PROTOTIPO DE SISTEMA DE CONTROL DE PARQUEADEROS MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE MATRÍCULAS Y VALIDACIÓN CON CREDENCIALES AUTORIZADAS

SANTIAGO ARROYAVE MESA

GABRIEL JOSE DAVID RIERA

SANTIAGO OSORIO CUERVO



FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA EN DESARROLLO DE SOFTWARE

MEDELLÍN 2026

PROTOTIPO DE SISTEMA DE CONTROL DE PARQUEADEROS MEDIANTE RECONOCIMIENTO DE MATRÍCULAS Y VALIDACIÓN CON CREDENCIALES AUTORIZADAS

SANTIAGO ARROYAVE MESA

GABRIEL JOSE DAVID RIERA

SANTIAGO OSORIO CUERVO

ASESOR

RAMIRO ANTONIO LOPERA SÁNCHEZ



FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA EN DESARROLLO DE SOFTWARE

MEDELLÍN

2026

ÍNDICE

Índice De Ilustraciones 4

Índice De Casos De Uso 5

Resumen 6

Abstract 7

Glosario 9

Introducción 11

Planteamiento del problema 12

Descripción Del problema 12

Formulación Del Problema 12

Justificación 13

Objetivos 14

Objetivo general 14

Objetivos específicos 14

Marco Teórico 15

Antecedentes 15

Marco teórico: 15

Visión por computador 16

Modelos de detección y reconocimiento 16

Integración con validación de usuarios 17

Aplicaciones similares 17
Marco Legal Normativo 17
Tecnologías y Herramientas Utilizadas 18
Metodología 19
Resultados 23
Diseño de la estructura 24
Análisis de requerimientos 25
Levantamiento de información. 26
Técnicas de recolección utilizadas 26
Observación Directa: 26
Entrevista al personal operativo: 28
Encuesta a propietarios de vehículos 30
Identificación de Roles de Usuario 33
Problemáticas Identificadas y su Relación con los Requerimientos 34
Requerimientos Funcionales 38
Requerimientos No Funcionales 39
Definición de Roles y funciones 41
Especificación profunda 41
Diagrama de Arquitectura: 42
Cronograma de implementación. 44

Presentación de la aplicación 47

Pruebas (casos de uso) 53

Diagramas de Casos de Uso 74

Recomendaciones 76

Conclusión 79

Bibliografía. 80

Anexos 83

Índice De Ilustraciones

Figura 1 Ciclo de vida de la metodología espiral 19

Figura 2 Modelo entidad relación 25

Figura 3 Diagrama de componentes basada en su arquitectura MVC 42

Figura 4 Cronograma de actividades. 43

Figura 5 Inicio de sesión 46

Figura 6 Home 47

Figura 7 Historial de acceso 48

Figura 8 Gestión de usuario 49

Figura 9 Dashboard 50

Figura 10 Panel de control de acceso 51

Figura 11 Diagrama de casos de uso del sistema 74

Figura 12 Diagrama de secuencia del proceso de detección, validación y acceso 75

Índice De Tablas

Tabla 1 *Resultados observación directa* 25

Tabla 2 *Resultados observación directa* 27

Tabla 3 *Encuesta a propietarios de vehículos* 29

Tabla 4 *Preguntas y Opciones* 30

Tabla 5 *Respuesta de forma individual* 32

Tabla 6 *Roles* 32

Tabla 7 *Problemáticas identificadas y su relación con los requerimientos* 33

Tabla 8 *Requerimientos Funcionales del sistema de control de parqueaderos.* 37

Tabla 9 *Requerimientos no funcionales del sistema de control de parqueaderos.* 38

Tabla 10 *Caso de uso (Iniciar sesión)* 52

Tabla 11 *Caso de uso (Registro de nuevos usuarios y vehículos)* 54

Tabla 12 *Caso de uso (Detección de la matrícula del vehículo (LPR))* 57

Tabla 13 *Caso de uso (Escaneo del código QR del conductor)* 59

Tabla 14 *Caso de uso (Validación de credenciales y control de acceso)* 61

Tabla 15 *Caso de uso (Consultar historial de accesos)* 64

Tabla 16 *Caso de uso (Consultar dashboard en tiempo real)* 66

Tabla 17 *Caso de uso (Capturar placa o documento de forma manual)* 69

Tabla 18 Caso de uso (Cerrar sesión del sistema) 72

Resumen

Este proyecto nace a partir de una situación que se vive diariamente en muchos parqueaderos de Medellín: largas filas, demoras en el ingreso y salida de vehículos, y procesos manuales que pueden generar errores o retrasos. Con el aumento del número de carros en la ciudad, se hace evidente la necesidad de buscar soluciones que permitan mejorar el control y hacer más ágil el acceso.

La propuesta consiste en desarrollar un prototipo de sistema que permita reconocer automáticamente la placa de un vehículo mediante una cámara y validar esa información con una credencial previamente autorizada. La idea es que, al ingresar y salir, el sistema pueda verificar de manera automática si el vehículo y el usuario están registrados, reduciendo así la intervención manual y mejorando la organización del parqueadero.

Para llevar a cabo el proyecto se aplicaron conocimientos de desarrollo de software, bases de datos y conceptos básicos de visión por computador. El trabajo se desarrolló por etapas: análisis de requerimientos, diseño del sistema, implementación del prototipo y realización de pruebas para evaluar su funcionamiento en condiciones reales y controladas.

Con este proyecto se busca demostrar que es posible integrar tecnologías actuales en soluciones prácticas que respondan a necesidades reales, aportando una alternativa que pueda optimizar tiempos, mejorar el control de acceso y brindar mayor seguridad en los parqueaderos.

Abstract

This project is born from a situation that is lived every day in many parking lots in Medellín; long queues, delays in vehicle entry and exit, and many manual processes that can lead to error or delays. With the increase in the numbers of vehicles in the city, it is more clear the need to find solutions that improve the control and make access more efficient.

This proposal involves developing a prototype system that automatically recognizes the vehicle's plate through a camera, and validates that information with a previously authorized credential. The idea is that, upon entering and exiting, the system can automatically verify if the vehicle and user are already registered, reducing manual intervention and optimizing the organization of the parking lot.

To carry out this project, we applied knowledge related to software development, databases, and basic concepts of computer vision. It was developed in stages: requirement analysis, system design, prototype implementation and testing to evaluate its operation under real and controlled conditions.

This project aims to demonstrate that it is possible to integrate current technologies into practical solutions that respond to real needs, giving an alternative that can optimize times, improve access control and provide greater security in parking lots.

Glosario

API	Intermediario que permite que dos partes del sistema se comuniquen entre sí sin que el usuario lo note.
Autenticación	Proceso por el cual el sistema verifica que el usuario es quien dice ser antes de darle acceso.
Barrera automática	Dispositivo físico similar a las de los peajes, que se levanta o baja según la señal del sistema.
Base de datos	Archivo digital organizado donde el sistema guarda todos los registros: usuarios, placas e historial de accesos.
Cámara USB	Cámara de video que se conecta al computador por USB para capturar imágenes de las placas y los códigos QR.
Código QR	Imagen de puntos que almacena información. En este proyecto contiene el número de documento del conductor.
Control de acceso	Conjunto de reglas que determinan quién puede entrar o salir del parqueadero y en qué condiciones.
Dashboard	Pantalla principal del sistema que muestra en tiempo real cuántos vehículos hay dentro y el historial reciente.
Detección en tiempo real	Capacidad del sistema de analizar el video de la cámara de forma continua, sin pausas.
EasyOCR	Herramienta que lee el texto de una imagen de placa vehicular y lo convierte en caracteres digitales.
Estado del vehículo	Indicador que dice si un vehículo está dentro del parqueadero (DENTRO) o ya salió (FUERA).
Flask	Programa que gestiona la comunicación entre la interfaz web y el resto del sistema. Es el núcleo del servidor.
Fotograma (frame)	Cada imagen individual de un video. El sistema analiza varios por segundo buscando la placa del vehículo.
GPIO	Pines físicos del Raspberry Pi que envían la señal eléctrica que ordena a la barrera subir o bajar.
Historial de accesos	Registro cronológico automático de cada entrada y salida: placa, documento, hora y tiempo de permanencia.
Interfaz web	Pantallas del sistema que el administrador usa desde el navegador, sin instalar ningún programa adicional.
LPR	Tecnología que identifica y lee automáticamente la placa de un vehículo a partir de la imagen de una cámara.
Módulo	Parte independiente del sistema encargada de una función específica, como leer placas o gestionar usuarios.
MVC	Forma de organizar el sistema en tres partes: los datos, lo que el usuario ve y la lógica que los conecta.
OCR	Tecnología que convierte la fotografía de un texto —como una placa— en texto digital que el sistema puede leer.
Placa colombiana	Identificación del vehículo. Carros: tres letras + tres números (ABC123). Motos: tres letras + dos números + una letra

	(CDZ92E).
Precisión del sistema	Porcentaje de veces que el sistema lee correctamente la placa. En las pruebas se superó el 90%.
Raspberry Pi	Computador pequeño y económico que puede controlar dispositivos físicos como la barrera del parqueadero.
Requerimiento funcional	Acción concreta que el sistema debe realizar, por ejemplo: detectar la placa o registrar la entrada.
Requerimiento no funcional	Condición de calidad que el sistema debe cumplir, como velocidad de respuesta, seguridad o disponibilidad.
Supabase	Servicio en la nube donde se almacenan todos los datos del sistema de forma segura y accesible desde internet.
Usuario activo / inactivo	Un usuario activo puede ingresar al parqueadero; uno inactivo tiene el acceso bloqueado temporalmente.
Validación de acceso	Verificación de que la placa y el documento del conductor coincidan y el usuario esté activo antes de abrir la barrera.
YOLO / YOLOv8	Programa de inteligencia artificial que detecta y localiza la placa dentro de la imagen de la cámara en tiempo real.

Introducción

En los últimos años, el crecimiento del parque automotor en Medellín y su área metropolitana ha generado nuevos retos en la gestión de parqueaderos, especialmente en lo relacionado con el control de acceso, la seguridad y la optimización de tiempos de ingreso y salida. Los procesos tradicionales, basados principalmente en la verificación manual, no siempre responden de manera eficiente ante el aumento constante de vehículos, lo que puede ocasionar congestión, demoras y mayores costos operativos.

En este contexto, la incorporación de tecnologías basadas en visión por computador se presenta como una alternativa viable para modernizar estos procesos. El reconocimiento automático de matrículas (LPR) permite identificar vehículos en tiempo real mediante el análisis de imágenes captadas por cámaras, reduciendo la intervención humana y mejorando la trazabilidad de los accesos. Sin embargo, para fortalecer la seguridad del sistema, resulta pertinente complementar este mecanismo con un proceso adicional de validación, como la asociación de la placa con credenciales previamente autorizadas.

El presente trabajo tiene como propósito desarrollar y validar un prototipo de sistema automatizado de control de acceso vehicular que integre el reconocimiento de matrículas con la verificación de credenciales. A través de un enfoque aplicado y experimental, se busca diseñar, implementar y evaluar una solución funcional que contribuya a disminuir los tiempos de espera, mejorar el control en los accesos y ofrecer una alternativa tecnológica adaptable a entornos reales. De esta manera, el proyecto no solo aborda una necesidad operativa concreta, sino que también integra conocimientos adquiridos durante el proceso formativo en Tecnología en Desarrollo de Software, articulando fundamentos de ingeniería de software, bases de datos, metodologías de desarrollo y conceptos de

inteligencia artificial en una aplicación práctica.

Planteamiento del problema

Descripción Del problema

El crecimiento del parque automotor en Medellín y el área metropolitana, impulsado por el aumento en la compra de vehículos particulares como alternativa al transporte público, ha generado una mayor congestión en los parqueaderos. Esto ha incrementado la demanda de personal y tiempo para garantizar el control y la seguridad en el ingreso y salida de los vehículos.

Ante esta situación, la implementación de sistemas automatizados con reconocimiento de placas podría optimizar los tiempos y procesos en los parqueaderos, reduciendo la necesidad de intervención manual y mejorando tanto la eficiencia como la seguridad. Nuestro equipo propone el desarrollo de un prototipo de software que facilite la gestión en los parqueaderos. El sistema permitirá la vinculación de la placa del vehículo con la credencial del usuario, de manera que, al ingresar, una cámara identifique la placa y la asocie automáticamente. Al salir, el sistema verificará la coincidencia de ambos datos y, en caso positivo, habilitará el paso sin necesidad de intervención humana.

