



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

TEMA:

Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación.

AUTORES:

**Noboa Zambrano, Kleber Isaías
Ríos Olvera, Daryl Elian**

**Proyecto de tecnologías de información previo a la obtención del título de
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

TUTOR:

Ing. Morejón Campoverde, José Lenin

**Guayaquil – Ecuador
01 de septiembre de 2026**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Tecnologías de Información fue realizado en su totalidad por **Noboa Zambrano, Kleber Isaías y Ríos Olvera, Daryl Elian** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de La Computación**.

f. 

Morejón Campoverde, José Lenin

Guayaquil, al 01 día del mes de septiembre del año 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Noboa Zambrano, Kleber Isaías
Ríos Olvera, Daryl Elian

DECLARO QUE:

El Proyecto de Tecnologías de Información, **Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Ciencias de la Computación, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

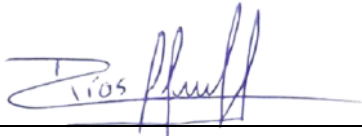
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, al 1 día del mes de septiembre del año 2026

AUTORES

f. 

Noboa Zambrano, Kleber Isaías

f. 

Ríos Olvera, Daryl Elian



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Yo, Noboa Zambrano, Kleber Isaías
Ríos Olvera, Daryl Elian

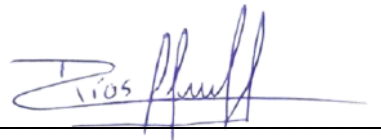
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Proyecto de Tecnologías de Información, **Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 1 día del mes de septiembre del año 2026

AUTORES

f. _____

Noboa Zambrano, Kleber Isaías

f. _____

Ríos Olvera, Daryl Elian



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN

REPORTE ANTIPLAGIO



f. _____

Morejón Campoverde, José Lenin

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, confianza, resistencia, conocimiento y la oportunidad de poder seguir adelante y poder llegar hasta esta gran etapa que es muy importante en mi vida. Sin su bendición y amor, este gran logro no habría sido posible.

A mis padres, quienes son grandes modelos para seguir y que siempre están ahí. Les agradezco por su amor, apoyo, paciencia y la fe que tienen en mí y en las decisiones que tomé o tomaré. En todo momento estuvieron ahí, para ser mi soporte de vida, incluso cuando deseaba rendirme. Agradezco todo lo que hacen por mí para que no me falte nada y cada recomendación. Lo que he logrado, se lo debo a ustedes y por siempre les estaré agradecido. Los quiero mucho.

A mi increíble familia, por ser ese gran motor que me impulsa a seguir adelante y por acompañarme en este proceso tan largo y difícil, en el cual jamás me abandonaron, sino que siempre me apoyaron, aunque fuera con lo más pequeño. Nunca permitieron que diera un paso atrás; siempre me motivaron a avanzar. A mis buenos amigos de la facultad que en todo momento me respaldaban sin importar las circunstancias, a mis queridas amigas de medicina Josselyne, Arianna, Melanye, Ariadne y Vanessa, quienes han sido un gran apoyo para mí y sé lo maravillosas que son; estoy seguro de que serán unas excelentes doctoras y eso me llena de orgullo.

Quiero agradecer mucho a Carlita, gracias por estar a mi lado en mis momentos de estrés, tristeza, felicidad, por estar presente en mi vida, por ser esa personita que no me dejó solo en ningún momento y que siempre confió en mí, quiero decirte que este logro también es tuyo y que eres una persona especial en mi vida. Agradezco a Dios por cruzarnos el uno al otro, me enorgulleces y siempre vas a estar en mi corazón, te quiero mucho Carlita.

Quiero agradecer a mi compañero de tesis, por el trabajo que hicimos, por las risas, por las ideas, por siempre ser ese gran amigo que eres desde el primer semestre que nos conocimos. Sin duda, este logro que conseguimos vale mucho porque lo conseguí con un gran amigo.

A mis profesores, quienes me brindaron los conocimientos necesarios para formarme profesionalmente, y a mi tutor de tesis, por su ayuda, paciencia, por darse el tiempo de escucharnos y darnos una retroalimentación excelente para poder mejorar el proyecto.

Finalmente, gracias a la universidad por brindarme muchos años de felicidad, por el conocimiento brindado, por las grandes amistades que formé, por hacer sacar lo mejor de mí y en especial por todos los lindos recuerdos que he tenido.

Kleber Noboa

AGRADECIMIENTO

A mi familia en general, por la paciencia infinita, el respaldo y la comprensión durante todos estos años de formación universitaria. Gracias por aguantar mis silencios, mis momentos de mal humor y el estrés acumulado.

A Kleber, mi compañero de tesis y gran amigo. Emprender este reto juntos no fue fácil, entre errores técnicos, frustraciones y horas interminables. Gracias por la paciencia y el trabajo compartido. Pero más allá de las exigencias académicas, gracias por ser un compañero en tantas salidas, risas y momentos de joda que hicieron que la universidad fuera inolvidable. Todas esas noches haciendo tareas, programando y jugando videojuegos para despejar la mente se vieron reflejadas en que logramos sacar esto adelante.

A los profesores y tutores que me han guiado, corregido y compartido sus conocimientos a lo largo de la carrera. Gracias por no darme simplemente una clase, sino por enseñarme a pensar, a cuestionar, a buscar soluciones reales a los problemas técnicos. A la universidad y a todas las personas que facilitaron los espacios, los equipos y los recursos necesarios para poder desarrollar este trabajo de titulación, dándome las herramientas para pasar de la teoría a la práctica.

A las personas que ya no forman parte de mi vida, no porque hayan fallecido, sino porque las alejé o se alejaron por distintas circunstancias. Aunque los caminos se separaron y las cosas cambiaron con el tiempo, cada una dejó memorias, recuerdos y lecciones que me marcaron profundamente; de una u otra forma, me robé una parte de cada uno de ellos para aprender a ser quien soy hoy.

Gracias a las nuevas personas que han entrado a formar parte de mi vida, a los recuerdos que a veces me acompañan en las noches y a aquellas personas que aún no he podido olvidar del todo, porque de alguna manera siguen habitando en mi historia. A pesar de saber que no soy perfecto, que tengo mis tropiezos y que a veces batallo con mis propios defectos, gracias a quienes me aceptan tal como soy, con virtudes y defectos, y que de una u otra manera me impulsan a querer ser mejor cada día.

A mis amigos de verdad, a los de siempre y a los que se han quedado, por apoyarme y acompañarme en tantas aventuras, por las charlas interminables, por las risas y por estar ahí cuando más se necesitaba desconectar un rato de la presión académica y recordar que hay vida más allá de las pantallas y los libros.

Y, finalmente, gracias también a aquellas personas que alguna vez me cerraron puertas. De todo eso aprendí algo valioso que me hizo más fuerte y resistente ante la frustración, y hoy solo espero que a ellos también les vaya bien, que puedan mejorar y logren alcanzar cada una de las metas que se proponen.

Daryl Rios

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación se lo dedico a mis padres, quienes han sido mi gran apoyo para poder seguir en esta carrera, en los momentos en que el camino se volvía más difícil y me quería rendir. Gracias por confiar en mí cuando más necesitaba que estén conmigo, por no dejarme rendirme, por sus consejos, por cada sacrificio que hicieron para que yo pudiera seguir esta carrera que tanto me gusta. Su esfuerzo, responsabilidad, honestidad, perseverancia ha sido un gran ejemplo para mí y son mi gran motivación para seguir adelante en todo lo que hago.

A mi familia, por su apoyo, por su cariño, por escucharme, por su amor y estar conmigo a lo largo de toda esta gran etapa de mi vida universitaria en mis momentos buenos en mis malos momentos.

A Carlita, por estar presente en los momentos más importantes de mi vida universitaria, por escucharme, acompañarme, por celebrar mis logros como si fueran tuyos. Tu apoyo y tu amor hizo que pueda salir adelante y por ayudarme a superarme cada día.

A la universidad, por darme la oportunidad de formarme e ir mejorando poco a poco , por las grandes experiencias que sembraron en mí, por los recuerdos bonitos que he tenido. Culminar esta gran etapa representa un logro demasiado importante en mi vida y el inicio de nuevos desafíos.

A mis abuelos, que fallecieron y no pudieron ver los logros que he estado consiguiendo, decirles que su nieto está cumpliendo sus metas y que espero que se sientan orgullosos de mí.

Este logro no es solo mío, es todas las personas que siempre se dieron el tiempo de ayudarme, aconsejarme y nunca dejarme solo, a esas hermosas personas debo decirle lo logramos conseguimos un gran paso y vamos por muchos más.

Kleber Noboa

DEDICATORIA

Este logro, que hoy se materializa en este documento, está dedicado por completo a quienes han sido mi soporte en cada etapa de este camino.

A mis padres, porque este título también es de ustedes. Gracias por estar siempre, por el esfuerzo silencioso de cada día, por el apoyo incondicional y por sostenerme en cada paso y en cada tropiezo que tuve a lo largo de estos años de carrera, enseñándome con el ejemplo lo que significa la constancia.

A mi hermano mayor, por ser un pilar fundamental, un apoyo constante y un ejemplo a seguir todo este tiempo; alguien en quien siempre he podido mirar para orientarme cuando las cosas se complican.

A mi hermana, porque a pesar de las peleas, las discusiones cotidianas y los roces inevitables de la convivencia, este último año que hemos vivido más de cerca y a lo largo de toda la vida se ha convertido en mi confidente, en mi compañía diaria y en ese refugio seguro contra la soledad cuando el peso de la rutina y el estudio abruman mi mente.

Y de manera muy especial, a mi gatito Totoro, por ser mi compañía silenciosa y mi apoyo incondicional durante estos cuatro años de carrera; a Nero, el nuevo integrante de la familia que ha traído otra clase de alegría a la casa; y a todas aquellas mascotas que ya no están, a las que nunca más pude volver a ver y de las cuales me habría gustado despedirme por última vez, pero que dejaron una huella gigante en mi vida y en estos años de esfuerzo

Daryl Rios



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. JOSE MIGUEL ERAZO, MGS

DOCENTE DE CARRERA

f. _____

ING. ANA CAMACHO CORONEL, MGS

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. BYRON YONG YONG, MGS

OPONENTE

Ing. Lenin Morejon Campoverde, Mgs,

Tutor del Proyecto de T.I.

Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación

Índice de contenido

Introducción	2
Capítulo I: El Problema	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.1. Diagnóstico inicial y levantamiento del inventario	4
1.1.2. Actores y contexto operativo	4
1.1.3. Flujo identificado del proceso actual	5
1.2. Hipótesis de investigación	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Alcance	6
1.4.1. Funcionalidades mínimas y funcionalidades futuras	7
1.4.2. Flujo propuesto de préstamo y devolución	7
1.5. Justificación e importancia	8
1.5.1. Necesidad de centralizar el inventario y los préstamos	8
1.5.2. Alternativas para identificar y gestionar activos	9
1.5.3. Justificación de la identificación híbrida NFC y QR	9
1.5.4. Etiquetado de activos pequeños o sensibles	11
1.5.5. Arquitectura móvil-web y sostenibilidad	12
1.5.6. Evaluación del aporte del prototipo	12
1.6. Respuestas consolidadas a las observaciones del tutor	13
1.5.3.1. Selección de etiquetas NFC utilizadas en el prototipo	13
CAPÍTULO II: Marco Teórico	15
2.1 Gestión de activos	15
2.1.1 Marco normativo y de referencia	16
2.2 Gestión de inventarios y préstamos	17
2.3 Tecnologías Auto-ID	19
2.4 NFC	21
2.5 Código QR	23
2.6 Tecnologías de desarrollo	25
2.7 Trabajos relacionados	26
2.8 Síntesis del capítulo	28
CAPÍTULO III: Metodología	29
3.1 Enfoque de la investigación	29
3.2 Tipo y diseño de investigación	29
3.2.1 Metodología de desarrollo del software	30
3.3 Población y muestra	31
3.4 Técnicas e instrumentos	31
3.5 Desarrollo del inventario	32
3.6 Arquitectura propuesta	34
3.7 Requerimientos funcionales	35
3.8 Casos de uso	36
3.9 Pruebas del prototipo	39

3.10 Consideraciones éticas	40
3.11 Síntesis del capítulo	41
CAPÍTULO IV: Implementación y Validación del Prototipo	42
4.1 Arquitectura implementada	42
4.2 Diseño de la base de datos	43
4.3 Desarrollo de la API REST	46
4.4 Desarrollo de la aplicación	48
4.5 Plataforma web	54
4.6 Implementación de NFC y QR	55
4.7 Pruebas funcionales	55
4.8 Evaluación del prototipo	56
4.9 Limitaciones	57
4.10 Síntesis del capítulo	58
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones	61
5.3 Trabajos futuros	61
Referencias bibliográficas	63
Anexos	78

Índice de tablas

Tabla 1. Síntesis del diagnóstico inicial realizado por los autores.	4
Tabla 2. Priorización de funcionalidades del prototipo.	7
Tabla 3. Comparación cualitativa de alternativas de identificación.	9
Tabla 4. Matriz de decisión referencial. Escala: 1 = menos favorable; 5 = más favorable.	11
Tabla 5. Estrategia propuesta de etiquetado según las condiciones del activo.	12
Tabla 6. Indicadores propuestos para la validación del prototipo.	13
Tabla 7. Consolidación de las preguntas planteadas por el tutor.	13
Tabla 2.1. Ciclo de vida simplificado de un activo.	16
Tabla 2.2. Marco normativo y de referencia considerado en el diseño del prototipo.	17
Tabla 2.3. Comparación de mecanismos de gestión de inventarios.	17
Tabla 2.4. Estados del activo en el modelo de préstamos propuesto.	18
Tabla 2.5. Indicadores derivables del historial de préstamos.	19
Tabla 2.6. Comparación de tecnologías Auto-ID.	20
Tabla 2.7. Familias de tecnologías de identificación por banda de frecuencia.	20
Tabla 2.8. Modos de operación definidos por el NFC Forum.	22
Tabla 2.9. Características técnicas del chip NTAG213 relevantes para el prototipo.	23
Tabla 2.10. Niveles de corrección de errores del código QR.	24
Tabla 2.11. Componentes del stack tecnológico y criterios de selección.	26
Tabla 2.12. Comparación de los trabajos relacionados revisados.	28
Tabla 3.1. Fases de la metodología, actividades y entregables.	31
Tabla 3.2. Criterios de inclusión y exclusión aplicados a los activos.	31
Tabla 3.3. Técnicas, instrumentos y momentos de aplicación.	32
Tabla 3.4. Estructura de la hoja de cálculo utilizada en el levantamiento.	33
Tabla 3.5. Estructura del código interno asignado a los activos.	34
Tabla 3.6. Requerimientos funcionales del sistema.	35
Tabla 3.7. Requerimientos funcionales complementarios.	36
Tabla 3.8. Requerimientos no funcionales según ISO/IEC 25010.	36
Tabla 3.9. Casos de uso identificados.	38
Tabla 3.10. Especificación del caso de uso CU-02 — Registrar préstamo.	38
Tabla 3.11. Casos de prueba propuestos.	39
Tabla 3.12. Niveles de prueba y criterios de aceptación.	40
Tabla 4.1. Componentes de la arquitectura implementada.	43
Tabla 4.2. Entidades del modelo de datos.	45
Tabla 4.3. Diccionario de datos de la tabla prestamos.	46
Tabla 4.4. Endpoints principales de la API.	46
Tabla 4.5. Endpoints complementarios de la API.	47
Tabla 4.6. Códigos de estado HTTP utilizados por la API.	47
Tabla 4.7. Pantallas de la aplicación móvil.	49
Tabla 4.8. Módulos de la plataforma web.	54
Tabla 4.9. Tecnologías implementadas.	55
Tabla 4.10. Resultado de las pruebas de lectura según el tipo de superficie.	55
Tabla 4.11. Resultados de las pruebas funcionales.	56
Tabla 4.12. Detalle de ejecución de los casos de prueba funcionales.	56

Tabla 4.13. Evaluación del prototipo según las características de ISO/IEC 25010.	57
Tabla 4.14. Clasificación de las limitaciones y líneas de trabajo futuro.	58

Índice de figuras

Figura 1. Representación del proceso actual a partir de la información disponible.	5
Figura 2. Flujo general propuesto para préstamos y devoluciones.	8
Figura 3. Arquitectura general planteada para el prototipo.	12
Figura 2.1. Ciclo de vida de un activo según los principios de la norma ISO 55000.	16
Figura 2.2. Flujo general del proceso de préstamo y devolución.	18
Figura 2.3. Comparación conceptual entre las principales tecnologías Auto-ID.	21
Figura 2.4. Arquitectura de comunicación NFC entre el teléfono y la etiqueta pasiva.	22
Figura 2.5. Elementos estructurales de un código QR según ISO/IEC 18004.	24
Figura 2.6. Arquitectura lógica del sistema en tres capas.	26
Figura 3.1. Fases de la metodología de desarrollo aplicada al prototipo.	30
Figura 3.2. Procedimiento de levantamiento, codificación y etiquetado de los activos.	33
Figura 3.3. Organización en capas del prototipo.	35
Figura 3.4. Diagrama de casos de uso del sistema.	37
Figura 3.5. Diagrama de estados del activo dentro del sistema.	39
Figura 4.1. Arquitectura de despliegue del prototipo.	43
Figura 4.2. Diagrama entidad-relación del sistema.	44
Figura 4.3. Modelo relacional de las entidades centrales del sistema.	45
Figura 4.4. Diagrama de secuencia del registro de un préstamo.	48
Figura 4.5. Ejemplo de petición y respuesta del servicio de registro de préstamos.	48
Figura 4.6. Estructura del contenido almacenado en la etiqueta NTAG213.	49
Figura 4.7. Pantalla de inicio de sesión.	50
Figura 4.8. Pantalla de inventario.	51
Figura 4.9. Pantalla de préstamo.	52
Figura 4.10. Pantalla de devolución.	53
Figura 4.11. Dashboard administrativo de la plataforma web.	54

Resumen

Las instituciones de educación superior enfrentan desafíos constantes en la administración y control de sus recursos tecnológicos destinados a la academia y la investigación. En la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), la gestión de activos en el laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación presentaba dificultades asociadas a la ausencia de inventarios consolidados, la falta de trazabilidad en los préstamos y el uso de procesos informales basados en comunicación verbal. Para dar solución a esta problemática, el presente proyecto desarrolló un prototipo de sistema de gestión con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web, cuyo objetivo principal es optimizar el control de los activos mediante la vinculación precisa entre usuarios y equipos.

El marco referencial se sustenta en la norma internacional ISO 55000 de gestión de activos, el marco normativo de bienes del sector público, así como en tecnologías de identificación automática (Auto-ID) como Near Field Communication (NFC) y códigos QR bajo estándares ISO/IEC. La metodología aplicada corresponde a una investigación aplicada con enfoque mixto y un modelo iterativo e incremental para el desarrollo del software. El sistema comprende una aplicación móvil en Flutter para Android que facilita la lectura de etiquetas NTAG213 y códigos QR, una plataforma web de administración, y una API REST en Laravel conectada a una base de datos centralizada en MySQL.

Los resultados de la validación demostraron mejoras significativas en los tiempos de registro, la integridad de los datos, la gestión de alertas por retrasos y la consistencia en la disponibilidad de los equipos. Se concluye que la implementación de este prototipo representa un modelo innovador de control operativo que fortalece la trazabilidad, la seguridad en la asignación de recursos y la sostenibilidad tecnológica dentro de la UCSG.

Introducción

La gestión de activos en laboratorios tecnológicos requiere información actualizada sobre los equipos disponibles, sus responsables y el estado de cada préstamo. Esta necesidad se vuelve más evidente en espacios donde se utilizan placas de desarrollo, sensores, pantallas, módulos electrónicos y otros recursos que circulan entre estudiantes, docentes y personal responsable del laboratorio.

En la etapa inicial de este proyecto, se llevaron a cabo entrevistas orales con diversos individuos vinculados a la gestión y administración del laboratorio de IoT. El objetivo era conseguir un inventario actualizado que sirviera como fuente para la carga base de datos inicial. Las consultas se realizaron de forma informal porque no estaba claro quién era el encargado directo de suministrar esa información. Sin embargo, no se logró obtener un inventario consolidado.

Posteriormente, también se realizaron consultas verbales respecto a la posibilidad de acceder a las hojas de recepción de activos, considerando que estos documentos deberían contener información sobre las cantidades de equipos recibidos. No obstante, dichos documentos tampoco pudieron ser facilitados. Ante esta limitación, los autores realizaron un levantamiento físico manual de los activos presentes en el laboratorio y elaboraron una hoja de cálculo con los elementos identificados. El archivo es el primer recurso empleado para almacenar en información la base de datos del prototipo.

Tampoco hubo evidencia de un procedimiento formal y centralizado de contabilidad de préstamos. Se ha estimado, en función de la audiencia y las observaciones hechas, que el suministro de equipos se realiza principalmente a través de medios verbales y sin controles de trazabilidad.

Dado que no se contaba con registros históricos para confirmar cada transacción, esta declaración se ofrece como una descripción del proceso observado en lugar de ser considerada una conclusión de la auditoría institucional. Para enfrentar esta situación, se sugiere un prototipo de sistema de gestión de préstamos que emplea códigos QR y Near Field Communication (NFC) para la identificación híbrida. La solución combina una aplicación móvil Android para registrar préstamos y devoluciones con una plataforma web para gestionar inventario, consultar disponibilidad, revisar historial y gestionar alertas. El objetivo de la identificación híbrida no es aplicar la misma etiqueta a todos los objetos, sino elegir el mecanismo más adecuado según el tamaño, material, valor y condiciones físicas de

cada bien.

En el Capítulo I se desarrolla el problema, los objetivos, el alcance y la justificación. También se incorporan el diagnóstico inicial, el flujo operativo, la diferenciación entre funciones mínimas y deseables, y una comparación de alternativas de identificación. Con ello se busca que las decisiones del proyecto queden sustentadas en las condiciones reales encontradas en el laboratorio.

