



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TEMA

**Optimización del despacho de combustible mediante un
sistema automático de reconocimiento de placas.**

AUTOR

Álvarez Cedeño, Luis Antonio

**Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TUTOR

Ing. García Sánchez, Roberto, Mgs

**Guayaquil, Ecuador
10 de septiembre de 2025**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente componente práctico del examen complejo fue realizado en su totalidad por **Álvarez Cedeño, Luis Antonio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales**.

TUTOR

Fecha de elaboración: 5/9/2025


Ing. Roberto García Sánchez

Firmado digitalmente por ROBERTO GARCIA SANCHEZ
Número de reconocimiento (RN) e-IC, sr-GARCIA SANCHEZ, gsm@univ-csg.edu.ec
serialNumber=dCC.0926.120617, cn=ROBERTO GARCIA SANCHEZ, 2.5.4.41-INGEC-0043346N1981
c=EC, o=UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, ou=INGENIERIA, email=gsm@univ-csg.edu.ec, 2.5.001.00643

f. _____
Ing. García Sánchez, Roberto, Mgs

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Yo, **Álvarez Cedeño, Luis Antonio**

DECLARO QUE:

El componente practico de Examen Complexivo, **Optimización del Despacho de Combustible mediante un sistema automático de Reconocimiento de Placas** previo a la obtención del título de INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES, 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 Titulación referido.

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del año 2025

f. _____

Álvarez Cedeño, Luis Antonio



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Álvarez Cedeño, Luis Antonio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Componente práctico de Examen Complexivo, **Optimización del despacho de combustible mediante un sistema automático de reconocimiento de placas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 10 días del mes de septiembre del año 2025

EL AUTOR:

f. _____

Álvarez Cedeño, Luis Antonio

AGRADECIMIENTO

Con un profundo aprecio, deseo reconocer a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y a la Facultad de Ingeniería por ofrecerme un entorno académico, las herramientas técnicas y el respaldo metodológico que hicieron viable este proyecto de graduación. Su dedicación en proporcionar una educación robusta y promover un pensamiento crítico fue fundamental para que pudiera llevar a cabo esta investigación de manera responsable y sobresaliente.

Asimismo, quiero expresar mi gratitud al profesor que ha guiado este proyecto, por su apoyo ininterrumpido, sus observaciones precisas y sus altas expectativas que me motivaron a ser disciplinado en cada fase del trabajo. Su conocimiento y compromiso fueron cruciales para fortalecer los aspectos técnicos y metodológicos de la investigación.

De igual manera, estoy agradecido con mi familia, compañeros de estudios y trabajo, quienes compartieron ideas, experiencias y aliento a lo largo de este proceso. Su colaboración y apoyo fueron muy significativos en los momentos de revisión, validación y reflexión conjunta sobre los desafíos del sistema propuesto. La retroalimentación que intercambiamos mejoró la calidad del resultado final.

El Autor



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ANA CAMACHO CORONEL, MGS
DECANO O SU DELEGADO

f. _____

ING. JOSE MIGUEL ERAZO
DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

ING. EDISON JOSE TOALA QUIMI
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

Índice General

Resumen	XI
Abstract.....	XIII
Capítulo I.....	2
El Problema.....	2
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivo general	6
1.4 Objetivos Específicos	6
1.5 Justificación e Importancia	7
1.6 Pregunta de investigación	9
1.7 Variables	9
1.8 Alcance.....	9
CAPÍTULO II	10
Marco Teórico	10
2.1 Introducción.....	10
2.2 Automatización de procesos logísticos.....	11
2.2.1 Beneficios Operativos	11
Reducción de tiempos de despacho	11
Minimización de errores manuales	12
2.3 Reconocimiento Automático de placas (ALPR).....	13
2.3.1 Método de análisis y procesamiento de imágenes	15
2.3.4 Modelo de analítica de datos	16
2.4 Control de despacho de combustible	16
2.5 Marco Contextual	17
2.5.1 MiniPC.....	18
2.5.2 Bases de datos	19
2.5.4 Librerías de procesamiento de imágenes.....	21
2.6 Marco Legal y Normativo Aplicable	22
2.7 Tecnología aplicable al sistema propuesto	24
Capítulo III.....	25
Metodología de Investigación	25
3.1 Población	26

3.1.1 Muestra.....	27
3.2 Instrumentos de recolección de datos	28
3.3 Validación de los instrumentos.....	29
3.4 Instrumentos de la investigación	30
3.5 Enfoque de la investigación	30
3.5.1 Enfoque cuantitativo	30
3.5.2 Enfoque Cualitativo.....	31
3.6 Encuestas Aplicadas.....	31
3.6.1 Entrevistas a Operarios de despacho	33
3.6.2 Entrevistas a Administradores de Estación.....	33
3.6.3 Entrevistas a Técnicos del sistema	34
3.6.3 Análisis Por Perfil (Operarios)	35
3.6.4 Análisis por perfil (Administradores)	36
3.6.5 Resultados de Entrevistas	36
Conclusiones.....	38
Capitulo IV	39
Propuesta tecnológica	39
4.1 Introducción.....	39
4.2 Descripción General del Sistema	39
Diagrama de Funcionamiento	41
4.3 Infraestructura Tecnológica	42
4.3.1 Hardware Utilizado	42
4.3.2 Arquitectura del Sistema	42
4.4 Desarrollo del sistema	43
4.4.1 Captura y procesamiento de imagen	43
4.4.2 Conversión y validación de placa.....	44
4.4.3 Registro en Base de datos.....	45
4.5 Escalabilidad y Adaptación	45
4.6 Validación Técnica.....	46
4.7 Estudio Económico	47
4.7.1 Componentes requeridos	47
4.8 Conclusiones.....	47

Conclusiones	51
Recomendaciones.....	52
Referencias bibliográficas	53

Resumen

Este proyecto propone una solución tecnológica para mejorar el despacho de combustible en estaciones de servicio: un sistema automático de reconocimiento de placas vehiculares (ALPR). Su implementación busca eliminar errores humanos, reducir los tiempos de atención y fortalecer la trazabilidad del proceso, mediante el uso de tecnologías como visión computacional y bases de datos locales.

El sistema opera al registrar la matrícula del automóvil mediante una cámara, utilizándola con algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres, y revisando con una base de datos para confirmar el despacho.

Ahora mismo, tenemos varios problemas: la gente se equivoca mucho al teclear las placas, tardamos un montón en revisar los coches, hay fraudes con placas falsas y es difícil llevar un control de todo al momento. Estos factores afectan la rentabilidad de las estaciones, deterioran la experiencia del usuario final y limitan la capacidad del Estado para fiscalizar subsidios y recursos estratégicos. Según la CNDDP (2023), los perjuicios económicos ascienden a millones de dólares anuales.

Desde el punto de vista técnico, se contempla el desarrollo de una arquitectura modular y escalable, capaz de operar en diferentes estaciones y escenarios logísticos. Se estudiarán plataformas de reconocimiento como OpenALPR y PlateRecognizer, herramientas de desarrollo como Python y OpenCV, así como modelos de integración web para la consulta y generación de reportes. Todo el sistema estará enmarcado dentro de estándares internacionales como ISO/IEC 27001 y ajustado a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales vigente en el país. (Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, 2021)

El proyecto también abordará una fase de diagnóstico, en la cual se analizarán los procesos actuales de despacho, se identificarán riesgos operativos, se recopilarán datos de consumo y se establecerán indicadores de mejora.

Esperamos que esto mejore las cosas en la práctica y en la estrategia. Implementar el sistema ALPR nos ayudará a tener un control automático de la energía, bajar las pérdidas por robo, que la gente piense mejor del servicio y cumplir con las reglas.

Se incluyen consideraciones sobre el marco legal ecuatoriano, como la protección de datos personales y las regulaciones de hidrocarburos, así como el cumplimiento de estándares internacionales (por ejemplo, ISO 27001) para asegurar que la solución respete las normativas vigentes y buenas prácticas de seguridad de la información.

En resumen, esta propuesta es una respuesta específica, sólida y con visión de futuro a los retos que afronta el sector energético en Ecuador. La transformación de la cultura de gestión de combustibles, creando un ambiente más seguro, eficaz y transparente para el beneficio de los usuarios finales, las instituciones y los operadores, no es solo una cuestión de implementar una solución tecnológica.

Palabras clave: Reconocimiento de placas de forma automática, despacho de combustible, visión por computadora, optimización de procesos, reconocimiento óptico de caracteres.

