramas principales para la gestión del código fuente:

- **Rama Principal:** Contiene la versión estable y validada del sistema, lista para su despliegue en entornos de producción. Esta rama representa el estado funcional del proyecto, libre de errores conocidos y con todas las funcionalidades integradas y probadas.
- **Rama de Desarrollo:** En esta rama se llevaron a cabo las tareas de codificación, modificaciones, ajustes y se implementaron nuevas funcionalidades. Una vez que las funcionalidades estuvieron completas y probadas, se fusionaron los cambios a la rama principal.

2.9 Definición de pruebas funcionales

En esta sección se presenta la planificación de las pruebas funcionales destinadas a verificar que cada una de las funcionalidades del sistema cumpla con los requerimientos definidos en las historias de usuario. Los casos de prueba fueron diseñados considerando distintos escenarios posibles tanto esperados como excepcionales, con el objetivo de asegurar que el sistema responda de manera adecuada ante diferentes condiciones de uso. A continuación, se presenta la tabla con los casos de prueba con resultados esperados:

Tabla 9 Casos de prueba funcionales

Módulo	Funcionalidad Evaluada	Resultado Esperado
Login	Ingreso por rol	El sistema valida credenciales y permite el acceso según el rol (administrador, docente, estudiante). Si las credenciales son inválidas, muestra mensaje de error.
Reservas	Solicitar reserva	El sistema verifica disponibilidad del laboratorio; si está disponible, registra la solicitud y notifica. Si no lo está, impide la reserva e informa al usuario.
Aprobación	Aprobar/rechazar solicitud	El sistema actualiza el estado de la solicitud, guarda observaciones si se ingresa alguna, y notifica al solicitante. Impide responder solicitudes ya atendidas.
Reactivos	Solicitar préstamo	El sistema verifica existencia de reactivos. Si hay stock suficiente, registra la solicitud y notifica. Si no hay stock, muestra advertencia y rechaza la solicitud.

Inventario	Actualizar stock	Se permite registrar entradas y salidas. El sistema actualiza cantidades y activa alertas si el nivel de stock alcanza el mínimo crítico establecido.
Reportes	Generar reportes	El sistema genera reportes con filtros por usuario, laboratorio o fecha. Si hay datos disponibles, los presenta correctamente y permite exportarlos a PDF o Excel.

2.9.1 Definición de criterios de usabilidad

Con el fin de garantizar que la interfaz del sistema sea comprensible, intuitiva y adecuada para los distintos perfiles de usuario, se definieron criterios básicos de usabilidad. La evaluación se realizará mediante sesiones de prueba controladas con usuarios representativos, permitiendo observar el comportamiento frente a tareas comunes del sistema, y considerando las funcionalidades del módulo de laboratorios, se definieron las siguientes pruebas:

Tabla 10 Criterios de evaluación para pruebas de usabilidad

Criterio Evaluado	Resultado Esperado
Facilidad de navegación	El usuario puede desplazarse por el sistema de forma intuitiva.
Claridad en los mensajes	Los mensajes y alertas del sistema son comprensibles y útiles.
Tiempo para entender el uso	El usuario comprende el funcionamiento del sistema con mínima ayuda.
Satisfacción general del usuario	La experiencia general es positiva y adecuada al contexto académico.

2.9.2 Plan de Pruebas

Para garantizar la calidad y el correcto funcionamiento del módulo de consultoría, se definió un plan de pruebas que se ejecutó al finalizar cada sprint. Este plan de pruebas se basó en la plantilla de la Tabla 8, que permitió registrar los resultados de cada caso de prueba de forma organizada.

Tabla 11 Plan de pruebas unitarias funcionamiento del módulo de laboratorios

Prueba Nro.			
Nombre			
Descripción			
Escenario #			
Campo de Validación	Campo Entrada	Resultado Esperado	Estado
-	-	-	-
Observaciones	-		

Las pruebas del sistema se realizaron de manera manual, conforme a los casos de prueba previamente definidos en el plan de validación funcional. Cada uno de estos casos fue ejecutado cuidadosamente para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos

durante el desarrollo de los módulos, especialmente aquellos relacionados con el proceso de autenticación, gestión de reservas y control administrativo.

Los resultados obtenidos en cada prueba fueron registrados en las respectivas plantillas de validación, como se muestra en la Tabla 11, incluyendo el estado de la prueba (aprobado o en revisión), así como observaciones relevantes asociadas al comportamiento del sistema durante la ejecución.

2.9.3 Módulo de Autenticación

Prueba de Autenticación de Usuario:

- Verificar que el sistema permitía la autenticación de usuarios registrados mediante credenciales válidas.
- Verificar que el sistema denegaba el acceso cuando se ingresaban credenciales incorrectas.
- Verificar que, una vez autenticado, el sistema redirigía correctamente al usuario según su rol (administrador, docente o estudiante).
- Verificar que el token de autenticación (JWT) se generaba correctamente y se incluía en cada solicitud posterior.

2.9.4 Validación de Funcionalidades Asignadas

Prueba de Reserva de Laboratorios (flujo completo):

- Verificar que el sistema permitía seleccionar una categoría de laboratorio y que los laboratorios asociados se cargaban correctamente.
- Verificar que, al seleccionar un laboratorio, el sistema mostraba su capacidad y detalle.
- Verificar que el calendario permitía escoger solo fechas disponibles para el laboratorio seleccionado.
- Verificar que, al seleccionar una fecha válida, se mostraban los horarios disponibles para reserva.
- Verificar que el sistema permitía seleccionar un horario y completar la solicitud de reserva exitosamente.
- Verificar que, tras la reserva, el usuario visualizaba correctamente la confirmación y el resumen de su solicitud.

Prueba de Seguridad y Validación del Flujo de Reserva:

- Verificar que el sistema impedía enviar una reserva si no se había seleccionado un laboratorio válido.
- Verificar que no era posible reservar un horario ya ocupado.
- Verificar que los campos obligatorios del formulario mostraban mensajes de error en caso de estar vacíos o incorrectos.