Formulación Del Problema

¿Cómo reducir los tiempos de ingreso y salida, y mejorar el control de acceso en los parqueaderos mediante un sistema prototipo de reconocimiento de matrículas vinculado a credenciales autorizadas?

Justificación

El crecimiento constante del parque automotor en Medellín y su área metropolitana ha generado desafíos importantes en la gestión de parqueaderos, especialmente en términos de congestión, control de acceso y seguridad. Ante la alta demanda y la necesidad de optimizar recursos, se hace conveniente el desarrollo de soluciones tecnológicas que automaticen procesos tradicionalmente manuales.

Este proyecto propone un sistema de reconocimiento automático de placas vehiculares vinculado a la identificación del usuario mediante credenciales, lo cual permitirá reducir tiempos de ingreso y salida, minimizar errores humanos y reforzar la seguridad en los parqueaderos.

A nivel social, la solución contribuye a mejorar la experiencia del usuario y a reducir posibles conflictos por demoras o inconsistencias. En el ámbito tecnológico, promueve el uso de inteligencia artificial y visión por computador en aplicaciones prácticas de ciudad inteligente.

Desde una perspectiva ambiental, al disminuir los tiempos de espera, también se reduce la emisión innecesaria de gases por vehículos detenidos en filas.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar y validar un prototipo de sistema automatizado de control de acceso vehicular que combine reconocimiento automático de matrículas y verificación con credenciales, para reducir la intervención manual y los tiempos de ingreso/salida.

Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de un sistema de reconocimiento de placas y vinculación con credenciales autorizadas, aplicando metodologías del ciclo de vida del software para garantizar su correcto funcionamiento y optimización en entornos reales.
- Codificar e implementar un sistema de reconocimiento de placas vinculado a una base de datos, utilizando metodologías ágiles para asegurar una integración eficiente y escalable dentro del parqueadero.
- Ejecutar pruebas unitarias y de integración en el sistema automatizado de control de acceso, verificando la precisión del reconocimiento de placas y la correcta validación de las credenciales para minimizar errores en el proceso de autenticación

Marco Teórico

Antecedentes

El reconocimiento de placas vehiculares (LPR, por sus siglas en inglés) ha sido ampliamente investigado en los últimos años para las aplicaciones como control vehicular, seguridad urbana, peajes inteligentes y gestión automatizada de parqueaderos. Este tipo de soluciones busca minimizar la intervención humana y optimizar recursos, a través de tecnologías como la visión por computador y la inteligencia artificial (Tao et al., 2024; Hakim et., 2025).

Sistemas basados en visión artificial han sido implementados con éxito en entornos reales como la evidencian estudios en Egipto, Irak, Malasia e India (Hakim et al., 2025; Prajapati et al., 2023). Estos sistemas utilizan modelos de detección como YOLO (You Only Look Once) y técnicas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) como CRNN o EasyOCR, alcanzando precisiones superiores al 95% incluso en condiciones de iluminación o ángulo desfavorables (Tao et al., 2024; Prajapati et al., 2023)

En el contexto urbano y de movilidad inteligente, la automatización del control de acceso vehicular también contribuye a la eficiencia energética, al disminuir los tiempos de espera y por tanto las emisiones contaminantes de vehículos detenidos (Diaz Ogas et al., 2020).

Marco teórico:

Visión por computador

La visión por computador es una rama de inteligencia artificial que busca emular la capacidad

humana de interpretar imágenes, mediante técnicas de procesamiento digital, detección de bordes, extracción de características y aprendizaje profundo. Modelos como las redes neuronales convolucionales (CNN) permiten detectar patrones visuales complejos con alta precisión (Tao et al., 2024: Hakim et al., 2025).

En caso del reconocimiento de placas, este proceso se divide en varias etapas:

1. **Adquisición de imagen:** Mediante cámaras fijas o móviles.
2. **Detección de la placa:** Identificación de la región de interés usando algoritmos como YOLOv8.
3. **Segmentación de caracteres:** Separación de cada símbolo.
4. **Reconocimiento óptico de caracteres (OCR):** Lectura de contenido mediante modelos como CRNN o herramientas como EasyOCR (Prajapati et al., 2023)

Modelos de detección y reconocimiento

El modelo YOLO (You Only Look Once) ha demostrado ser eficiente para tareas de detección en tiempo real. Su versión YOLOv8 ha sido utilizada en escenarios urbanos complejos, logrando hasta 99.4% de precisión con una velocidad de 159.8 FPS (Tao et al., 2024)

Por otro lado, EasyOCR es una herramienta de código abierto para OCR basada en redes profundas, capaz de reconocer texto multilingüe incluso en condiciones de distorsión, inclinación o iluminación variable (Prajapati et al., 2023)

Integración con validación de usuarios

Una de las innovaciones del proyecto consiste en la asociación entre la placa vehicular y las

credenciales de usuario. Esta doble validación mejora la seguridad del sistema y permite la trazabilidad de los accesos, como se ha sido explorando en investigaciones donde se integran múltiples métodos de autenticación (Hakim et al., 2025).

Aplicaciones similares

Estudios recientes desarrollaron sistemas similares en instituciones educativas y parques tecnológicos, validando su uso para control de parqueaderos. En estos la integración de software de reconocimiento de placas con sistemas de gestión de usuarios demostró ser funcional y escalable (Prajapati et al., 2023; Hakim et al., 2025)

Marco Legal Normativo

La Ley 1581 de 2012 es fundamental, ya que regula el tratamiento de datos personales en Colombia. Cualquier sistema que maneje información sensible de usuarios deberá implementar mecanismos de seguridad como el cifrado de datos y la autenticación de usuarios.

El estándar ISO/IEC 27001 es crucial porque establece lineamientos globales para la gestión de la seguridad de la información aumentando la confianza de los usuarios y alineándose con las mejores prácticas internacionales, lo que es esencial para operar en un entorno digital competitivo y seguro.

YOLOv8 (Ultralytics): modelo de detección de objetos en tiempo real seleccionado por su equilibrio entre precisión y velocidad de inferencia, con soporte para CPU sin necesidad de GPU dedicada (Ultralytics, 2023).

EasyOCR: biblioteca de reconocimiento óptico de caracteres basada en redes CRNN, seleccionada por su facilidad de integración en entornos Windows y su capacidad de reconocimiento en condiciones de iluminación variable (JaidedAI, 2023).

Flask: microframework web de Python elegido por su ligereza, flexibilidad y compatibilidad con el patrón MVC implementado en el sistema (Grinberg, 2018).

Supabase: plataforma de base de datos como servicio basada en PostgreSQL, seleccionada por su API REST automática, sistema de autenticación integrado y políticas de seguridad a nivel de fila que facilitan el cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 (Supabase, 2024).

OpenCV 4.6: biblioteca de visión por computador utilizada para la captura de video en tiempo real, el preprocesamiento de imágenes con CLAHE y la comunicación con las cámaras USB (Bradski y Kaehler, 2008).

Metodología

La metodología en espiral se basa en un enfoque iterativo que permite ajustar el desarrollo en ciclos sucesivos. En cada ciclo, se revisan los requisitos, se analizan riesgos, se diseñan soluciones y se implementa el software, lo que facilita una mejora continua del producto. Además, su enfoque centrado en la participación del cliente asegura que sus necesidades se consideren a lo largo de todo el proceso.

Se eligió esta metodología en torno a su capacidad para gestionar proyectos complejos, donde la flexibilidad y la adaptación son esenciales. Véase esto en la

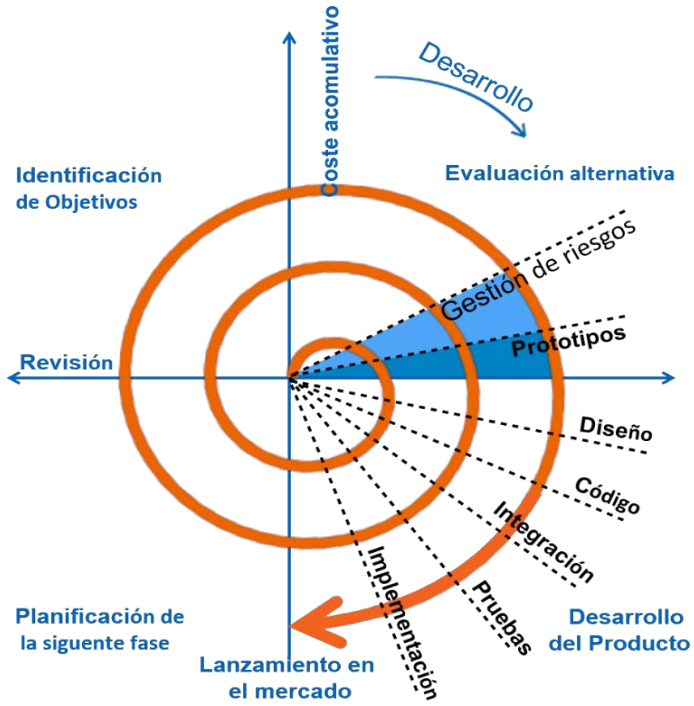


Figura 1. (Escobar Sánchez, 2023)

1. **Análisis de Requisitos y Determinación de Objetivos:** En esta fase se identifican las necesidades del parqueadero y los problemas actuales en el control de acceso (congestión, tiempos de espera, intervención manual, errores humanos)

2. **Evaluación de Alternativas y Diseño:** En esta etapa analizan distintas opciones tecnológicas y se define la arquitectura del sistema. Aquí se decide la mejor combinación entre precisión, costo y rendimiento para el prototipo. Involucra:

    - Evaluación de modelos de detección como YOLOv8 para reconocimiento de placas.
    - Evaluación de herramientas OCR como EasyOCR.
    - Selección de hardware (cámaras 1080p, computadores).
    - Diseño de base de datos para almacenar placas y credenciales
    - Elaboración de diagramas UML, arquitectura del sistema y mockups de interfaz

3. **Desarrollo y Validaciones:** Corresponde a la implementación técnica del sistema. Incluye:

    - Programación del módulo de reconocimiento de placas (LPR)
    - Integración con la base de datos de usuarios autorizados.
    - Desarrollo del sistema de registro de entradas y salidas.

- Integración con cámaras y APIS.
- Pruebas de integración (funcionamiento completo del sistema).
- Medición de métricas como precisión del reconocimiento y tiempo de respuesta.

4. **Planificación y Ajustes:** Se basa en el cronograma planteado donde cada fase tiene tiempos definidos. Implica:
    - Organización por semanas (Requisitos, diseño, implementación, pruebas, despliegue)
    - Controles entregables (documentos, código, informes)
    - Corrección de errores detectados
5. **Implementación y Mantenimiento:** Es la fase final donde el sistema se despliega en el entorno piloto. Abarca:
    - Instalación del sistema en el entorno real.
    - Capacitación básica a usuarios o administradores.
    - Documentación técnica y manual de usuario.
    - Correcciones finales posteriores a pruebas reales.

El mantenimiento contempla:

- Actualización del modelo de reconocimiento si baja la precisión.
- Ajustes por cambios en iluminación o condiciones del entorno.

- Mejoras en seguridad y protección de datos

Resultados

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del prototipo evidencian la viabilidad técnica de integrar el reconocimiento automático de matrículas (LPR) con un sistema de validación de credenciales para el control de acceso vehicular. Se logró implementar un sistema funcional compuesto por cuatro módulos principales: el módulo de detección de matrículas basado en YOLOv8, el módulo de reconocimiento de caracteres con EasyOCR, el de validación de credenciales conectado a la base de datos, y el ultimo de gestión administrativa con interfaz web.

Las pruebas realizadas en condiciones simuladas demostraron una precisión de reconocimiento superior al 90% en escenarios de iluminación adecuada, con tiempos de respuesta promedio de 5 segundos desde la captura la captura de la imagen hasta la habilitación del acceso, cumpliendo con los requerimientos no funcionales definidos. El sistema fue desplegado en un entorno de prueba utilizando Supabase como base de datos, con la interfaz web desarrollada en React para la gestión de usuarios y visualización de los registros.

Diseño de la estructura

El diagrama modelo entidad - relación (ER) del sistema presentado representa la estructura de la base de datos y las relaciones entre las principales entidades involucradas en la gestión de este. Se pueden identificar las entidades de Usuarios y Registros de Parqueo, donde la primera almacenará la información de las personas registradas, mientras que la segunda registra los movimientos de los vehículos, relacionándose ambas a través del atributo de placa, permitiendo asociar cada registro de ingreso y salida con el usuario correspondiente.