Abstract

This project proposes a technological solution to improve fuel dispatch at service stations: an automatic license plate recognition (ALPR) system. Its implementation seeks to eliminate human error, reduce service times, and strengthen process traceability through the use of technologies such as computer vision and local databases. The system works by capturing the vehicle's license plate number through a camera, processing it with optical character recognition (OCR) algorithms, and comparing it with a pre-authorized record to validate the dispatch. It also incorporates a real-time report generation module, allowing for more accurate monitoring of each operation.

Right now, we face several problems: people make frequent errors when entering license plates, it takes a long time to inspect vehicles, fraud occurs with fake license plates, and it is difficult to keep track of everything at the moment. These factors affect the profitability of stations, impair the end-user experience, and limit the State's ability to oversee subsidies and strategic resources. According to the CNDDP (2023), the economic losses amount to millions of dollars annually.

From a technical perspective, the development of a modular and scalable architecture capable of operating in different stations and logistics scenarios is planned. Recognition platforms such as OpenALPR and PlateRecognizer, development tools such as Python and OpenCV, and web integration models for querying and generating reports will be studied. The entire system will be framed within international standards such as ISO/IEC 27001 and compliant with the Organic Law on Personal Data Protection in force in the country (Organic Law on Personal Data Protection, 2021).

The project will also address a diagnostic phase, in which current dispatch processes will be analyzed, operational risks will be identified, consumption data will be collected, and improvement indicators will be established.

We hope this will improve things in practice and in strategy. Implementing the ALPR system will help us achieve automatic energy control, reduce losses due to theft, improve customer service, and comply with regulations.

Considerations regarding the Ecuadorian legal framework, such as personal data protection and hydrocarbon regulations, as well as compliance with international standards (e.g., ISO 27001) are included to ensure that the solution complies with current regulations and information security best practices.

In short, this proposal is a specific, robust, and forward-looking response to the challenges facing the energy sector in Ecuador. Transforming the fuel management culture, creating a safer, more efficient, and more transparent environment for the benefit of end-users, institutions, and operators, is not just a matter of implementing a technological solution.

Keywords: Automatic license plate recognition, fuel dispatch, computer vision, process optimization, optical character recognition.

Capítulo I

El Problema

La gestión logística del combustible en Ecuador representa un desafío estructural que afecta tanto la eficiencia operativa como la transparencia institucional. Con más de 1,200 estaciones de servicio distribuidas a lo largo del país según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), (Reglamento de actividades de comercialización de derivados de petróleo, 2015) el sistema de despacho aún depende en gran medida de validaciones manuales para la identificación vehicular, lo que expone el proceso a errores sistemáticos, demoras excesivas y vulnerabilidades en el control de subsidios. Lo que vemos aquí resalta una brecha tecnológica importante si miramos cómo andan las cosas en el mundo, donde el reconocimiento automático de placas ya es algo común.

En el sector de combustible, la distribución sigue siendo un proceso crítico que, en Ecuador, continúa operando bajo métodos manuales. Las estaciones de servicio mantienen problemas como ingresos de placas propensos a errores y fraudes, por ejemplo, ventas con descuento a flotas autorizadas que son suplantadas, demoras en la atención durante horas pico por validaciones manuales, y pérdidas económicas derivadas de robos o despachos no autorizados. Según la Cámara Nacional de Distribuidores de Derivados del Petróleo (CNDDP), estas pérdidas superan los \$5 millones anuales.

- Registros manuales de placas vehiculares, propensos a errores y fraudes (ej.: suplantación en ventas con descuento para flotas autorizadas).
- Demoras en el despacho, especialmente en horas pico, debido a la validación manual de datos.
- Pérdidas económicas asociadas a robos de combustible o despachos no autorizados, que según la Cámara Nacional de Distribuidores de Derivados del Petróleo (CNDDP) superan los \$5 millones anuales.
- Las placas ecuatorianas: Vehículos particulares (ABC-1234) y comerciales (CD-12345).

En el contexto actual de las estaciones de servicio en Ecuador, la implementación de un sistema de **Reconocimiento Automático de Placas de Matrículas** (ALPR) Se establece como una solución rápida e indispensable para abordar puntos cruciales que afectan por igual a empresarios y clientes. La gestión a mano del abasto de combustible ha demostrado ser poco práctica y propensa a errores. Según reportes de la Cámara Nacional de Distribuidores de Derivados del Petróleo (CNDDP, 2023), el 25% de los errores en el suministro de combustible se deben a la digitación incorrecta de placas, generando pérdidas económicas significativas y conflictos con los clientes. Hay que considerar, el

robo de combustible mediante placas clonadas o adulteradas representa un flagelo que drena aproximadamente USD 5 millones anuales del sector,(Benalcázar, 2020) recursos que podrían reinvertirse en mejoras tecnológicas y de infraestructura.

El día a día también sufre porque la atención es lenta, sobre todo cuando hay mucha gente. Los coches pueden estar parados hasta cinco minutos mientras se revisan los datos a mano. Esto molesta a la gente y, además, gasta más energía y contamina más porque los motores están encendidos sin necesidad. Que no haya automatización golpea sobre todo a los vehículos de servicios como ambulancias, patrullas o camiones de reparto, que necesitan salir rápido para hacer su trabajo.

EL uso de esta tecnología en este tipo de negocios de alta atención, y su capacidad con respecto al reconocimiento óptico de caracteres a través de sistemas ALPR ha demostrado ser una solución eficaz en entornos logísticos internacionales. Herramientas como OpenCV, EasyOCR y PlateRecognizer nos permiten entrenar modelos para detectar placas ecuatorianas en tiempo real, dentro de las condiciones en que las estaciones de servicio se encuentran con poca iluminación. La capacidad de combinar estas bibliotecas con servidores locales (SQL Express), sistemas de computación descentralizada como Raspberry Pi y MiniPCs, además de cámaras IP que funcionan bajo el protocolo RTSP, facilita la creación de un sistema de gestión automatizado sólido y versátil para las estaciones de servicio del país.

Tal como indica la guía técnica nacional incluida en la imagen de referencia, este tipo de solución permite eliminar errores humanos, agilizar el proceso y blindar el sistema contra fraudes operativos.

El proyecto se justifica plenamente al ofrecer una solución integral que:

- Automatiza la identificación vehicular, eliminando errores humanos en el ingreso de datos.
- Reduce drásticamente los tiempos de atención en las estaciones, optimizando la experiencia del cliente.
- Reduce la posibilidad de fraudes y adquisiciones no permitidas, salvaguardando los recursos energéticos.
- Facilita adherir las regulaciones de actualidad con la revisión de combustibles.
- Se pueden crear informes de forma automática y revisables, que nos van a ayudar a reforzar la administración institucional.

En síntesis, la implementación de este sistema automatizado de despacho no solo constituye una mejora tecnológica, sino una estrategia estructural que

contribuye a modernizar el sector energético ecuatoriano. Este proyecto beneficia directamente a los operadores, administradores, técnicos, conductores y al Estado, generando un entorno más seguro, eficiente y transparente. Representa una apuesta por la transformación digital de procesos críticos, alineada con políticas de eficiencia administrativa, protección del patrimonio público y sostenibilidad operativa a largo plazo.

1.2 Planteamiento del problema

Las estaciones de servicio desempeñan un rol clave en la logística y el abastecimiento energético para el transporte. A pesar de esto, existen varios retos en la administración y el control del proceso de distribución de combustible. Un punto clave es la ausencia de un método automático y seguro para la identificación de vehículos, lo cual causa efectos perjudiciales en lo económico y en la operatividad.

Adicionalmente a los problemas operativos, hay un tema fundamental relacionado con el control y la seguridad: el sistema actual complica la detección rápida de fraudes o usos indebidos. Uno de los ilícitos más frecuentes es el contrabando de combustibles a naciones vecinas, que se benefician de los precios locales más bajos debido a las subvenciones estatales.

Según las pesquisas oficiales, estas acciones generan pérdidas millonarias para el gobierno. De hecho, el estado ecuatoriano calcula que el contrabando de gasolina y diésel subsidiados ocasiona una pérdida anual de alrededor de 400 millones de dólares en el país. (Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, 2023) La viabilidad económica y el respaldo están en riesgo debido a estos déficits financieros, lo que también resalta las fallas en los sistemas de control de las terminales en la frontera.