Capítulo I: El Problema

1.1. Planteamiento del problema

El laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación dispone de activos utilizados en prácticas académicas, proyectos y actividades de investigación.

El movimiento constante de dichos materiales exige saber qué aparatos existen libres, cuáles han sido cedidos, quiénes gestionan cada entrega y en qué fecha toca su devolución.

Durante la fase de recolección de datos no obtuvo un censo integrado útil para poblar la base de registros primaria. Asimismo, se pidió entrada a los formatos de ingreso de bienes donde debían figurar los volúmenes de aparatos recibidos, aunque dichos papeles no llegaron. Debido a esto, se realizó un conteo material a mano y anotación de los hallazgos dentro de una planilla electrónica.

La falta de un origen único complica establecer al instante el volumen efectivo de bienes y su condición. Asimismo, no se halló una plataforma unitaria para anotar créditos y devoluciones. Según los datos accesibles, el flujo opera casi siempre vía diálogo oral, útil para organizar una entrega precisa, aunque no sustituye un registro organizado, revisable y vinculado de modo duradero a cada bien.

Esta condición restringe la capacidad de rastreo. Si el archivo se basa en diálogos fragmentados, se vuelve complicado revisar luego la fecha de entrega, quien fue el encargado, cuándo debía devolverse, notas sobre el estado del aparato o préstamos previos. Además, crece la labor requerida para volver a armar los datos y podría generar errores al modificar el stock disponible.

El laboratorio posee equipos cuyas cualidades físicas varían entre sí. Algunos admiten pegar una etiqueta sin alterar su funcionamiento; otros resultan diminutos, tienen áreas superficiales bajas, partes al descubierto o sustancias que podrían entorpecer ciertas tecnologías. Debido a esto, una respuesta fundada en un solo sistema de reconocimiento no parece adecuada para toda la colección de bienes. Hace falta un enfoque adaptable que conserve el precio y la dificultad dentro de un grado aceptable para un proyecto escolar experimental.

Por lo tanto, el problema central es la falta de una plataforma informática unificada que pueda identificar los bienes seleccionados, registrar sus entregas y recuperaciones, vincularlos con las personas responsables y mantener un registro cronológico de las acciones. La propuesta se enfoca en los activos con más valor o que se utilizan de manera frecuente, y no tiene como objetivo incluir elementos de bajo costo, tamaño pequeño o alta rotación que sean difíciles de identificar por separado.

1.1.1. Diagnóstico inicial y levantamiento del inventario

El levantamiento manual no fue una actividad adicional prevista únicamente para documentar la tesis, sino una condición necesaria para iniciar el desarrollo. Sin una lista de activos no era posible definir registros iniciales, categorías, códigos internos ni pruebas sobre la disponibilidad.

La tabla creada por los investigadores facilitó ordenar los datos obtenidos y actuará como base para la carga primera del modelo.

Actividad	Resultado observado	Decisión adoptada
Peticion de stock actualizado	No hubo recepción de un listado totalizado.	Hacer una medición física de los bienes.
Solicitud relativa a formularios de ingreso	No se entregaron los papeles.	Evitar usar volúmenes pasados sin confirmar su veracidad.
Revisión del proceso de préstamo	No se evidenció un registro centralizado; se identificó comunicación verbal.	Diseñar un flujo digital con historial y responsables.
Preparación de datos iniciales	No existía una base utilizable para el prototipo.	Construir una hoja de cálculo para la carga inicial.

Tabla 1 . Síntesis del diagnóstico inicial realizado por los autores.

1.1.2. Actores y contexto operativo

El prototipo contempla como actores a los estudiantes que reciben los equipos y al personal responsable de administrar el laboratorio. Los profesores podrán como solicitantes o responsables académicos en el procedimiento que definan en cada centro; sin embargo, la gestión de préstamos, activos, devoluciones y alertas se centraliza en la figura encargada del

laboratorio/aula. La concebibilidad deberá ser ratificada con la unidad responsable de forma previa en la producción.

Los plazos de los préstamos no quedan fijados de forma única en esta fase, ya que pueden alternar dependiendo de la práctica, proyecto o necesidad académica. El sistema se diseña para almacenar una fecha de préstamo y una fecha prevista de devolución, permitiendo que el responsable establezca el plazo de cada transacción.

1.1.3. Flujo identificado del proceso actual

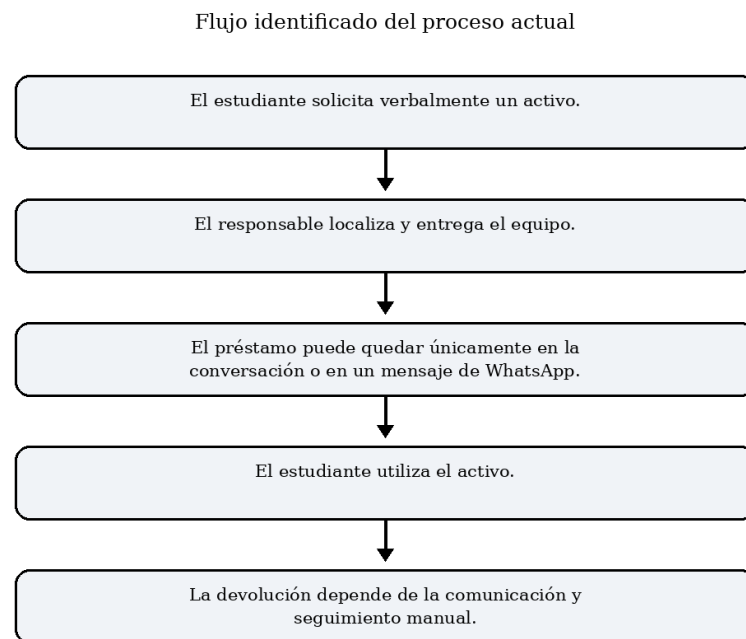


Figura 1 Representación del proceso actual a partir de la información disponible.

La figura anterior no pretende afirmar que todas las entregas se realicen de la misma forma. Resume el flujo que pudo identificarse al no existir un procedimiento documentado ni registros consolidados entregados al equipo de proyecto.

1.2. Hipótesis de investigación

Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de sistema de gestión de préstamos para el laboratorio de IoT que permita registrar, vincular y monitorear activos asignados a estudiantes mediante una

plataforma móvil y web, incorporando mecanismos de identificación híbrida (NFC y QR) para mejorar la trazabilidad y el control de los recursos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de préstamos del laboratorio para identificar necesidades funcionales y definir el flujo de operación del sistema.
- Crear un modelo de datos que administre las relaciones entre los usuarios, los activos y los préstamos, con observaciones, limitaciones y supervisión de diversas transacciones.
- Crear una aplicación para Android que registre los préstamos a través de la identificación de activos y usuarios por medio de tecnologías QR y NFC.
- Desplegar una plataforma web que esté unida a una base de datos centralizada para manejar el inventario, gestionar los préstamos y observar la disponibilidad de activos.
- Evaluar el desempeño, la usabilidad y la funcionalidad del sistema, incluyendo el sistema de alertas para notificar retrasos en la devolución de equipos.

1.4. Alcance

El proyecto contempla el análisis, diseño y desarrollo de un prototipo funcional de sistema de gestión de préstamos para el laboratorio de IoT, incluyendo una aplicación móvil para el registro de transacciones y una plataforma web para la administración del inventario.

El sistema se centrará en controlar cerca del 70 % de los activos del laboratorio. Se dará preferencia a los elementos que tienen más valor y que se utilizan con regularidad, como las pantallas LCD, sensores, módulos electrónicos, protoboards, motherboards y placas de desarrollo con microcontroladores (Raspberry Pi, ESP32, ARM y otros). Los elementos pequeños, de bajo costo o que se utilizan frecuentemente, como las compuertas lógicas y los LED, no serán etiquetados individualmente cuando esto no sea práctico.

Se incorpora una base de datos centralizada, así como la identificación mediante códigos QR y etiquetas NFC. Se puede pegar la etiqueta de forma directa si la superficie y el material lo permiten. En activos pequeños o sensibles se usarán fundas, cajas o contenedores relacionados con el registro del activo. Esta decisión evita cubrir componentes, conectores o zonas de disipación. También reduce el riesgo de que la etiqueta se despreque.

El prototipo necesita conexión para sincronizar las transacciones con la base de datos central. No se incluye una modalidad de trabajo sin conexión, porque esto obligaría a resolver la sincronización, los conflictos y la duplicidad de operaciones. Tampoco se incluye

infraestructura física de red ni mantenimiento después de la entrega. La documentación técnica, el código fuente y el esquema de base de datos deben quedar disponibles para facilitar una posible continuidad institucional.

La validación se hará con pruebas funcionales y de usabilidad, según el alcance y la disponibilidad del laboratorio. No se reclamará una reducción de pérdidas cuantitativa si no hay datos históricos verificables para establecer una línea de base.

En ese caso, la evaluación se orientará a tiempos de registro, integridad de los datos, trazabilidad obtenida y percepción de los usuarios participantes.

1.4.1. Funcionalidades mínimas y funcionalidades futuras

Funcionalidad	Clasificación	Justificación
Registro de préstamos y devoluciones con NFC o QR	MVP	Constituye el flujo central del prototipo.
Inventario y disponibilidad actualizada	MVP	Permite saber el estado operativo de los activos registrados.
Alertas por retraso	MVP	Facilita el seguimiento de las fechas establecidas para la devolución.
Historial por alumno y activo	MVP	Realiza el seguimiento de las operaciones.
Gestión de usuarios y roles	MVP	Limita las funciones administrativas y designa a los responsables.
Estadísticas e informes detallados	Deseable	Proporciona información útil, pero no es indispensable para verificar el flujo principal.
Notificaciones push	Deseable	Se necesitan servicios extra y administración de permisos.
Integración con el sistema académico	Deseable	Depende de acceso institucional y mecanismos de interoperabilidad.
Operación completa sin conexión	Deseable	Implica sincronización y resolución de conflictos fuera del alcance mínimo.

Tabla 2 Priorización de funcionalidades del prototipo.

1.4.2. Flujo propuesto de préstamo y devolución

Flujo propuesto de préstamo y devolución

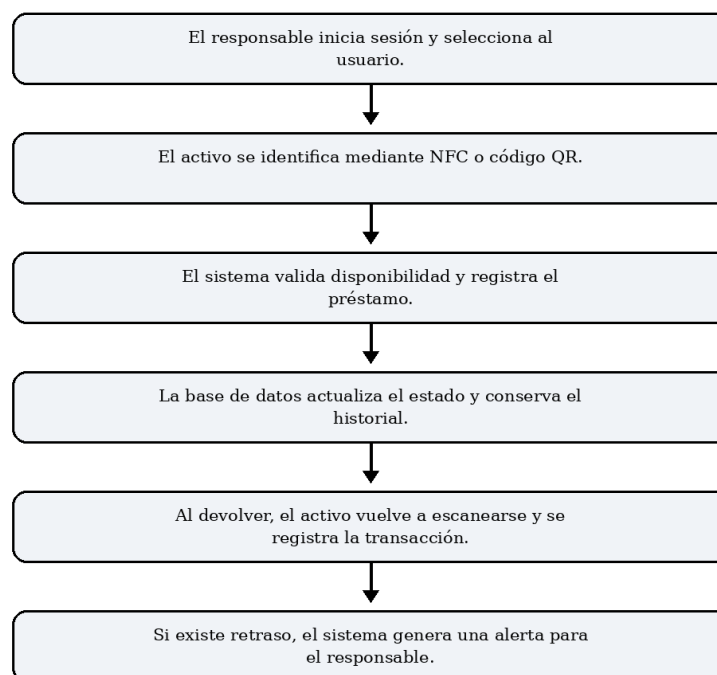


Figura 2 Flujo general propuesto para préstamos y devoluciones.

Este flujo se utiliza como referencia para construir los módulos de usuarios, activos, préstamos, devoluciones, historial y alertas. La identificación NFC o QR no reemplaza la validación de disponibilidad ni la selección del responsable; funciona como mecanismo para recuperar de forma rápida y menos ambigua el registro correspondiente al activo.

1.5. Justificación e importancia

1.5.1. Necesidad de centralizar el inventario y los préstamos

La primera justificación del proyecto surge de una necesidad observada: para comenzar el desarrollo fue necesario construir manualmente el inventario porque no se recibió una fuente consolidada ni las hojas de recepción solicitadas. El sistema posibilitará tener una lista ordenada de los activos que forman parte del prototipo y vincularla con sus transacciones. Esto no sustituye los métodos institucionales de alta, baja o control contable. No obstante, proporciona una herramienta útil para el laboratorio.

La centralización también previene que la información relevante dependa únicamente de los intercambios personales. No se halló información en los documentos durante la recolección de datos que corroborara el empleo de métodos formales para anotar devoluciones y préstamos. Principalmente, la explicación del procedimiento se basa en una charla con el encargado del laboratorio. En este contexto, se podrían utilizar herramientas

como WhatsApp o el correo electrónico para coordinar entregas puntuales; sin embargo, no existen evidencias suficientes que verifiquen que estas aseguran una estructura homogénea, la búsqueda por activo, la supervisión de estados o la creación automática de alertas. La creación de validaciones y el mantenimiento de relaciones entre activos, usuarios y transacciones son posibles gracias a una base de datos.

1.5.2. Alternativas para identificar y gestionar activos

Antes de seleccionar NFC y QR se consideran otras formas de identificación. La comparación no intenta decir que una tecnología sea mejor en todos los casos. Busca saber cuál funciona mejor en un laboratorio con equipos variados, poco dinero y teléfonos Android disponibles.

Alternativa	Ventajas principales	Limitaciones para este caso
Registro manual o búsqueda por nombre	No requiere etiquetas ni lectores.	Se basa en la selección y escritura manual. Esto incrementa la posibilidad de seleccionar una entrada equivocada y no acelera la transacción.
Número de inventario impreso	Es fácil de implementar y tiene un costo bajo.	Es necesario ingresar o buscar el identificador. Puede deteriorarse y no posibilita su lectura automática.
Código de barras lineal	Es una tecnología muy popular y económica.	Es necesario que esté bien orientado y que se le haga una lectura óptica. Almacena menos datos visuales que un código de dos dimensiones.
Código QR	Se puede imprimir a bajo costo y leer con Se puede escanear con la cámara de un teléfono y se puede imprimir a un precio bajo.	Facilita la corrección de errores. Es necesario que el código sea visible, tenga un contraste suficiente y no esté excesivamente deteriorado.
NFC	Se lee acercando el aparato, sin tener que enfocar una imagen. Permite la conservación de un identificador y utiliza etiquetas pasivas.	No todos los teléfonos móviles cuentan con NFC. La etiqueta es más costosa que la impresión y el metal tiene el potencial de interferir con la lectura.
RFID UHF/RAIN	Posibilita la lectura de múltiples elementos simultáneamente, a distancias más largas y sin línea de visión.	Necesita una infraestructura y lectores específicos. El alcance extendido y la lectura múltiple van más allá de lo que el prototipo requiere.
Bluetooth de baja energía (BLE)	Es posible localizar dispositivos a distancia y transmitir información.	Requiere balizas con baterías o alimentación, manejo o conexión de señales y más mantenimiento.
Reconocimiento de imágenes	No requiere una etiqueta física específica si el objeto puede ser identificado	Requiere entrenamiento, condiciones óptimas de imagen y tiene la posibilidad de confundir equipos que son visualmente parecidos.

Tabla 3 Comparación cualitativa de alternativas de identificación.

1.5.3. Justificación de la identificación híbrida NFC y QR

NFC es una tecnología inalámbrica de corto alcance que opera a 13,56 MHz y está diseñada para intercambios rápidos a pocos centímetros. Esta cercanía es adecuada para la anotación individual de un préstamo: el operador tiene que acercar el teléfono intencionadamente al activo, lo cual disminuye las lecturas imprevistas de otros equipos.

Como las etiquetas pasivas no necesitan batería, su mantenimiento es inferior al de una baliza activa (NFC Forum, 2026.; Android Developers, 2026).

El código QR sirve como un mecanismo adicional. Dado que la cámara del teléfono se encarga de tomar la imagen, es posible generarla e imprimirla sin necesidad de comprar un lector especializado. Además, el estándar incorpora niveles de corrección de errores que permiten recuperar parte de la información cuando el símbolo presenta suciedad o daños parciales, aunque la legibilidad depende del contraste, tamaño y estado de la impresión (Función de corrección de errores, 2025).

La selección conjunta responde a que los activos no presentan las mismas condiciones físicas. NFC resulta conveniente cuando el equipo dispone de una superficie adecuada, no existe interferencia significativa y se busca una interacción rápida por contacto cercano. El QR es útil como respaldo cuando el teléfono no dispone de NFC, cuando la etiqueta NFC no puede adherirse de forma segura o cuando se necesita un identificador visible. La redundancia también facilita comprobar el código del activo sin depender de una sola tecnología.

La tecnología RFID funciona mediante radiofrecuencias que permiten identificar objetos sin necesidad de estar a la vista (GS1, 2024). RFID-UHF, o RAIN RFID, presenta diversas ventajas frente a las tecnologías convencionales, como su capacidad para funcionar sin campo visual, su mayor autonomía y la posibilidad de leer varios tags simultáneamente. Sin embargo, por otro lado, estos tags RFID exigen una mayor inversión en soporte técnico: ordenadores portátiles, antenas y programas específicos, además de configuraciones especiales para crear zonas de visualización (RAIN Alliance, 2019). Teniendo en cuenta que el objetivo prioritario de los investigadores era registrar suministros prestados/entregados - y no tantas cosas diferentes al mismo tiempo - , esta opción resultaba innecesariamente complicada y costosa para el director del centro.

Por último, el código de barras unidimensional también parecía una opción demasiado compleja e ineficaz tanto desde el punto de vista económico como práctico. Se requeriría escribir un conjunto de códigos y datos inventariales adicionales y realizar búsquedas manuales. Aunque la opción de introducir manualmente los datos parece significativamente más barata, sigue siendo imprescindible realizar cualquier tipo de escritura. Por lo tanto, combinando las mejores características de dos opciones anteriores - en cuanto a coste, viabilidad técnica, velocidad de procesamiento, flexibilidad y comodidad general - , las tecnologías NFC y QR parecen ser las más adecuadas para la aplicación en

cuestión.

Referencia

RAIN Alliance. (2019). ¿Qué es RAIN RFID? (Conectividad inteligente) Web.

Organización GS1. (2024). Codificación de productos – Guía introductoria a las tecnologías de codificación. Web.

Criterio	Peso	NFC	QR	Código de barras	RFID UHF
Uso con teléfonos disponibles	25 %	4	5	4	1
Costo de implementación	20 %	3	5	5	1
Rapidez de identificación individual	20 %	5	4	3	5
Adaptación a activos heterogéneos	15 %	3	4	3	3
Infraestructura adicional requerida	10 %	4	5	4	1
Respaldo y facilidad de reposición	10 %	3	5	4	2
Puntuación ponderada / 5	100 %	3,80	4,70	3,90	2,20

Tabla 4 Matriz de decisión referencial. Escala: 1 = menos favorable; 5 = más favorable.

La matriz se utiliza para apoyar la decisión, centrándose en establecer las prioridades, tales como el uso de dispositivos existentes, los costos bajos y la personalización. El análisis no indica que QR sustituya a NFC, sino que revela que QR proporciona más accesibilidad y que NFC es rápido y cercano de manera controlada. Se sugiere una propuesta mixta que contenga ambas propiedades.

1.5.4. Etiquetado de activos pequeños o sensibles

En placas como ESP32, Arduino, sensores o módulos con componentes expuestos no debe colocarse una etiqueta sobre pines, antenas, disipadores, conectores o superficies que generen calor. Cuando no exista un área segura, el identificador se asociará a la funda, caja o contenedor utilizado para almacenar el activo. En el sistema, el identificador representa el registro del activo o del conjunto inventariable, por lo que no es indispensable adherirlo directamente sobre la placa.

Tipo de activo	Mecanismo sugerido	Precaución
Placa sin metal con una superficie libre	NFC y QR adheridos a un área segura	No usar antenas, pines, ventilación y disipación.
Etiqueta en la funda, caja o tarjeta asociada.	Placa de tamaño reducido o con componentes visibles.	Conservar una relación de exclusividad entre el contenedor y el activo.
Equipo metálico	Código QR visible o etiqueta NFC apropiada para metal	La lectura debe ser probada antes de registrar el mecanismo final.
Conjunto de elementos económicos	Identificación por lote o contenedor.	No individualizar en el caso de que el beneficio sea menor que el costo

		operativo.
Activo de uso frecuente	NFC predominante con QR de respaldo.	Revisar periódicamente adhesión y legibilidad.

Tabla 5 Estrategia propuesta de etiquetado según las condiciones del activo.

1.5.5. Arquitectura móvil-web y sostenibilidad

Arquitectura general del prototipo

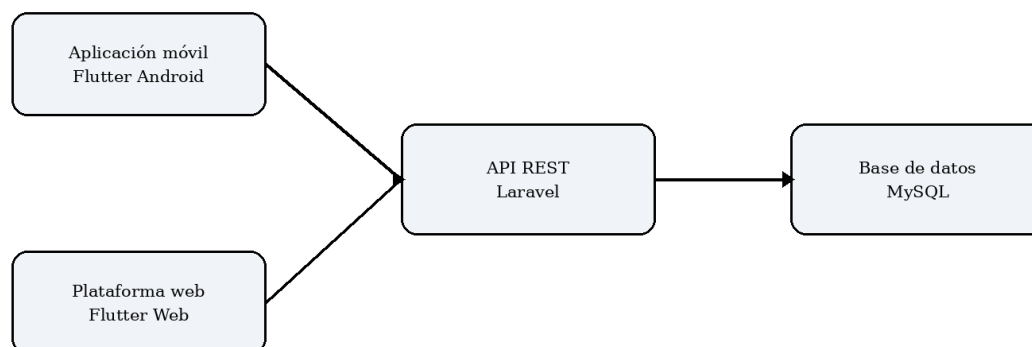


Figura 3. Arquitectura general planteada para el prototipo.