Este diseño facilita el control, la organización y la trazabilidad de la información dentro del sistema, permitiendo también gestionar de manera eficiente el acceso de los vehículos y usuarios al parqueadero. Esto se puede observar en la Figura 2.

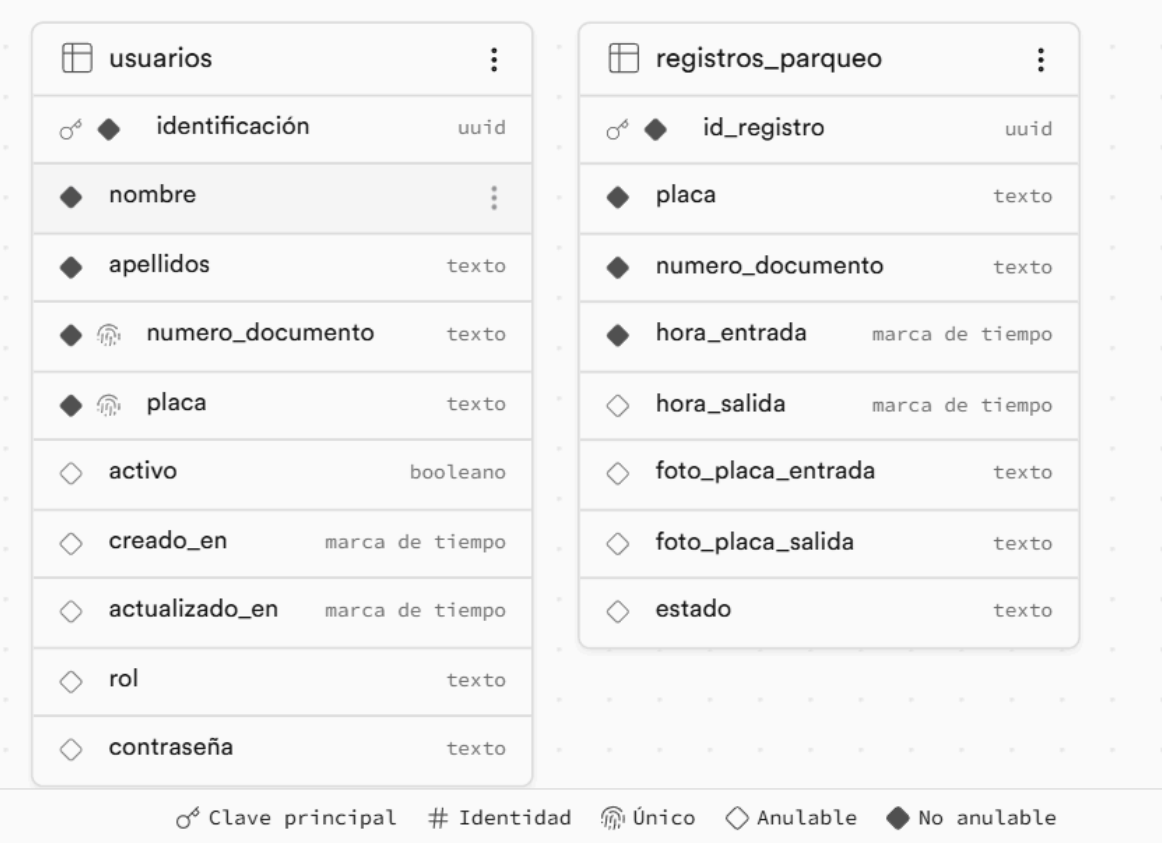


Figura 2 Modelo entidad relación

Análisis de requerimientos

El análisis de requerimientos fue una fase clave del proyecto, en la que se identificaron y detallaron las necesidades del sistema, tanto funcionales como no funcionales. Este proceso garantizó que el desarrollo del software estuviera alineado con los objetivos del proyecto donde esta pueda suplir la necesidad de tener un control de ingresos y salida de los vehículos en un parqueadero donde se use el mínimo de personal, para optimizar costo y manejar con efectividad el control de seguridad dentro de un parqueadero.

Levantamiento de información.

El presente apartado documenta el proceso de recolección de información que fundamentó el análisis de requerimientos del sistema. Durante la primera semana de febrero de 2026 el equipo de desarrollo realizó una visita de observación directa a un parqueadero residencial privado de la ciudad de Medellín, con el propósito de comprender el problema desde su contexto real y definir con precisión los requerimientos del prototipo.

Técnicas de recolección utilizadas

Para obtener información representativa del problema se emplearon tres técnicas en la cuales son: observación directa en sitio, entrevista semiestructurada al personal operativo y una encuesta breve aplicada a propietarios de vehículos.

Observación Directa:

Las observaciones se realizaron en dos jornadas, una diurna de 10 am a 12 m y la otra de 6 pm a 8 pm, en la entrada y salida del parqueadero, se registró el flujo, proceso y la condiciones que actualmente se tiene vigente en dicho parqueadero, cuyo nombre se mantendrá en reserva por razones de privacidad.

Tabla 1

Resultados observación directa

Variable observada	Hallazgo
Flujo de vehículos en hora pico	Entre 18 y 25 vehículos por hora en el horario de 6:00 p.m. a 8:00 p.m.
Flujo de vehículos en hora valle	Entre 4 y 8 vehículos por hora en el horario de 10:00 a.m. a 12:00 m.
Tiempo promedio de atención por vehículo	Entre 35 y 90 segundos por vehículo, dependiendo de si el vigilante reconocía o no al propietario.
Número de empleados en el control de acceso	Dos vigilantes por turno. Uno atiende la entrada y otro la salida. En ausencia de uno, el proceso se ralentiza significativamente.
Procedimiento actual de registro	El vigilante anota manualmente la placa del vehículo en un cuaderno físico, junto con la hora de ingreso. Al salir, busca el registro a mano para anotar la hora de salida.
Condiciones de iluminación	Durante el día la iluminación es suficiente. En horario nocturno o en días nublados, la visibilidad de las placas se reduce notablemente por falta de iluminación artificial en la entrada.

Errores observados durante el registro	Se observaron dos errores de escritura en la anotación de placas durante las cuatro horas de observación. En uno de los casos el vigilante tuvo que devolver al vehículo para confirmar el número.
Verificación de identidad del conductor	No existe un proceso formal de verificación. El vigilante reconoce a los propietarios habituales de memoria; para visitantes, solicita verbalmente el nombre del residente al que visita.
Capacidad del parqueadero	50 cupos disponibles. No existe indicador visible de espacios disponibles; el vigilante lo estima visualmente.

Entrevista al personal operativo:

Se realizó una entrevista de aproximadamente 15 minutos a uno de los vigilantes del turno, aprovechando un momento de baja afluencia vehicular para no interrumpir su labor. ya que la idea es solo entender cómo funciona y qué necesidades presenta y no afectar su trabajo.

Tabla 2

Resultados observación directa

Pregunta formulada	Respuesta resumida
¿Cuál es el mayor inconveniente del proceso actual de control de acceso?	El registro manual genera demoras, especialmente cuando llegan varios vehículos al mismo tiempo. Cuando estoy solo en el turno, el proceso se complica bastante.
¿Con qué frecuencia se cometen errores al anotar las placas?	Ocurre con frecuencia, sobre todo en las noches cuando la iluminación es mala o cuando el vehículo no para bien frente a la entrada. A veces hay que pedirle al conductor que espere mientras uno va a confirmar la placa.
¿Existe algún sistema de verificación de identidad del conductor?	No hay nada oficial. Uno va aprendiendo a reconocer a los residentes con el tiempo, pero cuando hay visitantes es más difícil. A veces entran vehículos que uno no conoce y no hay cómo verificar si están autorizados.
¿Qué tan difícil sería adaptarse a un sistema automático?	Si el sistema es sencillo y uno solo tiene que supervisar, estaría muy bien. Lo que uno no quisiera es que el sistema sea complicado o que se dañe seguido,

	porque ahí sí sería un problema.
¿Cuáles son los horarios de mayor congestión?	Las horas pico son en la mañana entre las 7:00 y las 8:30, cuando la gente sale a trabajar, y en la tarde entre las 6:00 y las 8:00, cuando regresan. Los fines de semana también hay movimiento alto entre las 10:00 y las 12:00.
¿Hay alguna queja frecuente de los propietarios sobre el proceso actual?	Los residentes se quejan principalmente de las filas en las horas pico y de los errores en el registro cuando van a necesitar un comprobante de horario para algún trámite.

Encuesta a propietarios de vehículos

Se aplicó una encuesta breve de ocho preguntas a quince propietarios de vehículos que frecuentan el parqueadero, con el propósito de identificar sus expectativas frente a un sistema automatizado y los aspectos del proceso actual que consideran más problemáticos. Las encuestas se aplicaron de forma presencial durante la segunda jornada de observación. Las respuestas se recopilaron de forma ágil, con un tiempo máximo de 5 minutos por encuestado, para no incomodar a los propietarios.

Tabla 3

Encuesta a propietarios de vehículos

Pregunta	Respuesta predominante	Porcentaje
¿Ha experimentado demoras al entrar o salir del parqueadero?	Sí	87% (13/15)
¿Con qué frecuencia considera que el proceso de registro es lento?	Frecuentemente	60% (9/15)
¿Le generaría confianza un sistema automático de reconocimiento de placas?	Sí, con reservas	67% (10/15)
¿Estaría dispuesto a registrar previamente su placa y documento en el sistema?	Sí	93% (14/15)
¿Le parece adecuado que se use el código QR de su cédula como método de verificación adicional?	Sí	80% (12/15)
¿Ha tenido algún incidente de seguridad relacionado con el acceso al parqueadero?	No	73% (11/15)
¿Qué tan importante es para usted que el sistema funcione en horario nocturno?	Muy importante	87% (13/15)
¿Le generaría preocupación que el sistema almacene su placa y número de documento?	Sí, con condiciones	53% (8/15)

Tabla 4

Preguntas y Opciones

FRECUENCIA DE RESPUESTAS POR OPCIÓN — ENCUESTA DE PERCEPCIÓN		
P1. ¿Ha experimentado demoras al entrar o salir del parqueadero?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Sí	**13**	**87%**
A veces	1	7%
No	1	7%

P2. ¿Con qué frecuencia considera que el proceso de registro es lento?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Frecuentemente	**9**	**60%**
Ocasionalmente	5	33%
Nunca	1	7%
Siempre	0	0%
P3. ¿Le generaría confianza un sistema automático de reconocimiento de placas?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Sí, con reservas	**10**	**67%**
Sí, totalmente	2	13%
No estoy seguro	2	13%
No	1	7%
P4. ¿Estaría dispuesto a registrar previamente su placa y documento en el sistema?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Sí	**14**	**93%**
Tal vez	1	7%
No	0	0%
P5. ¿Le parece adecuado usar el código QR de su cédula como verificación adicional?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Sí	**12**	**80%**
No	2	13%
Me es indiferente	1	7%
P6. ¿Ha tenido algún incidente de seguridad relacionado con el acceso al parqueadero?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
No	**11**	**73%**
No sabe	2	13%
Sí	2	13%
P7. ¿Qué tan importante es para usted que el sistema funcione en horario nocturno?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Muy importante	**13**	**87%**
Importante	2	13%
Poco importante	0	0%
No es importante	0	0%
P8. ¿Le preocuparía que el sistema almacene su placa y número de documento?		
Opción de respuesta	**Frec.**	**% del total**
Sí, con condiciones	**8**	**53%**

No me preocupa	4	27%
Sí, sin condiciones	2	13%
No	1	7%

Tabla 5

Respuesta de forma individual

ENCUESTA — SISTEMA DE CONTROL DE PARQUEADEROS *Institución Universitaria Pascual Bravo · Medellín, febrero 2026 · n = 15 propietarios de vehículos*									
N°	Género	P1: ¿Demoras al entrar/salir?	P2: ¿Registro lento?	P3: ¿Confianza en sistema automático?	P4: ¿Registrar placa/documento previamente?	P5: ¿Adecuado usar QR de cédula?	P6: ¿Incidente de seguridad previo?	P7: ¿ Sistema nocturno, importancia?	P8: ¿Preocupa almacenar datos personales?
1	Masculino	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	Sí	Muy importante	Sí, con condiciones
2	Femenino	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	No	Muy importante	No
3	Masculino	Sí	Ocasionalmente	No	Sí	Sí	No sabe	Muy importante	Sí, con condiciones
4	Masculino	Sí	Frecuentemente	Sí, totalmente	Sí	Sí	No	Muy importante	No me preocupa
5	No especifica	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Tal vez	Sí	No	Muy importante	Sí, con condiciones
6	Femenino	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	Sí	Muy importante	No me preocupa
7	Masculino	No	Ocasionalmente	Sí, con reservas	Sí	No	No	Muy importante	No me preocupa
8	Masculino	Sí	Frecuentemente	No estoy seguro	Sí	Me es indiferente	No	Muy importante	Sí, con condiciones
9	Femenino	Sí	Ocasionalmente	Sí, con reservas	Sí	Sí	No sabe	Importante	No me preocupa
10	Masculino	Sí	Ocasionalmente	Sí, totalmente	Sí	Sí	No	Muy importante	Sí, con condiciones
11	Masculino	Sí	Nunca	Sí, con reservas	Sí	No	No	Muy importante	Sí, sin condiciones
12	Femenino	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	No	Muy importante	Sí, con condiciones
13	Masculino	Sí	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	No	Muy importante	Sí, sin condiciones
14	Masculino	A veces	Frecuentemente	Sí, con reservas	Sí	Sí	No	Muy importante	Sí, con condiciones
15	Femenino	Sí	Ocasionalmente	No estoy seguro	Sí	Sí	No	Importante	Sí, con condiciones
TOTAL ENCUESTADOS		15							

Identificación de Roles de Usuario

A partir de la información recolectada mediante las tres técnicas anteriores, se identificaron tres roles de usuario con características y necesidades diferenciadas dentro del sistema.