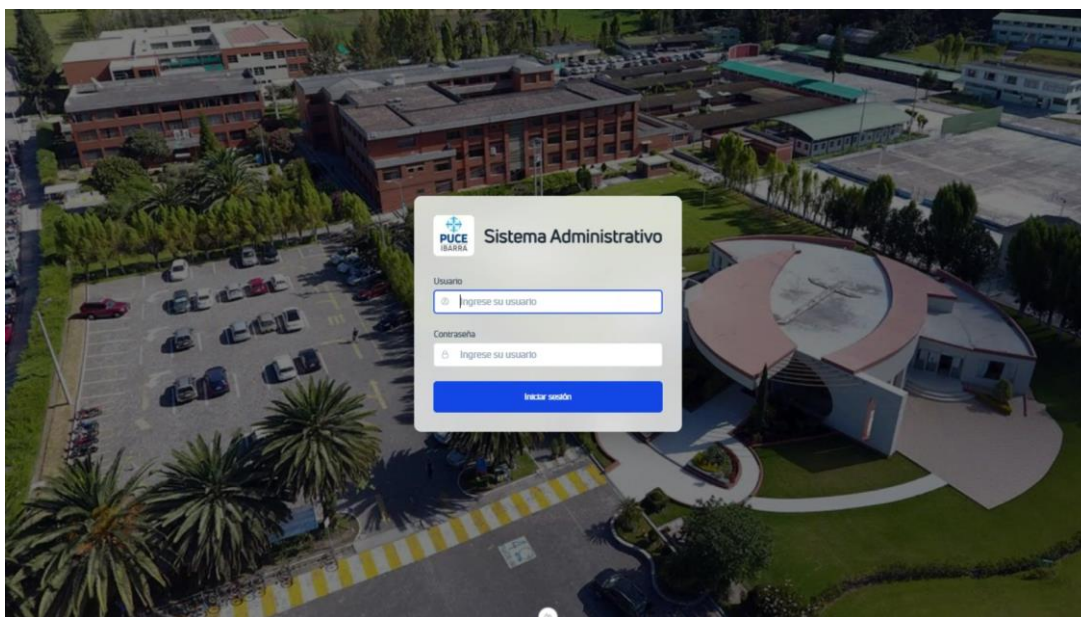
CAPITULO III

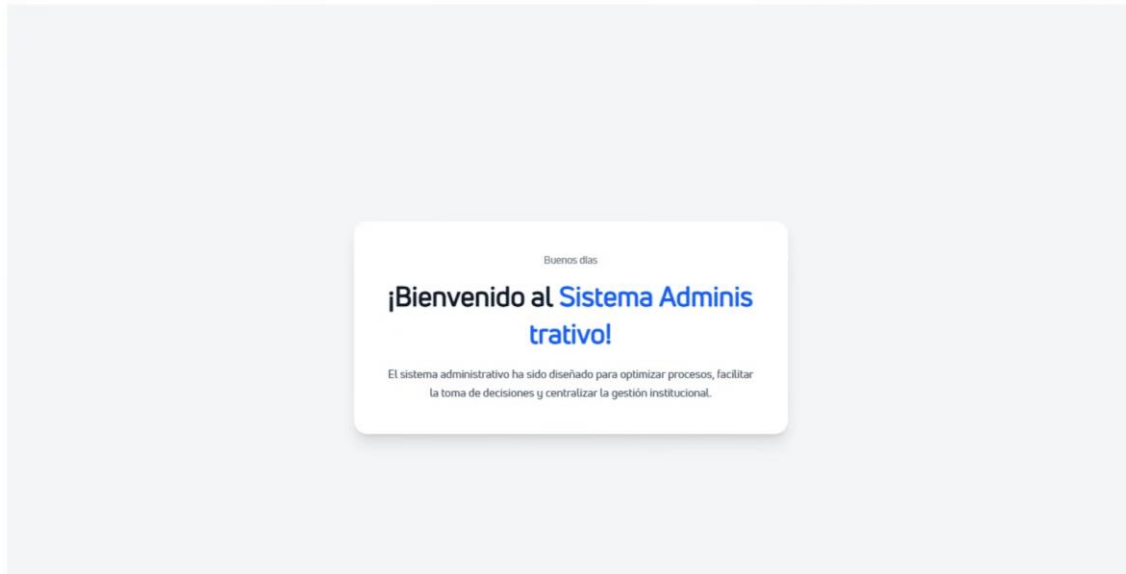
El presente capítulo expone el desarrollo técnico del sistema de administración de laboratorios químicos para la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE Ibarra, así como los resultados obtenidos a partir de su implementación y validación. Se describen las interfaces construidas, los módulos funcionales desarrollados, y las pruebas realizadas para garantizar la calidad, seguridad y usabilidad del sistema.

3.1 Interfaz Inicio de Sesión (login)

El sistema presenta una interfaz desarrollada con tecnologías modernas como Vue.js, Nuxt 3 y Nuxt UI, priorizando la experiencia del usuario (UX) mediante una navegación intuitiva, visualmente clara y compatible con dispositivos móviles. Se diseñaron pantallas específicas para cada tipo de usuario: administrador, docente y estudiante, respetando jerarquías visuales, principios de accesibilidad y flujos lógicos de trabajo.

Ilustración 10 Login módulo de laboratorios





Cabe recalcar que al ser un módulo a implementa al sistema administrativo PUCE Sede Ibarra, se usará el Directorio Activo (AC/DC) para la autenticación de credenciales y gestión de roles.

3.2 Interfaces del Módulo de Laboratorios:

El diseño de la interfaz del módulo de laboratorios se basó en los principios de usabilidad y experiencia de usuario (UX/UI), buscando ofrecer una interacción fluida, eficiente y agradable para los administradores y usuarios.

Ilustración 11 Funciones foto perfil de usuario

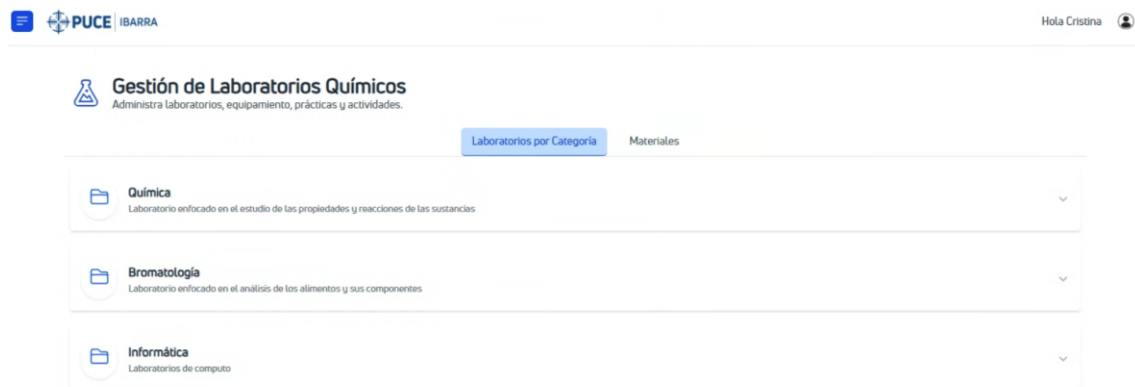


La Ilustración 11 muestra las funcionalidades disponibles para el usuario una vez que se ha autenticado en el sistema. Estas opciones, ubicadas en la parte superior derecha de la interfaz, permiten al usuario personalizar su experiencia y gestionar su sesión:

- **Nombre de usuario:** Se muestra el nombre del usuario que ha iniciado sesión. Este nombre se obtiene del Directorio Activo de la Institución, lo que garantiza la sincronización con la información centralizada de la PUCE-I.
- **Cambiar tema:** El usuario tiene la opción de cambiar entre un tema claro y uno oscuro para la interfaz. Esta funcionalidad permite adaptar la apariencia del sistema a las preferencias visuales del usuario.
- **Cerrar sesión:** Permite al usuario finalizar su sesión de forma segura, cerrando el acceso al sistema y protegiendo la información.

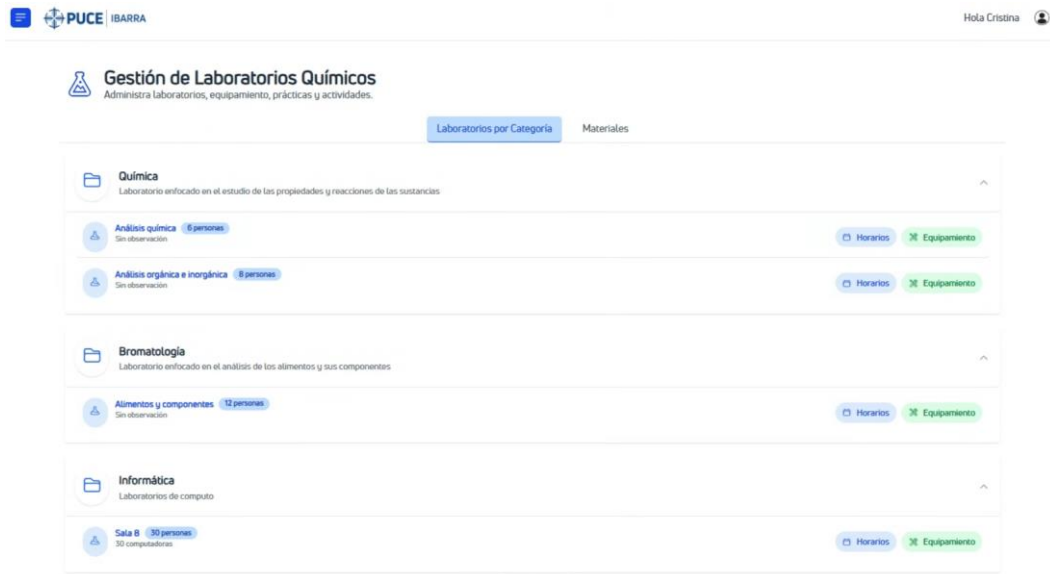
3.2.1 Gestión de Administración de Laboratorios:

Ilustración 12 Gestión de laboratorios químicos



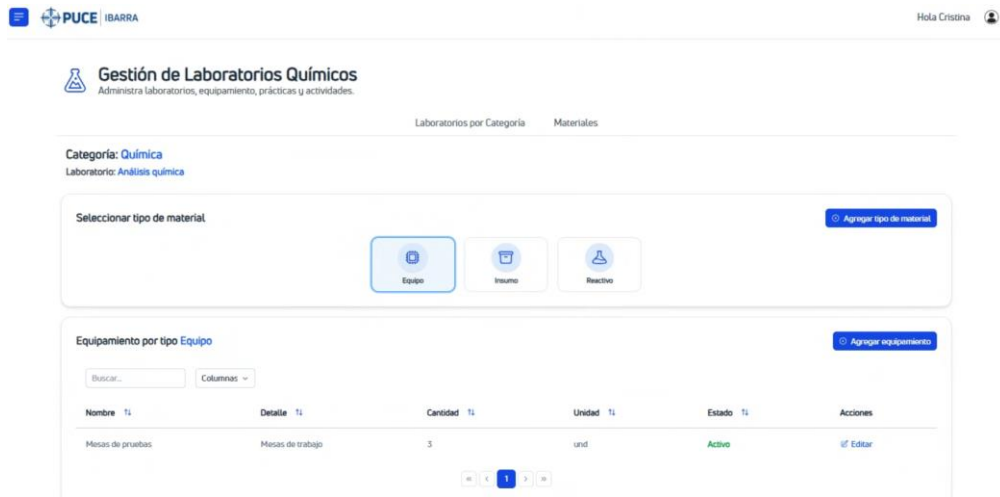
La Ilustración 12 muestra la interfaz correspondiente al módulo de gestión de laboratorios químicos, específicamente en la sección de visualización por categoría. Esta vista permite al usuario administrador acceder de forma organizada a las distintas categorías de laboratorios disponibles, cada una acompañada de una breve descripción funcional. El diseño se enfoca en la simplicidad visual y la claridad jerárquica, permitiendo una navegación intuitiva mediante pestañas que dividen el contenido en "Laboratorios por Categoría" y "Materiales". Esta estructuración contribuye a mejorar la experiencia de usuario (UX), facilitando la administración eficiente de laboratorios, equipamiento y actividades dentro del sistema.