La app móvil se enfoca en el registro operacional a través de QR y NFC. La gestión de usuarios, préstamos, devoluciones, alertas e historial se realiza a través de la plataforma web. Ambas interfaces utilizan una API REST desarrollada con Laravel, así como una base de datos centralizada en MySQL.

La separación mencionada permite que ni los datos ni la lógica estén limitados por una interfaz. No basta con tomar decisiones vinculadas a la tecnología para garantizar la continuidad después de la graduación; también es necesario nombrar a los administradores y que la unidad responsable implemente el sistema. El proyecto comprende la entrega de instrucciones de despliegue, estructura de base de datos, documentación básica y código fuente; no obstante, no incluye asistencia continua después de que se haya terminado.

1.5.6. Evaluación del aporte del prototipo

Debido a que no se recibieron registros históricos consolidados sobre pérdidas, retrasos o préstamos, no sería metodológicamente correcto afirmar desde el inicio un porcentaje específico de reducción de pérdidas. La evaluación se enfocará en indicadores que pueden ser vistos a lo largo de las pruebas: el tiempo que toma registrar una operación, el porcentaje de operaciones finalizadas, la coherencia entre préstamo y disponibilidad, la

recuperación del historial, la creación de alertas y la percepción de facilidad para usar.

Indicador	Forma de evaluación	Resultados que se esperan
Registro adecuado de préstamo	Analizar la operación efectuada con los datos guardados	Usuario, activo, fecha y estado asociados de manera adecuada.
Actualización de disponibilidad	Verificar el activo antes y después del préstamo o la devolución	Cambio automático y consistente del estado.
Tiempo de registro	Medición desde la identificación hasta la verificación.	Un proceso corto y repetible en comparación con la búsqueda manual.
Trazabilidad	Consultar el historial por usuario y activo.	Recuperación de las operaciones registradas.
Alertas	Simular una fecha de retorno sobrepasada	Creación de notificación para la persona a cargo.
Usabilidad	Aplicar una encuesta breve a participantes de la prueba.	Valoración favorable y detección de mejoras.

Tabla 6 Indicadores propuestos para la validación del prototipo.

1.6. Respuestas consolidadas a las observaciones del tutor

Aspecto consultado	Respuesta integrada al proyecto
Número de ítems	Se establecerá según el inventario manual realizado. Antes de finalizar el levantamiento, no se incluirá ninguna cifra que no esté verificada.
Participantes	Alumnos y personal a cargo del laboratorio; la participación de los profesores y los permisos finales se validarán por la institución.
Duración de los préstamos	Variable. Cada operación guardará la fecha de entrega y la fecha esperada de devolución.
Proceso actual	No se recibió un procedimiento documentado, sino que se observó la gestión verbal o a través de WhatsApp.
Uso de NFC y QR	Ambas tecnologías se usarán de manera complementaria, dependiendo del dispositivo, el material, el tamaño y la disponibilidad del teléfono.
Equipos pequeños	Se identifican a través de una funda, una caja, una etiqueta colgante o un recipiente si no es seguro adherirse directamente.
Backend	REST API que utiliza Laravel y una base de datos MySQL centralizada.
Operación offline	No es parte del MVP; necesita sincronizar y resolver conflictos.
Administración posterior	La unidad que esté a cargo decidirá; se proporcionará documentación y código, pero sin un mantenimiento constante.
Framework para dispositivos móviles	Flutter para Android.
Roles de la aplicación	El registro operativo se enfoca en el responsable, mientras que la web gestiona las transacciones y el inventario.
MVP	Préstamos, devoluciones, inventario, alertas, historial y roles de usuario.
Disminución de pérdidas	No se declarará un porcentaje sin una línea de base; se medirá la trazabilidad, la duración, la consistencia y la facilidad de uso.
Prueba piloto	Se propone en función de la disponibilidad y el permiso del laboratorio.
Flujo completo	Se determina antes de elaborar módulos independientes y actúa como el eje principal de la propuesta.

Tabla 7 Consolidación de las preguntas planteadas por el tutor.

1.5.3.1. Selección de etiquetas NFC utilizadas en el prototipo

Para el desarrollo del prototipo se adquirieron dos variantes de etiquetas NFC pasivas basadas en el chip NTAG213. La primera corresponde a etiquetas adhesivas rectangulares de aproximadamente 10 × 20 mm, adecuadas para superficies plásticas o no metálicas. La segunda corresponde a etiquetas NFC anti-metal de 25 mm de diámetro, diseñadas para mantener un funcionamiento confiable cuando se colocan sobre superficies metálicas o

cercanas a ellas.

La elección de dos formatos de etiquetas en el laboratorio se basa en las características físicas del inventario, no en la necesidad de distintas tecnologías, ya que ambas etiquetas utilizan el mismo estándar NFC. La diferencia es el tipo de superficie donde se ubicarán. El proyecto excluye el uso de llaveros, tarjetas o identificadores colgantes; si un activo no puede ser etiquetado por su tamaño o diseño, la etiqueta se colocará en su funda, caja o contenedor, manteniendo una relación única con el registro del activo.

Etiqueta	Particularidades	Aplicación proyectada
NTAG213 de forma rectangular autoadhesivo (10 × 20 mm)	Etiqueta autoadhesiva pasiva para superficies que no son de metal.	Fundas, cajas, placas de desarrollo, sensores y dispositivos con superficies plásticas.
NTAG213 anti-metal (25 mm de diámetro)	Etiqueta con recubrimiento aislante para superficies de metal.	Computadoras, gabinetes y dispositivos con componentes metálicos.

CAPÍTULO II: Marco Teórico

Los conceptos y las técnicas que respaldan la propuesta se recopilan en este capítulo. Se parte de la gestión de activos como marco general, se avanza hacia la gestión de inventarios y préstamos en entornos académicos y, a partir de allí, se revisan las tecnologías de identificación automática disponibles, con especial atención a NFC y a los códigos QR por ser las dos que finalmente se emplearon. El capítulo cierra con las herramientas de desarrollo seleccionadas y con una revisión de trabajos previos que abordaron problemas equivalentes en laboratorios y bibliotecas universitarias. El objetivo no es agotar cada tema, sino establecer claramente los criterios técnicos que luego se utilizarán para respaldar las decisiones de diseño.

2.1 Gestión de activos

La administración de activos incluye todos los procesos que se llevan a cabo para planificar, adquirir, registrar, mantener, controlar y gestionar los bienes físicos de una entidad a lo largo de todo su ciclo vital.

La norma ISO 55000 establece principios para optimizar el valor de los activos teniendo en cuenta factores técnicos, económicos y organizacionales. Una buena administración de los recursos en laboratorios universitarios posibilita que la trazabilidad mejore y que las pérdidas por registros incorrectos o extravíos disminuyan. Según la ISO de 2014, esta norma establece que la gestión de activos es una actividad coordinada con el propósito de obtener valor de los bienes, sustentándose en cuatro pilares: alineación, liderazgo, aseguramiento y valor, siendo este último el más importante.

En los laboratorios de las universidades, el valor de un activo como una placa ESP32 no se calcula solamente por su precio, sino también por cómo impacta en prácticas académicas; esto hace que sean esenciales la trazabilidad y la disponibilidad. Además, se debe diferenciar entre control patrimonial, que aborda la propiedad y el valor de los bienes, y la competencia de las unidades administrativas y financieras.

El control operativo, en cambio, responde a dónde está el bien, quién lo tiene en este momento y en qué estado se encuentra. El prototipo propuesto se sitúa en el segundo plano y no reemplaza al primero, aunque puede alimentarlo con información confiable.

En el sector público ecuatoriano ese control está normado. El reglamento general para la administración, utilización, manejo y control de los bienes e inventarios del sector público establece que se debe mantener actualizados los inventarios, emplear actas de

entrega-recepción para registrar las transferencias de responsabilidad y designar un custodio (Contraloría General del Estado, 2018). Aunque el sistema de préstamos propuesto no reemplaza esos documentos, sí genera un registro digital que actualmente no existe y que posibilitaría su elaboración con respaldo verificable.

Etapas	Descripción	Aplicación
Adquisición	Ingreso del activo	Registro inicial
Operación	Uso académico	Préstamos
Mantenimiento	Revisión	Actualización
Retiro	Fin de vida útil	Baja del inventario

Tabla 2.1. Ciclo de vida simplificado de un activo.

Cada una de esas etapas genera información que el sistema debe conservar. La adquisición aporta los datos de identificación; la operación genera el historial de préstamos; el mantenimiento modifica el estado; y la baja cierra el ciclo. La Figura 2.1 representa esta secuencia como un proceso continuo, ya que un mismo activo puede recorrer varias veces el tramo de operación y mantenimiento antes de llegar a su retiro definitivo.



Figura 2.1. Ciclo de vida de un activo según los principios de la norma ISO 55000.

2.1.1 Marco normativo y de referencia

El proyecto no se desarrolla en el vacío normativo. Aunque se trata de un prototipo académico, las decisiones de diseño se apoyan en normas técnicas y en regulación aplicable al manejo de bienes y de datos personales. La Tabla 2.2 resume los instrumentos considerados y el aporte concreto de cada uno al trabajo.

Instrumento	Organismo	Aporte al proyecto
ISO 55000:2014	ISO	Principios de gestión de activos y noción de valor a lo largo del ciclo de vida.
ISO/IEC 14443 e ISO/IEC 18092	ISO/IEC	Especificación de la comunicación por proximidad a 13,56 MHz utilizada por NFC.
ISO/IEC 18004:2015	ISO/IEC	Simbología del código QR, versiones y niveles de corrección de errores.
ISO/IEC 25010:2011	ISO/IEC	Modelo de calidad empleado para definir los requerimientos no funcionales.
Reglamento de bienes e inventarios del sector público	Contraloría General del Estado	Figura del custodio, actas de entrega-recepción y obligación de inventario actualizado.
Ley Orgánica de Protección de Datos Personales	Asamblea Nacional del Ecuador	Tratamiento de los datos de los usuarios registrados en el sistema.

Tabla 2.2. Marco normativo y de referencia considerado en el diseño del prototipo.

2.2 Gestión de inventarios y préstamos

La gestión de inventarios busca mantener información actualizada sobre la existencia, disponibilidad y estado de los bienes. En un laboratorio de IoT los préstamos constituyen transacciones temporales que deben asociarse con un usuario, un activo y fechas de entrega y devolución. La conservación del historial facilita auditorías, consultas y generación de indicadores.

La gestión de inventarios se ha enfocado tradicionalmente en bienes de consumo, centrándose en la reposición de existencias. No obstante, en un entorno académico, se consideran activos que entran y salen, con el control enfocado en la ubicación y responsabilidad de cada unidad. Esta perspectiva destaca las restricciones de una hoja de cálculo, la cual solo captura el "qué", sin documentar el "quién" o el "cuándo". El modelo de préstamo está compuesto por tres componentes: un activo, un usuario responsable y una duración temporal, que abarca desde la solicitud hasta el cierre.

La correcta gestión asegura que los activos no se presten dos veces y se mantenga un control adecuado sobre ellos.

Método	Ventajas	Limitaciones
Manual	Costo bajo	Errores humanos
Hoja de cálculo	Flexible	Sin trazabilidad
Sistema web	Centralización	Requiere implementación

Tabla 2.3. Comparación de mecanismos de gestión de inventarios.

La Figura 2.2 muestra el flujo general del proceso de préstamo tal como se lo modela en este trabajo. Se incluyen las dos rutas alternativas que un sistema real debe contemplar: la negativa por indisponibilidad y la generación de una alerta cuando se supera la fecha

prevista de devolución.

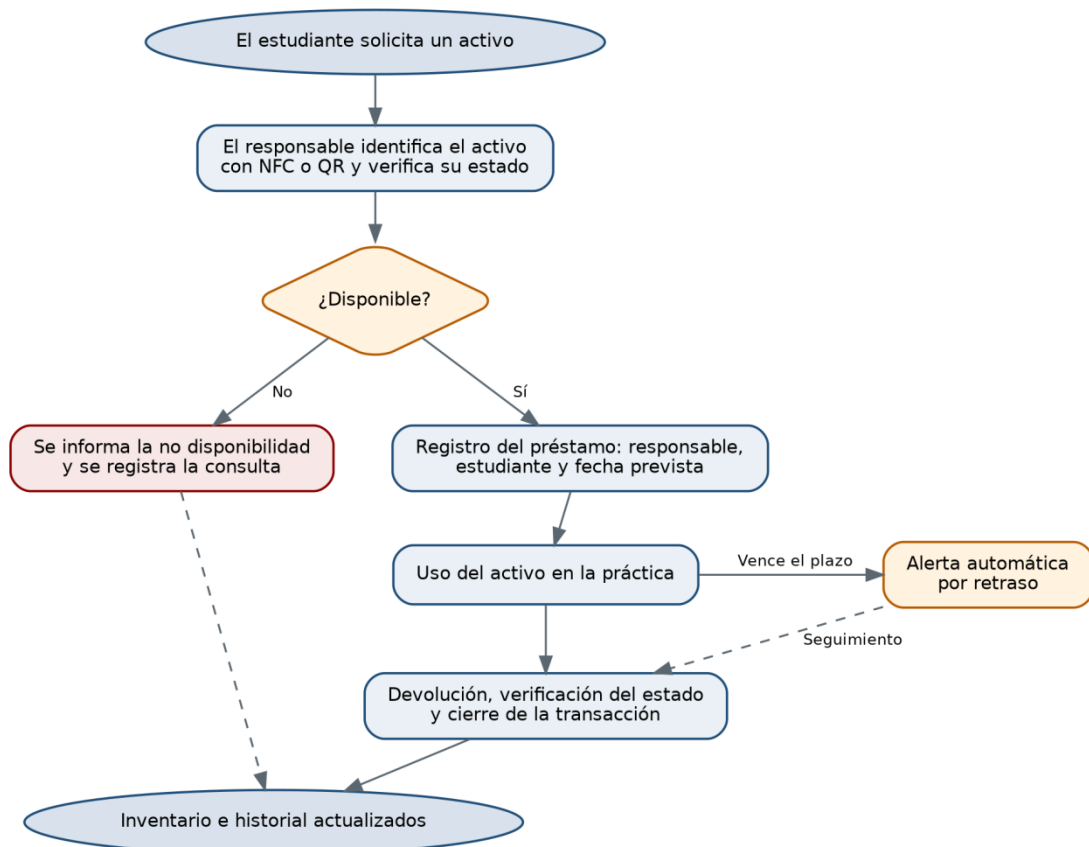


Figura 2.2. Flujo general del proceso de préstamo y devolución.

Del flujo anterior se desprende un conjunto de estados que el activo puede adoptar. Definirlos con precisión evita ambigüedades en la implementación, porque cada transición debe corresponder a una operación registrada y no a una modificación manual del dato. La Tabla 2.4 los describe.

Estado	Significado	Transición que lo origina
Registrado	El activo existe en la base de datos pero aún no está etiquetado.	Carga inicial o alta manual.
Disponible	Puede ser prestado.	Verificación de lectura o devolución conforme.
Prestado	Está bajo la responsabilidad de un usuario.	Registro de un préstamo.
Vencido	Sigue prestado y superó la fecha prevista.	Proceso automático de control de plazos.
Observado	Fue devuelto con una novedad en su estado físico.	Devolución con observación.
En mantenimiento	No puede prestarse hasta su revisión.	Decisión del responsable del laboratorio.
Dado de baja	Salió definitivamente del inventario.	Retiro o fin de vida útil.

Tabla 2.4. Estados del activo en el modelo de préstamos propuesto.

Conservar el historial habilita además la construcción de indicadores. No se trata de

generar métricas por sí mismas, sino de responder preguntas concretas que hoy no tienen respuesta documentada en el laboratorio. La Tabla 2.5 presenta los indicadores que el modelo de datos permite calcular sin información adicional.

Indicador	Pregunta que responde	Datos que utiliza
Tasa de disponibilidad	¿Qué proporción del inventario está libre en este momento?	Estado actual de los activos.
Préstamos vencidos	¿Cuántas devoluciones están pendientes fuera de plazo?	Fecha prevista y fecha real de devolución.
Rotación por activo	¿Qué equipos se usan más y cuáles permanecen inactivos?	Número de préstamos por activo en un período.
Duración media del préstamo	¿Cuánto tiempo permanece fuera un equipo?	Diferencia entre entrega y devolución.
Incidencias por activo	¿Qué equipos presentan novedades con mayor frecuencia?	Observaciones registradas en las devoluciones.

Tabla 2.5. Indicadores derivables del historial de préstamos.

2.3 Tecnologías Auto-ID

Las tecnologías de identificación automática disminuyen la introducción manual de datos y aceleran el registro de activos. Los códigos de barras, QR, RFID, NFC y Bluetooth Low Energy (BLE) son algunos de los que se usan más frecuentemente. La elección está determinada por el costo, la extensión, la infraestructura necesaria y las propiedades físicas del activo.

Se agrupan bajo el término de captura e identificación automática de datos tecnologías que tienen una arquitectura conceptual similar: un identificador único, un medio físico para portarlo, un aparato que tiene la capacidad de leerlo y un sistema informático que le otorga significado. La manera de leer y el portador son lo que varía entre una tecnología y otra, y estas dos variables definen el costo, la infraestructura requerida y la distancia laboral.

Las ópticas, como el código de barras lineal y el código QR, necesitan una superficie plana, un contraste adecuado y línea de visión, además de tener un coste marginal casi inexistente. A diferencia de las etiquetas de código de barras, las etiquetas de radiofrecuencia (RFID y NFC) no requieren visibilidad y son más resistentes a la suciedad y la escasez de luz. Sin embargo, tienen un circuito integrado y, en el caso del UHF, necesitan lectores particulares (GS1, 2025).

Tecnología	Alcance	Costo	Lectura	Batería	Uso
Código QR	Visual	Muy bajo	Individual	No	Inventarios
NFC	<10 cm	Bajo	Individual	No	Préstamos
RFID UHF	Metros	Alto	Múltiple	No	Logística
BLE	10-50 m	Medio	Proximidad	Sí	Localización

Tabla 2.6. Comparación de tecnologías Auto-ID.

La banda de frecuencia es el factor que más condiciona el comportamiento físico de una etiqueta. La Tabla 2.7 resume las familias más difundidas y ayuda a entender por qué NFC, que opera en la banda de alta frecuencia, alcanza distancias de pocos centímetros mientras que RAIN RFID, en ultra alta frecuencia, puede leer varios metros y varias etiquetas simultáneamente (RAIN Alliance, 2019).

Familia	Frecuencia	Alcance típico	Lectura	Infraestructura
RFID LF	125–134 kHz	Pocos centímetros	Individual	Lector dedicado
RFID HF / NFC	13,56 MHz	Menor a 10 cm	Individual	Teléfono con NFC
RFID UHF (RAIN)	860–960 MHz	Varios metros	Múltiple	Lector, antenas y portales
Óptica (QR y 1D)	No aplica	Depende de la cámara	Individual	Cámara del teléfono

Tabla 2.7. Familias de tecnologías de identificación por banda de frecuencia.

La Figura 2.3 ubica estas alternativas en función de dos variables que resultaron determinantes para el proyecto: el alcance de lectura y el costo asociado a la infraestructura. La región sombreada corresponde a la combinación viable para un prototipo académico que debe operar con los teléfonos que ya poseen los usuarios y sin adquirir equipamiento adicional.

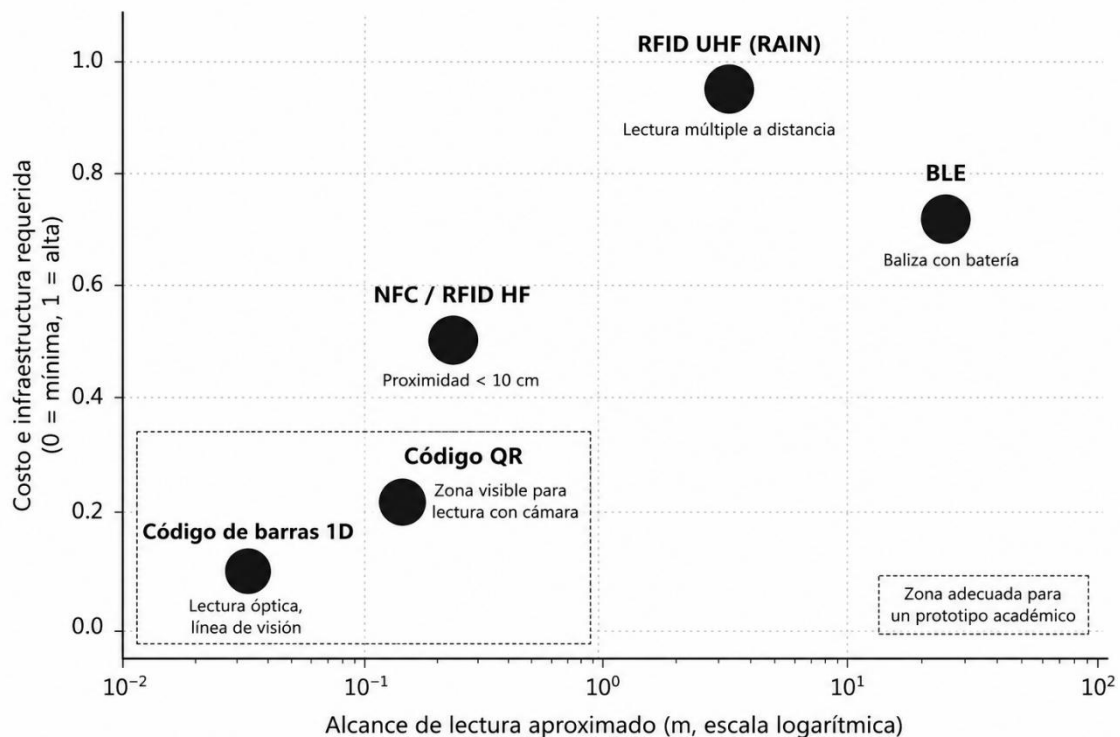


Figura 2.3. Comparación conceptual entre las principales tecnologías Auto-ID.