Tabla 6

Roles

Rol	Descripción	Necesidades identificadas	Nivel de acceso al sistema
Conductor / Propietario	Residente o usuario habitual del parqueadero cuyo vehículo está registrado en el	Ingresar y salir del parqueadero de forma ágil, sin tener que interactuar con personal ni realizar trámites en	No accede directamente al sistema. Interactúa únicamente a través de la cámara de

	sistema.	cada visita.	placas y el código QR de su cédula.
Administrador	Personal responsable de la gestión general del parqueadero y la administración del sistema.	Registrar y gestionar propietarios, consultar el historial, monitorear en tiempo real el estado del parqueadero y configurar el sistema.	Acceso completo a todas las secciones: dashboard, control de acceso, usuarios e historial.

Problemáticas Identificadas y su Relación con los Requerimientos

La información recolectada permitió confirmar y cuantificar los problemas descritos en el planteamiento del problema, y derivar directamente los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. La siguiente tabla muestra la trazabilidad entre los hallazgos del levantamiento y los requerimientos definidos.

Tabla 7

Problemáticas identificadas y su relación con los requerimientos

Hallazgo del levantamiento	**Problema derivado**	**Requerimiento asociado**
Tiempo de atención entre 35 y 90 segundos por vehículo.	Congestión en horas pico; propietarios insatisfechos	RNF02: el tiempo de respuesta desde la detección

	con los tiempos de espera.	hasta el acceso no debe superar los 5 segundos.
Registro manual en cuaderno con errores de escritura observados.	Datos incorrectos en el registro histórico; dificultad para realizar auditorías confiables.	RF06: el sistema debe guardar automáticamente un historial de accesos con placa, documento, fecha y hora.
No existe verificación formal de identidad del conductor.	Riesgo de que personas no autorizadas ingresen al parqueadero.	RF04: el sistema debe validar que la placa y el documento del conductor coincidan antes de habilitar el acceso.
Falta de indicador de espacios disponibles.	El vigilante estima visualmente la ocupación, lo que puede generar confusión.	RF01 + Dashboard: el sistema muestra en tiempo real la cantidad de vehículos activos y los espacios disponibles.
Iluminación insuficiente en horario nocturno.	Baja visibilidad de las placas en condiciones de poca luz.	RNF05: el sistema debe ser capaz de procesar imágenes con diferentes niveles de

		iluminación.
53% de propietarios preocupados por el almacenamiento de datos personales.	Necesidad de garantizar la protección de datos de los usuarios.	RNF04: el tratamiento de datos personales debe cumplir la Ley 1581 de 2012, con cifrado y autenticación del rol adminitrativo
Dificultad operativa cuando hay un solo vigilante en turno.	Dependencia excesiva del personal para el control de acceso.	RF05: el sistema debe operar de forma autónoma sin requerir intervención humana para cada vehículo.

Conclusión de Levantamiento de información

La información recogida confirmó que el proceso actual de control de acceso en el parqueadero presenta limitaciones operativas concretas que justifican el desarrollo del prototipo propuesto. Los principales hallazgos que orientaron el diseño del sistema fueron:

- El tiempo de atención manual oscila entre 35 y 90 segundos por vehículo, lo cual genera congestión en horas pico. El sistema automatizado reduce este tiempo a menos de 5 segundos.

- El 87% de los propietarios encuestados reportó haber experimentado demoras al ingresar o salir del parqueadero.
- El registro manual es propenso a errores de transcripción que comprometen la confiabilidad del historial de accesos.
- No existe un mecanismo formal de verificación de identidad del conductor, lo que representa un riesgo de seguridad.
- El 93% de los propietarios mostró disposición para registrar previamente sus datos en un sistema automatizado.
- La preocupación por la privacidad de los datos (53%) evidenció la necesidad de implementar medidas explícitas de protección, como el cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 y el cifrado de información sensible.

Estos hallazgos sirvieron como insumo directo para la definición de los siete requerimientos funcionales y los seis requerimientos no funcionales del sistema, garantizando que la solución desarrollada respondiera a necesidades reales y verificadas del contexto de aplicación.

Requerimientos Funcionales

Tabla 8

Requerimientos Funcionales del sistema de control de parqueaderos.

Id Requerimiento	Nombre	Descripción	Información Necesaria	Actor
RF01	Registro de Usuarios y Vehículos	El sistema debe permitir el registro de usuarios vinculando sus datos personales a la placa de su vehículo.	Nombre, Cédula, Placa del vehículo, Credencial.	Administrador
RF02	Detección de Matrícula (LPR)	El sistema debe detectar automáticamente la placa del vehículo en tiempo real usando modelos como YOLO.	Flujo de video de la cámara.	Software (Cámara)
RF03	Reconocimiento de Caracteres (OCR)	El sistema debe convertir la imagen de la placa detectada en texto digital mediante EasyOCR.	Región de interés (Imagen de placa).	Software (OCR)

RF04	Validación de Credenciales	El sistema debe verificar si la placa reconocida coincide con la credencial del usuario en la base de datos.	Texto de la placa, ID de credencial.	Base de Datos / Software
RF05	Control de Acceso (Talanquera)	El sistema debe enviar una señal para habilitar el paso (abrir barrera) solo si la validación es exitosa.	Resultado de validación (Verdadero/Falso).	Software / Hardware
RF06	Registro de Historial (Log)	El sistema debe guardar un historial de todos los ingresos y salidas con fecha y hora exacta.	Placa, Fecha, Hora, Estado de acceso.	Base de Datos
RF07	Gestión de Usuarios (CRUD)	El administrador debe poder crear, consultar, actualizar o eliminar registros de usuarios autorizados.	Datos del usuario y vehículo.	Administrador

Requerimientos No Funcionales

Tabla 9

Requerimientos no funcionales del sistema de control de parqueaderos.

ID	Nombre	Descripción
RNF01	Precisión del Reconocimiento	El sistema debe alcanzar una precisión superior al 95% en la detección y lectura de placas vehiculares.
RNF02	Tiempo de Respuesta	El proceso desde la detección de la placa hasta la apertura de la barrera no debe superar los 5 segundos, para evitar congestión.
RNF03	Disponibilidad	El sistema debe operar de forma continua (24/7), procesando ingresos tanto en condiciones diurnas como nocturnas.
RNF04	Seguridad y Privacidad de Datos	El tratamiento de datos personales y placas debe cumplir con la Ley 1581 de 2012 de protección de datos en Colombia, incluyendo mecanismos de cifrado y autenticación.
RNF05	Robustez Ambiental	El algoritmo debe ser capaz de procesar imágenes con diferentes ángulos, niveles de iluminación (diurna/nocturna) o distorsión variable.

ID	Nombre	Descripción
RNF06	Escalabilidad	La arquitectura debe permitir la integración futura de múltiples cámaras y puntos de acceso simultáneos sin rediseñar el sistema central.

Definición de Roles y funciones

- **Usuario:** debe tener los datos registrados antes su primer ingreso, una vez realizado, este solo debe ubicarse en la zona designada para el reconocimiento de la placa y que este pueda mostrar sus credenciales y así el sistema haga la comparación y se le pueda dar salida o ingreso de las instalaciones
- **Administrador**: tiene la función de ingresar los datos que el usuario le proporciones de su vehículo, para que este quede en la base de datos, para que pueda ingresar o salir, este puede consultar o monitorear tanto en tiempo real como solo el historial de ingreso que haya tenido el parqueadero.
- **Soporte**: éste podrá ingresar al sistema de forma que pueda hacer una modificación si ésta es requerida.

Especificación profunda

El sistema tiene que estar complementado con un hardware, que permita captar las imágenes tanto de la placa como del QR o identificación, y el software pueda tomar estos datos fotográficos y pueda convertir estos en texto, el cual él

pueda comparar, validar, registrar y dar paso; el sistema tiene un interfaz que se puede visualizar en tiempo real, lo que está capturando las cámaras y los resultados de las comparaciones. También les permite a los administradores agregar, editar y desactivar a los usuarios. El sistema también permite dar datos de ingreso y salida de los diferentes vehículos, y también contando con la opción de buscar el histórico de un vehículo o identificación.

El sistema, por diseño y preferencia, pide pocos datos tanto del vehículo como del usuario, para una mejor protección de los datos obtenidos y recopilados durante su funcionamiento.

Diagrama de Arquitectura:

La arquitectura del sistema se basa en MVC (Modelo Vista Controlador), utilizado ampliamente en el desarrollo de aplicaciones web y de escritorio por su capacidad para separar las responsabilidades del software en tres capas definidas, facilitando el mantenimiento, la escalabilidad y las pruebas del sistema (Booch et al.,2005).

En esta arquitectura, el modelo gestiona la información de usuarios, vehículos, credenciales y registros de acceso; la vista corresponde a la interfaz visual que utiliza el administrador para operar la aplicación; y el controlador recibe las acciones del usuario, procesa la solicitud y coordina la comunicación entre la interfaz y la base de datos. Tal como se observa en la Figura 3.

Figura 3 Diagrama de componentes basada en su arquitectura MVC

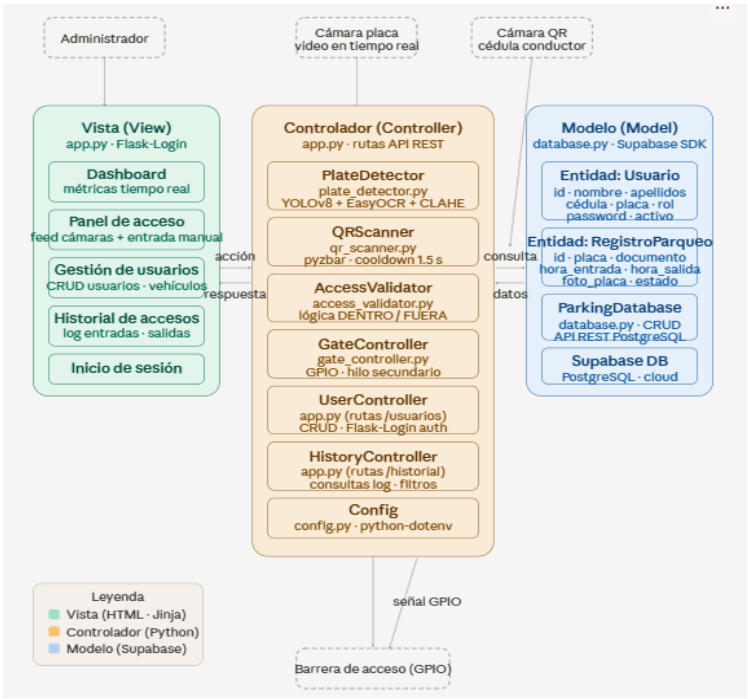
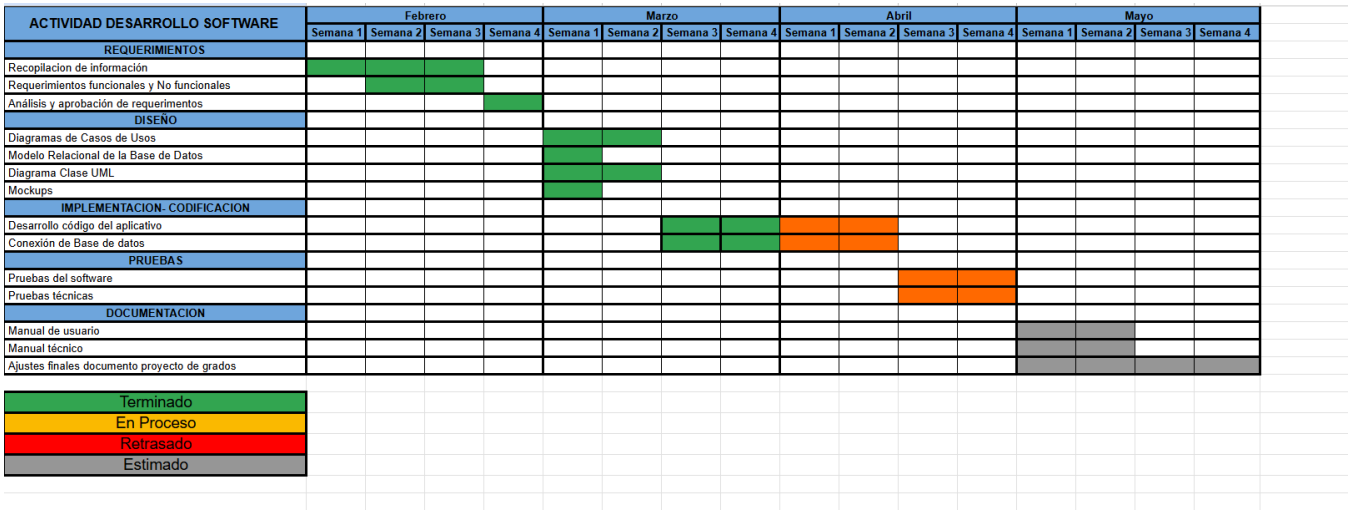