Las autoridades han implementado medidas parciales para enfrentar el problema. Por ejemplo, en la provincia fronteriza del Carchi se establecieron cupos máximos diarios de venta de combustible por vehículo (USD 15 en gasolinas para autos particulares) y se prohibió el despacho a vehículos de placa extranjera, como estrategia para desalentar el tráfico ilegal. Asimismo, personal de la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos (ARCH) procedió a registrar manualmente la marca, color y número de placa de cada vehículo atendido en las estaciones de servicio de Carchi. Estos registros permitieron identificar anomalías, como vehículos “recurrentes” que cargaban varias veces al día en distintas gasolineras e incluso automotores que utilizaban placas clonadas o no vigentes. En diciembre de 2019, por ejemplo, de 1.807 autos registrados en esa provincia, 90 resultaron ser casos de recarga múltiple en un mismo día y 13 portaban matrículas irregulares, información que fue remitida a las autoridades para las acciones legales correspondientes. Esta situación evidencia que el modelo actual de control es reactivo, tardío y depende en exceso de la intervención humana, lo que permite que las irregularidades no

sean detectadas oportunamente en otras regiones donde no se lleva un control estricto.

En resumen, el problema central radica en la falta de automatización y control en el proceso de despacho de combustible, que implica: (a) ineficiencias operativas, traducidas en tiempos de espera importantes y carga administrativa para el personal; (b) errores y omisiones en el registro de datos, que deterioran la calidad de la información disponible para auditorías y toma de decisiones; y (c) vulnerabilidades en seguridad y control, explotadas por actores sin escrúpulos para cometer fraude, como el doble suministro diario, el uso de identidades vehiculares falsas o la desviación de combustibles hacia los mercados ilegales. Todo esto arruina las ganancias de las estaciones (pierden dinero de cosas poco fiables), arruina la experiencia del usuario (se atascan y podrían discutir sobre errores) y dificulta que el estado vigile un recurso importante

Según reportes oficiales, los perjuicios económicos acumulados por estas prácticas ascienden a decenas de millones de dólares anuales, además del impacto social y fiscal que conllevan (Benalcázar, 2020).

Frente a esta problemática manifestada, aparece la necesidad de mejorar el procedimiento de despacho de combustible a partir de soluciones tecnológicas avanzadas con el fin de dotar de automatismos a la identificación vehicular, reducir la participación humana en tareas repetitivas y robustecer los mecanismos de control. En concreto, se pone de manifiesto la cuestión de investigación que tenemos en mente: *¿En qué medida la incorporación de un sistema automático de reconocimiento de matrículas (ALPR) puede mejorar la eficiencia y seguridad del despacho de combustible en estaciones de servicio?*

Esta investigación intenta responder a esa pregunta. Proponemos, diseñamos y probamos una solución que usa la visión artificial para encontrar las placas de los carros y así integrarla a los sistemas que ya se usan para entregar combustible. Creemos que, si automatizamos la identificación de las placas, el proceso será mucho mejor, tomará menos tiempo y habrá menos errores. Además, será más fácil prevenir el contrabando y otras cosas raras gracias a las alertas y los registros que se hacen al momento. *¿En qué medida la implementación de un sistema automático de reconocimiento de placas (ALPR) puede mejorar la eficiencia y seguridad del despacho de combustible en estaciones de servicio?* ahora al abordar esta interrogante planteamos ir desarrollando y estudiando una estrategia que emplea inteligencia artificial para reconocer las placas de los coches, junto a los sistemas de gestión ya existentes. La noción central es que, al automatizar la lectura de las matrículas, se perfeccionará considerablemente el trámite, reduciendo demoras y equivocaciones, e impulsando la identificación de actividades ilegales y otras irregularidades mediante avisos al instante.

Actualmente, el registro de las placas vehiculares se realiza de forma manual por los operadores, lo que conlleva una serie de ineficiencias y vulnerabilidades, entre ellas:

- 1) Errores humanos en la digitación de la placa, ya sea por omisión, confusión de caracteres o escritura incorrecta, lo que puede provocar registros inválidos o inconsistentes.
- 2) Duplicación de placas o uso de placas falsas, lo que dificulta la identificación precisa de los vehículos autorizados y puede permitir el abastecimiento fraudulento o no controlado.
- 3) Pérdida de tiempo en el proceso de atención, ya que el operador debe detenerse a preguntar, digitar y validar cada número de placa, lo que afecta el flujo vehicular y genera largas filas en horarios de alta demanda.
- 4) Contaminación cruzada de combustible, cuando se despacha el tipo de combustible incorrecto (por ejemplo, gasolina en lugar de diésel), debido a una mala asociación entre el tipo de vehículo y la placa ingresada erróneamente. Esto puede dañar motores y causar que los clientes se quejen
- 5) No se puede seguir el rastro, ni revisar el historial. Así que es difícil ver cómo se están haciendo las cosas, evitar fraudes o poner límites por vehículo

Tampoco hay un sistema que lea y revise las placas automáticamente, lo que dificulta la conexión con otros sistemas de gestión (como ERP, CRM o POS). Esto hace que sea más difícil revisar, analizar y mejorar las cosas.

Por eso, es importante crear e instalar un sistema automático para leer las placas (LPR). Esto evitará tener que escribir las cosas a mano y hará que todo el proceso de despacho sea mejor, asegurando que sea más preciso, rápido y que se pueda rastrear y controlar los vehículos que usan el servicio.

1.3 Objetivo general

Desarrollar e implementar un sistema automatizado de reconocimiento de placas vehiculares para optimizar el despacho de combustible en estaciones de servicio, aumentando la eficiencia operativa, disminuyendo errores humanos y fortaleciendo la seguridad y trazabilidad en la gestión vehicular

1.4 Objetivos Específicos

1. **Caracterizar los requerimientos técnicos y operativos** para el diseño de un sistema automatizado de reconocimiento de placas (ALPR) aplicado al despacho de combustible en estaciones de servicio ecuatorianas
2. **Evaluar los métodos de procesamiento de imágenes y algoritmos de OCR** (Reconocimiento Óptico de Caracteres) más eficientes para el contexto ecuatoriano, comparando:

3. **Diseñar un prototipo funcional de ALPR** integrado al sistema de despacho de combustible que incluya:
4. **Validar la eficacia del sistema** en un entorno piloto (estaciones de servicio asociadas)

Diseñar una solución tecnológica integral que incluya la arquitectura del sistema, diagramas funcionales, protocolos de comunicación e interfaz de usuario, asegurando la optimización del proceso de despacho, la reducción de errores operativos y la mejora en la seguridad y trazabilidad del servicio

1.5 Justificación e Importancia

En el contexto actual de las estaciones de servicio en Ecuador, la implementación de un sistema automatizado de reconocimiento de placas vehiculares (ALPR) surge como una solución urgente y necesaria para abordar problemas críticos que afectan tanto a los operadores como a los usuarios finales.

La gestión manual del despacho de combustible ha demostrado ser ineficiente y vulnerable. Según reportes de la Cámara Nacional de Distribuidores de Derivados del Petróleo (CNDDP, 2023), El 25% de los errores en el abasto de combustible son el resultado de ingresar incorrectamente las placas, ocasionando pérdidas financieras significativas y tumultos con los clientes. Asimismo, el hurto de combustible mediante placas falsificadas o alteradas se erige como un problema que drena cerca de \$15 millones anualmente del sector, fondos que podrían ser invertidos en equipos técnicos e infraestructura que mejore las estaciones de servicio.

Además, la atención es lenta, sobre todo cuando hay mucho tráfico. Los coches pueden esperar hasta 5 minutos mientras se comprueban los datos a mano. Esto molesta a la gente y gasta más energía, además de contaminar más porque los motores están encendidos sin moverse.

El proyecto se justifica plenamente al ofrecer una solución integral que:

- Automatiza la identificación vehicular, eliminando errores humanos.
- Reduce drásticamente los tiempos de atención, optimizando la experiencia del cliente.
- Minimiza el riesgo de fraudes, protegiendo los activos de las estaciones.
- Garantiza el cumplimiento normativo, especialmente en el manejo de combustibles subsidiados.

Esta idea es importante porque ayuda a tener menos errores al trabajar y le da un empujón a la modernización digital de la energía. Usar ALPR para que los carros se automaticen es un gran avance para que la gasolina se distribuya mejor en Ecuador. Esto va de la mano con lo que el gobierno quiere: que todo sea más

eficiente, claro y que no dañe el planeta. Usar tecnología moderna ayuda a que nuestro país sea un ejemplo en la región de cómo manejar la energía de forma segura y automática.

Desde el punto de vista académico y laboral, este proyecto es una forma nueva de usar visión e inteligencia artificiales en un sector de siempre. Ayuda a que las empresas y el gobierno de Ecuador vean que sí se puede usar la tecnología 4.0 en los servicios públicos y que vale la pena invertir en modernizarse.

Esta investigación pone de manifiesto cómo los recientes avances tecnológicos, tales como las cámaras inteligentes y los algoritmos de aprendizaje automático, pueden integrarse con los sistemas que ya están en funcionamiento para abordar problemas específicos.