2.4 NFC

La tecnología NFC, que trabaja a 13,56 MHz y se fundamenta en los estándares ISO/IEC 14443 e ISO/IEC 18092, es una tecnología inalámbrica de corto alcance.

En este proyecto, se emplean etiquetas NTAG213 en modo lector/escritor para reconocer activos con teléfonos Android, resaltando su celeridad de lectura y su operación sin baterías. NFC, que es una extensión de la tecnología RFID, fue estandarizada por el NFC Forum en 2004 y funciona a través del acoplamiento inductivo. En este proceso, el lector genera un campo electromagnético que alimenta la etiqueta, lo cual posibilita su respuesta sin necesidad de batería.

Las velocidades de transmisión definidas son de 106, 212 y 424 kbit/s, suficientes para transferir un identificador y un pequeño mensaje de texto, que es exactamente lo que requiere este proyecto.

La Figura 2.4 ilustra ese intercambio. El teléfono actúa como dispositivo activo y la etiqueta como dispositivo pasivo; la distancia operativa efectiva es inferior a diez centímetros, lo que obliga a un acercamiento deliberado y reduce la posibilidad de leer por error un activo cercano.

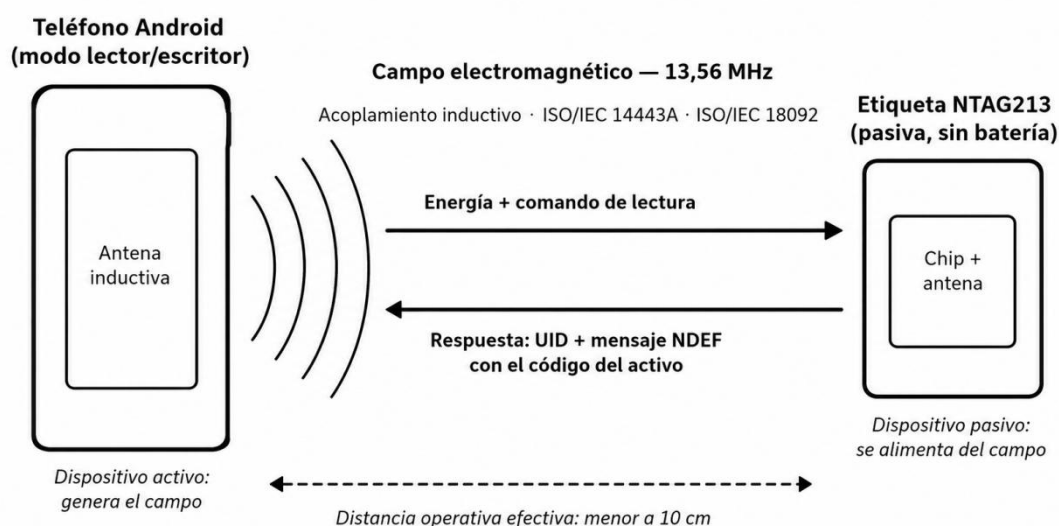


Figura 2.4. Arquitectura de comunicación NFC entre el teléfono y la etiqueta pasiva.

El estándar contempla tres modos de operación. El prototipo utiliza únicamente el primero de ellos, ya que no requiere emular tarjetas ni intercambiar datos entre teléfonos. La Tabla 2.8 los describe y precisa cuál se emplea en este trabajo.

Modo	Descripción	Uso en el prototipo
Lector/escritor	El dispositivo lee o escribe datos en una etiqueta pasiva.	Sí. Es el modo utilizado para identificar los activos.
Emulación de tarjeta	El dispositivo se comporta como una tarjeta sin contacto.	No. Corresponde a escenarios de pago o control de acceso.
Punto a punto	Dos dispositivos activos intercambian datos entre sí.	No. No forma parte del alcance definido.

Tabla 2.8. Modos de operación definidos por el NFC Forum.

La información se almacena siguiendo el formato NDEF, que organiza el contenido en registros tipificados.

Este proyecto utiliza un registro de texto que contiene el código interno del activo. La aplicación lee este registro y lo envía a la API para obtener el registro completo desde la base de datos. Este modelo evita que la información sensible se almacene en la etiqueta y permite corregir o aumentar los datos sin tener que reescribir el elemento físico. Los chips NTAG213 se emplean en las etiquetas, que son compatibles con la especificación Type 2 Tag del NFC Forum.

. Sus características, resumidas en la Tabla 2.9, son suficientes para el caso de uso planteado: el identificador interno del laboratorio ocupa menos de treinta caracteres frente a los 144 bytes de memoria disponible para el usuario (NXP Semiconductors, 2022).

Característica	Valor	Implicación para el proyecto
Frecuencia de operación	13,56 MHz	Compatible con los teléfonos Android que incorporan NFC.
Norma de interfaz	ISO/IEC 14443 Tipo A	Lectura mediante la API estándar de Android.
Memoria de usuario	144 bytes	Holgada para almacenar el código interno del activo.
Identificador único (UID)	7 bytes, asignado de fábrica	Permite una verificación adicional de autenticidad.
Alimentación	Pasiva, sin batería	No requiere mantenimiento ni reemplazo por descarga.
Retención de datos	Aproximadamente 10 años	Vida útil superior al horizonte del prototipo.

Tabla 2.9. Características técnicas del chip NTAG213 relevantes para el prototipo.

Existe una limitación documentada en la tecnología NFC, donde la presencia de metal distorsiona el campo y dificulta la lectura de etiquetas. Poullie et al. (2015) evidencian este problema en un estudio universitario, donde, a pesar de utilizar etiquetas blindadas, un gran porcentaje de los equipos metálicos no pudo ser leído con fiabilidad, lo que llevó a revertir la solución implementada.

Esa experiencia es la razón principal por la cual el presente trabajo no adopta NFC como mecanismo único, sino que lo combina con códigos QR y con etiquetas anti-metal seleccionadas según la superficie de cada activo.

2.5 Código QR

El código QR es un símbolo bidimensional desarrollado por DENSO WAVE. Su estructura incorpora patrones de búsqueda, sincronización y corrección de errores Reed-Solomon, permitiendo recuperar información aun cuando el símbolo presenta daños parciales.

El proyecto utiliza un respaldo de NFC, normalizado según ISO/IEC 18004, con versiones desde 21×21 hasta 177×177 módulos. Su capacidad teórica supera los siete mil caracteres numéricos, aunque el proyecto solo requiere una versión baja para almacenar un código interno como LAB-IOT-PLA-001, produciendo un símbolo pequeño y legible en etiquetas reducidas.

La estructura del símbolo, representada en la Figura 2.5, explica su tolerancia a los daños. Los tres patrones de búsqueda situados en las esquinas permiten al lector localizar y orientar el código con independencia del ángulo de captura; los patrones de sincronización y alineación corrigen la distorsión de perspectiva; y la zona de silencio evita que el entorno interfiera en la detección.



Figura 2.5. Elementos estructurales de un código QR según ISO/IEC 18004.

La corrección de errores Reed-Solomon es el componente más relevante para un laboratorio, donde las etiquetas están expuestas a roces, polvo y manipulación frecuente. El estándar define cuatro niveles, resumidos en la Tabla 2.10; a mayor capacidad de recuperación, mayor número de módulos y por tanto mayor tamaño del símbolo. Para el prototipo se optó por un nivel intermedio-alto, que ofrece un margen razonable de deterioro sin comprometer el tamaño de la etiqueta (Estandarización de códigos QR, 2025)

Nivel	Capacidad de recuperación aproximada	Uso recomendado
L (Low)	7 % del símbolo	Entornos limpios y controlados.
M (Medium)	15 % del símbolo	Uso general en interiores.
Q (Quartile)	25 % del símbolo	Etiquetas expuestas a manipulación frecuente.
H (High)	30 % del símbolo	Superficies sucias, dañadas o con obstrucciones parciales.

Tabla 2.10. Niveles de corrección de errores del código QR.

Una consideración práctica de impresión conviene anticiparla aquí porque condiciona el diseño de las etiquetas: la regla habitual establece que el lado del módulo debe ser al menos la décima parte de la distancia de lectura prevista. Como en este caso la lectura se realiza a menos de veinte centímetros, un símbolo de dos centímetros de lado resulta suficiente y permite ubicar la etiqueta junto a la NFC sin ocupar áreas críticas del equipo.

NFC y QR no compiten entonces por el mismo espacio funcional. El primero aporta rapidez y no exige que el identificador sea visible; el segundo aporta universalidad, porque

cualquier teléfono con cámara puede leerlo, y sirve de respaldo cuando la etiqueta NFC falla o cuando el dispositivo del usuario carece de esa capacidad. La combinación de ambas es lo que este trabajo denomina identificación híbrida.

2.6 Tecnologías de desarrollo

La solución propuesta utiliza Flutter para las interfaces móvil y web, Laravel para la API REST y MySQL como sistema gestor de bases de datos. Esta arquitectura cliente-servidor desacopla la lógica de negocio de la interfaz, facilitando la escalabilidad y el mantenimiento del sistema.

Flutter es un marco de desarrollo de interfaces basado en el lenguaje Dart que permite compilar una misma base de código hacia Android y hacia la web. Para un proyecto de titulación con un equipo reducido esta característica es determinante, ya que evita mantener dos aplicaciones separadas con lógicas de presentación equivalentes. El acceso al hardware NFC se resuelve mediante complementos que exponen la API nativa de Android, la cual entrega los mensajes NDEF ya interpretados a la capa de aplicación (Android Developers, 2026).

Laravel concentra la lógica de negocio. Su organización en controladores, servicios y modelos facilita separar la validación de las reglas de préstamo del acceso a los datos; el mapeador objeto-relacional Eloquent traduce las entidades del dominio a tablas; y el sistema de migraciones permite versionar el esquema de la base, lo que resulta útil cuando el modelo evoluciona durante el desarrollo iterativo.

La autenticación en el sistema se realiza mediante tokens emitidos al iniciar sesión, utilizando un mecanismo compartido entre la aplicación móvil y la plataforma web. La comunicación entre capas se basa en el estilo arquitectónico REST, destacando tres restricciones clave: la interfaz uniforme que permite identificar cada recurso mediante una URL y manipulaciones con verbos HTTP estándar; la ausencia de estado entre peticiones que simplifica escalamiento y depuración; y la separación cliente-servidor, lo que permite la evolución de interfaces sin modificar la lógica de negocio. Además, **MariaDB** es el sistema de almacenamiento persistente que centraliza la gestión de registros de usuarios, activos, préstamos y devoluciones, complementandose con Laravel para facilitar consultas, inserciones y actualizaciones requeridas por la aplicación.

Componente	Tecnología	Razón de la selección
Aplicación móvil	Flutter (Dart) sobre Android	Acceso al hardware NFC y a la cámara con una única base de código.

Componente	Tecnología	Razón de la selección
Plataforma web	Flutter Web	Reutilización de componentes y de la lógica de presentación.
Lógica de negocio	Laravel (PHP)	Estructura MVC, ORM, migraciones y autenticación por tokens.
Persistencia	MariaDB	Sistema gestor de bases de datos relacional utilizado para almacenar y administrar la información del inventario y los préstamos.
Comunicación	API REST sobre HTTPS con JSON	Interfaz uniforme e independiente de la interfaz de usuario.
Identificación	NTAG213 y códigos QR impresos	Cobertura de activos con distintas superficies y materiales.

Tabla 2.11. Componentes del stack tecnológico y criterios de selección.

La Figura 2.6 muestra cómo se relacionan estos componentes. La separación en tres capas no responde a una preferencia estilística, sino a un requisito de sostenibilidad: si en el futuro se decide reemplazar la aplicación móvil o incorporar otra interfaz, la lógica y los datos permanecen intactos.

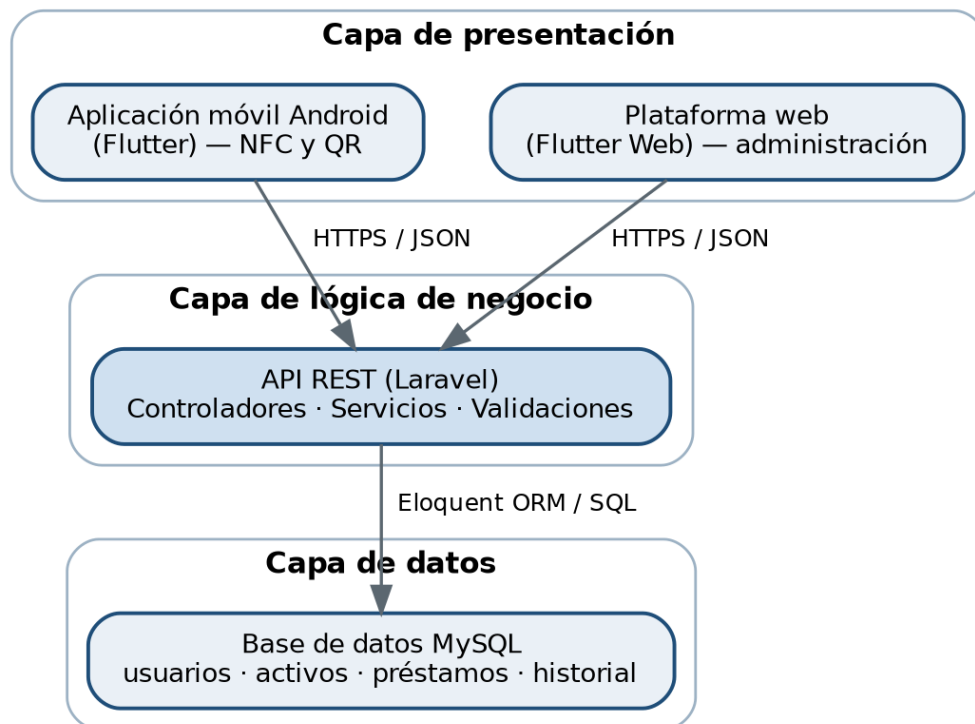


Figura 2.6. Arquitectura lógica del sistema en tres capas.

2.7 Trabajos relacionados

Diversos estudios reportan mejoras en la trazabilidad mediante tecnologías NFC y RFID en laboratorios, bibliotecas y sistemas logísticos. Aunque RFID domina en inventarios masivos, NFC ofrece una mejor relación costo-beneficio para préstamos individuales

mediante teléfonos inteligentes. La combinación de NFC y QR incrementa la compatibilidad con diferentes dispositivos y escenarios.

Cheng et al. (2015) desarrollaron un sistema de gestión de equipamiento basado en NFC para entornos universitarios que incluye una aplicación Android y una interfaz web. Su contribución principal es la validación del esquema de lectura por contacto como sustituto del conteo en papel y el uso del formato NDEF para conectar etiquetas con registros en el servidor. No obstante, el sistema se centra en el inventario periódico en lugar del control de préstamos individuales.

Poullie et al. (2015) documentaron una experiencia distinta y, por su carácter crítico, especialmente útil. Su grupo de investigación reemplazó las etiquetas impresas por etiquetas NFC y desarrolló una aplicación para consultar y actualizar la información del inventario. El resultado fue negativo: la respuesta deficiente de las etiquetas sobre superficies metálicas los obligó a retornar al sistema anterior. El trabajo constituye una advertencia explícita sobre el riesgo de adoptar NFC como tecnología única y respalda la decisión de este proyecto de mantener el código QR como mecanismo de respaldo.

En un estudio reciente, Salgado y Jiménez (2024) desarrollaron un sistema piloto para la gestión de préstamos en laboratorios de ingeniería, poniendo énfasis en la evaluación de procesos existentes y el diseño de la solución previa a su implementación. Su metodología destaca la importancia de definir el flujo operativo antes de crear módulos independientes, ya que este flujo es crucial para la construcción del modelo de datos y la gestión de los estados del activo.

En un contexto industrial, la literatura de GS1 (2024) y la RAIN Alliance (2019) resalta las ventajas del uso de RFID UHF para la gestión de inventarios de gran volumen, al permitir la lectura simultánea de múltiples artículos, lo que justifica la inversión en tecnología. Sin embargo, esta literatura no establece un modelo directo a seguir, sino que ayuda a delimitar el enfoque del presente trabajo, que se centra en la identificación consciente de equipos en el laboratorio de IoT durante cada transacción, en lugar de realizar conteos masivos a distancia.

Trabajo	Tecnología	Ámbito	Diferencia con este proyecto
Cheng et al. (2015)	NFC + aplicación Android y web	Inventario de equipamiento universitario	No incorpora control de plazos ni respaldo por QR.
Poullie et al. (2015)	NFC (NTAG203)	Inventario de un grupo de	Solución revertida por fallas de lectura sobre metal; sin mecanismo

Trabajo	Tecnología	Ámbito	Diferencia con este proyecto
		investigación	alternativo.
Salgado y Jiménez (2024)	Modelado de procesos e IoT	Laboratorios de ingeniería	Alcance de modelado y prototipo de interfaz, sin implementación de identificación física.
GS1 (2024); RAIN Alliance (2019)	RFID UHF	Logística e inventarios masivos	Requiere infraestructura de lectores no justificable para el volumen del laboratorio.
Este trabajo	NFC + QR (híbrido) con arquitectura móvil-web	Laboratorio de IoT universitario	Identificación híbrida seleccionada por tipo de superficie, con historial, alertas y roles.

Tabla 2.12. Comparación de los trabajos relacionados revisados.

La revisión indica una brecha específica en la literatura existente, donde los estudios analizados abordan la identificación o el registro, pero escasamente tratan la heterogeneidad física del inventario, la necesidad de un sistema de respaldo y el control temporal de las devoluciones de manera conjunta. Este proyecto se propone llenar esa laguna al seleccionar el mecanismo de identificación según las condiciones individuales de cada activo, en lugar de aplicar una única tecnología a todo el inventario.

2.8 Síntesis del capítulo

El recorrido conceptual realizado en el texto lleva a tres conclusiones que guiarán los siguientes capítulos. La primera conclusión indica que el problema del laboratorio se relaciona con el control operativo de activos, distinto del control patrimonial, lo que define el alcance del sistema y sus indicadores. La segunda conclusión establece que no existe una tecnología de identificación que sea óptima para todo el inventario; por ejemplo, NFC proporciona rapidez pero es sensible al metal, mientras que el código QR ofrece universalidad pero necesita visibilidad. Por lo tanto, la combinación de estas tecnologías debe ser considerada una decisión de diseño fundamentada y no un exceso técnico.

La tercera es que la separación en capas de la arquitectura constituye un requisito de continuidad institucional, ya que permite que los datos sobrevivan a cualquier cambio posterior en las interfaces.

CAPÍTULO III: Metodología

Este capítulo describe cómo se condujo el trabajo, desde el enfoque de investigación adoptado hasta los instrumentos empleados para recoger información y validar el prototipo. Se detalla también la metodología de construcción del software, los criterios con los que se delimitó la muestra de activos y la forma en que se especificaron los requerimientos. La intención es que el procedimiento resulte reproducible: otro equipo debería poder repetir el levantamiento y llegar a un conjunto de datos equivalente.

3.1 Enfoque de la investigación

El presente trabajo se desarrolla bajo un enfoque mixto con predominio cualitativo. Se analiza el proceso actual de préstamos mediante observación directa y levantamiento manual del inventario, complementando el estudio con mediciones cuantitativas obtenidas durante las pruebas funcionales del prototipo, como tiempos de registro, porcentaje de operaciones exitosas y percepción de usabilidad.

La elección de un enfoque mixto en la investigación se justifica por la complejidad del problema en estudio. Se identifican aspectos cualitativos, como la descripción del proceso actual y las limitaciones en la obtención de información, que se analizan a través de la observación y revisión documental. Por otro lado, la verificación del prototipo implica mediciones cuantitativas, tales como el tiempo necesario para registrar transacciones y la proporción de operaciones realizadas correctamente.

Conforme a Hernández-Sampieri et al. (2014), este enfoque es adecuado cuando se busca entender el contexto y evaluar resultados, como es el caso presente. Se debe determinar el peso de cada componente, donde lo cualitativo tiene mayor relevancia, ya que el diagnóstico ha guiado todas las decisiones. La medición cuantitativa sirve principalmente para verificación, ya que no se cuenta con una línea de base histórica para realizar comparaciones estadísticamente válidas.

3.2 Tipo y diseño de investigación

Se trata de una investigación aplicada con diseño no experimental y de corte transversal. El objetivo principal consiste en desarrollar y validar un prototipo funcional para la gestión de préstamos del laboratorio de IoT, sin intervenir sobre las variables institucionales existentes.

Se trata de una investigación aplicada porque su finalidad no es generar conocimiento teórico nuevo sobre NFC o sobre gestión de inventarios, sino resolver un problema concreto

mediante la construcción de un artefacto. El diseño es no experimental, ya que no se manipulan variables ni se conforman grupos de control; y es transversal, porque la recolección de información y la validación se realizan en un momento determinado del ciclo académico. El alcance combina lo descriptivo, al caracterizar el proceso vigente, con lo propositivo, al plantear y construir una alternativa.

3.2.1 Metodología de desarrollo del software

Para la construcción del prototipo se adoptó un modelo iterativo e incremental. La razón para optar por un enfoque iterativo en el proyecto se basa en la práctica, ya que al inicio no existía un inventario consolidado ni un procedimiento documentado. Esto llevó a que los requerimientos se fueran definiendo conforme avanzaba el levantamiento. Un modelo secuencial habría requerido congelar especificaciones que en ese momento estaban incompletas. Según Pressman (2010) y Sommerville (2011), los enfoques iterativos son preferibles cuando el conocimiento del dominio se adquiere durante el desarrollo del mismo.