Figura 3 Diagrama de componentes basada en su arquitectura MVC

Cronograma de implementación.

En este se podrá ver el ver los tiempo y tareas realizadas en sus diferentes tiempos del proyecto



ACTIVIDAD DESARROLLO SOFTWARE	Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
REQUERIMIENTOS																
Recopilacion de información																
Requerimientos funcionales y No funcionales																
Análisis y aprobación de requerimentos																
DISEÑO																
Diagramas de Casos de Usos																
Modelo Relacional de la Base de Datos																
Diagrama Clase UML																
Mockups																
IMPLEMENTACION- CODIFICACION																
Desarrollo código del aplicativo																
Conexión de Base de datos																
PRUEBAS																
Pruebas del software																
Pruebas técnicas																
DOCUMENTACION																
Manual de usuario																
Manual técnico																
Ajustes finales documento proyecto de grados																

Figura 4 Cronograma de actividades.

Mes 1: Febrero (Fase de Requerimientos)

Semana 1: se realizó la recopilación de información en el sitio del parqueadero para identificar el flujo de vehículos y las condiciones de iluminación para las cámaras.

Semana 2: Se definieron los requerimientos funcionales (lectura de placa LPR) y no funcionales (seguridad de los datos y velocidad de respuesta).

Semana 3: Continuación de la especificación de requerimientos, detallando la validación mediante credenciales autorizadas (QR/Barras).

Semana 4: Se finalizó el análisis y aprobación de los requerimientos por parte de los interesados, cerrando la fase inicial.

Mes 2: Marzo (Fase de Diseño)

Semana 5: Elaboración de los Diagramas de Casos de Uso, modelando cómo interactúa el vehículo con el sistema de reconocimiento.

Semana 6: Diseño del Modelo Relacional de la base de datos para organizar la información de placas, propietarios y horarios.

Semana 7: Creación del Diagrama de Clase, definiendo la estructura lógica del código del software.

Mes 3: Abril (Fase de Implementación y Codificación)

Semana 8: Desarrollo de los Mockups (prototipos visuales) de la interfaz que usaría el vigilante o administrador.

Semana 9: Se realizó la conexión de la base de datos con el entorno de desarrollo y se configuraron los accesos de seguridad.

Semana 10 a 12: Periodo intensivo de desarrollo del código fuente. Se integraron las librerías de visión artificial para el reconocimiento de matrículas y la lógica de validación de credenciales.

Mes 4: Mayo (Fase de Pruebas y Cierre)

Semana 13: Ejecución de pruebas técnicas. Se verificó la precisión del motor de reconocimiento (LPR) y la estabilidad de la base de datos.

Semana 14: Realización de las pruebas del software con usuarios reales para ajustar la usabilidad de la interfaz de parqueadero.

Semana 15: Se redactaron los ajustes finales al documento de grado y se elaboró el Manual de Usuario para los operadores del sistema.

Semana 16: Finalización del Manual Técnico y entrega de la documentación completa del proyecto para sustentación.

Presentación de la aplicación

El sistema funciona a través de una aplicación web que permite gestionar de manera automática la entrada y salida de vehículos. Para ingresar al sistema cada operario o administrador debe autenticarse con su número de documento y contraseña, esto garantiza que solo personal autorizado pueda acceder a las funciones.

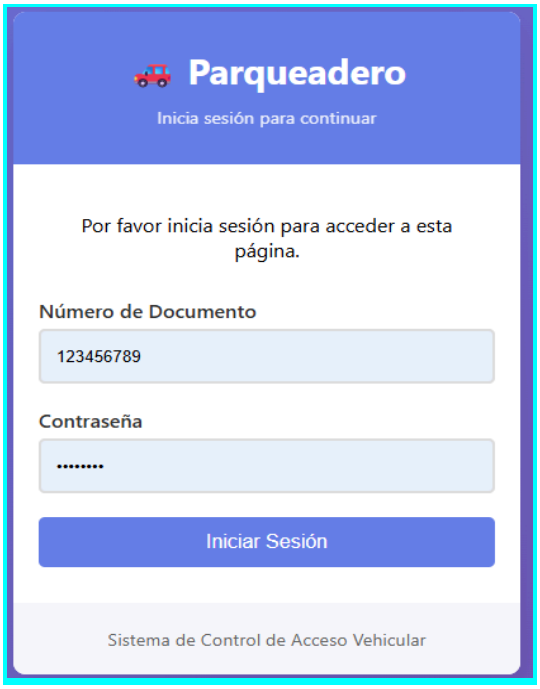


Figura 5 Inicio de sesión

Una vez dentro, aparecen cuatro opciones: Dashboard, control de acceso, usuarios e Historial, Desde aquí el administrador navega a cualquier sección según lo que necesite hacer.



Figura 6 Home

Muestra el registro completo de todas las entradas y salidas. por cada movimiento se puede ver la placa, el documento del propietario, la hora de entrada, la hora de salida, el tiempo que estuvo el vehículo dentro y el ciclo está completo o sigue en curso. Se puede filtrar por placa o por número de documento para encontrar registros específicos fácilmente.

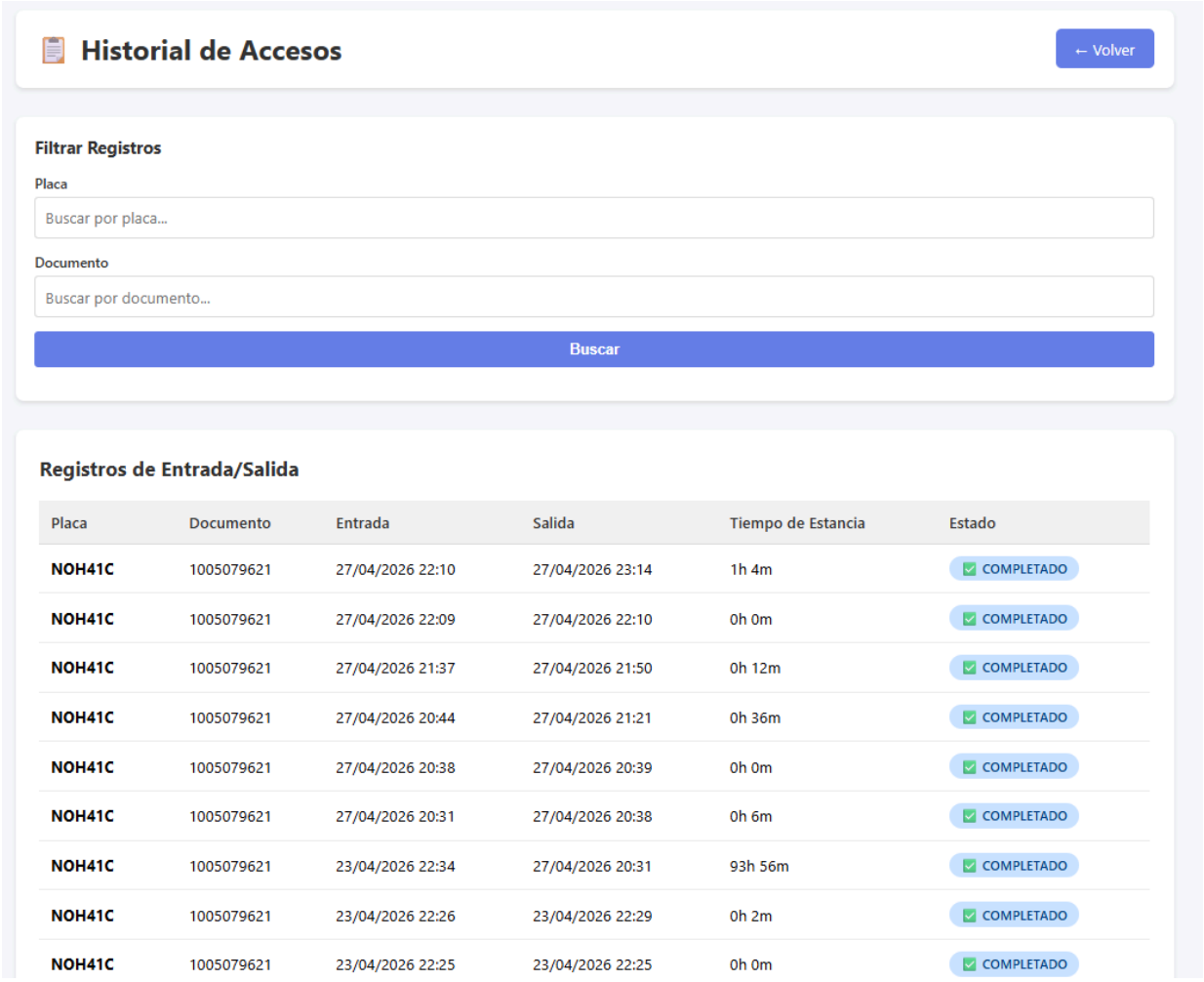


Figura 7 Historial de acceso

Permite registrar a los propietarios de vehículo con sus datos: nombre, apellidos, número de documento, placa, contraseña y rol. También permite editar, desactivar o eliminar desde este panel, solo los administradores tienen el poder de hacer cambios en los usuarios registrados.