Esto se presenta como una gran ventaja para los ingenieros de la región, ya que les proporciona tanto la inspiración como la seguridad necesaria para emprender proyectos similares en sectores como la logística, el transporte y otras industrias. Disminuir el consumo de combustible también favorece al país al ofrecer un mejor control sobre quién recibe subsidios y evitar que personas no elegibles se beneficien de ellos.

Para la gente que usa el servicio, este sistema trae cosas buenas. Si atienden más rápido y bien, no hay tanto tráfico, los conductores no se estresan y piensan que el servicio es mejor. Además, si no hay que hacer cosas a mano al pagar, es más fácil para el cliente y el que atiende, y todo se ve más profesional y confiable. Esto hace que los clientes vuelvan y que la empresa tenga buena fama.

Este proyecto también ayuda al medio ambiente. Si se atiende más rápido y no hay carros esperando con el motor encendido, se contamina menos. Las estaciones usan menos energía, se usan mejor los recursos y se puede planear mejor el suministro. En resumen, este proyecto ayuda a que todo sea más limpio y a cumplir con lo que se ha prometido a nivel internacional sobre el cuidado de las ciudades.

Este proyecto también es importante porque ayuda a cumplir con las leyes. Por ejemplo, en Ecuador es obligatorio poner en la factura de la gasolina quién compra, ya sea con la cédula o la placa del carro, para que sea más fácil controlar los impuestos y evitar que haya movimientos raros. Un sistema automático hace que sea más fácil cumplir con esto, porque conecta la placa del carro con el sistema de facturación. Además, si se tienen datos precisos y a tiempo, se puede manejar mejor el dinero de la energía, lo cual es importante porque la gente está muy pendiente de los subsidios a la gasolina.

Por último, si se usan sistemas ALPR, se pueden poner otros servicios automáticos en las gasolineras: pagar sin efectivo, controlar el inventario de forma inteligente, avisos de mantenimiento, etc. Este proyecto puede ser el inicio de algo más grande que conecte todo en una plataforma central. Así que no solo ayuda con lo que se necesita ahora, sino que también prepara al sector energético para usar modelos inteligentes y que se adapten a los cambios.

En síntesis, este sistema no es solo una mejora tecnológica, sino una inversión estratégica que beneficiará a todos los actores de la cadena: desde los dueños de estaciones hasta los conductores y el Estado, promoviendo un sector más seguro, eficiente y transparente.

1.6 Pregunta de investigación

¿El sistema automático de reconocimiento de placas puede reducir el tiempo promedio de despacho y controlar mejor el acceso vehicular?

1.7 Variables

- Variable independiente: Sistema automático de reconocimiento de placas.
- Variable dependiente: Tiempo y eficiencia en el despacho de combustible.

1.8 Alcance

El alcance de esta tesina se circunscribe al diseño, desarrollo e implementación prototípica de un sistema ALPR aplicado al despacho de combustible, así como a la evaluación de su impacto en un entorno delimitado. A continuación, se detallan los aspectos que abarca el proyecto y aquellos que se dejan fuera de su alcance:

- Instalación de cámaras de alta resolución en cada surtidor para capturar las placas de los vehículos entrantes.
- Integración del sistema de captura de placas con el software de control de despacho de combustible.

El estudio profundiza desde la concepción inicial y la base conceptual hasta el desarrollo del modelo, su valoración y los hallazgos vinculados a la idea principal. Estimamos que se necesitaron X meses para la creación y el análisis del modelo, tiempo considerado adecuado para registrar las fluctuaciones tanto de día como de noche, así como las diversas condiciones climáticas y de iluminación durante las pruebas.

Para concluir, la investigación se dedica a explorar el concepto de ALPR en el contexto puntual de la distribución de combustible y a determinar su efecto directo en un entorno limitado, estableciendo las bases para las consideraciones sobre su potencial de ampliación que se exponen al final. Las posibles adaptaciones necesarias para su implementación real.

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Introducción

El presente capítulo establece los fundamentos conceptuales, técnicos, normativos y aplicados que sustentan la propuesta de implementación de un sistema automático de reconocimiento de placas para optimizar el despacho de combustible. Este esfuerzo busca dar respuesta a los desafíos operativos y de trazabilidad que enfrentan muchas organizaciones en la gestión de recursos energéticos, en especial cuando la supervisión depende de procesos manuales expuestos a errores o vulnerabilidades. Demostraremos que esta solución en la que estamos pensando no es solo factible, sino que también es eficiente, segura y se ajusta bien a cómo se ejecutan las cosas en la institución, la optimización del despacho de combustible es súper clave para las empresas que ejecutan flotas de vehículos que usan este recurso correcto La pista de cosas para tomar decisiones inteligentes

Ante este panorama, la tecnología de lectura automática de placas (ALPR) destaca por su avance y adaptabilidad, usándose cada vez más en el control vehicular, la protección urbana y el cobro de peajes. Al integrarse en el suministro de combustible, facilita la conexión entre la identidad del vehículo y los sistemas de permiso, verificación y registro de consumo, optimizando así la eficacia operativa. Esta evolución tecnológica requiere un conocimiento profundo de los principios básicos de estas herramientas, garantizando una aplicación segura y eficaz.

Este apartado se estructura en varios puntos clave para contextualizar la propuesta: desde la automatización de los procesos logísticos y la operativa del sistema ALPR hasta los modelos de gestión aplicables al abastecimiento de combustible, el marco legal sobre la protección de datos personales y los casos de éxito a nivel global. Además, se examinan las tecnologías relevantes y sus elementos, tanto físicos como lógicos, con el fin de simplificar la creación de una estructura funcional que se ajuste a las necesidades de la empresa.

Este marco teórico no solo explica por qué el sistema que proponemos es importante, sino que también sienta las bases de cómo lo vamos a diseñar y poner en marcha. Al conectar la teoría con lo que sucede en la práctica y las reglas actuales, queremos crear una solución completa que ayude a que la institución sea más eficiente, clara y segura en la forma en que administra el combustible.

2.2 Automatización de procesos logísticos

La automatización logística consiste en aplicar tecnologías que permiten ejecutar tareas de manera sistematizada, reduciendo la intervención humana y aumentando la eficiencia operativa (Tookane, 2025). En el ámbito del abastecimiento de combustible, esta automatización puede transformar procedimientos tradicionalmente manuales en flujos controlados y verificables mediante sistemas digitales. La utilización de dispositivos, sensores, cámaras, software y bases de datos permite un manejo exacto y confiable de los recursos, el cual afecta de manera directa la trazabilidad y protección del proceso

Uno de los grandes beneficios de tecnificar el despacho de combustible es la capacidad de disminuir significativamente el tiempo dedicado a cada operación. Mientras que un proceso manual puede requerir varios minutos debido a la validación de matrículas, una solución automatizada permite identificar al vehículo, verificar su legitimidad y autorizar el despacho en cuestión de segundos.

Además, al automatizar, es más fácil evitar errores de personas, como cuando se escriben mal las cosas, se repiten datos o no coinciden. Al conectar las placas con sistemas que piensan solos, nos aseguramos de que todo se revise con un modelo correcto, y así hay menos errores y cosas raras. Esto es muy importante cuando el combustible es algo clave, como en los carros del gobierno, la policía o las empresas que entregan cosas.

La automatización también aporta beneficios en términos de gobernanza y auditoría. Cada despacho de combustible queda registrado digitalmente, lo cual nos permite generar reportes automáticos, analizar tendencias de consumo y detectar irregularidades. Estos registros pueden integrarse con satélites, software contables, proporcionando un panorama integral de la operación. Esta integración es esencial para avanzar hacia un modelo de gestión más transparentes.

Finalmente, es importante destacar que la automatización logística no debe verse como una simple digitalización, sino como una reingeniería de procesos. Requiere analizar los flujos actuales, identificar cuellos de botella, diseñar normas de control y capacitar al personal para usar nuevas tecnologías. Cuando se implementa correctamente, la automatización en el abastecimiento de combustible contribuye a construir una cultura organizacional enfocada en la eficiencia.

2.2.1 Beneficios Operativos

Reducción de tiempos de despacho

Uno de los beneficios operativos más significativos de la implementación del sistema automático de reconocimiento de placas (ALPR) es la reducción sustancial en los tiempos de despacho por vehículo. Normalmente, para revisar

un carro, un empleado tiene que mirar listas o computadoras, escribir la placa, ver si está todo en orden y dejarlo pasar. Esto puede tardar de 3 a 5 minutos por carro, sobre todo si hay mucha gente o si algo no cuadra.