El trabajo se organizó en seis fases, representadas en la Figura 3.1. Las fases de desarrollo y pruebas operan en ciclos cortos, de manera que los hallazgos de las pruebas de lectura o de las validaciones funcionales retroalimentan el diseño antes de continuar con el siguiente incremento.

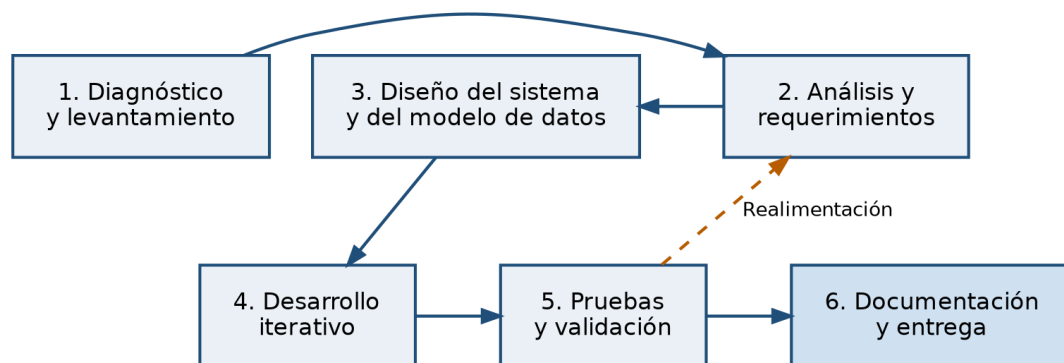


Figura 3.1. Fases de la metodología de desarrollo aplicada al prototipo.

Fase	Actividades principales	Entregable
1. Diagnóstico y levantamiento	Solicitud de información, observación del proceso y conteo físico de activos.	Hoja de cálculo del inventario y caracterización del proceso actual.
2. Análisis y requerimientos	Definición del flujo operativo, de los actores y de las funciones mínimas.	Catálogo de requerimientos funcionales y no funcionales.
3. Diseño	Modelo de datos, arquitectura, casos de uso y estrategia de etiquetado.	Diagramas DER, de casos de uso y de arquitectura.
4. Desarrollo iterativo	Construcción de la API, de la aplicación móvil y de la plataforma web.	Módulos funcionales integrados.
5. Pruebas y validación	Pruebas de lectura, funcionales, de integración y de usabilidad.	Registro de casos de prueba ejecutados.

Fase	Actividades principales	Entregable
6. Documentación y entrega	Manuales, esquema de base de datos e instrucciones de despliegue.	Documentación técnica y código fuente.

Tabla 3.1. Fases de la metodología, actividades y entregables.

3.3 Población y muestra

La población está conformada por los activos tecnológicos del laboratorio de IoT, así como por los usuarios responsables de su administración y utilización.

La muestra analizada representa aproximadamente el 70% de los activos más valiosos o de uso frecuente, enfocados en placas de desarrollo, sensores, módulos electrónicos, pantallas y equipos de laboratorio. Se utilizó un muestreo no probabilístico, basado en conveniencia y criterio, sin la aplicación de procedimientos aleatorios. Esto se debe a que el objetivo no era generalizar para otros laboratorios, sino asegurar el control sobre los activos que brindan mayor beneficio operativo. Los criterios de inclusión y exclusión de los elementos se presentan en la Tabla 3.2 y fueron aplicados durante la recolección de datos, no en una fase posterior.

Criterio	Condición	Decisión
Valor del activo	Costo de reposición significativo respecto del inventario.	Se incluye con identificación individual.
Frecuencia de uso	Circula habitualmente entre estudiantes y docentes.	Se incluye con identificación individual.
Superficie disponible	Permite adherir una etiqueta sin cubrir pines ni zonas de disipación.	Etiqueta directa sobre el activo.
Tamaño reducido o componentes expuestos	No admite etiqueta adherida de forma segura.	Identificación en funda, caja o contenedor asociado.
Bajo costo y alta rotación	Elementos como LED, resistencias o compuertas lógicas.	Se excluye de la identificación individual; control por lote.

Tabla 3.2. Criterios de inclusión y exclusión aplicados a los activos.

3.4 Técnicas e instrumentos

Las técnicas empleadas incluyen observación directa, revisión documental y levantamiento físico del inventario. Como instrumentos se utilizaron una hoja de cálculo para registrar los activos, fichas de observación, etiquetas NFC NTAG213, códigos QR y formularios de pruebas funcionales y de usabilidad.

Cada técnica se asoció a un objetivo específico y a un momento del proyecto, según se detalla en la Tabla 3.3. Para la valoración de la usabilidad se empleó un cuestionario breve construido sobre la lógica de la escala de usabilidad del sistema propuesta por Brooke (1996), que permite obtener una apreciación global con un número reducido de preguntas y sin requerir formación previa de los participantes.

Técnica	Instrumento	Objetivo	Momento
Observación directa	Ficha de observación	Caracterizar el proceso de entrega y devolución vigente.	Fase 1
Revisión documental	Solicitudes de información y correspondencia	Verificar la existencia de inventarios y procedimientos formales.	Fase 1
Levantamiento físico	Hoja de cálculo estructurada	Construir la fuente de datos inicial del prototipo.	Fase 1
Prueba técnica de lectura	Etiquetas NTAG213 y códigos QR impresos	Verificar la lectura sobre distintos materiales y superficies.	Fases 3 y 5
Prueba funcional	Formulario de casos de prueba	Comprobar el comportamiento esperado de cada función.	Fase 5
Prueba de usabilidad	Cuestionario breve de percepción	Recoger la valoración de los usuarios participantes.	Fase 5

Tabla 3.3. Técnicas, instrumentos y momentos de aplicación.

3.5 Desarrollo del inventario

Ante la ausencia de un inventario consolidado, se realizó un levantamiento manual de los equipos disponibles en el laboratorio. Cada activo fue clasificado por categoría, identificado mediante un código único y preparado para su incorporación a la base de datos del sistema.

El procedimiento seguido se resume en la Figura 3.2. El recorrido físico se organizó por zonas del laboratorio para evitar duplicaciones, y cada elemento identificado fue registrado inmediatamente en la hoja de cálculo con los campos definidos en la Tabla 3.4. Sólo después de completar el registro se aplicaron los criterios de inclusión y se asignaron los códigos internos, de modo que la decisión sobre qué etiquetar se tomó con la lista completa a la vista.

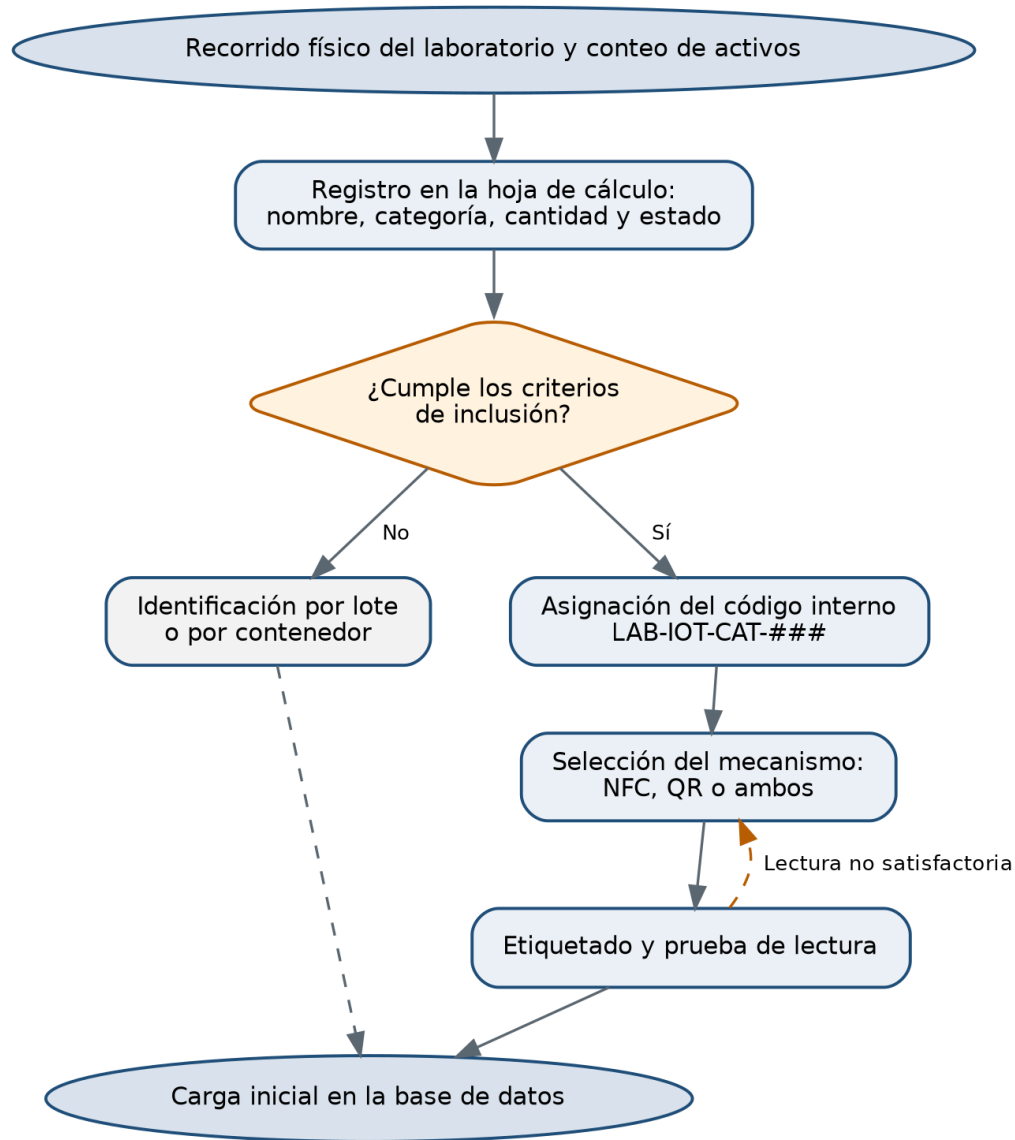


Figura 3.2. Procedimiento de levantamiento, codificación y etiquetado de los activos.

Campo	Descripción	Ejemplo
codigo_interno	Identificador único asignado por el equipo de proyecto.	LAB-IOT-PLA-001
nombre	Denominación del activo.	Placa de desarrollo ESP32
categoría	Agrupación funcional del activo.	Placas de desarrollo
cantidad	Unidades identificadas en el recorrido.	12
estado_fisico	Condición observada al momento del levantamiento.	Operativo
superficie	Material y espacio disponible para el etiquetado.	Plástico, área libre reducida
mecanismo_id	Mecanismo de identificación asignado.	NFC y QR
observacion	Novedades relevantes para el control posterior.	Se etiqueta la funda asociada

Tabla 3.4. Estructura de la hoja de cálculo utilizada en el levantamiento.

La codificación interna se diseñó para ser legible por una persona y estable en el

tiempo. Su estructura, descrita en la Tabla 3.5, combina un prefijo institucional, una abreviatura de categoría y un correlativo. Este código es el que se escribe en la etiqueta NFC y el que se representa en el símbolo QR, de manera que ambos mecanismos apuntan al mismo registro de la base de datos.

Segmento	Contenido	Ejemplo
Prefijo	Identificación del laboratorio.	LAB-IOT
Categoría	Abreviatura de tres letras de la categoría del activo.	PLA (placas), SEN (sensores), MOD (módulos)
Correlativo	Numeración secuencial de tres dígitos dentro de la categoría.	001
Código completo	Concatenación de los segmentos anteriores.	LAB-IOT-PLA-001

Tabla 3.5. Estructura del código interno asignado a los activos.

3.6 Arquitectura propuesta

La solución implementa una arquitectura cliente-servidor compuesta por una aplicación Flutter Android para el registro de préstamos mediante NFC y QR, una plataforma Flutter Web para administración, una API REST desarrollada en Laravel y una base de datos MySQL centralizada.

La organización interna de esa arquitectura se representa en la Figura 3.3. La capa de presentación reúne las pantallas móviles y el panel web; la capa de servicios expone las operaciones a través de la API REST; la capa de dominio concentra las reglas que no deben duplicarse en las interfaces —validación de disponibilidad, control de plazos y trazabilidad—; y la capa de persistencia resuelve el almacenamiento y el versionado del esquema mediante migraciones.

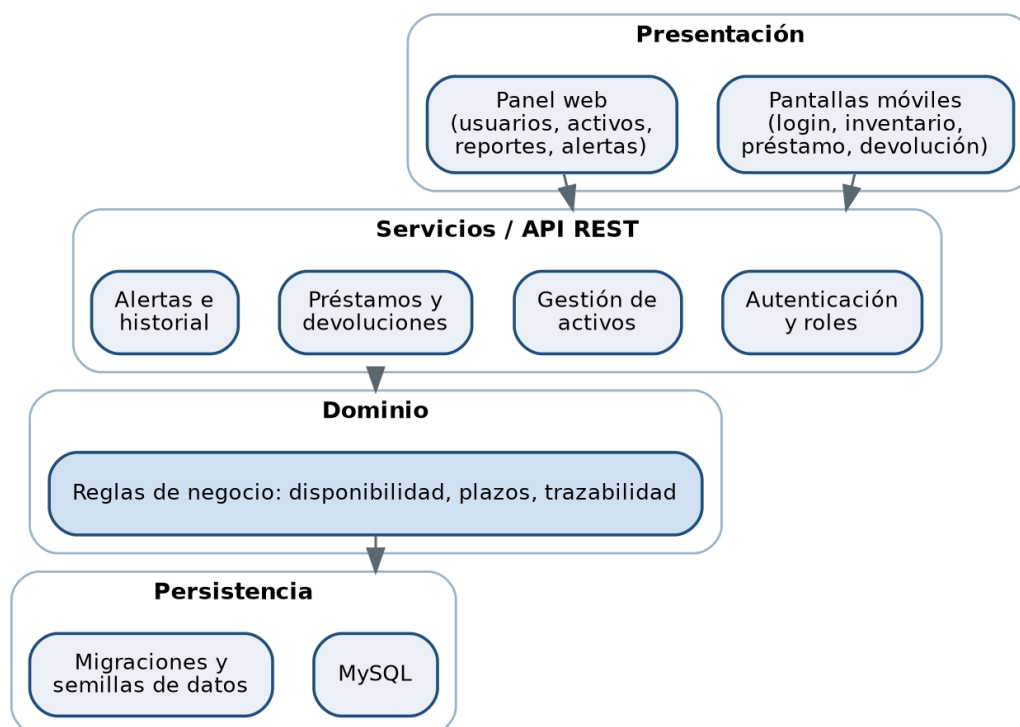


Figura 3.3. Organización en capas del prototipo.

En materia de seguridad, el prototipo contempla medidas proporcionales a su alcance. Las contraseñas se almacenan cifradas mediante funciones de resumen con sal, el acceso a los servicios requiere un token emitido al iniciar sesión, las operaciones administrativas se restringen por rol y la comunicación se realiza sobre HTTPS. No se implementan mecanismos de auditoría avanzada ni doble factor de autenticación, por corresponder a un escenario de producción institucional que excede el alcance definido.

3.7 Requerimientos funcionales

Los requerimientos se obtuvieron a partir del flujo operativo definido en el Capítulo I y de las limitaciones detectadas durante el diagnóstico. Se clasificaron por prioridad para distinguir aquello que el prototipo debe resolver de aquello que puede diferirse sin comprometer la validación. La Tabla 3.6 recoge los requerimientos centrales.

Código	Requerimiento	Prioridad
RF-01	Registrar préstamos mediante NFC o QR	Alta
RF-02	Registrar devoluciones	Alta
RF-03	Gestionar inventario	Alta
RF-04	Consultar historial	Media
RF-05	Generar alertas por retraso	Alta

Tabla 3.6. Requerimientos funcionales del sistema.

A estos se suman requerimientos complementarios que, sin formar parte del núcleo

del flujo, resultaron necesarios para que el sistema fuera utilizable en condiciones reales. Se detallan en la Tabla 3.7.

Código	Requerimiento	Prioridad
RF-06	Autenticar a los usuarios y diferenciar los permisos por rol.	Alta
RF-07	Administrar categorías y datos maestros de los activos.	Media
RF-08	Registrar observaciones sobre el estado del activo en la devolución.	Media
RF-09	Impedir el préstamo de un activo que no se encuentre disponible.	Alta
RF-10	Permitir la búsqueda de activos por código, nombre o categoría.	Media
RF-11	Generar el código QR asociado a cada activo registrado.	Media
RF-12	Visualizar indicadores de disponibilidad en el panel administrativo.	Baja

Tabla 3.7. Requerimientos funcionales complementarios.

Los requerimientos no funcionales se formularon tomando como referencia el modelo de calidad de la norma ISO/IEC 25010 (ISO/IEC, 2011), seleccionando únicamente las características verificables dentro del alcance del prototipo. La Tabla 3.8 los presenta junto con su criterio de comprobación.

Característica	Requerimiento no funcional	Criterio de verificación
Adecuación funcional	Las operaciones deben producir el cambio de estado esperado en el activo.	Ejecución de los casos de prueba funcionales.
Eficiencia de desempeño	La identificación y el registro deben completarse sin demoras perceptibles para el usuario.	Medición del tiempo de la transacción durante las pruebas.
Usabilidad	Un usuario sin capacitación previa debe poder registrar un préstamo tras una demostración breve.	Cuestionario de percepción y observación de la ejecución.
Fiabilidad	El sistema debe rechazar operaciones inconsistentes en lugar de registrarlas.	Pruebas negativas sobre activos no disponibles.
Seguridad	El acceso a las funciones administrativas debe restringirse por rol.	Intento de acceso con credenciales de rol inferior.
Mantenibilidad	La lógica de negocio debe residir en la API y no duplicarse en las interfaces.	Revisión de la estructura del código fuente.

Tabla 3.8. Requerimientos no funcionales según ISO/IEC 25010.

3.8 Casos de uso

Actores principales: Responsable del laboratorio y estudiante. Los casos de uso incluyen iniciar sesión, registrar préstamo, registrar devolución, administrar activos, consultar historial y gestionar usuarios.

La Figura 3.4 presenta el diagrama de casos de uso del sistema. Se distinguen tres actores: el responsable del laboratorio, que concentra la operación diaria; el estudiante, con permisos de consulta; y el administrador del sistema, encargado de la gestión de usuarios y de los datos maestros. Las relaciones de inclusión reflejan que tanto el préstamo como la

devolución dependen de la identificación previa del activo mediante NFC o QR.

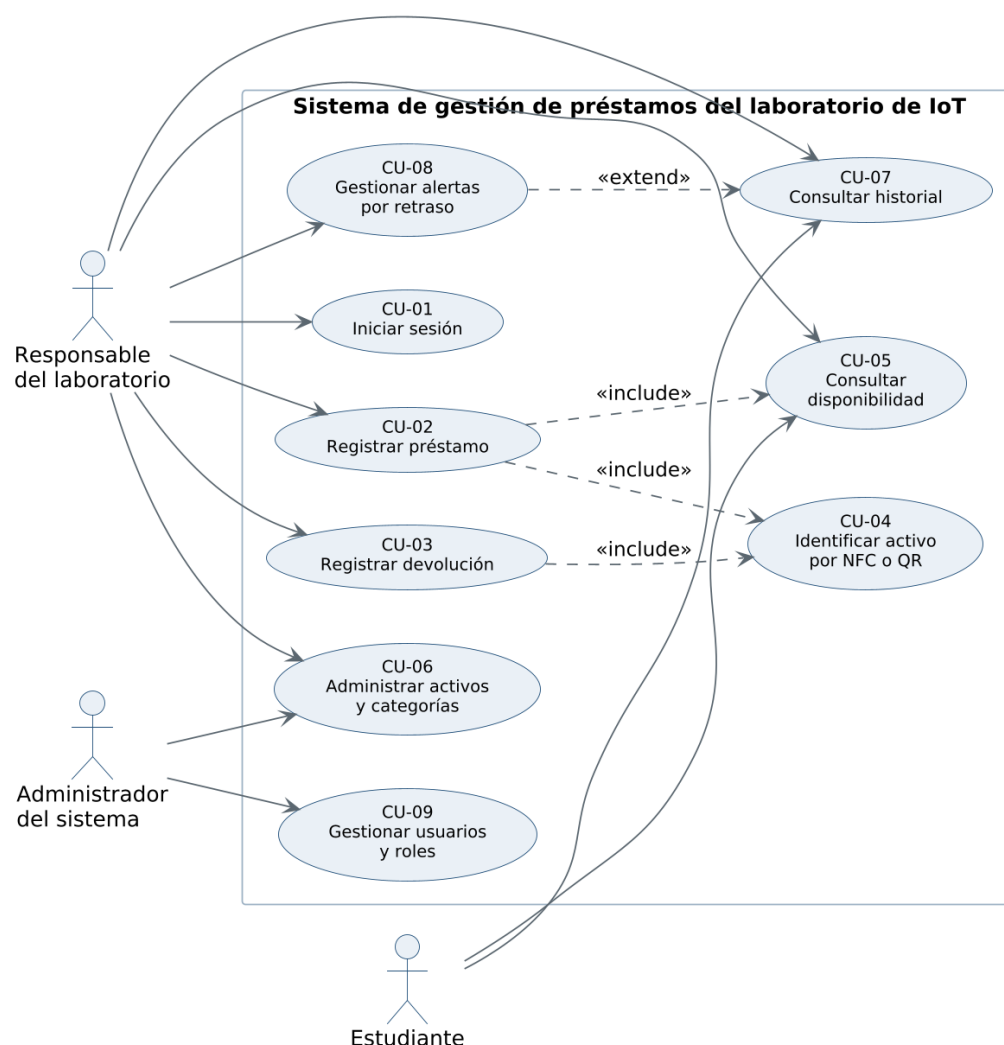


Figura 3.4. Diagrama de casos de uso del sistema.