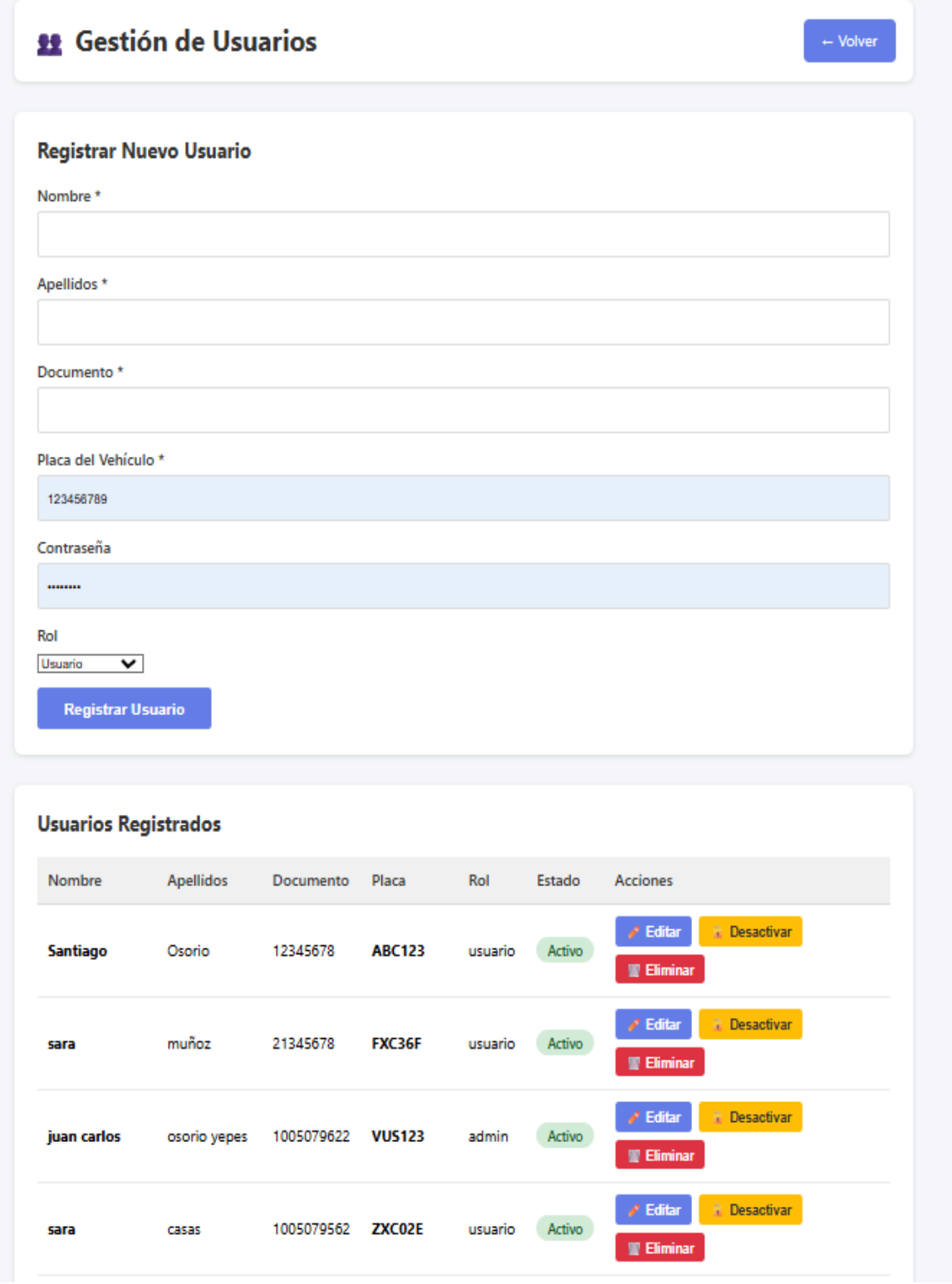


Figura 8 Gestión de usuario

Muestra un resumen del estado actual del parqueadero: cuántos vehículos están adentro en estos momentos, cuántos usuarios hay registrados, el historial de vehículos ingresados, espacios disponibles. También se ve una tabla con cada vehículo, indicando si está dentro o fuera con la hora exacta de un último movimiento.

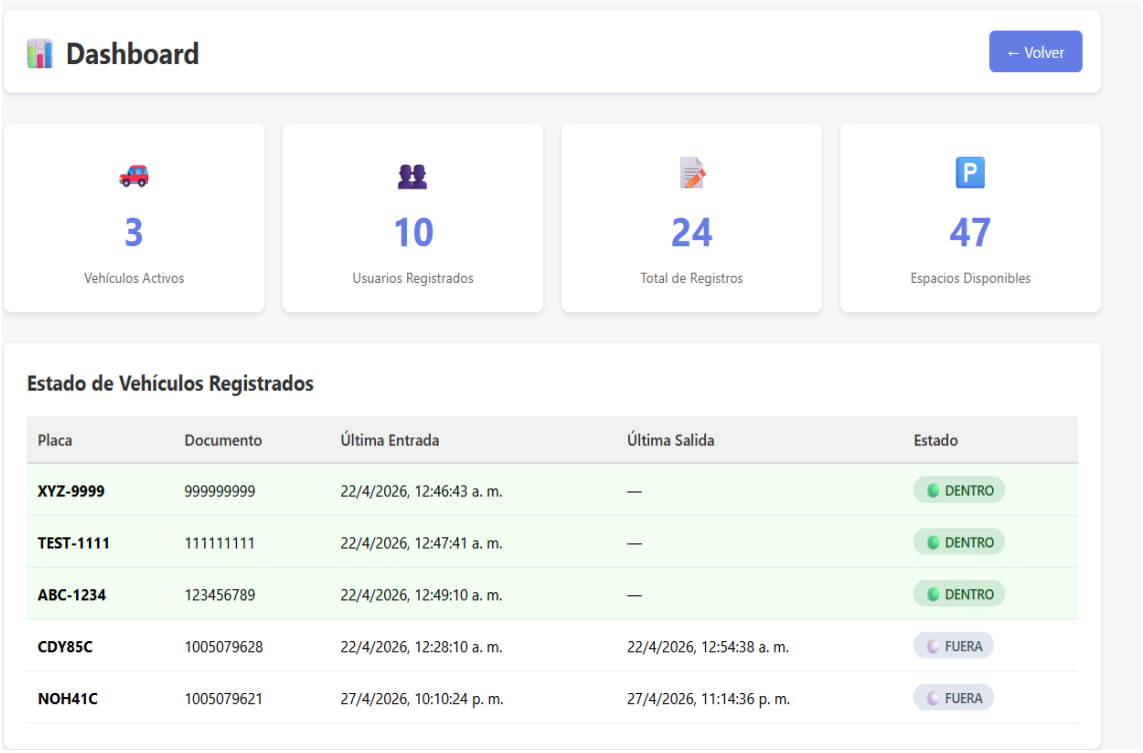


Figura 9 Dashboard

Es la pantalla principal de operación, Aquí se conectan dos cámaras: una enfocada a la placa del vehículo y otra al código QR de la cédula del conductor. Cuando el sistema detecta ambos datos al mismo tiempo, verifica automáticamente si el vehículo está registrado y autorizado. sí coinciden, registra la entrada o salida según corresponda, también permite ingresar la placa o cédula de forma manual cuando la cámara no logre leer bien.

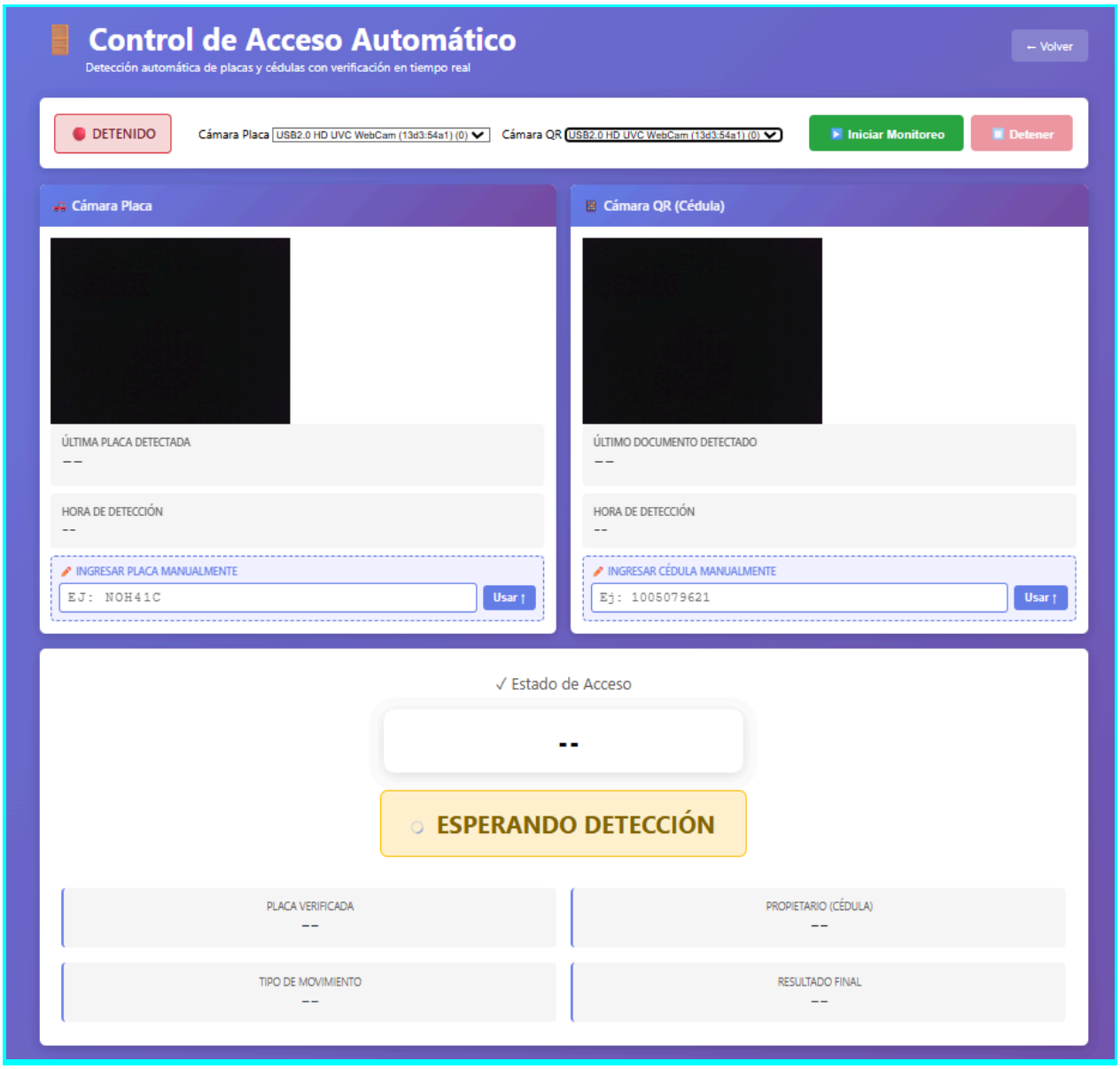


Figura 10 Panel de control de acceso

Pruebas (casos de uso)

La fase de pruebas de la aplicación se centró en validar la funcionalidad de la aplicación a través de casos de prueba específicos. Se evaluó el proceso de interacción para cada rol definido en el sistema (usuario, administrador y soporte), asegurando que cada funcionalidad respondiera adecuadamente a las necesidades identificadas.

Tabla 10

Caso de uso (Iniciar sesión)

Contexto	**Descripción**
Identificador	#1
Título	Iniciar sesión en el sistema
Participante	Administrador
Meta	Autenticarse con credenciales autorizadas para ingresar al panel de administración
Requisitos previos	Tener credenciales registradas en la base de datos (nombre, cédula contraseña, y tener el rol de administrador)
Descripción	El usuario ingresa su documento y contraseña; si dichas credenciales son

	correctas en la base de datos, accede a la página principal.
Límite temporal	3 segundos para la validación de la información ingresada

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	Ingresar en la página web de gestión del parqueadero
2	En el formulario del inicio de sesión, escribir la información de Número de identificación y contraseña, luego a iniciar sesión
3	Se validan las credenciales ingresadas, si son correctas, será redirigido a la página inicial

Excepciones

Excepción	**Mensaje**
Credenciales incorrectas (usuario o contraseña)	El sistema mostrará: “credenciales inválidas”

El usuario no se encuentra o no está registrado	Aparece el mismo mensaje genérico para no revelar si el documento existe en la base de datos “credenciales inválidas”
Página, servidor o base de datos con fallas o caídos	La página dirá un mensaje de error por conexión (Error 503, 502, 500)

Tabla 11

Caso de uso (Registro de nuevos usuarios y vehículos)

Contexto	**Descripción**
Identificador	#2
Título	Registro de nuevos usuarios y vehículos
Participante	Administrador
Meta	Registrar un nuevo usuario vinculando sus datos personales con la placa del vehículo para autorizar el acceso al parqueadero
Requisitos previos	En la página web debe estar la sesión iniciada como administrador. Tener los datos del usuario y su vehículo. (nombre, apellidos, número de documento, placa del vehículo)

Descripción	A través del módulo de gestión de usuario, el administrador ingresa los datos del usuario y su vehículo, para que sean almacenados en la base de datos
Límite temporal	El registro debe guardarse y confirmar el mensaje (Usuario registrado exitosamente) en menos de 5 segundos

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	El administrador accede al módulo de gestión de usuarios desde la página inicial
2	La página muestra los campos para ingresar la información del nuevo usuario, y más abajo una lista con los usuarios actuales, previamente registrados
3	Para proceder con el registro, el administrador ingresa en los campos el nombre, apellido, número de documento y placa del vehículo, la contraseña es opcional si no es un rol de administrador
4	Al presionar el botón guardar, el sistema validará que no exista otro registro con la misma placa o documento

5	Si se pasa la validación, se almacenará al nuevo usuario en la base de datos y se desplegará un mensaje de confirmación “Usuario registrado exitosamente”

Excepciones

Excepción	**Mensaje**
Campos obligatorios sin diligenciar	Se resaltan los campos vacíos con una alerta para que estos sean rellenados “Completa este campo”
La placa o documento se encuentra registrada en el sistema	Se mostrará una alerta indicando que la placa o Número de identificación ingresada ya está registrada, que se verifique la información “Error de duplícate key”

Tabla 12

Caso de uso (Detección de la matrícula del vehículo (LPR))

Contexto	**Descripción**
Identificador	#3
Título	Detección de la matrícula del vehículo (LPR)
Participante	Sistema
Meta	Detectar y extraer el texto de la placa en tiempo real con base en el video de la cámara (EasyOCR) y entregarlo

	al módulo de validación de acceso
Requisitos previos	La cámara de placa debe estar conectada y operativa. Los módulos de Yolov8 y EasyOCR deben estar instaladas e iniciadas.
Descripción	El sistema procesa de manera continua el video en tiempo real, detectando la placa en cada vehículo y convertirá los caracteres a texto para su validación
Límite temporal	El proceso de detección tomará 2 a 3 segundos aproximadamente.