Pero, si ponemos un sistema automático que lee las placas (ALPR), esto baja a menos de 30 segundos. La cámara ve la placa, la computadora la lee y la compara con la lista de carros permitidos. Esto hace que el proceso sea mucho más rápido, como un 80% menos de tiempo. Así, se pueden atender más carros por hora, las filas son más cortas y se aprovecha mejor el espacio.

Como ya no hay que hablar ni escribir, hay menos errores y todo es más rápido para la gente. Los conductores no tienen que bajarse del carro ni mostrar papeles, lo que hace que todo sea más rápido, seguro y mejor. Esto ayuda mucho en lugares donde hay muchos carros, como buses o emergencias, donde cada segundo importa.

Se calcula que, con este sistema, una estación puede atender entre un 30% y un 50% más de clientes, depende de cuántos surtidores tenga y cómo esté puesto el sistema.

Esto ayuda a justificar la inversión en tecnología, ya que se mejora la productividad sin tener que construir más. En conjunto, la reducción de tiempos de despacho no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también impacta positivamente en la percepción del servicio, la rotación vehicular, el consumo energético y la sostenibilidad del proceso logístico.

Minimización de errores manuales

Uno de los principales beneficios operativos del sistema automático de reconocimiento de placas (ALPR) es la drástica reducción de errores humanos en el proceso de validación vehicular.

En el modelo de siempre, los trabajadores tienen que meter a mano los datos de cada placa, y ahí es fácil meter la pata: se les olvida una letra, confunden números, no escriben todo o leen mal. Aunque parezca poca cosa, estos fallos pueden traer problemas gordos, como echarle gasolina a carros que no deben o perder el rastro de lo que se hace.

El sistema ALPR elimina esta vulnerabilidad al automatizar completamente la lectura y validación de placas mediante algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). Al analizar la imagen que capta la cámara al instante, se hace innecesaria la participación de personas en la parte más importante de la detección, dando como resultado datos más precisos y siempre iguales. Además, el sistema puede leer placas de carros deterioradas, que se ven solo

un poco o están en posiciones difíciles, usando ajustes previos como arreglar la forma, pasar la imagen a blanco y negro y mejorar el contraste.

Esta trazabilidad digital permite identificar patrones de error, corregir configuraciones y mejorar continuamente el desempeño del sistema.

2.3 Reconocimiento Automático de placas (ALPR)

El Reconocimiento Automático de Placas (ALPR, por sus siglas en inglés) es una tecnología basada en visión computacional que permite identificar vehículos mediante la lectura digital de sus matrículas. Se ha convertido en una solución clave para automatizar el control vehicular en múltiples sectores, incluyendo seguridad vial, gestión de estacionamientos, sistemas de peaje y, más recientemente, en logística de abastecimiento. Su aplicación permite detectar, registrar y validar el acceso vehicular sin intervención humana, lo que contribuye directamente a optimizar procesos operativos y fortalecer mecanismos de control.

Esta tecnología tiene ya algunas décadas. Algo que marcó un antes y un después fue en 1974, cuando aparecieron sistemas OCR que podían entender texto impreso de distintos tipos de letra. Desde entonces, el OCR se usa un montón, como para digitalizar documentos a lo grande, leer cheques del banco automáticamente, clasificar el correo por el código postal e incluso identificar placas de autos para controlar el tráfico y la seguridad. De hecho, el reconocimiento de matrículas es un caso particular de OCR aplicado a un entorno controlado: las placas tienen tipografías estándar, contrastes altos (letras oscuras sobre fondo claro típicamente) y longitudes acotadas, lo que facilita su lectura automática.

Existen diferentes métodos de OCR. Los más antiguos se basaban en *técnicas de pattern matching*: comparaban las formas de los caracteres segmentados contra patrones predefinidos (plantillas) de cada letra o número. Métodos más avanzados emplean algoritmos de aprendizaje automático; por ejemplo, el OCR moderno a menudo utiliza redes neuronales que aprenden las características de cada carácter a partir de muchos ejemplos. Herramientas de OCR de código abierto ampliamente usadas, como Tesseract, (IBM, 2021) combinan varias etapas: detección de bloques de texto, segmentación de líneas y caracteres, y reconocimiento final con clasificadores entrenados.

Dentro del esquema planteado, una vez que el sistema localiza la placa en la imagen tomada por la cámara, se recurre al reconocimiento óptico para extraer el texto de la placa (como, por ejemplo, “ABC-1234”). Este paso resulta ser clave, ya que transforma la información visual en datos alfanuméricos, susceptibles de contrastación con la base de datos. Se pretende optimizar la exactitud del reconocimiento óptico de caracteres, dado que cualquier fallo, aunque sea en una sola cifra, podría acarrear la lectura errónea de una placa (como la confusión de la “O” con el “0” o del “8” con la “B”), lo que incidiría negativamente en la

autorización precisa. Para ello, se adoptarán estrategias como preprocesar la imagen de la placa (escalarla, mejorar contraste), restringir el conjunto de caracteres esperados (solo letras y números válidos según la norma de matrículas ecuatorianas) y posiblemente usar *post-procesamiento* (corrección de errores basada en listas de vehículos existentes, etc.).

Desde el punto de vista técnico, el ALPR combina sensores ópticos principalmente cámaras de alta resolución con algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). Cuando un carro se acerca al lector, la cámara toma una foto de la placa. El programa separa la imagen, ve cada letra o número y crea una clave que se compara con una lista de registros ya aprobados. Esto pasa al instante, y si todo está bien configurado, funciona bien hasta con poca luz, lluvia o si el carro se mueve.

Entre los algoritmos más empleados se destacan aquellos que están fundamentados en redes neuronales convolucionales (CNN), las cuales permiten el entrenamiento de modelos utilizando miles de imágenes de matrículas locales, incrementando notablemente la tasa de precisión. También se utilizan enfoques tradicionales de tratamiento de imágenes como la detección de bordes, la corrección de perspectiva, la normalización del contraste y la binarización. La fusión de estas técnicas da origen a soluciones sólidas capaces de funcionar en ambientes dinámicos con un alto flujo vehicular y de adaptarse a matrículas con diferentes formatos, inclinaciones o desgastes físicos.

Para que el sistema ALPR funcione bien, influyen cosas como la calidad de la cámara, cómo está puesta, qué tan lejos está para tomar la foto, qué tan rápido va el auto y el clima. También, la base de datos con la que se compara la información tiene que estar al día, bien organizada y segura para que se pueda confiar en las decisiones, como cuando se autoriza abastecer de gasolina. Un buen sistema debería tener en cuenta que a veces hay errores al leer las placas o que están dañadas, y permitir que se revise de forma manual o avisar cuando hay un problema.

En las estaciones de servicio, el ALPR sirve para que el registro en la plataforma del punto de venta sea automático. Así, se sabe con exactitud qué carro cargó combustible, cuánto se le puso y quién atendió.

En definitiva, el reconocimiento automático de placas no solo representa un avance tecnológico, sino una herramienta estratégica para fortalecer la trazabilidad institucional.

En suma, el módulo de OCR actúa como *punto* entre la imagen y la información textual que necesita el sistema. Es una tecnología madura y probada en la industria, que aplicada correctamente permitirá que el sistema ALPR logre su cometido de “leer” las placas de manera autónoma con alta fiabilidad. La efectividad del OCR en aplicaciones vehiculares ha quedado demostrada a lo

largo de años de uso en sistemas de peaje automático, fotorradars, accesos a parqueaderos, etc., (Shashirangana, 2021) consolidándose como un componente indispensable en cualquier solución de reconocimiento de matrículas.

2.3.1 Método de análisis y procesamiento de imágenes

Los métodos de análisis y procesamiento de imágenes constituyen la base funcional del sistema ALPR (Automatic License Plate Recognition), permitiendo que las cámaras capturen secuencias visuales y que el software interprete, extraiga y convierta dichas imágenes en datos útiles para su posterior validación. Estos métodos combinan técnicas de visión computacional, inteligencia artificial y aprendizaje automático, actuando sobre variables como iluminación, contraste, ruido y perspectiva para maximizar la precisión en la lectura de placas.

Todo el proceso inicia con la captura de video desde las cámaras instaladas en las estaciones de servicio y conectadas a través del protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol), esto nos va a permitir acceder al flujo en tiempo real desde diferentes dispositivos. Todo el proceso operativo, se define manualmente con los parámetros técnicos: número de cámaras, modelo y marca (Hikvision), direcciones IP internas, y el servidor central con una base de datos SQL Express. Esta configuración asegura que cada imagen capturada provenga de una fuente identificable, fija y controlada por el sistema.