Ilustración 13 Visualización detallada de laboratorios por categoría



La Ilustración 13 presenta la vista desplegada del módulo de gestión de laboratorios químicos al seleccionar una categoría específica. En este caso, se observan los laboratorios pertenecientes a las categorías. Cada laboratorio se muestra con su respectivo nombre, capacidad máxima de personas y una sección de observaciones. Además, se incluyen accesos directos a funcionalidades clave como la gestión de horarios y la visualización del equipamiento disponible. Esta estructura no solo mejora la usabilidad del sistema, sino que también permite al usuario administrador realizar consultas y gestiones de manera ágil y organizada, lo cual es fundamental para la planificación efectiva de prácticas y actividades académicas.

Ilustración 14 Gestión de equipamiento del laboratorio



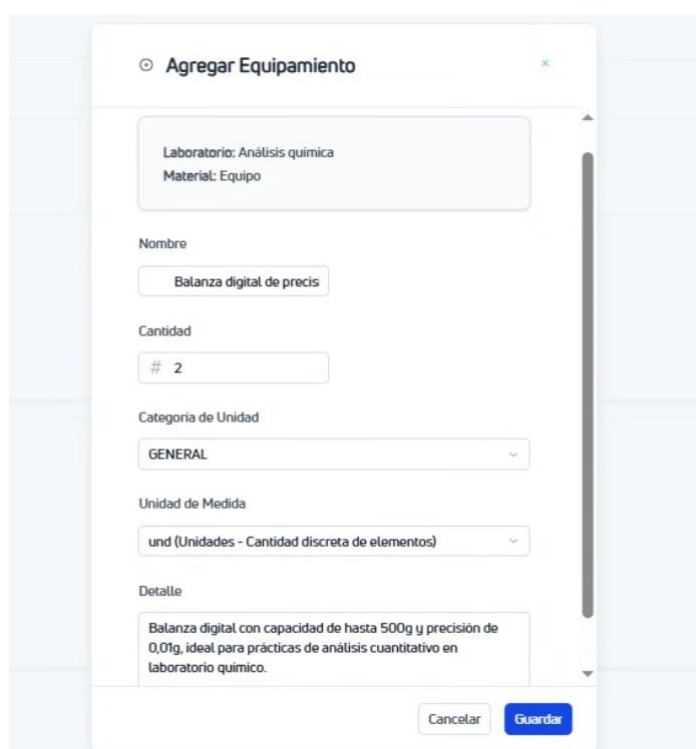
La Ilustración 14 muestra la interfaz del sistema destinada a la gestión de equipamiento en el laboratorio de *Análisis química*, perteneciente a la categoría de Química. En esta vista, el usuario puede seleccionar el tipo de material a visualizar o gestionar (Equipo, Insumo o Reactivo) y tiene la opción de agregar nuevos registros según sea necesario. En la parte inferior se detalla el equipamiento clasificado por tipo, mostrando elementos como nombre, su descripción, cantidad disponible y unidad de medida. Esta funcionalidad permite una administración precisa del inventario físico de los laboratorios, lo cual es esencial para asegurar la disponibilidad de recursos durante las actividades académicas y prácticas experimentales.

Ilustración 15 Modal crear tipo de material



The screenshot shows a modal window titled "Agregar Tipo de Material" with a close button (X) in the top right corner. Below the title is the instruction "Registra un nuevo tipo de material para los laboratorios." The form contains two main sections: "Nombre del material" with a text input field containing "Microscopio", and "Detalle" with a larger text area containing "Microscopio óptico con aumento de 40x-1000x, iluminación LED, cabezal binocular." At the bottom right of the modal are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

Ilustración 16 Modal crear equipamiento



The screenshot shows a modal window titled "Agregar Equipamiento" with a close button (X) in the top right corner. The form is divided into several sections: "Laboratorio: Análisis química" and "Material: Equipo" are shown in a light green box at the top. Below this, the "Nombre" field contains "Balanza digital de precis". The "Cantidad" field contains "# 2". The "Categoría de Unidad" dropdown menu is set to "GENERAL". The "Unidad de Medida" dropdown menu is set to "und (Unidades - Cantidad discreta de elementos)". The "Detalle" text area contains "Balanza digital con capacidad de hasta 500g y precisión de 0,01g, ideal para prácticas de análisis cuantitativo en laboratorio químico." At the bottom right of the modal are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

Ilustración 17 Modal Editar Equipamiento

The screenshot shows a modal window titled 'Editar Equipamiento' with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields:

- Nombre:** A text input field containing 'Mesas de pruebas'.
- Cantidad:** A text input field containing '3'.
- Unidad de medida:** A text input field containing 'und'.
- Detalle:** A larger text area containing 'Mesas de trabajo'.
- Estado:** A dropdown menu currently set to 'Activo'.

At the bottom right of the modal, there are two buttons: 'Cancelar' and 'Guardar'.

Este diseño, basado en ventanas modales, optimiza la gestión de datos relacionados con tipo de materiales y equipamiento, permitiendo a los consultores registrar, visualizar y actualizar la información de forma ágil y centralizada dentro del sistema.

Ilustración 18 Gestión de horarios por día

The screenshot displays the 'Gestión de Laboratorios Químicos' interface. At the top, there is a header with the PUCE IBARRA logo and a user greeting 'Hola Cristina'. Below the header, the main content area is titled 'Gestión de Laboratorios Químicos' with the subtitle 'Administra laboratorios, equipamiento, prácticas y actividades.' The interface is divided into two tabs: 'Laboratorios por Categoría' and 'Materiales'. Under the 'Laboratorios por Categoría' tab, the selected category is 'Química' and the specific laboratory is 'Análisis química'. A row of six calendar icons represents the days of the week: LUN (Lunes), MAR (Martes), MIE (Miércoles), JUE (Jueves), VIE (Viernes), and SAB (Sábado). The 'LUN' icon is highlighted. Below this, a section titled 'Horarios para Lunes' shows a list of time slots with 'Editar' buttons next to each:

Horario	Acción
08:00:00 - 13:00:00	Editar
13:00:00 - 14:00:00	Editar
14:00:00 - 18:00:00	Editar
19:00:00 - 20:00:00	Editar

A 'Nuevo Horario' button is located at the top right of the schedule list.

La ilustración 17 muestra la vista de gestión de horarios para el laboratorio seleccionado, permitiendo al usuario administrador consultar los bloques de tiempo asignados a cada día de la semana. Mediante una interfaz clara e intuitiva, es posible seleccionar un día específico, visualizar los horarios existentes y acceder a funciones para editar o registrar nuevos intervalos. Esta funcionalidad facilita una organización eficiente de las actividades académicas y prácticas dentro del laboratorio químico.

Ilustración 19 Modal crear nuevo horario para el laboratorio



The screenshot shows a modal window titled "Agregar Horario" with a close button (X) in the top right corner. Below the title is the subtitle "Formulario para registrar un nuevo horario para el laboratorio." The form contains the following fields: "Laboratorio: Análisis química", "Día: Lunes", "Hora de inicio" (with a time picker showing "--:--"), and "Hora de fin" (with a time picker showing "--:--"). At the bottom right, there are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

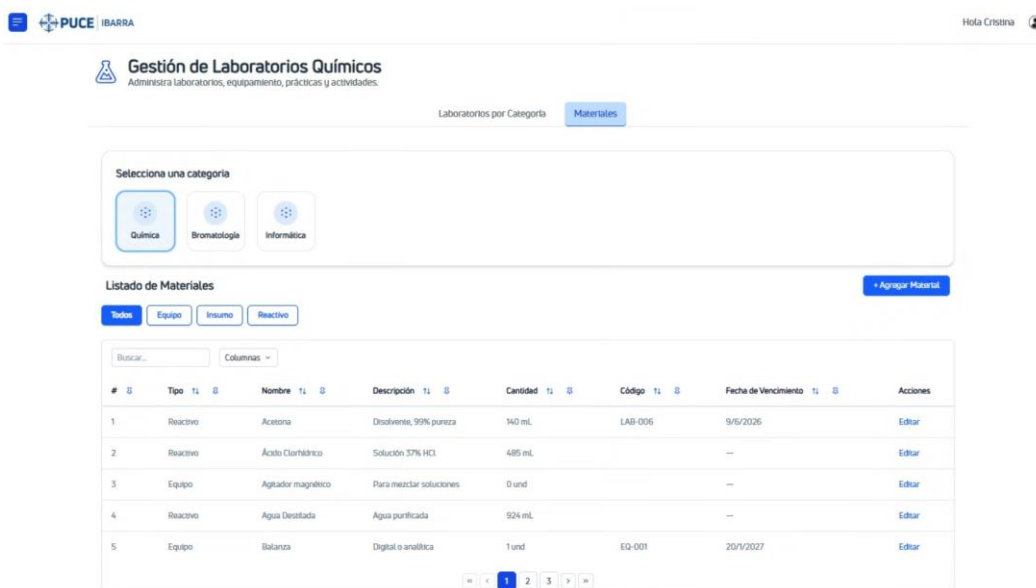
Ilustración 20 Modal editar horario para el laboratorio



The screenshot shows a modal window titled "Actualizar Horario" with a close button (X) in the top right corner. Below the title is the subtitle "Formulario para actualizar un horario para el laboratorio." The form contains the following fields: "Día seleccionado" (with a dropdown menu showing "Lunes"), "Hora de inicio" (with a time picker showing "08:00:00"), and "Hora de fin" (with a time picker showing "13:00:00"). At the bottom right, there are two buttons: "Cancelar" and "Guardar".