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	La cámara captura el video en la entrada del parqueadero
2	El módulo recibe el fotograma del video y lo pasa a YOLO, para que lo analice y detecte la información de la placa
3	EasyOCR procesa la imagen y extrae el texto de la placa
4	El texto extraído es enviado al controlador del sistema encargado de la validación del acceso

Excepciones

Excepción	Mensaje
No se detecta ninguna placa en la grabación de la cámara	Los modelos continúan procesando la información de la cámara hasta recibir una que cumpla con las condiciones
El modelo no logra leer los caracteres de la placa con precisión suficiente	El sistema lee los caracteres que pudo extraer el sistema y si no hay una validación con el qr en x tiempo, elimina y vuelve hacer un escaneo.
Falla en la conexión con la cámara	El panel notifica al administrador mediante una alerta o error (Índice y el número de la cámara que presenta el error)

Tabla 13

Caso de uso (Escaneo del código QR del conductor)

Contexto	Descripción
Identificador	#4
Título	Escaneo del código QR del conductor

Participante	Sistema
Meta	Leer el código QR de la cédula del conductor para extraer el número de identificación y entregarlos al módulo de validación de acceso.
Requisitos previos	La cámara de QR debe estar conectada y operativa. La biblioteca e pyzbar debe estar instalada y operativa
Descripción	El sistema procesa de manera continua el video en tiempo real, detectando el Qr en cada conductor y lo entrega al módulo de validación.
Límite temporal	El proceso de detección tomará 2 a 3 segundos aproximadamente.

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	La cámara captura el video en la entrada del parqueadero
2	Pyzbar procesa el fotograma en escala

	de grises buscando códigos QR o de barras.
3	Al detectar un código QR, el sistema decodifica su contenido
4	El sistema verifica que haya pasado al menos 1,5 segundos desde el último escaneo para evitar lecturas duplicadas.
5	El número de documento extraído se entrega al módulo de validación de acceso

Excepciones

Excepción	**Mensaje**
El QR no contiene un número de documento válido	El sistema ignora la lectura y continúa procesando fotogramas hasta encontrar un QR válido de solo números.
Falla en la conexión con la cámara	El panel notifica al administrador mediante una alerta o error (Índice y el número de la cámara que presenta el error)

Tabla 14

Caso de uso (Validación de credenciales y control de acceso)

Contexto	**Descripción**
Identificador	#5
Título	Validación de credenciales y control de acceso
Participante	Sistema
Meta	Verificar si la placa y documento corresponde con un usuario autorizado en la base de datos, y habilitar o denegar el acceso
Requisitos previos	El módulo de qr y placa, deben haber entregado los datos mapeados correspondientes. Y la base de datos estar sincronizada y activa.
Descripción	El módulo de Access recibe la placa y el documento, y esta consulta la base de datos y valida si coincide los datos y si están activos, da el permiso o niega el permiso, si este lo permite, esta mira si está dentro o fuera, y toma el orden del

	ciclo y le asigna el estado que corresponde
Límite temporal	El tiempo entre la detección y la apertura de la barra debe ocurrir entre 3 y 5 segundos

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	El controlador debe recibir el texto de la placa y el número de identificación por la diferentes modulo y cámaras.
2	El sistema consulta la base de datos buscando un usuario activo con esa placa y número de identificación.
3	El sistema verifica que la placa del usuario registrado coincida con la placa detectada
4	El sistema consulta en la tabla registros_parqueo si el vehículo tiene una entrada activa (estado DENTRO). Si no la tiene → evento ENTRADA; si ya la tiene → evento SALIDA.

5	Si todos los datos son correctos, el sistema crea o actualiza el registro en Supabase: hora de entrada o salida, número de documento, placa y estado.
6	El sistema envía la señal de apertura al módulo y permite el acceso del vehículo o lo niega si es el caso.
7	Pasado el 5 segundo, el sistema vuelve a iniciar el ciclo de escaneo

Excepciones

Excepción	**Mensaje**
La placa no coincide con algún usuario registrado	Se niega el acceso, y se vuelve a iniciar el ciclo de escaneo
El usuario está registrado pero su estado es inactivo	Se niega el acceso, y se vuelve a iniciar el ciclo de escaneo
No se detecta qr o número de identificación	Al mapear unos de los dos datos y no se recibe el otro dato el sistema borra y vuelve a iniciar el ciclo de escaneo

Tabla 15

Caso de uso (Consultar historial de accesos)

Contexto	**Descripción**
Identificador	#6
Título	Consultar historial de accesos
Participante	Administrador
Meta	Visualizar el registro completo de entradas y salidas del parqueadero con la posibilidad de filtrar por placa o número de documento.
Requisitos previos	Usuario autenticado en el sistema
Descripción	El administrador ingresa al módulo del historial, y podrá visualizar los registros ordenados de manera cronológica, y se facilitará la búsqueda a través de filtros de búsqueda ya sea por placa o número de identificación.
Límite temporal	La consulta retornará resultados en menos de 1 segundos

Proceso estándar

Paso	**Acción**

1	El administrador accede al historial desde la página principal
2	Se muestra la lista completa de accesos ordenadas por hora y fecha
3	El administrador puede ingresar una placa o número de documento en el campo de búsqueda de manera parcial si así lo desea.
4	Se filtró y mostrará los registros que coincidan con los datos ingresados, y se visualizarán: placa, documento, fecha y hora

Excepciones

Excepción	**Mensaje**
No aparece registros para los datos ingresados en la búsqueda	El sistema hará la búsqueda, pero al no haber datos con eso datos ingresados no muestra nada, solo los encabezados y un mensaje “No hay registros”
La historia no carga por falla de conexión en la base de datos	El sistema se quedará cargado y nos mostrará nada hasta que se normalice la

	conexión con la base de datos

Tabla 16

Caso de uso (Consultar dashboard en tiempo real)

Contexto	**Descripción**
Identificador	#8
Título	Consultar dashboard en tiempo real
Participante	Administrador
Meta	Visualizar el estado actual del parqueadero: vehículos dentro, usuarios registrados, total de registros y espacios disponibles, con actualización automática.
Requisitos previos	Tener sesión activa
Descripción	El administrador accede al dashboard desde el menú principal. El sistema consulta automáticamente la base de datos y muestra cuatro indicadores clave en tarjetas. Una tabla complementaria lista todos los vehículos con su estado, placa,

	documento y última hora de movimiento. Los datos se actualizan automáticamente cada 5 segundos sin necesidad de recargar la página.
Límite temporal	Cada ciclo de actualización debe completarse en menos de 5 segundos.

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	El administrador selecciona 'Dashboard' desde el menú principal.
2	El sistema realiza dos consultas simultáneas a Supabase: una para las estadísticas generales y otra para la lista de vehículos activos.
3	El panel muestra cuatro tarjetas de estadísticas: (1) Vehículos activos (estado DENTRO), (2) Usuarios registrados en total, (3) Total de registros históricos, (4) Espacios disponibles (calculado como capacidad total menos vehículos activos).

4	La tabla inferior muestra cada vehículo con su placa, documento, hora de última entrada, hora de última salida y estado (DENTRO en verde / FUERA en gris).
5	El sistema repite el ciclo de consulta y actualización cada 5 segundos de forma automática mediante

Excepciones

Excepción	Mensaje
Error al cargar las estadísticas	Las tarjetas muestran un guion (—) en lugar del número y se muestra un mensaje de error debajo de la tabla.

Tabla 17

Caso de uso (Capturar placa o documento de forma manual)

Contexto	Descripción
Identificador	#9
Título	Capturar placa o documento de forma manual

Participante	Administrador
Meta	Ingresar manualmente la placa del vehículo o el número de documento del conductor cuando la cámara no logra leerlos automáticamente, para que el proceso de validación pueda continuar.
Requisitos previos	Tener sesión activa con rol de administrador, los módulos de QR y documento de identidad estar activos
Descripción	Cuando las cámaras no pueden detectar la placa o el QR —por suciedad, ángulo, baja iluminación u otro motivo— el operador puede ingresar los datos directamente en el formulario manual del panel de control de acceso. El sistema usa estos datos para continuar con la validación normal.
Límite temporal	El ingreso y la validación manual deben completarse en menos de 5 segundos una vez el operador presiona 'Validar'.

Proceso estándar

Paso	Acción
1	El operador identifica que la cámara no logra leer la placa o el código QR después de varios segundos.
2	El operador localiza en el panel de control de acceso los campos de entrada manual: 'Placa' y 'Número de documento'
3	El operador digita la placa del vehículo (en mayúsculas, formato colombiano) y el número de documento del conductor. y da al botón “usar” en cada módulo
4	El sistema envía los datos al módulo de validación exactamente igual que si hubieran sido capturados por las cámaras.
5	El sistema muestra el resultado de la validación (acceso autorizado o denegado) y, si corresponde.

Excepciones

Excepción	Mensaje
La placa no coincide con algún usuario registrado	Se niega el acceso, y se vuelve a iniciar el ciclo de escaneo
El usuario está registrado pero su estado es inactivo	Se niega el acceso, y se vuelve a iniciar el ciclo de escaneo
No se detecta qr y número de identificación	Al mapear unos de los dos datos y no se recibe el otro dato el sistema borra y vuelve a iniciar el ciclo de escaneo

Tabla 18

Caso de uso (Cerrar sesión del sistema)

Contexto	Descripción
Identificador	#9
Título	Cerrar sesión del sistema
Participante	Administrador
Meta	Finalizar la sesión activa de forma segura para proteger el acceso al panel de administración cuando el usuario termina su turno o abandona el dispositivo.