Una vez recibido el flujo, se aplican algoritmos de detección de regiones de interés (ROI) que localizan el área correspondiente a la matrícula en cada fotograma. Posteriormente se ejecuta una fase de preprocesamiento que incluye normalización de iluminación, reducción de ruido, corrección geométrica y binarización, todo esto con el fin de preparar la imagen para la lectura óptica. En este punto, entra en juego el motor OCR (Optical Character Recognition), que convierte los caracteres visibles en una cadena alfanumérica única, correspondiente a la matrícula del vehículo.

Si el sistema reconoce bien la placa, manda una orden automática para revisar si esa placa tiene permiso para cargar combustible. Esto se hace con un stored procedure en SQL Server, que revisa todo rápido, seguro y deja un registro. Si la placa está ok, el sistema da luz verde, guarda la información y prende el surtidor. Si no, salta una alarma y se cancela la venta, para que todo esté más controlado.

La combinación de procesamiento local con herramientas como OpenCV, y la arquitectura distribuida que utiliza dispositivos como Raspberry Pi para surtidores individuales y MiniPCs para grupos de bombas, permite que el sistema sea escalable, modular y adaptable a distintos entornos. Estas plataformas realizan tareas de reconocimiento en el borde (edge computing), evitando la saturación del servidor central, mientras que los registros son consolidados en la

estación mediante SQL Express, conformando un ecosistema robusto y coherente para el análisis automatizado de imágenes.

2.3.4 Modelo de analítica de datos

Una vez implementado el sistema de reconocimiento automático de placas (ALPR), es indispensable estructurar mecanismos de analítica de datos que permitan transformar los registros operativos en información valiosa para la toma de decisiones. Esta clasificación analítica se divide en tres categorías: descriptiva, diagnóstica y predictiva, cada una con métodos particulares.

- **Analítica descriptiva.** - Se trata de estructurar y mostrar la información recolectada por el sistema, incluyendo la cantidad de despachos diarios, los tiempos promedio de atención por cada vehículo, el volumen proporcionado por cada unidad, y la regularidad de las visitas según la placa. Estos datos se obtienen directamente de la base de datos (SQL Express) y se pueden visualizar en paneles de control a través de aplicaciones como Power BI, Grafana o plataformas web a medida.
- **Analítica Diagnóstica.** -Busca entender el porqué de ciertos comportamientos operativos. Por ejemplo:
 - ¿Por qué ciertas placas consumen más combustible que otras?
 - ¿Existe una relación entre horas pico y errores de reconocimiento?
 - ¿Qué operarios generan más anulaciones o alertas?

Para este análisis, se emplean técnicas como correlaciones estadísticas, análisis de agrupamientos (clustering) y minería de datos básica. Con ello se pueden identificar patrones anómalos, áreas de mejora y relaciones entre variables del sistema.

- **Analítica Predictiva.** - Aprovechando el histórico de datos, el sistema podría anticipar comportamientos futuros, como:
 - Predicción de demanda por estación en función del día, clima o eventos locales.
 - Detección preventiva de fraudes por comportamiento irregular de placas.
 - Estimaciones de abastecimiento mensual por tipo de vehículo.
 - Este enfoque puede construirse mediante modelos de regresión lineal, redes neuronales simples o algoritmos como ARIMA si se integran series temporales. Aunque requiere mayor madurez del sistema, es viable a medida que se acumulan registros.

2.4 Control de despacho de combustible

El despacho de combustible constituye una operación logística clave en organizaciones que gestionan flotas vehiculares o equipos móviles. Más allá de

su carácter operativo, representa un punto crítico para la administración de recursos energéticos, el cumplimiento presupuestario y la transparencia institucional. Un sistema de despacho que no se controla bien puede causar pérdidas de dinero, problemas con la logística o incumplimiento de normas. Esto pasa sobre todo si no hay forma sencilla de saber qué vehículo recibe cuánto combustible, cuándo, dónde y por qué.

Antes, para controlar quién entraba y salía, se usaban registros a mano, tarjetas físicas o simplemente el encargado echaba un vistazo. Esto puede servir si no hay mucho movimiento, pero falla cuando hay muchos vehículos, el personal cambia seguido o no hay un sistema digital conectado. Es fácil que entren vehículos sin permiso, que se cargue combustible de forma rara o que se olviden registros. Esto crea un ambiente inseguro en lo técnico y en la administración.

Uno de los problemas más comunes con los sistemas de siempre es que no se puede rastrear todo de forma automática. Por ejemplo, si un carro recibe más gasolina de la que debería, a veces no queda claro por qué pasó eso. También, puede que se le dé gasolina a carros que ya no están en uso, como los que son de afuera, personales o que ya no sirven. En esos casos, si revisas todo a mano, puedes pasar por alto cosas importantes o depender de lo que diga el que está a cargo.

Pero si usas un sistema que reconoce las placas automáticamente, todo cambia. Con este sistema, solo se permite dar gasolina si la placa está en la lista del sistema y cumple con las reglas, como la cantidad máxima de gasolina que puede usar en cierto tiempo o el tipo de gasolina que necesita. Además, cada vez que se da gasolina, se guarda la hora, la cantidad y quién fue el responsable, lo que hace más fácil hacer informes, comparar datos y recibir alertas si algo raro pasa. Gracias a la automatización, supervisar cada detalle se vuelve más sencillo, se elimina la necesidad de una revisión por parte del administrador de la estación .

El control de despacho automatizado permite cumplir con principios clave como eficiencia, legalidad. En síntesis, automatizar el control del despacho de combustible no solo reduce riesgos, sino que mejora la capacidad de la organización para planificar, supervisar y optimizar sus recursos de forma técnica y estratégica.

2.5 Marco Contextual

El marco contextual delimita el entorno en el cual se desarrollará el proyecto: las estaciones de servicio, tanto públicas como privadas, ubicadas en distintas regiones del país. Estas gasolineras funcionan con diferentes formas de logística, como el despacho a coches oficiales, atención a flotas privadas, el proporcionar combustible a vehículos de emergencia o transporte público, entre otros. La variedad en cómo operan y la alta rotación de vehículos hacen que controlar el despacho sea todo un desafío constante.

En muchas gasolineras, revisar los vehículos se hace a mano o casi a mano, con tarjetas físicas, listas en papel o revisando a simple vista. Aunque esto funcione a veces, tiene sus fallos: errores humanos, problemas operativos y fallos de seguridad. Además, en las horas de más trabajo, la atención es más importante y los errores aumentan, lo que afecta a los clientes y a lo bien que se aprovechan los recursos.

La implementación de este proyecto en cada estación de servicio permitirá tener un sistema inteligente para revisar los vehículos leyendo las placas, creando registros automáticos y seguros de cada operación.

Utilizar dispositivos como Raspberry Pi y MiniPCs permite adaptar el sistema a estaciones de distinto tamaño, según el número de surtidores disponibles. De igual manera, la gestión local a través de un servidor SQL Express garantiza autonomía, sin dependencia directa de la red externa.

También es fundamental tener en cuenta que el sistema se llevará a cabo en un ambiente real, donde existen factores como variaciones climáticas, interferencias electromagnéticas, alteraciones en la luz natural y conductas de los operarios que son impredecibles. Por esta razón, el diseño incluirá métodos para tolerar errores, y apoyo operativo para asegurar la continuidad del servicio. La adaptación al entorno operativo asegura que el sistema no solo sea viable desde el punto de vista técnico, sino que también funcione adecuadamente en la práctica.

Finalmente, este proyecto se alinea con las necesidades del sector energético nacional, promoviendo eficiencia operativa, control de subsidios, trazabilidad de consumos y modernización de infraestructura. La elección de las estaciones de servicio como espacio de validación responde a criterios estratégicos, logísticos y económicos, consolidando una propuesta con impacto real, aplicabilidad directa y beneficios institucionales medibles.

2.5.1 MiniPC

Es una computadora compacta de escritorio que ofrece mayor capacidad de procesamiento que una Raspberry Pi, siendo ideal para entornos que requieren controlar múltiples dispositivos o ejecutar tareas simultáneas con mayor estabilidad. Su arquitectura x86, compatibilidad con sistemas operativos Windows o Linux, y disponibilidad de puertos de video y red, lo convierten en un nodo robusto para operaciones que demandan continuidad y carga operativa constante.

Dentro del proyecto, el MiniPC tiene la responsabilidad de monitorear grupos de hasta seis dispensadores, recibiendo las transmisiones RTSP de diversas cámaras, aplicando los algoritmos para reconocer matriculas & placas, manteniendo comunicación con el servidor SQL para validar cada acción. Este dispositivo es capaz de realizar múltiples tareas simultáneamente, Así mismo

gestionar eficientemente las imágenes y actuar como enlace entre el equipo en las estaciones y el sistema central. Esto contribuye a un mejor funcionamiento general y previene inconvenientes cuando hay un gran flujo de vehículos entrando y saliendo.