Este diseño, basado en ventanas modales, optimiza la gestión de datos y facilita el acceso a la información para los consultores, permitiendo registrar o modificar de manera eficiente los horarios asignados a cada laboratorio.

Ilustración 21 Vista de listado materiales



La ilustración 20 muestra la vista de materiales organizados por categoría de laboratorio, permitiendo al usuario seleccionar entre opciones como Química o Bromatología. Al hacerlo, se despliega un listado con los insumos registrados, detallando su nombre, descripción y cantidad disponible. Este diseño contribuye a una gestión eficiente del inventario y facilita la consulta de información relevante de manera clara y accesible.

Ilustración 22 Modal crear nuevo material



Ilustración 23 Modal editar material

The screenshot shows a modal window titled "Actualizar Material" with a close button (X) in the top right corner. Below the title is the instruction "Modifica los datos del material del listado". The form contains several fields:

- Tipo de Material:** A dropdown menu with "Reactivo" selected.
- Código:** A text input field containing "LAB-006".
- Nombre del Material:** A text input field containing "Acetona".
- Fecha de Vencimiento:** A date picker showing "09/06/2026".
- Cantidad:** A text input field containing "# 140".
- Cantidad mínima:** A text input field containing "# 1".
- Unidad de Medida:** A dropdown menu with "mL (Mililitros - 0.001 litros)" selected.
- Detalle:** A text area containing "Disolvente, 99% pureza".

At the bottom right of the modal are two buttons: "Cancelar" and "Actualizar".

3.2.2 Gestión de Reserva de Laboratorios y Materiales

Ilustración 24 Gestión reserva de laboratorio y materiales por parte del usuario.

The screenshot shows the "Reservación de laboratorio" page. At the top left is the logo for "PUCE IBARRA" and the user name "Hola Carolina". The main heading is "Reservación de laboratorio" with a sub-heading "Reserva laboratorios, selecciona horarios y materiales de forma rápida y sencilla." Below this is a progress bar with four steps: "Laboratorios", "Horarios", "Materiales", and "Confirmación".

The "Laboratorios" step is active and contains the following elements:

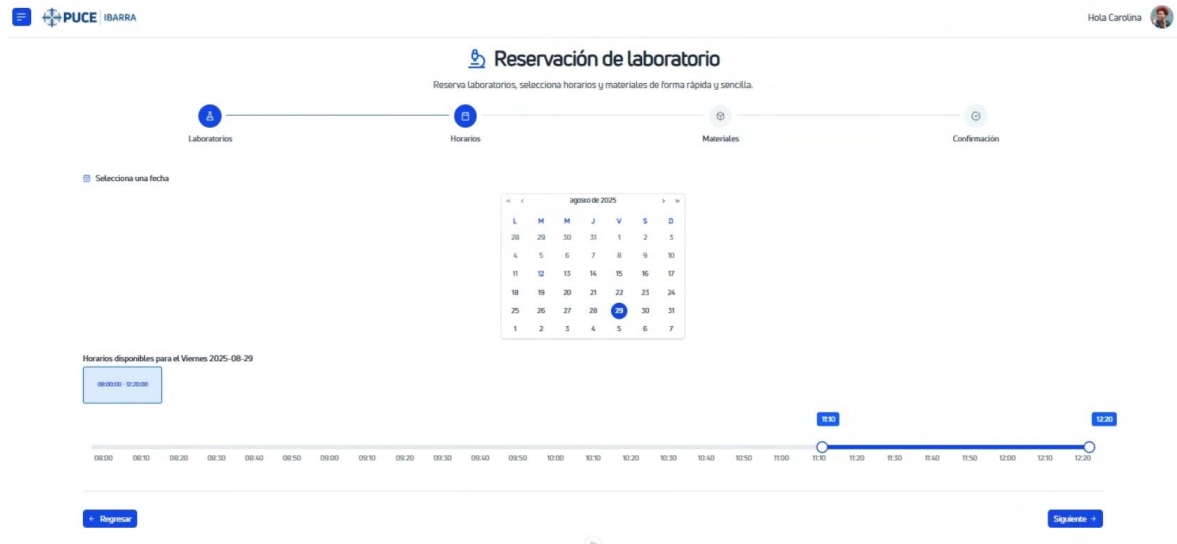
- A sub-heading "Selecciona una categoría de laboratorio" with three buttons: "Bromatología", "Informática", and "Química" (which is selected).
- A sub-heading "Selecciona un laboratorio" with a dropdown menu showing "Análisis orgánica e inorgánica".
- A card for the selected laboratory with the following details:
 - Nombre del laboratorio: "Análisis orgánica e inorgánica"
 - Capacidad máxima: "8 personas"
 - Descripción: (empty)

At the bottom right of the page is a "Siguiente" button.

La Ilustración 22 muestra la primera etapa del proceso de reservación de laboratorios desde la vista del usuario. En esta interfaz se permite seleccionar una categoría de laboratorio y posteriormente elegir un laboratorio disponible dentro de dicha categoría. En el ejemplo, se ha seleccionado el laboratorio de Análisis química, cuya capacidad

máxima también es visible. Esta fase inicial del flujo facilita una elección informada y ordenada por parte del usuario.

Ilustración 25 Selección de horario



La ilustración 23 muestra la vista del usuario durante la etapa de selección de horarios dentro del proceso de reserva de laboratorio. En esta interfaz se visualiza un calendario para elegir la fecha y los bloques de tiempo disponibles. Además, se incluye una línea de tiempo interactiva que permite al usuario ajustar con precisión la hora de inicio y fin de la reserva. Esta funcionalidad mejora la planificación y asegura una distribución eficiente de los recursos del laboratorio.

Ilustración 26 Selección de materiales



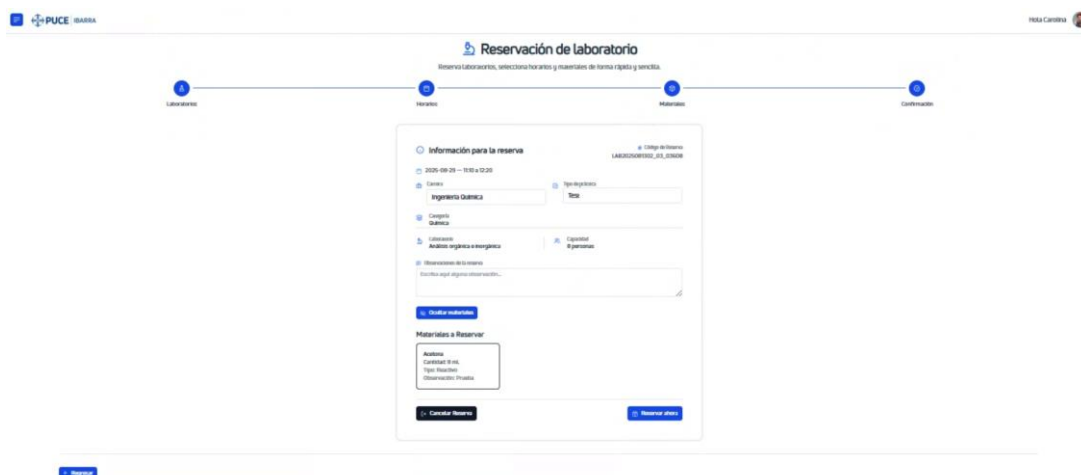
La ilustración 26 muestra la vista del usuario durante la etapa de selección de materiales dentro del proceso de reserva de laboratorio. En esta interfaz se despliega una tabla de inventario que permite consultar y asignar insumos a la solicitud, además de acciones para Asignar, Modificar o Cancelar. La pantalla integra un buscador y un selector de columnas para personalizar la visualización, así como paginación para recorrer el catálogo.

Ilustración 27 Modal asignar cantidad material



La Ilustración 27 muestra el modal de asignación de cantidad para un material dentro del proceso de reserva. La ventana identifica el insumo seleccionado y ofrece un control deslizante con límites mínimo y máximo, un indicador numérico con unidad de medida para definir con precisión la cantidad a solicitar. Incluye botones de incremento/decremento para ajustes finos y un campo de observación opcional que permite registrar notas de uso o justificación.

Ilustración 28 Confirmación de reserva



La ilustración 24 muestra la pantalla de confirmación de datos dentro del proceso de reservación de laboratorio. En esta sección, el usuario puede revisar información clave como la fecha y hora de la reserva, la carrera, el tipo de práctica, la categoría y nombre del laboratorio, su capacidad, observaciones adicionales y materiales con su respectiva información. Además, se genera un código único de reserva.