Código	Caso de uso	Actor principal	Descripción
CU-01	Iniciar sesión	Todos	Autenticación mediante correo y contraseña; el sistema emite un token de acceso.
CU-02	Registrar préstamo	Responsable	Identifica el activo, verifica su disponibilidad y registra la transacción.
CU-03	Registrar devolución	Responsable	Cierra la transacción, registra observaciones y libera el activo.
CU-04	Identificar activo por NFC o QR	Responsable	Recupera el registro del activo a partir de la etiqueta o del símbolo.
CU-05	Consultar disponibilidad	Responsable, estudiante	Muestra el estado actual de los activos del inventario.
CU-06	Administrar activos y categorías	Responsable, administrador	Alta, modificación y baja de los datos maestros.
CU-07	Consultar historial	Responsable, estudiante	Recupera las transacciones asociadas a un activo o a un usuario.

Código	Caso de uso	Actor principal	Descripción
CU-08	Gestionar alertas por retraso	Responsable	Visualiza y atiende los préstamos que superaron la fecha prevista.
CU-09	Gestionar usuarios y roles	Administrador	Crea usuarios y asigna los permisos correspondientes.

Tabla 3.9. Casos de uso identificados.

A modo de ilustración se detalla el caso de uso central del sistema. La Tabla 3.10 presenta la especificación de CU-02, que concentra las validaciones más relevantes y del que dependen la consistencia del inventario y la trazabilidad posterior.

Elemento	Descripción
Identificador	CU-02 — Registrar préstamo
Actor principal	Responsable del laboratorio
Precondiciones	El actor ha iniciado sesión; el activo existe en el inventario y se encuentra disponible.
Flujo principal	1. El actor selecciona la opción de préstamo. 2. Aproxima el teléfono a la etiqueta NFC o escanea el código QR. 3. El sistema recupera y muestra los datos del activo. 4. El actor selecciona al estudiante responsable y la fecha prevista de devolución. 5. El sistema valida la disponibilidad y registra la transacción. 6. El activo cambia a estado prestado y se muestra la confirmación.
Flujo alternativo A	Si la etiqueta NFC no responde, el actor utiliza el código QR como mecanismo de respaldo.
Flujo alternativo B	Si el activo no está disponible, el sistema rechaza la operación e informa la causa.
Postcondiciones	Existe un registro de préstamo abierto, el estado del activo se actualiza y la transacción queda incorporada al historial.
Excepciones	Pérdida de conectividad: la operación no se registra y el sistema informa la necesidad de reintentar.

Tabla 3.10. Especificación del caso de uso CU-02 — Registrar préstamo.

La Figura 3.5 complementa esta especificación mostrando el modelo de estados del activo. Cada transición corresponde a una operación registrada por el sistema, lo que garantiza que el estado mostrado en el inventario siempre pueda explicarse a partir del historial.

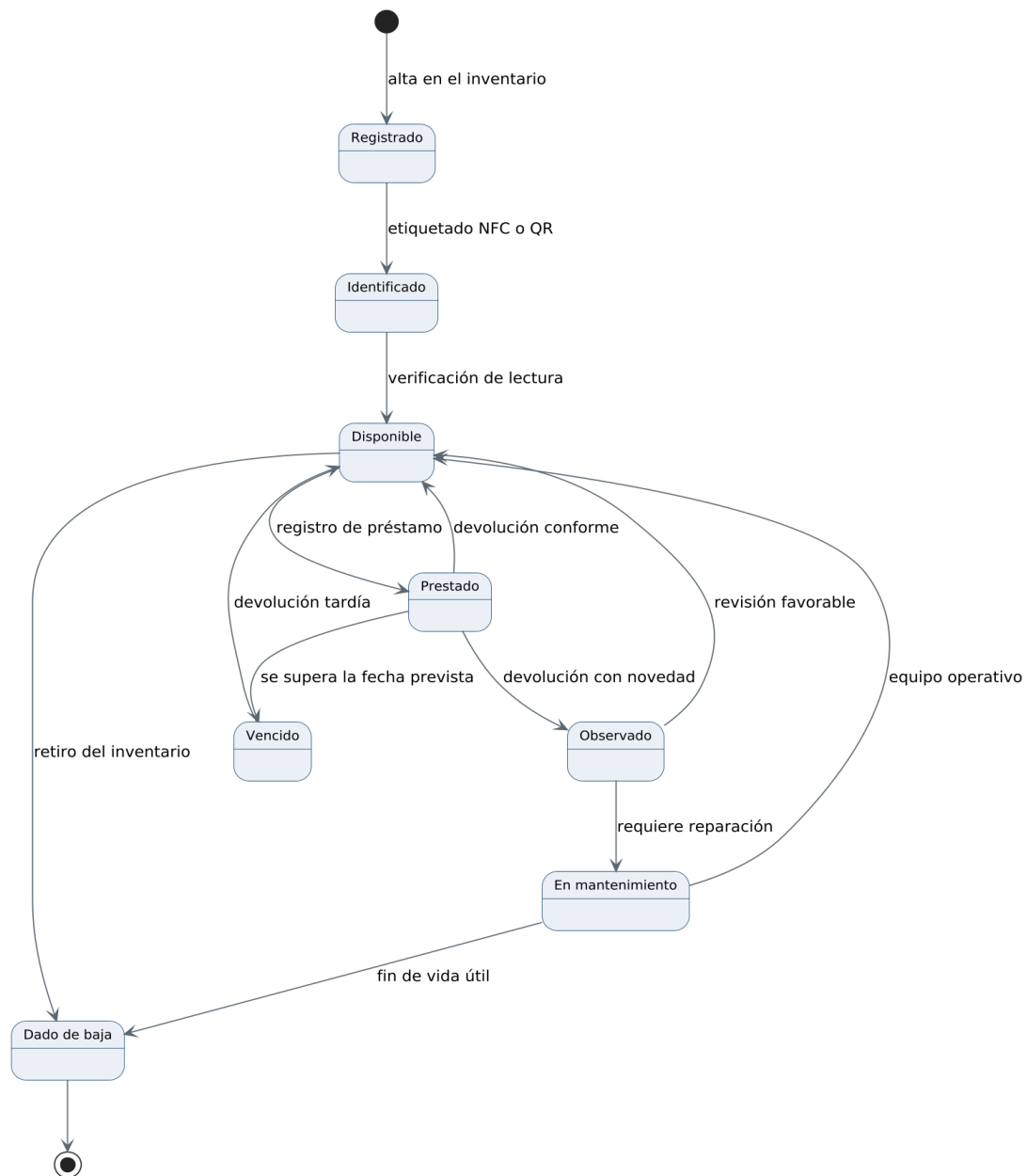


Figura 3.5. Diagrama de estados del activo dentro del sistema.

3.9 Pruebas del prototipo

La validación se organizó en niveles, de manera que cada tipo de prueba respondiera a una pregunta distinta. La Tabla 3.11 resume los casos de prueba propuestos y la Tabla 3.12 detalla los niveles aplicados junto con su criterio de aceptación.

Prueba	Objetivo	Resultado esperado
Lectura NFC	Identificar activo	Lectura correcta
Lectura QR	Identificar activo	Lectura correcta
Préstamo	Registrar transacción	Estado actualizado
Devolución	Liberar activo	Disponible nuevamente
Alerta	Detectar retraso	Notificación generada

Tabla 3.11. Casos de prueba propuestos.

Nivel	Alcance	Criterio de aceptación
Prueba de lectura	Etiquetas NFC y códigos QR sobre distintos materiales.	La identificación recupera el activo correcto en el primer intento.
Prueba unitaria	Validaciones de la API: disponibilidad, fechas y permisos.	Cada validación rechaza los casos inválidos.
Prueba de integración	Comunicación entre la aplicación móvil, la API y la base de datos.	La operación se refleja de forma consistente en las tres capas.
Prueba funcional	Flujo completo de préstamo, devolución, historial y alertas.	El resultado obtenido coincide con el resultado esperado.
Prueba negativa	Operaciones no permitidas sobre activos no disponibles.	El sistema rechaza la operación e informa la causa.
Prueba de usabilidad	Ejecución de tareas por parte de usuarios participantes.	Las tareas se completan sin asistencia adicional.

Tabla 3.12. Niveles de prueba y criterios de aceptación.

Las pruebas de lectura merecen una consideración particular. Dado que el comportamiento de NFC depende del material sobre el que se adhiere la etiqueta, cada activo se verificó antes de considerar definitivo su mecanismo de identificación. Cuando la lectura no resultó satisfactoria, se recurrió a la etiqueta anti-metal o se trasladó el identificador al contenedor asociado, tal como se describió en el Capítulo I.

3.10 Consideraciones éticas

La información obtenida durante el levantamiento fue utilizada únicamente con fines académicos. El desarrollo del prototipo respeta los procedimientos institucionales existentes y los mecanismos oficiales de control patrimonial. Este sistema gestiona información personal de los usuarios involucrados en transacciones, como nombres y correos institucionales, en conformidad con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021). Se implementaron tres criterios clave: minimización, recolectando solo datos esenciales para identificar al responsable de un préstamo; finalidad, limitando el uso de los datos al control de activos del laboratorio; y control de acceso, restringiendo la consulta del historial a roles autorizados.

Los participantes en las pruebas de usabilidad fueron informados del propósito académico de la actividad y sus respuestas se tratan de forma agregada, sin identificación individual.

Corresponde señalar además una precisión metodológica de carácter ético. La caracterización del proceso actual se construyó a partir de la información que fue posible obtener y no constituye una auditoría ni una evaluación del desempeño de personas o unidades. Las limitaciones encontradas durante el levantamiento se documentan como parte del contexto del proyecto y no como señalamiento.

3.11 Síntesis del capítulo

La metodología descrita implementa un enfoque mixto que combina principalmente métodos cualitativos, estructurado en seis fases iterativas. El levantamiento físico del inventario fue necesario debido a la ausencia de una fuente consolidada, y estableció tanto la muestra de activos como la estructura del código interno y la estrategia de etiquetado. Los requerimientos se definieron a partir del flujo operativo, añadiendo criterios de calidad verificables, y la validación se organizó por niveles para asegurar que cada prueba abordara una pregunta específica. El próximo capítulo presentará los resultados obtenidos tras aplicar este procedimiento.

CAPÍTULO IV: Implementación y Validación del Prototipo

Este capítulo ofrece una visión detallada del prototipo desarrollado, cubriendo su arquitectura, el modelo de datos, los servicios proporcionados por la API, y las interfaces tanto móviles como web. También se aborda la implementación de la identificación híbrida. Además, se presentan los resultados de las pruebas realizadas, junto con las limitaciones identificadas, algunas de las cuales son el resultado de decisiones de alcance deliberadas, y no de fallos en la solución misma.

4.1 Arquitectura implementada

El prototipo se desarrolló utilizando una arquitectura cliente-servidor. La aplicación móvil Android implementada en Flutter permite registrar préstamos y devoluciones mediante lectura de etiquetas NFC y códigos QR. La administración del inventario se realiza desde una plataforma web desarrollada también con Flutter, mientras que la lógica de negocio se implementó mediante una API REST desarrollada con Laravel y una base de datos MySQL centralizada.

La Figura 4.1 ilustra la disposición física de los componentes, donde el teléfono Android juega un papel central al interactuar con el mundo físico mediante la lectura de etiquetas NFC y la captura de códigos QR. Es importante señalar que el dispositivo no almacena datos de forma permanente; toda la información se mantiene en el servidor. Esta elección no solo simplifica el diseño del prototipo, sino que también evita problemas de sincronización que podrían surgir al mantener copias locales. Sin embargo, esta modalidad implica que la operación necesita conectividad, como se estableció en el alcance del proyecto.

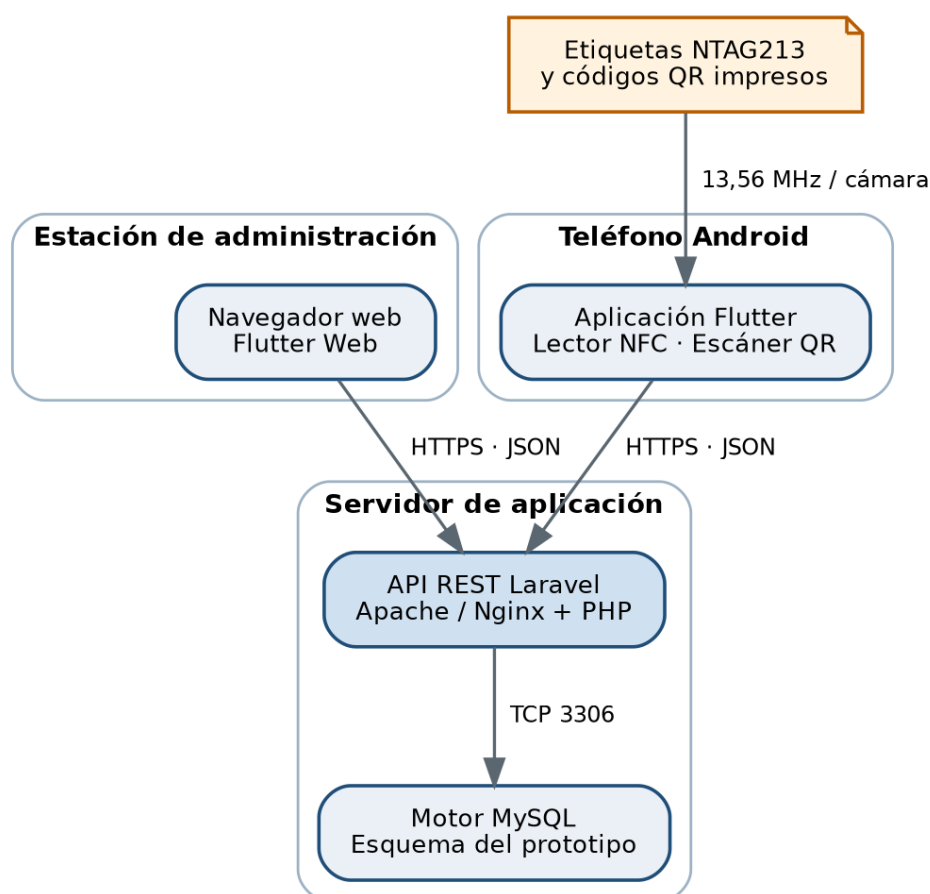


Figura 4.1. Arquitectura de despliegue del prototipo.

Componente	Tecnología	Responsabilidad
Aplicación móvil	Flutter sobre Android	Identificación por NFC y QR; registro de préstamos y devoluciones.
Plataforma web	Flutter Web	Administración del inventario, usuarios, alertas e historial.
API REST	Laravel (PHP)	Validaciones, reglas de negocio y exposición de servicios.
Base de datos	MySQL con motor InnoDB	Almacenamiento transaccional e integridad referencial.
Identificadores físicos	NTAG213 y QR impresos	Vinculación entre el activo físico y su registro digital.

Tabla 4.1. Componentes de la arquitectura implementada.

4.2 Diseño de la base de datos

La base de datos fue diseñada bajo un modelo relacional que permite administrar usuarios, activos, categorías, préstamos, devoluciones e historial de transacciones. Las relaciones fueron normalizadas para evitar redundancia y mantener la integridad referencial.

El modelo alcanzó la tercera forma normal, organizando categorías y roles en tablas independientes para evitar la repetición. La devolución se modeló como una entidad separada del préstamo, lo que permite identificar claramente préstamos abiertos y cerrados,

además de conservar observaciones sobre el estado del equipo sin alterar la información original de la entrega.

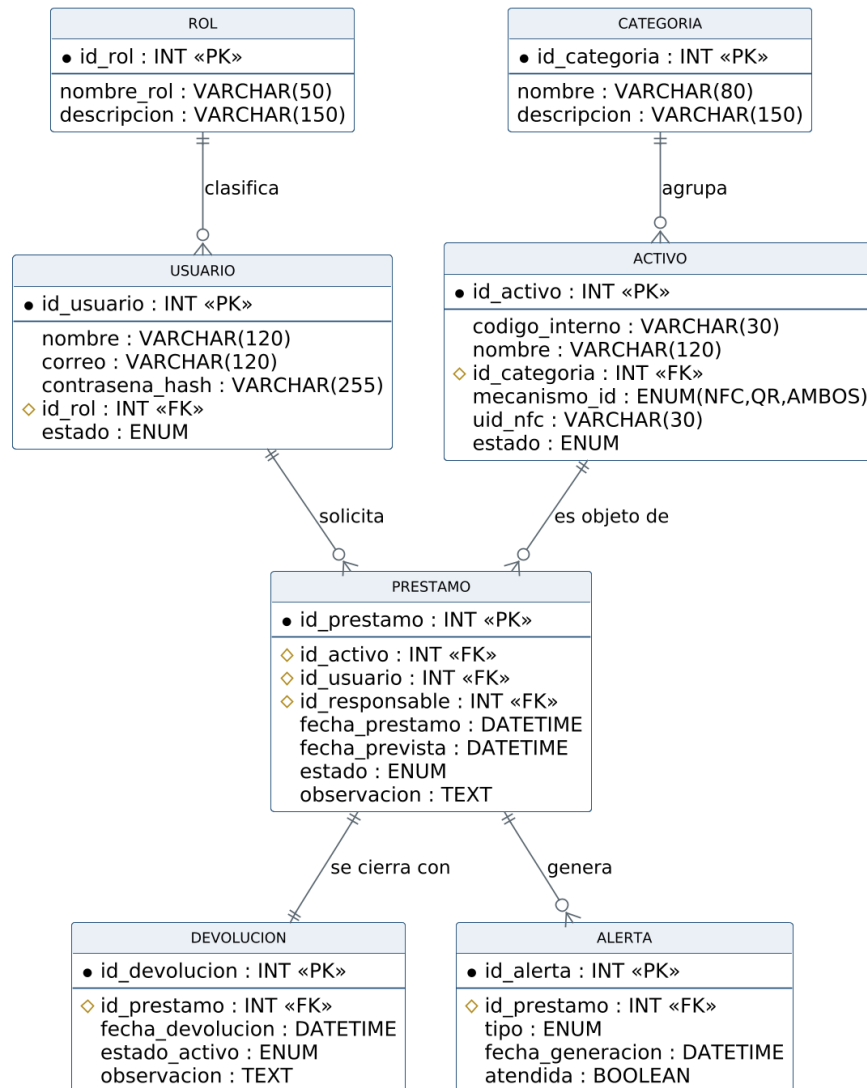


Figura 4.2. Diagrama entidad-relación del sistema.

La Figura 4.3 presenta el modelo relacional resultante para las entidades centrales, con las claves primarias y foráneas que garantizan la integridad referencial. Las claves foráneas se definieron con restricción de eliminación, de modo que no sea posible dar de baja un activo o un usuario que mantenga transacciones asociadas en el historial.

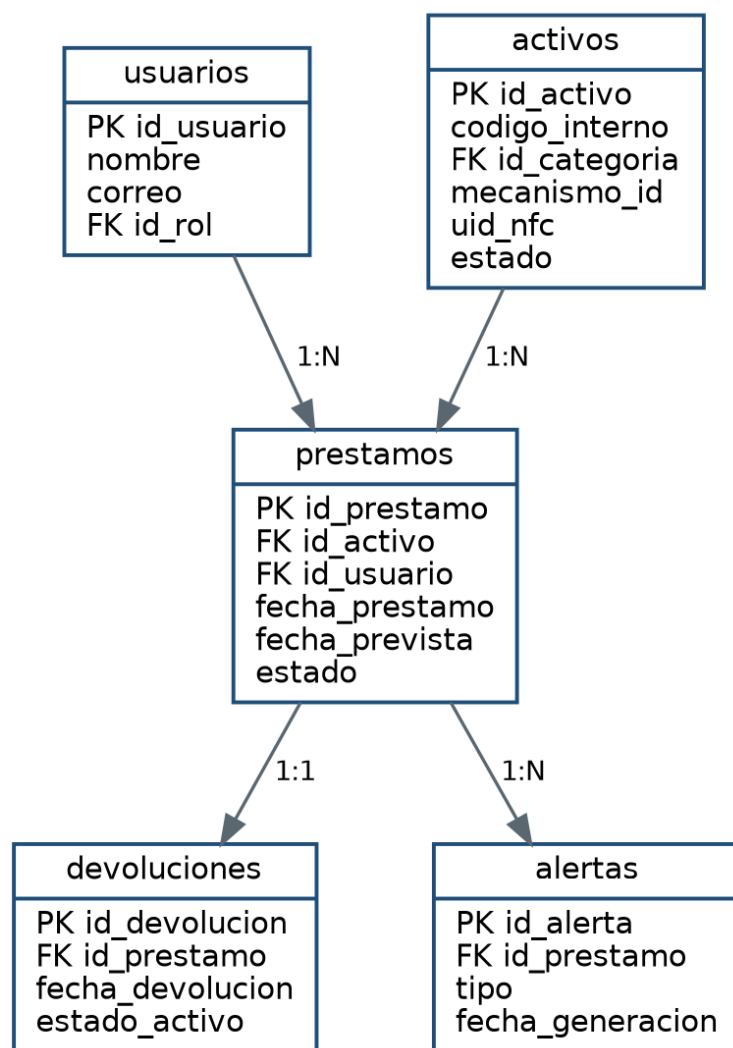


Figura 4.3. Modelo relacional de las entidades centrales del sistema.

Entidad	Contenido	Relación principal
roles	Perfiles de acceso definidos en el sistema.	Un rol agrupa varios usuarios.
usuarios	Estudiantes, responsables y administradores.	Un usuario puede tener varios préstamos.
categorias	Agrupación funcional de los activos.	Una categoría agrupa varios activos.
activos	Equipos identificados e incorporados al prototipo.	Un activo participa en varios préstamos a lo largo del tiempo.
prestamos	Transacciones de entrega con su plazo previsto.	Un préstamo se cierra con una devolución.
devoluciones	Cierre de la transacción y estado del activo recibido.	Cada devolución corresponde a un único préstamo.
alertas	Avisos generados por incumplimiento del plazo.	Un préstamo puede generar varias alertas.