Además, el MiniPC ofrece la posibilidad de instalar software adicional como cortafuegos, servidores web (Apache, Nginx) o aplicaciones de virtualización simples. De esta manera, cada estación de servicio puede operar de forma autónoma, pero también puede ser controlada a distancia, realizar copias de seguridad y tener alternativas en caso de que la red principal falle.

2.5.2 Bases de datos

Una base de datos es una colección organizada de datos relacionados, estructurada de tal forma que permita su fácil acceso, gestión y actualización. En otras palabras, se trata de un sistema que almacena información de manera coherente y con significado, de modo que pueda ser consultada y manipulada eficientemente mediante software. Las bases de datos son un pilar fundamental de prácticamente todas las aplicaciones corporativas y sistemas de información modernos, ya que proporcionan el *repositorio persistente* donde se resguarda la información.

En el diseño del sistema automatizado de reconocimiento de placas (ALPR), la selección de la base de datos es un componente crítico que determina la eficiencia, escalabilidad y compatibilidad del sistema. Para este proyecto se optó por SQL Server Express, una edición gratuita y optimizada de Microsoft SQL Server, (Microsoft Docs, 2024) que ofrece una solución robusta para entornos institucionales con infraestructura basada en sistemas Windows.

En el contexto de este proyecto, la base de datos juega un rol crítico por dos motivos principales:

- Almacenar el listado de vehículos autorizados o registrados para abastecer combustible, con sus datos relevantes (número de placa, posiblemente tipo de combustible asignado, cuota o restricciones, propietario si aplica, etc.);
- Registrar cada evento de despacho realizado, guardando detalles como la placa del vehículo atendido, fecha y hora, volumen entregado, estación/dispensador, e incluso resultados de validaciones (por ejemplo, “despacho aprobado”, “rechazado por placa no autorizada”, “rechazado por repetición”, etc.). Este segundo tipo de datos convertirá a la base en un histórico de transacciones muy valioso para auditorías y análisis de patrones de consumo.

SQL Express permite almacenar, consultar y administrar datos con integridad referencial, ejecutar procedimientos almacenados (stored procedures), y generar

reportes operativos confiables. Su integración nativa con tecnologías como .NET, Visual Studio y Power BI facilita el desarrollo de interfaces administrativas, visualización de indicadores y exportación de registros. Además, su compatibilidad con múltiples lenguajes de programación (C#, Python, PHP) permite una arquitectura flexible y adaptable a distintos módulos del sistema.

Dado que estos datos son de naturaleza estructurada (vehículos, transacciones), una buena elección es utilizar una base de datos relacional tradicional, que permite modelar tablas con relaciones (por ejemplo, una tabla de *Vehículos* relacionada con una tabla de *Despachos*). Las bases de datos relacionales ofrecen garantías de integridad referencial (asegurar por ejemplo que no se registre un despacho a un vehículo inexistente en la lista), y utilizan el lenguaje SQL para las consultas, ampliamente conocido. En entornos embebidos se pueden emplear motores livianos como SQLite, o ediciones gratuitas como SQL Server Express, que fue la seleccionada en nuestro caso por su fácil integración con plataformas Windows y capacidad de operar autónomamente en cada estación. Esta base de datos local en la estación contendrá los datos necesarios para la toma de decisiones in-situ, sin depender de conexión a una base central en tiempo real.

Para justificar esta elección, se realizó una comparativa técnica con otras bases de datos comúnmente utilizadas (Rob, 2019) en proyectos logísticos:

Característica	SQL Server Express	MySQL	PostgreSQL
Licencia	Gratuita (limitada)	Gratuita (GPL)	Gratuita (Open Source)
Integración con Windows	Excelente	Buena	Buena
Stored Procedures	Avanzado	Limitado	Avanzado
Seguridad y cifrado	Alta (Active Directory)	Media	Alta
Rendimiento en consultas	Óptimo en entornos MS	Bueno	Excelente
Escalabilidad	Moderada	Alta	Alta
Soporte institucional	Amplio (Microsoft)	Comunitario	Comunitario

Facilidad de implementación	Alta en Windows	Alta en Linux	Alta en Linux
Requisitos de infraestructura	Moderados	Bajos	Bajos

SQL Express fue seleccionado por su capacidad de operar de forma autónoma en cada estación de servicio, sin requerir conexión constante a servidores externos. Esta característica es clave en entornos donde la conectividad puede ser intermitente o donde se requiere independencia operativa. Teniendo en cuenta que la infraestructura institucional ya contaba con servidores Windows y personal dedicado a las estaciones de servicio capacitado en herramientas Microsoft, ayudo y permitió una implementación más rápida, segura y sostenible.

El sistema ALPR implementado en este proyecto utiliza SQL Express para almacenar las matrículas capturadas, registrar cada incidente de reconocimiento, lo que permite continuar con el suministro de combustible. Los procedimientos almacenados permiten ejecutar validaciones en milisegundos, asegurando trazabilidad, eficiencia y control. Esta elección técnica responde no solo a criterios de compatibilidad, sino también a la necesidad de desarrollar una solución escalable, auditable y alineada con los recursos disponibles en la organización. En resumen, es el núcleo informativo del sistema: en él reside una memoria histórica de lo ocurrido (qué se cargó y a quién). Una base de datos adecuadamente diseñada y gestionada asegura que el sistema ALPR no sea solo una herramienta de monitoreo en tiempo real, sino también una fuente de información estratégica a mediano y largo plazo, habilitando análisis de consumo, detección de tendencias o anomalías, y generación de reportes para la toma de decisiones gerenciales o regulatorias.

2.5.4 Librerías de procesamiento de imágenes

El reconocimiento automático de placas requiere el uso de librerías de procesamiento de imágenes capaces de detectar, interpretar y convertir datos visuales en texto legible. Estas librerías permiten realizar tareas como detección de bordes, segmentación de caracteres, corrección de perspectiva y lectura óptica bajo distintas condiciones ambientales. La combinación de visión computacional y OCR (Optical Character Recognition) es la clave para lograr resultados precisos en tiempo real.

- **OpenCV** (Open Source Computer Vision Library), que ofrece funciones para preprocesamiento de imágenes, detección de regiones de interés, escalado, corrección de color y análisis morfológico

- **Tesseract OCR**, desarrollada por Google, que es altamente eficiente para convertir imágenes de texto en cadenas alfanuméricas
- **EasyOCR**, basada en PyTorch, que permite un reconocimiento más flexible en distintos idiomas y formatos de placa

Estas librerías pueden ejecutarse en entornos como Raspberry Pi, MiniPC o servidores Linux/Windows, y ofrecen distintos niveles de rendimiento según la configuración de hardware disponible. La correcta selección, ajuste y entrenamiento de estas herramientas es vital para que el sistema funcione con alta precisión y baja tasa de error, considerando que las placas pueden presentar suciedad, reflectancia, deterioro o posiciones anguladas. Su integración garantiza que el sistema ALPR sea técnico, operativo y evolutivo, capaz de adaptarse a nuevas necesidades sin cambiar por completo su arquitectura de base.

2.6 Marco Legal y Normativo Aplicable

En este apartado se revisan las principales disposiciones legales y normativas en Ecuador relevantes para la implementación del sistema propuesto, asegurando que el diseño cumpla con los requerimientos y restricciones vigentes en cuanto a uso de tecnologías, tratamiento de datos personales y regulación del expendio de combustibles.

Protección de Datos Personales: Dado que un sistema ALPR captura y almacena información relacionada con vehículos y potencialmente sus propietarios, se considera que esos datos (placa vehicular asociada a una persona) entran en la categoría de *datos personales* protegidos por la legislación. En Ecuador, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD), vigente desde mayo de 2021, establece principios y obligaciones claras para el tratamiento de datos personales por parte de organizaciones públicas y privadas. Entre los principios relevantes se encuentran la licitud, el consentimiento informado, la finalidad específica, la minimización de datos y la seguridad en el manejo de la información (Asamblea Nacional, 2021). En cumplimiento de esta ley, el sistema ALPR deberá utilizar los datos de matrículas únicamente para los fines legítimos del control logístico del combustible, informando a los usuarios (conductores) de su existencia mediante avisos visibles en la estación, obteniendo consentimiento cuando sea necesario (podría argumentarse interés legítimo en ciertos casos, pero es recomendable el consentimiento explícito) y no conservando los datos por más tiempo del necesario. Asimismo, es imperativo implementar medidas técnicas y organizativas de seguridad para proteger la confidencialidad e integridad de la información de placas recopilada. Esto abarca cifrar la base de datos o los campos sensibles, controlar el acceso a los datos (solo personal autorizado puede consultarlos), y definir políticas de retención y eliminación de registros conforme a la ley. La LOPD otorga derechos a los titulares (acceso, rectificación, oposición, supresión), por lo que la entidad operadora del sistema (por ejemplo, la empresa dueña de la estación) debe estar preparada para

responder a eventuales solicitudes de ciudadanos respecto a sus datos almacenados.