Ilustración 29 Listado de reservas pendientes

Código	Solicitante	Identificación	Fecha	Horario	Carrera	Laboratorio	Tipo Práctica	Observaciones	Estado	Acciones
LAB2025081221_20_05049	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-29	12:20:00 13:00:00	Ingeniería Química	Análisis orgánica e inorgánica	Test	Ninguna	Pendiente	Rechazar, Aprobar, Ver materiales
LAB2025080601_46_14292	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-05	08:30:00 08:40:00	SISTEMAS	Análisis química	TEST	TODO BIEN	Pendiente	Rechazar, Aprobar, Ver materiales
LAB2025080516_22_54928	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-05	12:00:00 13:00:00	Ingeniería Química	Análisis química	Teoría	Sin observaciones	Pendiente	Rechazar, Aprobar, Ver materiales
LAB2025072311_42_43094	AGUIAS PADILLA LIZBETH CAROLINA	1004642714	2025-07-23	12:30:00 13:00:00	Ingeniería en Química	Análisis química	Teoría	Sin observaciones	Pendiente	Rechazar, Aprobar, Ver materiales
LAB2025072301_05_19926	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	15:00:00 15:30:00	Ingeniería Química	Análisis química	Prueba	Sin observaciones	Pendiente	Rechazar, Aprobar, Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado	Acciones
LAB2025080601_46_14292	Acetona	2	Ok	Pendiente de aprobación	Aprobar, Rechazar

La ilustración 29 presenta la vista de gestión de reservas pendientes destinada al responsable del laboratorio. Desde esta vista el administrador puede aprobar o rechazar cada solicitud y, mediante el botón “Ver materiales”, acceder al detalle de insumos solicitados. Al seleccionar una reserva, se despliega en la sección inferior el panel “Materiales a reservar” asociado al código de la solicitud, permitiendo aprobar o rechazar materiales de forma granular.

Ilustración 30 Listado de reservas rechazadas

Código	Solicitante	Identificación	Fecha	Horario	Carrera	Laboratorio	Tipo Práctica	Observaciones	Estado	Acciones
LAB2025081216_24_50311	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-09-11	08:00:00 09:00:00	Ingeniería Química	Análisis química	TEST	no cumple	Rechazado	Ver materiales
LAB2025080601_42_48260	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-05	08:00:00 08:30:00	SISTEMAS	Análisis química	TEST	no cumple	Rechazado	Ver materiales
LAB2025072312_20_35869	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-24	12:00:00 13:00:00	Ingeniería Agropecuaria	Análisis química	Test	no cumple con los requerimientos	Rechazado	Ver materiales
LAB2025072301_02_05058	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	16:30:00 15:00:00		Análisis química		no cumple	Rechazado	Ver materiales
LAB2025072219_41_23990	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	10:50:00 11:00:00	Ingeniería Química	Análisis química	Test	no cumple con los requerimientos	Rechazado	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado	Acciones
LAB2025081216_24_50311	Guanter de látex	1	Test	Rechazado	

La ilustración 30 presenta la vista de gestión de reservas rechazadas destinada al responsable del laboratorio. Desde esta vista el administrador mediante el botón “Ver materiales”, acceder al detalle de insumos rechazados/aprobados. Al seleccionar una reserva, se despliega en la sección inferior el panel “Materiales a reservar” asociado al código de la solicitud, permitiendo ver los materiales.

Ilustración 31 Listado de reservas aprobadas

Código	Solicitante	Identificación	Fecha	Horario	Carrera	Laboratorio	Tipo Práctica	Observaciones	Estado	Acciones
LAB2025081216_57_53492	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-09-01	19:00:00 20:00:00	test	Análisis química	test	test	Aprobada	Finalizar Ver materiales
LAB2025072022_56_52196	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	08:00:00 08:30:00	ambiental	Análisis química	Practica Laboratorio	Sin observaciones	Aprobada	Finalizar Ver materiales
LAB2025071805_27_03726	PAOLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-24	08:00:00 09:00:00	sistemas	Análisis química	as	Sin observaciones	Aprobada	Finalizar Ver materiales
LAB2025070822_46_03379	Juan Perez Garcia	1234567890	2025-07-07	08:00:00 10:00:00	Ingeniería Química	Análisis química	Química	Aprobación realizada por el administrador	Aprobada	Finalizar Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado	Acciones
LAB2025072022_56_52196	Cloruro de Sodio	20	Ninguna	Aprobado	Finalizar
LAB2025072022_56_52196	Agua Destilada	25	Ninguna	Aprobado	Finalizar
LAB2025072022_56_52196	Acetona	10	Ninguna	Rechazado	

La ilustración 31 presenta la vista de gestión de reservas aprobadas destinada al responsable del laboratorio. Desde esta vista el administrador cada solicitud y, mediante el botón “Ver materiales”, acceder al detalle de insumos rechazados/aprobados y por

finalizar. Al seleccionar una reserva, se despliega en la sección inferior el panel “Materiales a reservar” asociado al código de la solicitud, permitiendo ver los materiales.

Ilustración 32 Listado de reservas finalizadas

Código	Solicitante	Identificación	Fecha	Horario	Carrera	Laboratorio	Tipo Práctica	Observaciones	Estado	Acciones
LAB2025072314_21_55748	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-23	09:00:00 09:30:00	Ingeniería Química	Análisis química	Tesis	Sin observaciones	Finalizada	Ver materiales
LAB2025072313_58_38943	IBARRA ESTEVEZ JOSE LUIS	1002640728	2025-07-23	11:30:00 12:30:00	Ingeniería Química	Análisis química	Tesis	Sin observaciones	Finalizada	Ver materiales
LAB2025072301_15_38062	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	15:40:00 16:30:00	Ingeniería Química	Análisis química	Practica Laboratorio	Sin observaciones	Finalizada	Ver materiales
LAB2025072300_46_50471	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	14:00:00 14:30:00		Análisis química		Sin observaciones	Finalizada	Ver materiales
LAB2025072229_59_36595	PADILLA REINA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	10:30:00 10:50:00	Ingeniería Química	Análisis química	Tesis	Sin observaciones	Finalizada	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado	Acciones
LAB2025072314_21_55748	Acetona	10	Ninguna	Finalizado	

La ilustración 32 muestra la vista de reservas finalizadas, en la cual el responsable del laboratorio consulta el historial de solicitudes concluidas. En esta etapa el estado aparece como Finalizada, y la acción disponible es “Ver materiales” para revisar el consumo asociado. Al seleccionar una solicitud, se despliega en la sección confirmando el cierre del uso de insumos.

Ilustración 33 Modal cambio de estado

Confirmar cambio de estado
Reserva LAB2025080601_46_14292

¿Deseas cambiar el estado a Aprobada?

Escribe aquí una observación

Cancelar Confirmar

La ilustración 33 muestra el modal de confirmación para actualizar el estado de una reserva. La ventana identifica el código de la solicitud y solicita validar la acción con el

mensaje: “¿Deseas cambiar el estado a Aprobada?”. Incluye un campo de observación para registrar justificaciones.

Ilustración 34 Mis reservas pendientes

Código	Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Carrera	Tipo Práctica	Estado	Acciones
LAB2025072313_42_43094	2025-07-23	12:30:00	13:00:00	Ingeniería en Química	Tesis	Pendiente	Ver materiales
LAB2025072223_57_37618	2025-07-22	13:30:00	14:00:00	Ingeniería Química	Practica para la parcial 1	Pendiente	Ver materiales
LAB2025072223_41_46290	2025-07-22	13:00:00	13:30:00	Ingeniería Química	Practica Parcial 1	Pendiente	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado
LAB2025072313_42_43094	Acetona	4	Ninguna	Rechazado

La ilustración 34 muestra la vista de seguimiento de reservas pendientes del usuario. En la esquina superior derecha se presenta la leyenda de estados (Pendiente, Rechazada, Aprobada, Finalizada) para una interpretación rápida. La acción “Ver materiales” permite inspeccionar el detalle de cada solicitud. Al seleccionar una reserva, se despliega la sección “Materiales de mi reserva” asociado al código de la solicitud.