Tabla 4.2. Entidades del modelo de datos.

A modo de ejemplo del nivel de detalle alcanzado, la Tabla 4.3 presenta el diccionario de datos de la tabla que concentra la operación del sistema.

Campo	Tipo	Restricción	Descripción
id_prestamo	INT	PK, autoincremental	Identificador de la transacción.
id_activo	INT	FK a activos, no nulo	Activo entregado.
id_usuario	INT	FK a usuarios, no nulo	Estudiante responsable del activo.
id_responsable	INT	FK a usuarios, no nulo	Usuario que registra la entrega.
fecha_prestamo	DATETIME	No nulo	Momento de la entrega.
fecha_prevista	DATETIME	No nulo	Fecha comprometida de devolución.
estado	ENUM	Abierto, cerrado, vencido	Situación actual de la transacción.
observacion	TEXT	Opcional	Novedades registradas en la entrega.

Tabla 4.3. Diccionario de datos de la tabla prestamos.

4.3 Desarrollo de la API REST

La API REST desarrollada en Laravel concentra la lógica del sistema y expone servicios HTTP para autenticación, administración de inventario, gestión de usuarios y registro de préstamos. La comunicación se realiza mediante documentos JSON, permitiendo la interoperabilidad entre la aplicación móvil y la plataforma web.

Los servicios se organizaron por recurso, de acuerdo con las restricciones del estilo REST. Cada petición se autentica mediante un token entregado al iniciar sesión y transmitido en la cabecera de autorización; la API no mantiene estado de sesión entre peticiones, lo que simplifica el comportamiento cuando la aplicación móvil pierde y recupera la conexión. La Tabla 4.4 presenta los servicios principales.

Método	Endpoint	Descripción
POST	/login	Autenticación
GET	/assets	Consultar activos
POST	/loans	Registrar préstamo
POST	/returns	Registrar devolución
GET	/history	Consultar historial

Tabla 4.4. Endpoints principales de la API.

A estos se añaden los servicios complementarios que dan soporte a la administración y a la consulta, detallados en la Tabla 4.5.

Método	Endpoint	Descripción
GET	/assets/{codigo}	Recupera un activo a partir de su código interno o de su UID NFC.
POST	/assets	Registra un nuevo activo en el inventario.
PUT	/assets/{id}	Actualiza los datos de un activo existente.
GET	/loans/active	Lista los préstamos abiertos con su fecha prevista.
GET	/alerts	Devuelve las alertas generadas por préstamos

Método	Endpoint	Descripción
		vencidos.
GET	/categories	Lista las categorías registradas.
POST	/users	Crea un usuario y le asigna un rol.

Tabla 4.5. Endpoints complementarios de la API.

El manejo de errores se resolvió mediante códigos de estado HTTP, de modo que la aplicación cliente pueda distinguir entre un dato inválido, una operación no permitida y un activo inexistente sin necesidad de interpretar el mensaje textual. La Tabla 4.6 resume los códigos empleados.

Código	Significado en el sistema	Ejemplo de situación
200 OK	Consulta atendida correctamente.	Recuperación de un activo por su código.
201 Created	Recurso creado.	Registro de un préstamo o de una devolución.
400 Bad Request	Datos inválidos o incompletos.	Fecha prevista anterior a la fecha de entrega.
401 Unauthorized	Token ausente o inválido.	Sesión expirada en la aplicación móvil.
403 Forbidden	Rol sin permisos suficientes.	Estudiante que intenta administrar activos.
404 Not Found	Recurso inexistente.	Etiqueta cuyo código no corresponde a ningún activo.
409 Conflict	Operación inconsistente con el estado actual.	Intento de prestar un activo ya prestado.

Tabla 4.6. Códigos de estado HTTP utilizados por la API.

La Figura 4.4 representa la secuencia completa del registro de un préstamo, desde la lectura de la etiqueta hasta la confirmación en pantalla. Se observa que la validación de disponibilidad se ejecuta en la API y no en el cliente, lo que impide que una interfaz alternativa introduzca transacciones inconsistentes.

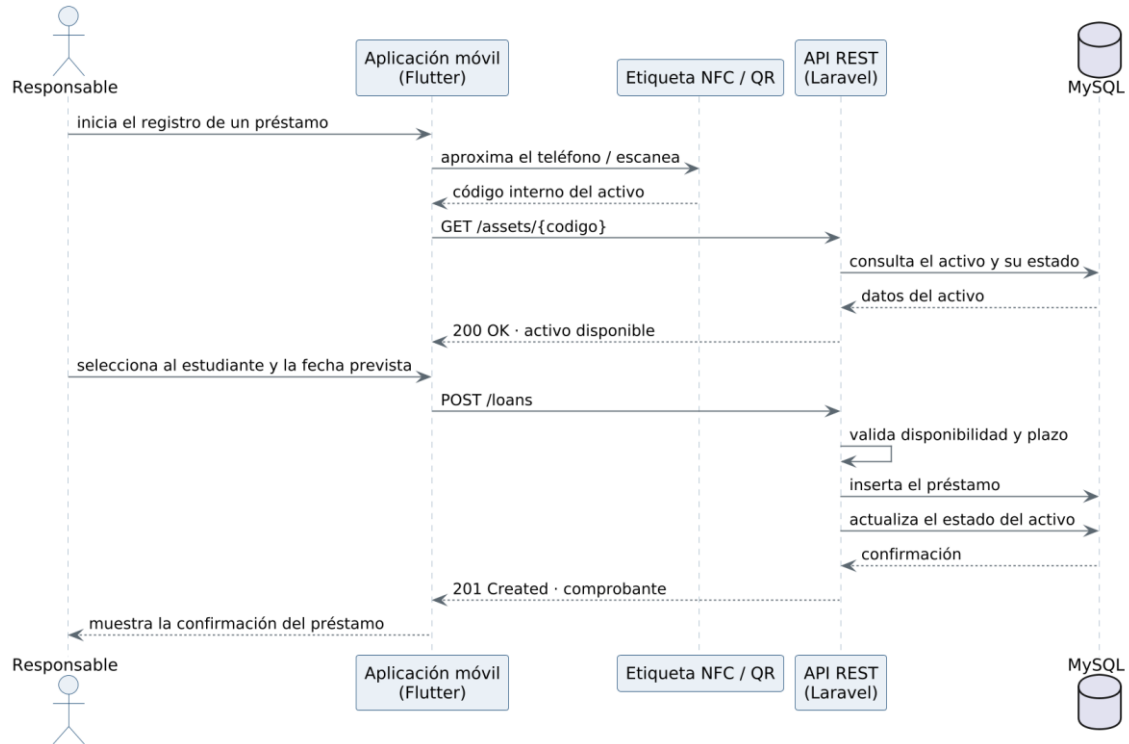


Figura 4.4. Diagrama de secuencia del registro de un préstamo.

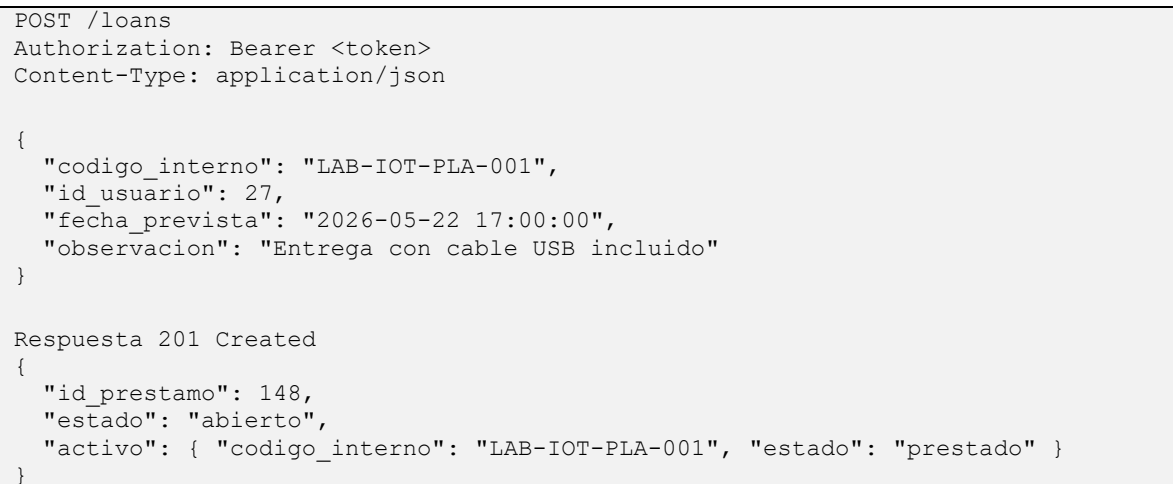


Figura 4.5. Ejemplo de petición y respuesta del servicio de registro de préstamos.

4.4 Desarrollo de la aplicación

La aplicación móvil implementa la lectura de etiquetas NFC y códigos QR utilizando las capacidades del dispositivo Android. El sistema recupera automáticamente el activo correspondiente y permite registrar préstamos y devoluciones reduciendo el tiempo de digitación manual.

La lectura NFC se resuelve mediante el mecanismo de intenciones de Android: cuando el sistema operativo detecta una etiqueta con un mensaje NDEF compatible, entrega el contenido a la aplicación sin que el usuario deba abrir previamente una pantalla específica.

La aplicación extrae el registro de texto, obtiene el código interno y consulta la API. La Figura 4.6 detalla la estructura del contenido escrito en la etiqueta, donde se aprecia que el identificador ocupa una fracción mínima de la memoria disponible.



Figura 4.6. Estructura del contenido almacenado en la etiqueta NTAG213.

El escaneo de códigos QR utiliza la cámara del dispositivo y comparte el resto del flujo con la lectura NFC: una vez obtenido el código interno, el comportamiento de la aplicación es idéntico. Esta convergencia fue una decisión de diseño deliberada, ya que reduce la lógica duplicada y permite que el usuario alterne entre ambos mecanismos sin cambiar su forma de trabajo. La Tabla 4.7 describe las pantallas implementadas.

Pantalla	Función	Operación asociada
Inicio de sesión	Autenticación del usuario y obtención del token.	CU-01
Inventario	Consulta de activos y de su disponibilidad.	CU-05
Préstamo	Identificación del activo, selección del responsable y del plazo.	CU-02 y CU-04
Devolución	Cierre de la transacción y registro de observaciones.	CU-03 y CU-04
Historial	Consulta de transacciones por activo o por usuario.	CU-07

Tabla 4.7. Pantallas de la aplicación móvil.



Figura 4.7. Pantalla de inicio de sesión.



Figura 4.8. Pantalla de inventario.



Figura 4.9. Pantalla de préstamo.



Figura 4.10. Pantalla de devolución.

4.5 Plataforma web

La plataforma web permite administrar usuarios, categorías, activos, préstamos y devoluciones. Además incorpora paneles estadísticos para visualizar la disponibilidad de equipos y consultar el historial de transacciones.

También incorpora paneles para consultar la disponibilidad de equipos y revisar el historial de movimientos. La división de funciones entre la aplicación móvil y la plataforma web se diseñó a partir del contexto real de trabajo: el registro de préstamos se realiza directamente en el lugar, donde el teléfono móvil es la herramienta más práctica. Por su parte, la gestión del inventario, la carga de datos y el análisis de listados extensos se resuelven de forma más eficiente y cómoda desde una computadora.

. La Tabla 4.8 describe los módulos disponibles en el panel administrativo.

Módulo	Función principal
Usuarios y roles	Alta de usuarios, asignación de perfiles y control de acceso.
Categorías	Definición de las agrupaciones utilizadas en la codificación de los activos.
Activos	Registro, edición, generación del código QR y consulta del estado.
Préstamos y devoluciones	Consulta de transacciones abiertas y cerradas con sus responsables.
Alertas	Seguimiento de los préstamos que superaron la fecha prevista.
Indicadores	Visualización de la disponibilidad y de la rotación del inventario.

Tabla 4.8. Módulos de la plataforma web.

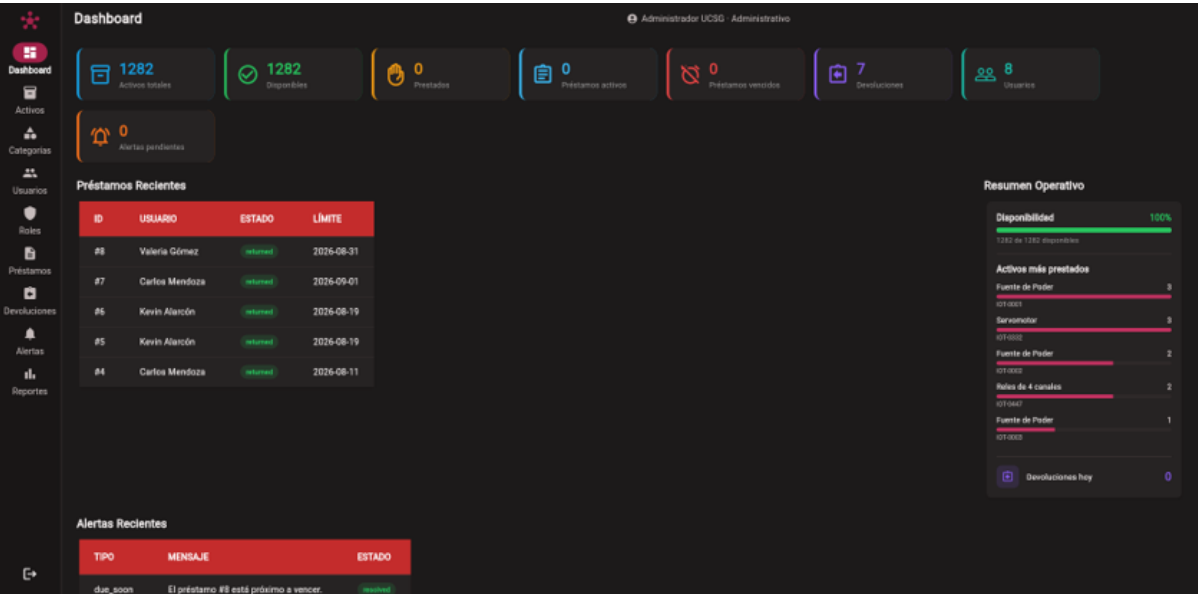


Figura 4.11. Dashboard administrativo de la plataforma web.

4.6 Implementación de NFC y QR

Se utilizaron etiquetas NFC NTAG213 adhesivas y anti-metal de acuerdo con las características físicas de cada activo. Los códigos QR se generaron como mecanismo alternativo de identificación cuando la utilización de NFC no resultó conveniente.

La asignación del mecanismo no se realizó por categoría de activo sino por condición física verificada. Antes de fijar la etiqueta definitiva se comprobó la lectura sobre el punto exacto donde se pretendía colocarla, procedimiento que evitó descubrir fallas después del etiquetado masivo. La Tabla 4.9 resume las tecnologías implementadas y la Tabla 4.10 el resultado observado según el tipo de superficie.

Tecnología	Uso	Observación
NFC	Lectura rápida	Principal
QR	Respaldo	Compatibilidad

Tabla 4.9. Tecnologías implementadas.

Tipo de superficie	Etiqueta utilizada	Resultado observado	Mecanismo definitivo
Plástico y policarbonato	NTAG213 adhesiva	Lectura correcta a distancia habitual de uso.	NFC con QR de respaldo
Placa con componentes expuestos	NTAG213 adhesiva sobre funda o caja	Lectura correcta al asociar el contenedor.	NFC sobre contenedor y QR visible
Superficie metálica	NTAG213 anti-metal	Lectura correcta únicamente con etiqueta apta para metal.	NFC anti-metal con QR de respaldo
Superficie metálica sin área segura	No aplica	Lectura no confiable; se descarta NFC.	QR impreso
Componentes de bajo costo agrupados	Etiqueta sobre el contenedor	Identificación por lote, no individual.	QR sobre contenedor

Tabla 4.10. Resultado de las pruebas de lectura según el tipo de superficie.

El comportamiento observado coincide con lo reportado en la literatura. Poullie et al. (2015) advierten que ni siquiera las etiquetas blindadas garantizan la lectura sobre todos los objetos metálicos, y esa es precisamente la razón por la que el diseño conserva el código QR como alternativa permanente y no como recurso excepcional. La identificación híbrida, en la práctica, no consiste en duplicar etiquetas por redundancia sino en aceptar que un inventario heterogéneo no admite una solución única.

4.7 Pruebas funcionales

Las pruebas se ejecutaron sobre el conjunto de activos etiquetados y siguiendo los casos definidos en el Capítulo III. La Tabla 4.11 resume los resultados obtenidos y la Tabla

4.12 detalla la ejecución de cada caso, incluyendo las pruebas negativas destinadas a comprobar que el sistema rechaza las operaciones inconsistentes en lugar de registrarlas.

Caso	Descripción	Resultado esperado	Estado
CP-01	Registrar préstamo	Préstamo exitoso	Aprobado
CP-02	Registrar devolución	Activo disponible	Aprobado
CP-03	Lectura NFC	Activo identificado	Aprobado
CP-04	Lectura QR	Activo identificado	Aprobado
CP-05	Consultar historial	Información correcta	Aprobado

Tabla 4.11. Resultados de las pruebas funcionales.

Caso	Precondición	Acción ejecutada	Resultado esperado	Estado
CP-01	Activo disponible	Registrar un préstamo tras identificar el activo por NFC.	La transacción se guarda y el activo pasa a prestado.	Conforme
CP-02	Activo prestado	Intentar registrar un segundo préstamo del mismo activo.	El sistema rechaza la operación e informa la causa.	Conforme
CP-03	Préstamo abierto	Registrar la devolución con observación de estado.	La transacción se cierra y el activo vuelve a disponible.	Conforme
CP-04	Etiqueta NFC válida	Aproximar el teléfono a la etiqueta.	La aplicación recupera el activo correspondiente.	Conforme
CP-05	Código QR válido	Escanear el símbolo con la cámara.	La aplicación recupera el activo correspondiente.	Conforme
CP-06	Transacciones registradas	Consultar el historial por activo y por usuario.	Se muestran las transacciones asociadas.	Conforme
CP-07	Fecha prevista superada	Ejecutar el control de plazos.	Se genera la alerta visible para el responsable.	Conforme
CP-08	Sesión de estudiante	Intentar acceder a la administración de activos.	El sistema deniega el acceso por rol insuficiente.	Conforme

Tabla 4.12. Detalle de ejecución de los casos de prueba funcionales.

Es importante aclarar el alcance de estos resultados. La conformidad observada indica que el comportamiento registrado se alinea con el comportamiento anticipado en las condiciones de prueba establecidas, utilizando el conjunto de activos etiquetados y en la red del laboratorio. Sin embargo, esto no representa una evaluación del desempeño bajo carga ni una validación en un entorno operativo institucional continuo, escenarios que están más allá del alcance declarado del prototipo.

4.8 Evaluación del prototipo

La validación se centró en verificar la correcta ejecución de las funcionalidades principales del sistema. Se comprobó la integridad de la información registrada, la actualización automática del estado de los activos, el funcionamiento de las etiquetas NFC, la lectura de códigos QR y la generación del historial de préstamos.

La evaluación se organizó según las características de calidad seleccionadas en el Capítulo III, de modo que cada una contara con una evidencia asociada y no con una apreciación general. La Tabla 4.13 presenta esa correspondencia.

Característica	Aspecto evaluado	Evidencia utilizada
Adecuación funcional	Ejecución correcta de préstamos, devoluciones, historial y alertas.	Casos de prueba CP-01 a CP-07.
Fiabilidad	Rechazo de operaciones inconsistentes.	Casos de prueba negativos CP-02 y CP-08.
Eficiencia de desempeño	Tiempo de la transacción frente a la búsqueda manual del registro.	Observación del proceso durante las pruebas.
Usabilidad	Capacidad de completar la tarea sin asistencia adicional.	Cuestionario de percepción y observación de los participantes.
Seguridad	Restricción de funciones administrativas por rol.	Intento de acceso con credenciales de rol inferior.
Integridad de los datos	Coherencia entre el estado del activo y las transacciones registradas.	Consulta de la base de datos antes y después de cada operación.

Tabla 4.13. Evaluación del prototipo según las características de ISO/IEC 25010.

El cuestionario breve aplicado a los usuarios para evaluar la usabilidad se basa en la escala propuesta por Brooke (1996) y el instrumento completo se incluye como anexo, permitiendo que futuros grupos en una fase de adopción institucional puedan repetir el ejercicio. Un hallazgo cualitativo notable es que la identificación por proximidad altera la secuencia de trabajo del responsable.

En el proceso anterior, la operación comenzaba por buscar el nombre del equipo; con el prototipo, comienza por el equipo mismo. Esa inversión reduce las decisiones que el usuario debe tomar y disminuye la probabilidad de seleccionar un registro incorrecto cuando existen varios activos similares en el inventario.

4.9 Limitaciones

El prototipo no incorpora sincronización fuera de línea ni integración con sistemas institucionales. Asimismo, la validación se realizó dentro del alcance del laboratorio y con una muestra representativa de activos previamente seleccionados.

Estas limitaciones no son todas de la misma naturaleza. Algunas responden a decisiones deliberadas de alcance, adoptadas para mantener el proyecto dentro de lo abordable en un trabajo de titulación; otras derivan de restricciones físicas de la tecnología; y una tercera categoría depende de condiciones institucionales ajenas al equipo de proyecto. La Tabla 4.14 las clasifica junto con la línea de trabajo futuro que correspondería a cada una.