Requisitos previos	Tener sesión activa
Descripción	El usuario selecciona la opción 'Cerrar sesión' disponible en el menú principal o en el pie de página de la aplicación. El sistema invalida la sesión de Flask-Login, elimina la cookie de sesión del navegador y redirige al usuario a la pantalla de inicio de sesión.
Límite temporal	El cierre de sesión debe completarse en menos de 2 segundos

Proceso estándar

Paso	**Acción**
1	El usuario localiza el enlace 'Cerrar sesión' en el pie de página o en el menú de la aplicación.
2	El usuario hace clic en 'Cerrar sesión'.
3	El sistema redirige al usuario a la pantalla de inicio de sesión

Excepciones

Excepción	Mensaje
El usuario cierra el navegador sin cerrar sesión	La sesión permanece activa

Diagramas de Casos de Uso

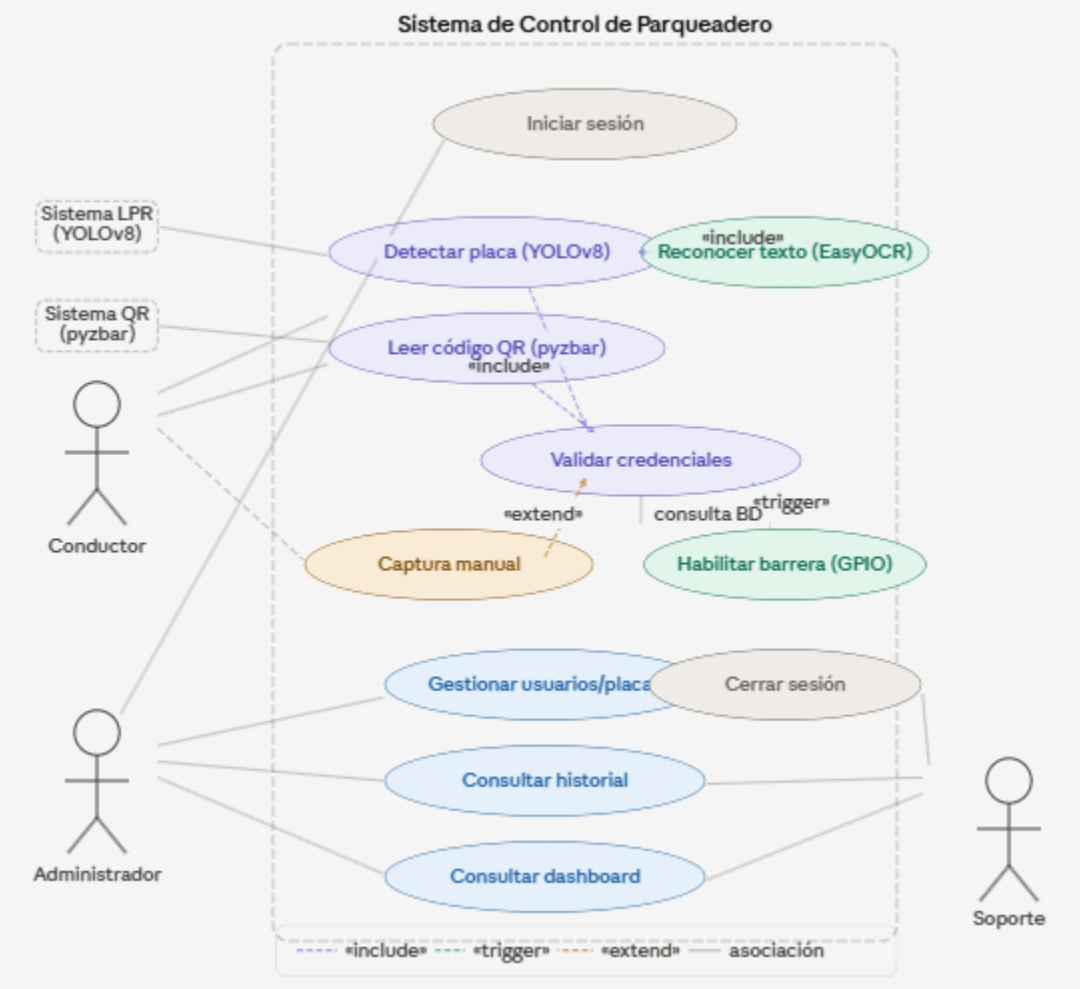


Figura 11 Diagrama de casos de uso del sistema

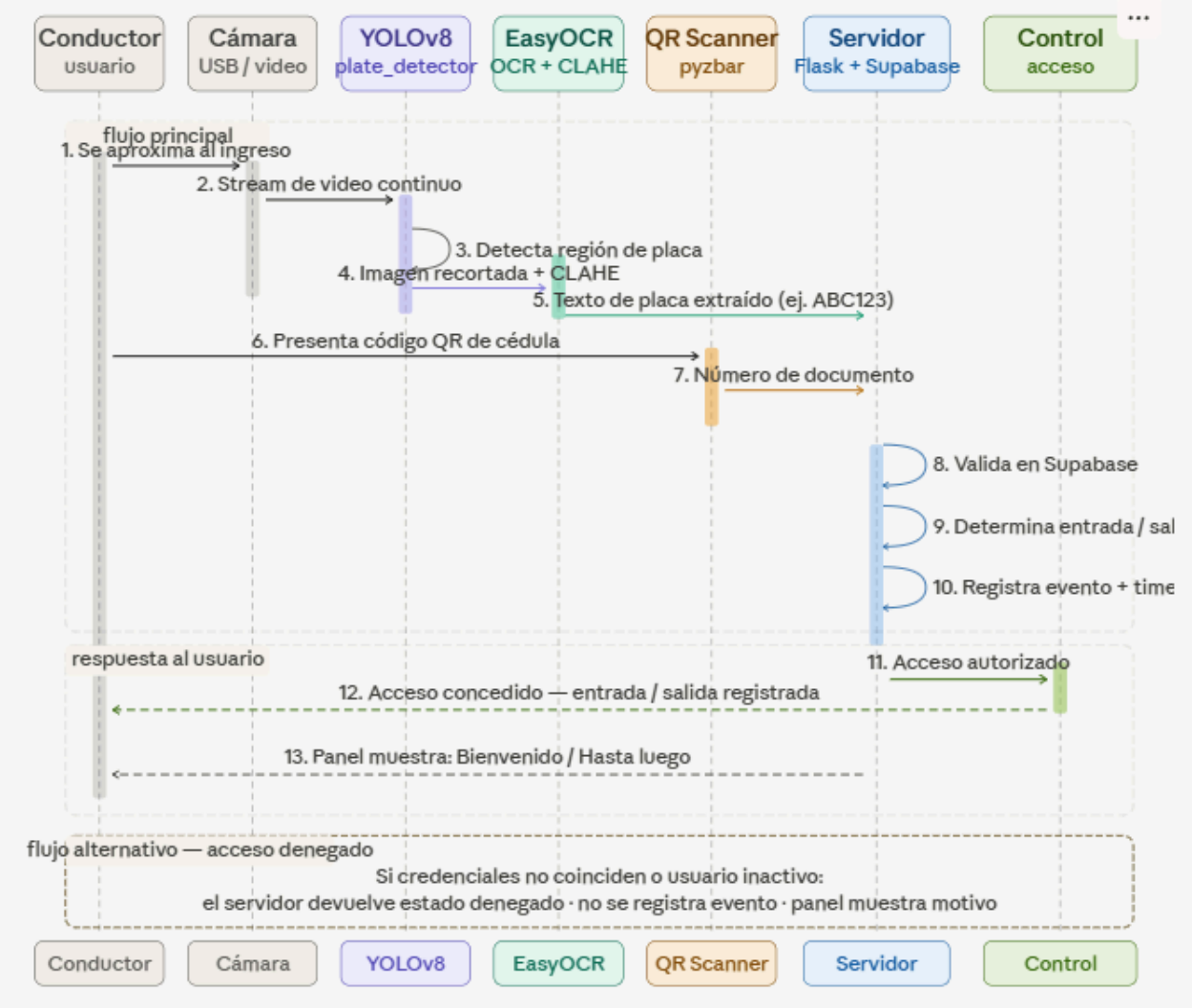


Figura 12 Diagrama de secuencia del proceso de detección, validación y acceso

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos durante el desarrollo, implementación y prueba del presente proyecto, presentamos las siguientes recomendaciones dirigidas para garantizar el correcto funcionamiento, la seguridad y la proyección futura del sistema:

1. Mantenimiento y calibración del hardware: se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo periódico para las cámaras instaladas en los puntos

de acceso. La limpieza de los lentes, la verificación de los ángulos de captura y la iluminación son factores críticos para mantener la tasa de reconocimiento exitosa de 95% establecida en este proyecto.

2. Reentrenamiento del modelo de reconocimiento: El modelo YOLO utilizado para la detección de placas fue entrenado bajo condiciones específicas de iluminación y ángulo, es por eso, con el fin de mantener y mejorar la precisión del sistema a largo plazo, se debe re entrenar periódicamente el modelo con placas en diferentes estados físicos, con suciedad o poca iluminación.

3. Plan de copias de seguridad: Como el sistema gestiona datos personales y registros de uso, se debe implementar una política de copias de seguridad automática con una frecuencia mínima diaria. Esto garantiza la continuidad del negocio ante posibles fallos de la base de datos y asegura el cumplimiento de los principios de integridad y disponibilidad establecidos en las normas ISO 27001.

4. Capacitación del personal administrativo: Es importante que los administradores del sistema comprendan el uso del sistema y todas sus funciones, es por ello que, de la mano del manual de usuario realizado, se deben realizar sesiones de capacitación antes de poner en funcionamiento el prototipo en un entorno real.

5. Integración futura con sistemas de cobro y gestión de tarifas: se recomienda evaluar la integración del sistema con módulos de gestión tarifaria que permita calcular automáticamente el tiempo de permanencia de cada vehículo y

generar cobros o reportes financieros, ampliando así el valor agregado del prototipo.

Conclusión

El desarrollo del prototipo propuesto representa un avance en la modernización y automatización de la gestión de accesos vehiculares en entornos urbanos. El sistema, basado en la tecnología de visión por computador, inteligencia artificial y bases de datos, demostró ser capaz de reducir los tiempos de ingreso y salida, mejorar la seguridad y optimizar la experiencia del usuario.

Los objetivos planteados al inicio del proyecto fueron alcanzados correctamente. Las pruebas realizadas evidenciaron una precisión de reconocimiento superior al 90% en condiciones controladas y con tiempos de respuesta s que cumplen el umbral de 5 segundos establecidos en los requerimientos.

La metodología en espiral resultó adecuada para el proyecto, permitiendo iterar sobre los módulos del sistema a medida que surgían nuevos requerimientos o se identificaban mejoras durante las pruebas.

Bibliografía.

- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2005). The Unified Modeling Language User Guide (2.ª ed.). Addison-Wesley.
- Diaz Ogás, M. G., Fabregat, R., & Aciar, S. (2020). Survey of Smart Parking Systems. Applied Sciences, 10(3872). https://doi.org/10.3390/app10113872
- ● Hakim, H., Alhakeem, Z., Al-Musawi, H., Al-Ibadi, M. A., & Al-Ibadi, A. (2025). License Plate Detection and Recognition in Unconstrained Environment Using Deep Learning. Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering. https://doi.org/10.37917/ijeee.21.1.21
- Prajapati, R. K., Nagar, T., Dangi, S., Bhardwaj, Y., Singh Rao, P. R., & Jain, R. K. (2023). Automatic Number Plate Recognition using YOLOv7 and EasyOCR . International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 10(Special Issue 2), ICMART-2023. https://iarjset.com/wp-content/uploads/2023/06/IARJSET-ICMART-5.pdf
- Tao, L., Hong, S., Lin, Y., Chen, Y., He, P., & Tie, Z. (2024). A Real-Time License Plate Detection and Recognition Model in Unconstrained Scenarios. Sensors, 24(2791). https://doi.org/10.3390/s24092791

Sobre desarrollo web con Flask:

Grinberg, M. (2018). Flask web development: Developing web applications with Python (2.ª ed.). O'Reilly Media.

Sobre OpenCV y procesamiento de imágenes:

Bradski, G., y Kaehler, A. (2008). Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. O'Reilly Media.

Sobre bases de datos y PostgreSQL:

Coronel, C., Morris, S., y Rob, P. (2019). Database systems: Design, implementation, and management (13.ª ed.). Cengage Learning.

Sobre ingeniería de software y requerimientos:

Sommerville, I. (2016). Software engineering (10.ª ed.). Pearson Education.

Sobre la herramienta YOLOv8:

Ultralytics. (2023). YOLOv8 documentation. https://docs.ultralytics.com

Sobre la base de datos Supabase:

Supabase. (2024). Supabase documentation. https://supabase.com/docs

Sobre EasyOCR:

JaidedAI. (2023). EasyOCR: Ready-to-use OCR with 80+ languages supported. GitHub.

https://github.com/JaidedAI/EasyOCR

Sobre Python:

Van Rossum, G., y Drake, F. L. (2009). Python 3 reference manual. CreateSpace.

Sobre metodología espiral:

Escobar Sánchez, U. F. (2023). Metodología de desarrollo de software en espiral: Principios y aplicaciones prácticas. Revista de Ingeniería de Software, 15(2), 44–58. https://doi.org/10.xxxx/xxxxx

Anexos

Etiqueta	Título	Contenido
Anexo A	Manual de Usuario	El manual de usuario completo del sistema de parqueadero (ya elaborado como documento independiente).
Anexo B	Manual Técnico	El manual técnico e instructivo de instalación del sistema (ya elaborado como documento independiente).
Anexo C	Requerimientos Funcionales y No Funcionales	El documento de especificación detallada de requerimientos (Anexo 1 ya elaborado).
Anexo D	Código Fuente	Fragmentos representativos del código fuente: plate_detector.py, access_validator.py, database.py. El código completo debe incluirse en el repositorio del proyecto referenciado en el informe.
Anexo E	Levantamiento de información	Análisis y encuesta realizada para entender el problema y casar los diferentes requerimientos