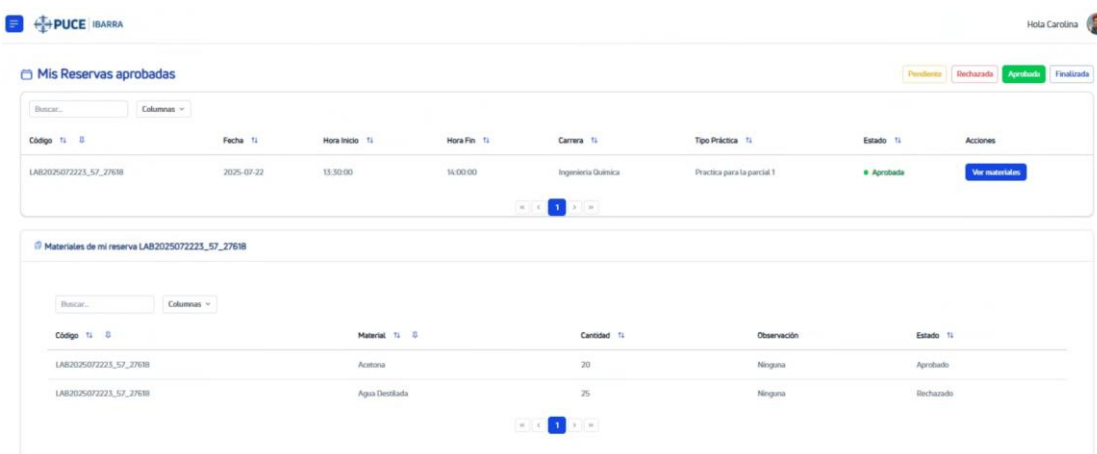
Ilustración 35 Mis reservas rechazadas

Código	Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Carrera	Tipo Práctica	Estado	Acciones
LAB2025072313_42_43094	2025-07-23	12:30:00	13:00:00	Ingeniería en Química	Tesis	Rechazada	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado
LAB2025072313_42_43094	Acetona	4	Ninguna	Rechazado

La ilustración 35 presenta la vista de reservas rechazadas del usuario. Se muestra en la parte superior; en esta pantalla el estado aparece en Rechazada. La acción “Ver materiales” permite acceder al detalle de cada solicitud. Al seleccionar una reserva, se despliega la sección “Materiales de mi reserva” asociado al código de la solicitud.

Ilustración 36 Mis reservas aprobadas

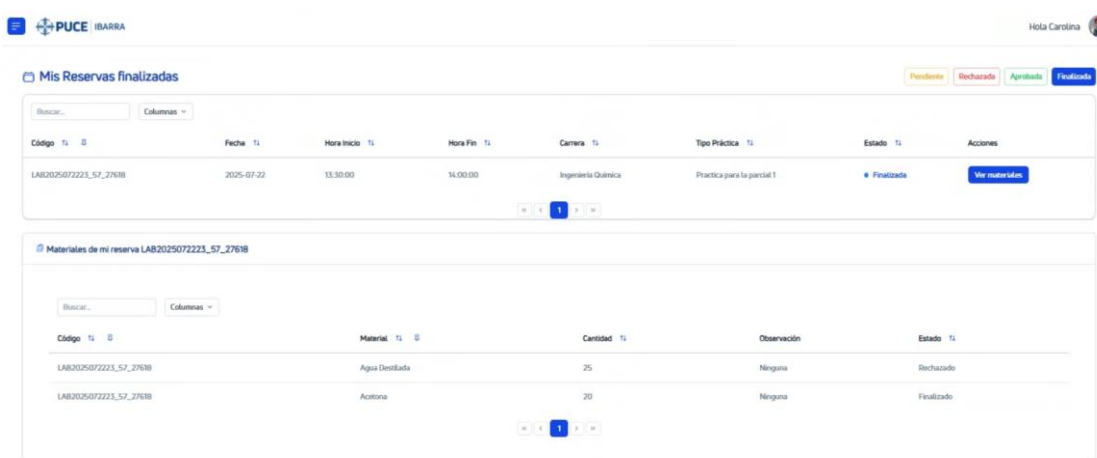


Código	Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Carrera	Tipo Práctica	Estado	Acciones
LAB2025072223_57_27618	2025-07-22	13:30:00	14:00:00	Ingeniería Química	Práctica para la parcial 1	Aprobada	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado
LAB2025072223_57_27618	Acetona	20	Ninguna	Aprobado
LAB2025072223_57_27618	Agua Destilada	25	Ninguna	Rechazado

La ilustración 36 muestra la vista de reservas aprobadas del usuario. En esta pantalla el estado se visualiza en Aprobada y la acción “Ver materiales” permite acceder al detalle de insumos confirmados para la práctica. Al seleccionar una reserva, se despliega la sección “Materiales de mi reserva” asociado al código de la solicitud.

Ilustración 37 Mis reservas finalizadas



Código	Fecha	Hora Inicio	Hora Fin	Carrera	Tipo Práctica	Estado	Acciones
LAB2025072223_57_27618	2025-07-22	13:30:00	14:00:00	Ingeniería Química	Práctica para la parcial 1	Finalizado	Ver materiales

Código	Material	Cantidad	Observación	Estado
LAB2025072223_57_27618	Agua Destilada	25	Ninguna	Rechazado
LAB2025072223_57_27618	Acetona	20	Ninguna	Finalizado

La ilustración 37 muestra la vista de reservas finalizada del usuario. En esta pantalla el estado se visualiza en Finalizado y la acción “Ver materiales” permite acceder al detalle de insumos confirmados para la práctica. Al seleccionar una reserva, se despliega la sección “Materiales de mi reserva” asociado al código de la solicitud.

Ilustración 38 Reporte bajo stock

Reporte de Materiales con Bajo Stock

N°	Categoría	Tipo de Material	Nombre	Detalle	Cantidad Actual	Cantidad Mínima
1	Informática	Reactivo	Nitrito de Potasio	Nitrito de ejemplo	1	1
2	Informática	Insueto	Sulfato de Cobalto	Cristales de sulfato de cobalto	5	10
3	Química	Equipo	Agitador magnético	Para mezclar soluciones	0	1
4	Química	Equipo	Balanza	Digital o analítica	1	1
5	Química	Insueto	Microscopio óptico	Lente de 40x, iluminación LED	1	1

La ilustración 38 presenta el módulo de reportes en el que el usuario selecciona el tipo de informe y, específicamente, visualiza el Reporte de Materiales con Bajo Stock. Los registros listados corresponden a materiales cuya cantidad actual es igual o inferior al mínimo establecido, permitiendo priorizar reposición. La vista incorpora un botón flotante de exportación para descargar el informe en formato Excel, facilitando el análisis y respaldo documental.

Ilustración 39 Reporte por estado

Listado de Reservas por Estado

N°	Código	Solicitante	Identificación	Fecha	Horario	Carrera	Tipo Práctica	Laboratorio	Observaciones	Estado
1	LAB020508221_20_05049	PRUEBA DE INA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-29	12:30:00 13:00:00	Ingeniería Química	Teor	Análisis orgánica e inorgánica	Ninguna	Pendiente
2	LAB0204080601_46_34292	PRUEBA DE INA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-05	08:30:00 08:40:00	SISTEMAS	TEST	Análisis química	TODO BIEN	Pendiente
3	LAB020508036_22_54928	PRUEBA DE INA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-08-05	12:00:00 13:00:00	Ingeniería Química	Tesis	Análisis química		Pendiente
4	LAB0205072301_05_39026	PRUEBA DE INA CRISTINA ALEJANDRA	1004705669	2025-07-22	05:00:00 05:30:00	Ingeniería Química	Práctico	Análisis química		Pendiente
5	LAB0204072231_41_45280	AGUAS FRÍAS LUCRISTH CAROLINA	100464276	2025-07-22	13:00:00 13:30:00	Ingeniería Química	Práctica Parcial 1	Análisis química	Reserva para realizar la práctica 12 para parcial 1	Pendiente

La ilustración 39 presenta el módulo de reportes con la opción activa “Reservas por Estado”. En la parte superior se muestran las tarjetas de selección de reporte y la leyenda de estados (Pendiente, Rechazada, Aprobada, Finalizada) para una lectura rápida.

3.3 Pruebas Unitarias

Acorde al plan de pruebas definido dentro de la fase de desarrollo ágil bajo la metodología Scrum, a continuación, se detalla la ejecución y resolución de las pruebas de aceptación correspondientes a cada sprint.

Las tablas de la 13 a la 22 presentan los resultados de las pruebas realizadas, indicando el estado de cada funcionalidad. Estas pruebas fueron fundamentales para validar el cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos por el Product Owner, así como para asegurar la calidad del producto antes de su entrega.

La aprobación de estas pruebas permitió evidenciar el funcionamiento correcto de los módulos implementados y respaldar la toma de decisiones sobre las funcionalidades listas para producción.