Limitación	Origen	Impacto	Trabajo futuro
Ausencia de operación sin conexión	Decisión de alcance	La operación requiere red disponible en el laboratorio.	Incorporar una cola local con resolución de conflictos.
Lectura NFC no confiable sobre ciertos metales	Restricción física	Obliga a recurrir al QR en algunos activos.	Evaluar nuevas etiquetas blindadas conforme evolucione la tecnología.
Sin integración con sistemas institucionales	Condición institucional	Los usuarios se registran de forma independiente.	Definir un mecanismo de interoperabilidad con el sistema académico.
Validación limitada a una muestra de activos	Decisión de alcance	Los resultados no cubren la totalidad del inventario.	Ampliar el etiquetado y repetir las pruebas a escala completa.
Ausencia de línea base histórica	Condición del diagnóstico	No es posible cuantificar la reducción de pérdidas.	Utilizar el historial generado por el sistema como línea base futura.
Sin notificaciones push	Decisión de alcance	Las alertas se consultan dentro del sistema.	Integrar un servicio de notificaciones para los responsables.

Tabla 4.14. Clasificación de las limitaciones y líneas de trabajo futuro.

4.10 Síntesis del capítulo

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad técnica de implementar un sistema híbrido basado en NFC y códigos QR para mejorar la gestión de préstamos de activos en el laboratorio de IoT. La arquitectura desarrollada permite futuras ampliaciones sin modificar significativamente la estructura del sistema.

Más allá de la viabilidad técnica, el capítulo deja tres resultados que conviene destacar. El primero es que la identificación híbrida demostró ser una respuesta adecuada a la heterogeneidad del inventario: ningún mecanismo por separado habría cubierto la totalidad de los activos seleccionados. El segundo es que la concentración de las reglas de negocio en la API permitió que las dos interfaces se comportaran de manera consistente sin duplicar validaciones. Y el tercero es que el sistema comenzó a generar, desde su primera ejecución, el registro histórico cuya ausencia motivó el proyecto, lo que constituye en sí mismo la condición necesaria para cualquier evaluación cuantitativa posterior.

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

Este capítulo cierra el trabajo contrastando los resultados obtenidos con los objetivos formulados en el Capítulo I. Las conclusiones se presentan en el mismo orden de los objetivos específicos para facilitar la verificación de su cumplimiento, y a continuación se plantean las recomendaciones dirigidas a la unidad responsable del laboratorio y las líneas de continuidad para trabajos posteriores.

5.1 Conclusiones

El objetivo general se cumplió: se desarrolló un prototipo funcional que permite registrar, vincular y monitorear los activos del laboratorio de IoT mediante una aplicación móvil y una plataforma web, incorporando identificación híbrida por NFC y códigos QR.

El sistema puesto en marcha vincula al usuario responsable, el activo físico y el tiempo que dura cada transacción, lo cual responde a una carencia clara del procedimiento previo. El análisis del proceso actual mostró que no solo había un flujo inadecuado, sino también una falta de documentación formal. Se necesitó una verificación manual y se generó una lista de activos organizada, antes no disponible, debido a la falta de un inventario consolidado y hojas para recibir.

Al dividir la devolución de préstamos, el modelo de datos se benefició al hacer más fácil distinguir entre las transacciones abiertas y cerradas, y al garantizar que los datos sobre la condición del equipo no se perdieran durante las alteraciones. La pérdida de historial al actualizar los datos se evita mediante la normalización del modelo hasta la tercera forma normal y las restricciones de integridad referencial.

Se observó en el desarrollo de la aplicación móvil que la identificación por proximidad modifica el flujo de trabajo; comienza la secuencia desde el activo, en vez de buscarlo por nombre. Esto reduce las decisiones del usuario y disminuye el riesgo de errores. La puesta en marcha de una base de datos centralizada y una plataforma web mejoró la concentración de reglas comerciales dentro de la API, asegurando que las funciones fueran consistentes entre interfaces y que su uso se alineara con situaciones reales.

La evaluación del prototipo demostró que las funciones principales se cumplían, gracias a pruebas negativas que garantizan el rechazo de operaciones incorrectas. No obstante, no fue

posible calcular una disminución de las pérdidas por la escasez de datos históricos. Desde el principio se tuvo en cuenta este problema, dirigiendo la evaluación hacia indicadores que pueden ser observados. La conclusión técnica más relevante es que la identificación híbrida es una alternativa adaptable para afrontar la diversidad del inventario físico.

Las pruebas de lectura confirmaron lo advertido en la literatura: NFC pierde fiabilidad sobre superficies metálicas incluso con etiquetas blindadas, y el código QR cubre esos casos sin costo adicional. Un laboratorio con activos de tamaños, materiales y valores distintos no admite una tecnología única de identificación.

5.2 Recomendaciones

A la unidad responsable del laboratorio se recomienda designar formalmente a un administrador del sistema y a un custodio de los activos etiquetados antes de cualquier puesta en operación.

La continuidad del uso de esta herramienta está sujeta a la existencia de un responsable que mantenga las credenciales, registre nuevos dispositivos y gestione alertas. Se sugiere mantener el inventario como un documento dinámico, actualizándolo cada vez que se añadan o retiren activos. Aunque el prototipo puede mantener este registro, la calidad de la información depende de registrar los cambios inmediatamente, y no de manera retrospectiva.

En cuanto a la operación, es esencial verificar cada etiqueta antes de considerarla final, como se realizó en las pruebas, para evitar identificar fallas tras el etiquetado masivo y para decidir si un activo se identifica mediante NFC, QR o su contenedor. Además, se recomienda revisar regularmente la adhesión y legibilidad de los identificadores, especialmente en activos de uso frecuente, y tener etiquetas de reposición disponibles.

Un identificador ilegible convierte el registro digital en información inaccesible desde el mundo físico, que es justamente el problema que el sistema busca resolver.

Por último, se recomienda utilizar el historial que el sistema comienza a generar desde su primera ejecución como línea base para una evaluación futura. Transcurrido un período académico completo, será posible calcular indicadores de rotación, duración media de los préstamos e incidencia de retrasos con datos propios del laboratorio, algo que hoy no puede hacerse.

5.3 Trabajos futuros

Las líneas de continuidad se derivan directamente de las limitaciones declaradas en el Capítulo IV. La incorporación de una modalidad de trabajo sin conexión es la más solicitada desde el punto de vista operativo, y exige resolver una cola local de transacciones con detección y resolución de conflictos. La integración con los sistemas institucionales permitiría evitar el registro paralelo de usuarios y vincular los préstamos con la matrícula académica. La incorporación de notificaciones automáticas fuera del sistema reduciría la dependencia de que el responsable consulte el panel para enterarse de un retraso.

En el terreno de la identificación, resulta pertinente reevaluar periódicamente las etiquetas blindadas disponibles en el mercado, ya que su desempeño sobre metal es el factor

que hoy limita la cobertura de NFC. Finalmente, ampliar el etiquetado al resto del inventario y repetir las pruebas a escala completa permitiría verificar el comportamiento del sistema con un volumen de activos y de transacciones mayor al utilizado en esta validación.

Referencias bibliográficas

- Android Developers. (2026). Near field communication (NFC) overview. Google.
<https://developer.android.com/develop/connectivity/nfc>
- Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester e I. L. McClelland (Eds.), Usability evaluation in industry (pp. 189-194). Taylor & Francis.
- Cheng, R.-S., Lin, C.-P., Lin, K. W., y Hong, W.-J. (2015). NFC based equipment management inventory system. *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, 6(6), 1145-1155.
- Contraloría General del Estado. (2018). Reglamento general para la administración, utilización, manejo y control de los bienes e inventarios del sector público (Acuerdo 067-CG-2018). Registro Oficial del Ecuador.
- Estandarización de códigos QR*. (2025). QRcode.com | DENSO WAVE.
<https://www.qrcode.com/en/about/standards.html>
- Fielding, R. T. (2000). Architectural styles and the design of network-based software architectures [Tesis doctoral, University of California, Irvine].
<https://ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>
- Función de corrección de errores*. (2025). QRcode.com | DENSO WAVE.
https://www.qrcode.com/en/about/error_correction.html
- Google. (2026.). Flutter documentation. <https://docs.flutter.dev>
- GS1 US. (2014). *Commonly asked RFID questions: Dispelling the myths* (R1.0). GS1 US
https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/casestudies/GS1_commonly_asked_RFID_questions.pdf
- GS1. (2024). What are the benefits of RAIN RFID technology?
<https://support.gs1.org/support/solutions/articles/43000734148-what-are-the-benefits-of-rain-rfid-technology->
- GS1. (2025). Radio-frequency identification (RFID). <https://www.gs1.org/standards/rfid>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología

- de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- ISO. (2014). ISO 55000:2014. Asset management - Overview, principles and terminology. International Organization for Standardization.
- ISO/IEC. (2011). ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models.
- ISO/IEC. (2013). ISO/IEC 18092:2013. Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Near Field Communication - Interface and Protocol (NFCIP-1).
- ISO/IEC. (2015). ISO/IEC 18004:2015. Information technology - Automatic identification and data capture techniques - QR Code bar code symbology specification.
- ISO/IEC. (2018). ISO/IEC 14443-1:2018. Cards and security devices for personal identification - Contactless proximity objects.
- Laravel. (2026). Laravel documentation. <https://laravel.com/docs>
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. (2021). Registro Oficial Suplemento 459, 26 de mayo de 2021. Asamblea Nacional del Ecuador.
- NFC Forum. (2026). NFC technology. <https://nfc-forum.org/learn/nfc-technology/>
- NFC Forum. (2026). What NFC does. <https://nfc-forum.org/learn/what-nfc-does/>
- NXP Semiconductors. (2022). NTAG213/215/216: NFC Forum Type 2 Tag compliant IC with 144/504/888 bytes user memory. Product data sheet. https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/NTAG213_215_216.pdf
- Oracle. (2026). MySQL 8.0 reference manual. <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>
- Poullie, P., Bocek, T., y Stiller, B. (2015). Deploying an NFC-based inventory system: A case study. ERCIM News, (101). <https://ercim-news.ercim.eu/en101/special/deploying-an-nfc-based-inventory-system-a-case-study>
- Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software: Un enfoque práctico (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- RAIN Alliance. (2019). What is RAIN RFID? <https://rainrfid.org/wp->

content/uploads/2019/01/What-is-RAIN-RFID-E-Book-1.2.pdf

Salgado, J. C., y Jiménez, D. V. (2024). Planificación y modelamiento de sistema piloto para gestión de préstamos de equipos de laboratorios de ingeniería [Informe de caso aplicado, Universidad de Ibagué]. <https://hdl.handle.net/20.500.12313/4111>

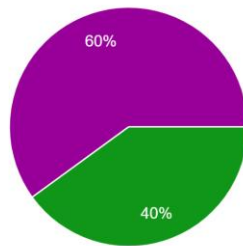
Sommerville, I. (2011). Ingeniería de software (9.^a ed.). Pearson Educación.

Anexo C. Instrumento de prueba de usabilidad

El siguiente instrumento se aplicó a los usuarios que participaron en las pruebas del prototipo.

¿La interfaz del aplicativo es clara y fácil de comprender?

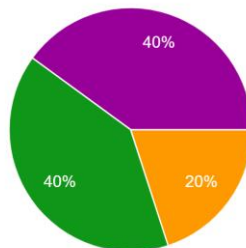
5 respuestas



- 1 = Totalmente en desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Neutral
- 4 = De acuerdo
- 5 = Totalmente de acuerdo

¿La navegación entre las diferentes secciones del aplicativo es sencilla?

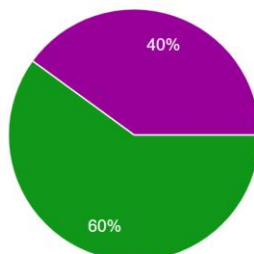
5 respuestas



- 1 = Totalmente en desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Neutral
- 4 = De acuerdo
- 5 = Totalmente de acuerdo

¿Fue fácil encontrar las funciones que necesitaba durante el uso del sistema?

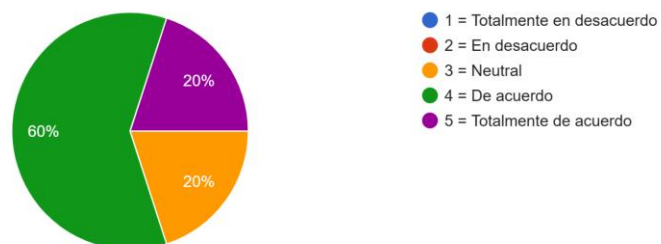
5 respuestas



- 1 = Totalmente en desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Neutral
- 4 = De acuerdo
- 5 = Totalmente de acuerdo

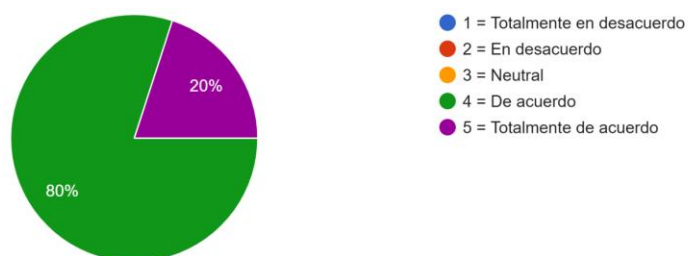
¿El proceso de registro y consulta de activos resulta sencillo?

5 respuestas



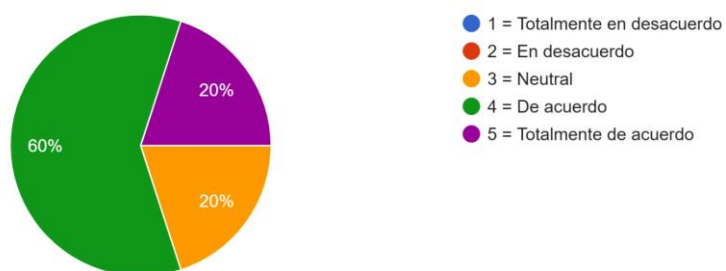
¿El proceso para registrar préstamos y devoluciones es fácil de realizar?

5 respuestas



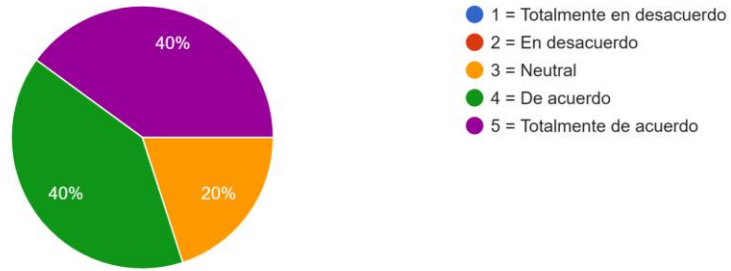
¿La información presentada por el aplicativo es clara y suficiente?

5 respuestas



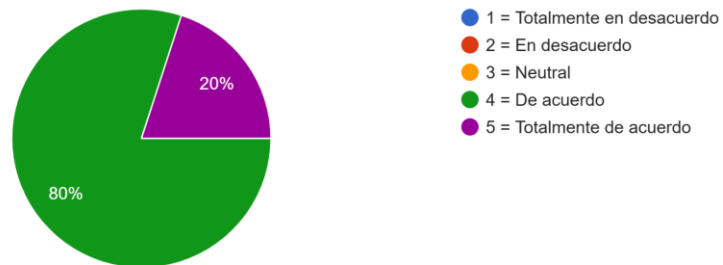
¿El aplicativo responde con rapidez al realizar las diferentes operaciones?

5 respuestas



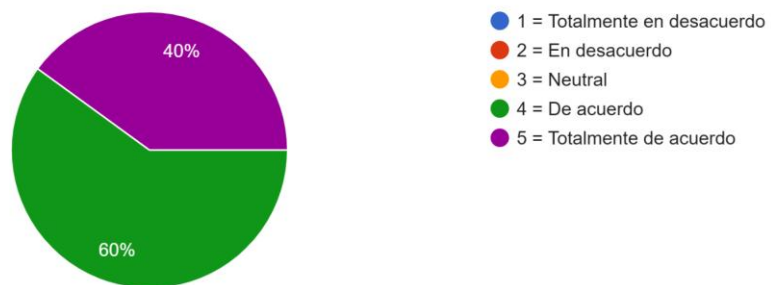
¿Los mensajes de confirmación y error ayudan a comprender el resultado de las acciones realizadas?

5 respuestas



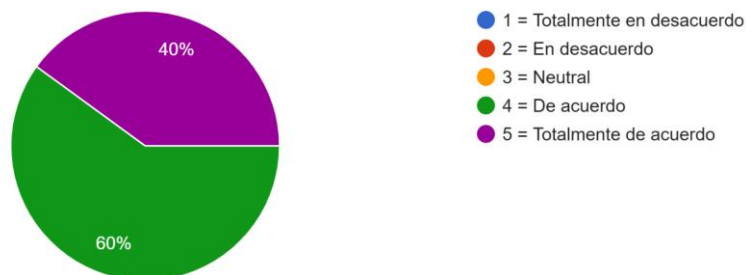
¿Considera que el aplicativo facilita y mejora la gestión de los activos y préstamos?

5 respuestas



¿Está satisfecho con la experiencia general de uso del aplicativo?

5 respuestas



¿Qué parte del proceso le resultó más difícil de completar y por qué?

5 respuestas

Ingreso de activos

el de ingreso de equipos (inventario inicial)

La localización de acciones principales desde el Dashboard. Como el Dashboard solo muestra información resumida (préstamos y alertas recientes), para realizar cualquier acción operativa tengo que navegar forzosamente por el menú lateral. Sería más fácil si hubiera botones de 'Acceso Rápido' para las tareas más comunes como 'Nuevo Préstamo' o 'Registrar Activo'

Ninguna

ninguna

¿Qué función considera que falta o debería mejorarse antes de un uso permanente?

5 respuestas

El ingreso de activo

Reporte General de ingreso por clase de equipo

Falta una función de escaneo directo (código QR o RFID). Siendo un sistema de préstamos para dispositivos IoT, el proceso de entrada y salida sería mucho más eficiente si se pudiera usar la cámara o un lector para identificar el activo automáticamente en lugar de buscarlo o escribir su ID manualmente en la lista de 'Activos'.

Antes de la implementación recomendaría incluir una función que permita registrar el tiempo de operatividad de los equipos y su vigencia permitiendo identificar si siguen siendo adecuados para las necesidades actuales o si existen equipos más avanzados que justifiquen su reemplazo.

ninguna

Anexo F. Casos de prueba funcional

Código	Caso de prueba	Resultado esperado
CP-01	Registrar préstamo de un activo disponible.	El préstamo se guarda y el activo cambia a estado prestado.
CP-02	Intentar prestar un activo no disponible.	El sistema rechaza la operación e informa la causa.
CP-03	Registrar devolución.	Se cierra la transacción y el activo vuelve a estar disponible.
CP-04	Leer una etiqueta NFC válida.	La aplicación recupera el activo relacionado.
CP-05	Escanear un QR válido.	La aplicación recupera el activo relacionado.
CP-06	Consultar historial.	Se muestran transacciones asociadas al usuario o activo.
CP-07	Detectar préstamo vencido.	Se genera una alerta visible para el responsable.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Noboa Zambrano, Kleber Isaías** con C.C: # **0930055165** autor/a del Proyecto de T.I.: **“Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación”** requerido para la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 01 de septiembre de 2026



Nombre: **Noboa Zambrano, Kleber Isaías**

C.C: **0930055165**



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ríos Olvera, Daryl Elian** con C.C: # **2000107371** autor/a del Proyecto de T.I.: **“Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación”** requerido para la obtención del título de **Ingeniero en Ciencias de la Computación** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 01 de septiembre de 2026

Nombre: **Ríos Olvera, Daryl Elian**

C.C: **2000107371**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Prototipo de sistema de gestión de préstamos con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web para el control de activos del laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación.		
AUTOR(ES)	Noboa Zambrano, Kleber Isaías Ríos Olvera, Daryl Elian		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Morejón Campoverde, José Lenin		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Ciencias de la Computación		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Ciencias de la Computación		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	01 de septiembre de 2026	No. DE PÁGINAS	70 p.
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería de Software, Tecnologías de la Información, Sistemas de Información, Internet de las Cosas (IoT)		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Gestión de activos, Identificación automática (Auto-ID), NFC (Near Field Communication), Código QR, Trazabilidad de inventario, Aplicación móvil, Flutter, Laravel, Internet de las Cosas (IoT).		

Resumen: Las instituciones de educación superior enfrentan desafíos constantes en la administración y control de sus recursos tecnológicos destinados a la academia y la investigación. En la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), la gestión de activos en el laboratorio de IoT de la Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación presentaba dificultades asociadas a la ausencia de inventarios consolidados, la falta de trazabilidad en los préstamos y el uso de procesos informales basados en comunicación verbal. Para dar solución a esta problemática, el presente proyecto desarrolló un prototipo de sistema de gestión con identificación híbrida (NFC + QR) y arquitectura móvil-web, cuyo objetivo principal es optimizar el control de los activos mediante la vinculación precisa entre usuarios y equipos. El marco referencial se sustenta en la norma internacional ISO 55000 de gestión de activos, el marco normativo de bienes del sector público, así como en tecnologías de identificación automática (Auto-ID) como Near Field Communication (NFC) y códigos QR bajo estándares ISO/IEC. La metodología aplicada corresponde a una investigación aplicada con enfoque mixto y un modelo iterativo e incremental para el desarrollo del software. El sistema comprende una aplicación móvil en Flutter para Android que facilita la lectura de etiquetas NTAG213 y códigos QR, una plataforma web de administración, y una API REST en Laravel conectada a una base de datos centralizada en MySQL. Los resultados de la validación demostraron mejoras significativas en los tiempos de registro, la integridad de los datos, la gestión de alertas por retrasos y la consistencia en la disponibilidad de los equipos. Se concluye que la implementación de este prototipo representa un modelo innovador de control operativo que fortalece la trazabilidad, la seguridad en la asignación de recursos y la sostenibilidad tecnológica dentro de la UCSG.

ADJUNTO PDF:	X SI	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-989-490571,+593-995-641813	E-mail: knoboa29@gmail.com daryl.rios2004@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Toala Quimí, Edison José	
	Teléfono: +593-990-976776	
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	