Tabla 12 Prueba unitaria: login

Prueba de Aceptación Nro. 01			
Nombre:	Login		
Descripción:	El sistema debe permitir el acceso solo a usuarios autorizados, garantizando la seguridad y la asignación de roles.		
Escenario			
Nombre de usuario	Contraseña	Resultado Esperado	Estado
capadillar	6942 (correcto)	El sistema permite el acceso al panel de control correspondiente al rol del usuario.	Aprobado
capadillar (correcto)	vacío	El sistema deniega el acceso y muestra un mensaje de campos incompletos.	Aprobado
lcaguasp	42784174 (correcto)	El sistema redirige al usuario al área de listados disponibles.	Aprobado

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 13 Prueba unitaria: listado categorías y laboratorios

Prueba de Aceptación Nro. 02		
Nombre:	Ver listado de categorías con su respectivo laboratorio	
Descripción:	El usuario administrador debe poder visualizar un listado completo de todas las categorías con sus respectivos laboratorios.	
Escenario		
Acción	Resultado Esperado	Estado
Acceder a vista del listado de categorías y laboratorios	Se muestra el listado de categorías con información como nombre y detalle, el de laboratorios con su nombre, capacidad, observación.	Aprobado
Observación		

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 14 Prueba unitaria: listado equipamiento

Prueba de Aceptación Nro. 03		
Nombre:	Ver Equipamiento por Categoría	
Descripción:	El usuario administrador debe poder visualizar un listado completo de todo el equipamiento en base a la categoría, diferenciando entre reactivo, insumo u equipo.	
Escenario		
Acción	Resultado Esperado	Estado
Acceder a vista del equipamiento	Se muestra el listado de equipamiento con información como el tipo de material, nombre, cantidad, unidad y detalle.	Aprobado
Observación:		

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 15 Prueba unitaria: crear equipamiento

Prueba de Aceptación Nro. 04			
Nombre:	Crear Equipamiento por Categoría		
Descripción:	El usuario administrador debe poder crear un nuevo equipamiento.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Formulario de creación	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El equipamiento se crea exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío.	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 16 Prueba unitaria: editar equipamiento

Prueba de Aceptación Nro. 05			
Nombre:	Editar Equipamiento		
Descripción:	El usuario administrador debe poder editar la información de un equipamiento.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón "Editar"	Seleccionar un listado para Editar la información.	Se muestra un modal con los campos que posee el actual registro	Aprobado
Formulario de edición	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El equipamiento se actualiza exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 17 Prueba unitaria: crear tipo material

Prueba de Aceptación Nro. 06			
Nombre:	Crear Tipo de Material		
Descripción:	El usuario administrador debe poder crear un nuevo tipo material.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón “Agregar tipo de material”	Pulsar en “Agregar tipo de material”	Se muestra un modal con los campos que debe llenar para un nuevo registro.	Aprobado
Formulario de creación	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El tipo de material se crea exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 18 Prueba unitaria: horarios

Prueba de Aceptación Nro. 07		
Nombre:	Ver Horarios	
Descripción:	El usuario administrador debe poder visualizar los horarios de cada día.	
Escenario		
Acción	Resultado Esperado	Estado
Acceder a vista de horarios	Se muestra los horarios, con información como el día y las horas.	Aprobado
Observación:		

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 19 Prueba unitaria: crear nuevo horario

Prueba de Aceptación Nro. 08			
Nombre:	Crear nuevo horario		
Descripción:	El usuario administrador debe poder crear un nuevo horario.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón “Nuevo horario”	Pulsar en “Nuevo horario”	Se muestra un modal con los campos que debe llenar para un nuevo registro.	Aprobado
Formulario de creación	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El horario se crea exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 20 Prueba unitaria: editar horario

Prueba de Aceptación Nro. 09			
Nombre:	Editar Horario		
Descripción:	El usuario administrador debe poder editar las horas.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón "Editar"	Pulsar en "Editar" de un registro del listado	Se muestra un modal con los campos que posee el actual registro.	Aprobado
Formulario de edición	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El horario se actualiza exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 21 Prueba unitaria: listado materiales

Prueba de Aceptación Nro. 10		
Nombre:	Ver Listado Materiales	
Descripción:	El usuario administrador debe poder visualizar el listado de materiales.	
Escenario		
Acción	Resultado Esperado	Estado
Acceder a vista de materiales	Se muestra el listado de materiales, con información como el tipo material, el nombre del material, detalle y la cantidad con su unidad de medida.	Aprobado
Observación:		

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 22 Prueba unitaria: crear nuevo material

Prueba de Aceptación Nro. 11			
Nombre:	Crear nuevo material		
Descripción:	El usuario administrador debe poder crear un nuevo material.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón "Agregar Material"	Pulsar en "Agregar Material"	Se muestra un modal con los campos que debe llenar para un nuevo registro.	Aprobado
Formulario de creación	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El material se crea exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 23 Editar material

Prueba de Aceptación Nro. 09			
Nombre:	Editar Material		
Descripción:	El usuario administrador debe poder editar el material.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón "Editar"	Pulsar en "Editar" de un registro del listado	Se muestra un modal con los campos que posee el actual registro.	Aprobado
Formulario de edición	Completar todos los campos obligatorios correctamente	El horario se actualiza exitosamente y se muestra en el listado.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 24 Prueba unitaria: Acceso de funcionalidades de rol respectivo laboratorios

Prueba de Aceptación Nro. 12			
Nombre:	Rol de usuario en reserva de laboratorios y reactivos e insumos		
Descripción:	El usuario debe poder acceder a funciones especiales en el caso de la reserva.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Inicio de sesión con usuario administrador	Iniciar sesión Administrador y navegar por la gestión de administración y reservas	Acceso a botones de crear equipamiento, editar, crear tipo material, crear horario, editar, crear material.	Aprobado
Inicio de sesión con usuario	Iniciar sesión el usuario y navegar para realizar su reserva.	Acceso a seleccionar categoría, laboratorios, fecha y hora de la reserva, sus respectivos materiales y confirmación para su reserva	Aprobado
Validación estado de reserva	La reserva tiene un estado de pendiente.	El color del primer estado es color gris, al usuario administrador le permite interactuar con la acción de editar.	Aprobado
Validación estado de reserva	La reserva tiene un estado de aprobado.	El color del primer estado es color verde, al usuario administrador le permite interactuar con la acción de editar.	Aprobado
Validación estado de reserva	La reserva tiene un estado de rechazado.	El color del primer estado es color rojo, al usuario administrador le permite interactuar con la acción de editar.	Aprobado
Observación:			

Nota: Autoría Propia 2025

Tabla 25 Prueba unitaria: Edición de semaforización de reserva

Prueba de Aceptación Nro. 13			
Nombre:	Edición de la semaforización de reserva		
Descripción:	El usuario administrador debe poder acceder a los registros de reserva y editar su estado mediante la funcionalidad de semaforización, actualizando así su clasificación en el sistema.		
Escenario			
Campo	Entrada	Resultado Esperado	Estado
Botón "Editar"	Pulsar en "Editar" de un registro del listado	Se muestra un modal con los datos actuales, incluyendo el estado o semaforización asignado.	Aprobado
Formulario de edición	Modificar el estado de la reserva (por ejemplo, de "pendiente" a "aprobado" o "rechazado")	El nuevo estado se guarda correctamente y se refleja en el listado con su color correspondiente.	Aprobado
Validación de campos	Dejar un campo obligatorio vacío	El sistema muestra un mensaje de error indicando que se debe completar el campo.	Aprobado
Observación:			
Esta prueba permite validar que el usuario administrador puede modificar correctamente la semaforización de una reserva ya registrada, cambiando su estado conforme al flujo de gestión del sistema (por ejemplo, de pendiente a aprobado o rechazado). El sistema actualiza el registro y refleja el nuevo estado tanto a nivel de datos como visualmente en el listado, cumpliendo con las reglas de validación establecidas.			

Nota: Autoría Propia 2025

CONCLUSIONES

Luego del análisis de los resultados obtenidos durante el diseño, desarrollo, pruebas e implementación del sistema para la administración de laboratorios químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE-Ibarra, lo siguiente:

- El sistema desarrollado contribuye significativamente a mejorar la gestión de reservas de laboratorios, permitiendo a los usuarios registrar solicitudes de forma más ordenada y a los administradores validar y controlar dichas reservas mediante un mecanismo visual de semaforización. Esta implementación reduce la carga administrativa y minimiza errores derivados de registros manuales.
- La incorporación del módulo de autenticación asegura un acceso controlado, permitiendo asignar permisos según el rol del usuario. Esto garantiza la seguridad del sistema y facilita el seguimiento de las acciones realizadas dentro de la plataforma.
- La validación funcional de los módulos, a través de pruebas manuales sistemáticas, permitió detectar y corregir errores oportunamente, asegurando que las funcionalidades respondan de acuerdo con los requisitos establecidos. Dichas pruebas se documentaron en tablas que reflejan el comportamiento del sistema en escenarios reales.
- La aplicación de la metodología ágil Scrum permitió organizar eficientemente las tareas de desarrollo, establecer prioridades, evaluar avances en ciclos iterativos y mantener una comunicación constante entre los integrantes del equipo, lo cual favoreció el cumplimiento de los objetivos propuestos.
- El uso de tecnologías modernas como TypeScript en el frontend, junto con herramientas como Swagger para la documentación de APIs y PostgreSQL para la gestión de base de datos, proporcionó una base robusta, escalable y mantenible para la solución planteada.
- El diseño de las interfaces se fundamentó en principios de usabilidad y experiencia de usuario, logrando una interacción clara, eficiente e intuitiva para los distintos perfiles de usuario, lo cual facilita su adopción dentro del entorno académico-administrativo.

RECOMENDACIONES

Para asegurar la sostenibilidad del sistema implementado y fomentar su mejora continua en el contexto institucional, se recomienda lo siguiente:

- Realizar un monitoreo periódico del uso del sistema con el fin de identificar posibles mejoras en funcionalidad, experiencia de usuario o rendimiento, así como incorporar sugerencias provenientes del personal administrativo y docente.
- Brindar capacitaciones continuas a los usuarios administradores y solicitantes del sistema, enfocadas en el uso adecuado de las funcionalidades clave, con el fin de maximizar su aprovechamiento y reducir incidencias operativas.
- Integrar el sistema con otras plataformas institucionales como el sistema de gestión académica o el sistema de inventario de materiales, con el objetivo de automatizar procesos y optimizar el flujo de información entre dependencias.
- Evaluar la posibilidad de escalar el sistema hacia otras facultades o escuelas dentro de la universidad que cuenten con laboratorios, adaptando los módulos actuales a nuevos requerimientos o escenarios.
- Establecer procesos de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, así como mantener actualizada su documentación técnica y funcional para facilitar futuras modificaciones o migraciones tecnológicas.
- Considerar la implementación de nuevas funcionalidades que permitan gestionar materiales, generar reportes estadísticos de uso, o establecer indicadores de eficiencia en las reservas, con el fin de fortalecer la toma de decisiones a nivel institucional.

BIBLIOGRAFÍA

- Delgado-Barreto, S. M., Peñaloza-Sovenis, M. Á., Jaya-Campos, D. M., & Cañarte-Vélez, J. C. (2025). Impacto del uso de sistemas automatizados en la productividad y precisión del laboratorio clínico. *Polo del Conocimiento*, 10(1), 1162–1179. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8745>
- Feldman, D. (2019). *Modern full-stack development: Using TypeScript, React, Node.js, Webpack, and Docker*. Apress.
- Grajales, M., & Osorno, G. (2019). Impacto de las TIC en la gestión de laboratorios académicos: un enfoque de mejora continua. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (56), 113–127. <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaRyS/article/view/1133/1527>
- Hernández, J., Martínez, P., & López, R. (2021). Implementación de un sistema web y una aplicación móvil para la administración de activos fijos [Trabajo de titulación, Universidad de El Salvador]. Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/25332>
- Kinsta. (2023). 10 cosas que debes saber sobre Vue.js Frontend Framework. Kinsta Blog. <https://kinsta.com/es/blog/vue-js/>
- MyTaskPanel. (2023). Qué es NestJS y cuándo usarlo: características, ventajas y casos de uso. <https://www.mytaskpanel.com/que-es-nestjs-y-cuando-usarlo/>
- OWASP. (2019). OWASP API Security Top 10 - 2019. <https://owasp.org>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2021). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico* (9.ª ed.). McGraw-Hill.
- Reyes, A., & Cevallos, M. (2020). Implementación de sistemas de gestión de recursos tecnológicos en universidades [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21024/1/18T00826.pdf>

- Rosero, L., Rivera, J., & Pazmiño, A. (2020). Sistema web para la gestión de laboratorios químicos en instituciones educativas. *Revista de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 21(3), 98–113.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16692/14255>
- Sanmartín, L. (2024). *Aplicativo web para la gestión de equipos en laboratorio de microbiología* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional UdeA.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/42807/5/SanmartinLeandro_2024_AplicativoWebEquipos.pdf
- Torres, P., & Morales, C. (2022). Implementación de un sistema de gestión de inventarios para laboratorios académicos [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca].
<https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/58acbf38-b21d-4ddb-a72e-880a76bfc7f3/content>
- Vargas, M., & Castañeda, L. (2022). Metodologías ágiles en el desarrollo de software: una revisión crítica en el ámbito académico. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Educación*, 18(1), 33–41.
<https://revistatecnologiaeducacion.org/agiles-en-educacion>

ANEXOS

Anexo 1. Guion Entrevista

Sección 1: Contexto General

- 1) ¿Podría describirme brevemente cómo es el proceso de gestión para las reservas de laboratorios?
- 2) ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta en el proceso manual?
- 3) ¿Qué funcionalidades considera más importantes automatizarlas en la plataforma desde su perspectiva administrativa?
- 4) ¿Quiénes pueden reservar los laboratorios?

Sección 2: Proceso de Reserva

- 1) ¿Cómo es el proceso de reserva de un laboratorio actualmente?
- 2) ¿Cuáles son los horarios disponibles para reservas?
- 3) ¿Se requiere aprobación por parte de un administrador?
- 4) ¿Qué información se debe registrar al reservar?
- 5) ¿Se requiere validación de existencia de materiales antes de aprobar la reserva?
- 6) ¿Quién aprueba o cancela la solicitud de reserva?
- 7) ¿Se notifican las solicitudes aprobadas o rechazadas?

Sección 3: Administración

- 1) ¿Existe un listado de materiales disponibles por laboratorio?
- 2) ¿Qué tipos de laboratorios están disponibles para solicitud de reserva?
- 3) ¿Se requiere notificaciones o alertas de materiales con bajo stock?
- 4) ¿Debe registrar el equipamiento de un laboratorio?
- 5) ¿Los laboratorios tienen categorías?
- 6) ¿Qué datos debemos tomar en cuenta en los insumos (unidades de medida)?

Sección 4: Seguimiento e Historial

- 1) ¿Se necesita historial de reservas por usuario, por laboratorio, por fecha?
- 2) ¿Se debe registrar si la reserva fue utilizada, cancelada o aprobada?
- 3) ¿Es necesario exportar la información en archivos como Excel o Pdf?
- 4) ¿Se deben enviar alertas automáticas?

Anexo 2. Carta de Aceptación

Ilustración 40 Carta de aceptación módulo de laboratorios



IBARRA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y EMPRENDIMIENTO

Ibarra, 31 de julio de 2025

CARTA DE ACEPTACIÓN

Por medio de la presente, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-I), a través de la Unidad de Desarrollo de Software Empresarial, tiene el agrado de informar que la Srta. **Cristina Alejandra Padilla Reina**, estudiante de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, realizó la entrega del proyecto de titulación titulado:

"Sistema para la Administración de Laboratorios Químicos en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales"

El proyecto fue desarrollado con las políticas y lineamientos establecidos por la Unidad de Desarrollo de Software Empresarial de la PUCE Ibarra, el cual se encuentra alojado en los servidores de producción.

Se deja constancia de que el proyecto fue entregado correctamente y cumple con los requerimientos establecidos por la Unidad.

Atentamente,



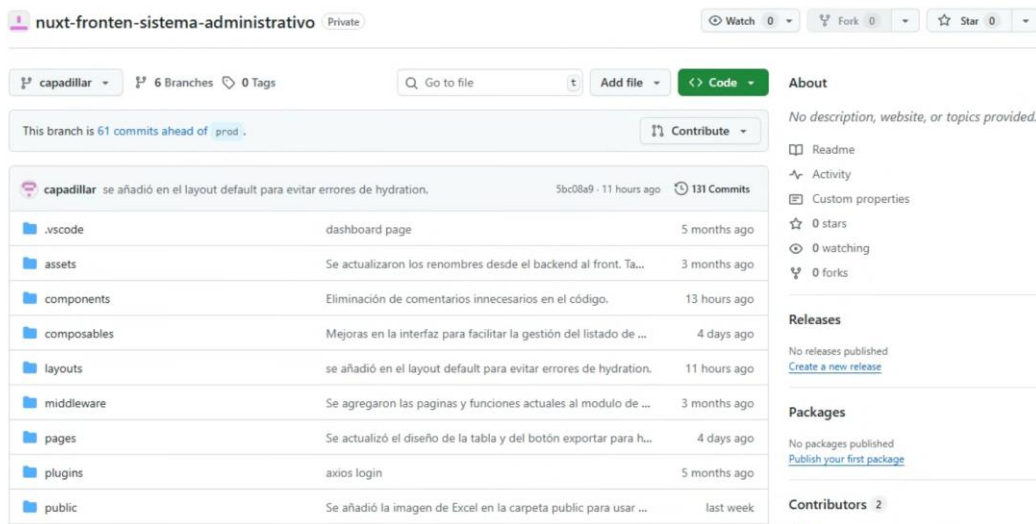
Mgs. José Luis Ibarra Estévez
**DIRECTOR - UNIDAD DE DESARROLLO DE SOFTWARE EMPRESARIAL
PUCE-I**

Dirección: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit. Ciudadela "La Victoria".
Teléf: (593-6) 2615 500
Ibarra - Ecuador / www.pucesi.edu.ec

Anexo 3. Repositorio de control de versiones

El código fuente del sistema se encuentra alojado en un repositorio, gestionado mediante la plataforma GitHub, dentro de la Unidad de Desarrollo de la PUCE-Ibarra. Este repositorio ha sido utilizado como herramienta de control de versiones, permitiendo llevar un registro detallado de los cambios, facilitar el trabajo colaborativo y mantener la trazabilidad del desarrollo durante todo el proyecto.

Ilustración 41 Repositorio módulo laboratorios



Anexo 4. Repositorio de código fuente

A continuación, se presenta el repositorio del código fuente del sistema, el cual está compuesto por dos partes: backend y frontend. Cada una incluye sus respectivas instrucciones de instalación. El repositorio puede ser consultado en el siguiente enlace:

[Código Fuente](#)