Regulación del despacho de combustibles: Las actividades de comercialización de derivados de petróleo en Ecuador están sujetas a regulaciones emitidas por la ARCH (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, antes Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero). En particular, existe el Reglamento para la autorización, registro, monitoreo y control de las actividades de comercialización de derivados de petróleo (emitido mediante Resolución No. 004-002-DIR-ARCH-2015, con reformas hasta 2018), que establece obligaciones para los operadores de terminales, depósitos, transportistas y estaciones de servicio. Entre las *Obligaciones Generales* de los sujetos de control, el reglamento exige explícitamente “facilitar, viabilizar y dar cumplimiento a los requerimientos... relacionados con el monitoreo, control y fiscalización en el abastecimiento... de derivados de petróleo, utilizando sistemas tecnológicos de información, bajo los lineamientos de la ARCH”. Esta disposición (art. 25 literal m del Reglamento citado) implica que las estaciones deben modernizar sus sistemas de control con herramientas tecnológicas que permitan al regulador monitorear en tiempo real o diferido las ventas de combustible. La implementación de nuestro sistema ALPR va en línea con esta obligación, puesto que brinda un registro digital detallado de cada despacho y puede integrarse a futuros esquemas de reporte automatizado hacia la ARCH. Otra obligación relevante (literal l) es la de emitir facturas y guías conforme la normativa tributaria, donde recordemos que el SRI ya requiere incluir la identificación del comprador (cédula o placa) en cada factura de combustible; el ALPR facilita este proceso al proveer automáticamente el dato de la placa para la factura electrónica.

Tránsito y seguridad vial: Si bien el sistema se usará en predios de la estación, vale mencionar normativas conexas de tránsito. Las placas vehiculares están reguladas por la Ley de Tránsito y manuales de la ANT (Agencia Nacional de Tránsito). Es obligatorio que los vehículos porten su placa legible y sin alteraciones; cualquier mecanismo para ocultarla o modificarla es infracción. Nuestro sistema simplemente lee las placas, actividad que no interfiere con la circulación ni afecta derechos de los conductores (más allá de la privacidad ya tratada). La captura de imágenes de vehículos en lugares públicos no está expresamente prohibida mientras se use con fines legítimos, pero se recomienda señalar (como “Área vigilada por cámaras ANPR”) para transparencia con el ciudadano.

Normativas internas y sectoriales: Adicionalmente, si este proyecto se implementa en una institución pública (por ejemplo, estaciones de Petroecuador) deberán observarse las políticas internas de seguridad de la información y control de activos. Ecuador cuenta con un Esquema Gubernamental de Seguridad de la Información (EGSI) que aplica a entidades estatales, alineado

con ISO 27001,(Stallings, 2020) que demanda controles sobre cualquier sistema que maneje datos sensibles. En tal sentido, la solución debe documentar su arquitectura, contar con gestión de accesos adecuada, y loguear eventos de seguridad (intentos fallidos, etc.) según dichas políticas.

En resumen, desde el punto de vista legal ecuatoriano, el proyecto es viable y deseable, siempre que se implementen las salvaguardias de privacidad y seguridad pertinentes. El uso de ALPR no está prohibido; al contrario, complementa los esfuerzos del Estado por controlar el expendio de combustibles. Para hacerlo bien, debemos cuidar la protección de los datos personales, siguiendo lo que dice la LOPDP. También tenemos que cumplir con las reglas sobre hidrocarburos, uniendo el sistema con las revisiones tecnológicas que pide la ARCH. Cualquier avance en tecnología en áreas delicadas necesita ser ético y legal. Por eso, en esta tesis tomamos en cuenta esto al diseñar la solución, para que la idea nueva ayude y no vaya en contra de las leyes del país.

2.7 Tecnología aplicable al sistema propuesto

El éxito de una solución basada en reconocimiento automático de placas depende en gran medida de una integración tecnológica coherente, segura y escalable. La arquitectura del sistema debe considerar tanto el hardware encargado de capturar imágenes como el software responsable de analizarlas, procesarlas y vincularlas con la base de datos de vehículos autorizados. Una configuración adecuada permitirá que el flujo operativo funcione en tiempo real, con baja latencia y mínima intervención humana.

En lo que respecta al equipo, es crucial poder contar con cámaras IP de alta resolución, con preferencia de tener dispositivos con capacidad infrarroja para garantizar visibilidad nocturna. Deben colocarse estratégicamente en los accesos a las estaciones de servicio, tomando en cuenta el ángulo de lectura, la distancia mínima para captura efectiva y es esencial ubicar estratégicamente los puntos de entrada a las estaciones de servicios, considerando el ángulo de visualización, la distancia mínima para una captura efectiva y las condiciones ambientales que rodean (lluvia, polvo, luz solar directa, etc.). Además, la implementación de bucles inductivos puede contribuir a activar el sistema únicamente en presencia de vehículos, optimizando así la eficiencia del proceso.

El software encargado del reconocimiento debe contar con algoritmos de OCR (Optical Character Recognition) robustos. Plataformas como OpenALPR, PlateRecognizer o sistemas desarrollados con OpenCV y redes neuronales permiten alta precisión en lectura de caracteres vehiculares. Además, debe contar con mecanismos de validación cruzada con bases de datos internas para autenticar la identidad del vehículo y habilitar el despacho de combustible.

Capítulo III

Metodología de Investigación

El presente proyecto adopta una metodología de investigación aplicada, con enfoque técnico-descriptivo, ya que busca resolver una problemática concreta mediante el diseño y ejecución de una solución tecnológica funcional. La investigación aplicada permite generar conocimientos útiles directamente orientados a mejorar procesos operativos específicos, como es el caso del despacho de combustible en estaciones de servicio. Este tipo de metodología parte de la observación sistemática de la realidad, el diagnóstico de problemas y la implementación de herramientas que transforman ese contexto desde una perspectiva científica y funcional.

El diseño metodológico se sustenta en un enfoque cuantitativo y cualitativo. El componente cuantitativo se emplea para recoger datos como frecuencia de errores, tiempos de despacho, volumen promedio por vehículo y tasa de reconocimiento del sistema. Vamos a medir estos indicadores antes y después de que pongamos a prueba el prototipo. Así podemos comparar los resultados y ver si realmente mejoró la operación. También, la parte cualitativa nos servirá para saber qué piensan los operadores, administradores y usuarios del sistema. Lo haremos con entrevistas, viendo cómo usan el sistema y revisando documentos. Cruzando toda esta información, tendremos una idea completa de cómo el sistema pegó en lo técnico, en la función y en la gente.

El tipo de estudio es experimental controlado, en el que se diseña, desarrolla e implementar un sistema ALPR para medir su comportamiento en condiciones reales. Se establecerá un entorno de prueba en una estación de servicio con infraestructura definida, donde se configurarán los dispositivos (Raspberry Pi, MiniPC, servidor SQL Express, cámaras Hikvision) para operar durante un período determinado. Durante esta fase, se recopilará información sobre la precisión en el reconocimiento de placas, el número de despachos realizados, los rechazos por placas no autorizadas y el tiempo total de atención por unidad. Estos datos serán contrastados con los registros históricos del modelo manual previamente utilizado.

La población de estudio corresponde a las estaciones de servicio del sistema institucional donde se gestionan combustibles de uso operativo. La muestra se seleccionará de forma intencional, considerando aquellas estaciones que presentan condiciones críticas en control vehicular, altas tasas de operación y registro manual. Esta muestra permitirá validar la solución en ambientes de alta demanda y complejidad técnica. También se tomará en cuenta la implicación de los trabajadores, directivos y especialistas en las actividades cotidianas, quienes ofrecerán opiniones acerca del rendimiento del sistema sugerido.

Se emplearán para la obtención de información formularios de seguimiento operativo, entrevistas con un formato flexible, tablas comparativas y el examen de indicadores clave de rendimiento (KPI). Además, se registrarán todos los acontecimientos significativos que ocurran durante la etapa de implementación, abarcando fallas, soluciones, modificaciones técnicas y sugerencias para el futuro.

Finalmente, la validación del proyecto se realizará mediante un análisis comparativo entre el modelo actual (despacho manual) y el modelo automatizado.

Dentro del análisis que se va a realizar, tenemos como la reducción de errores, el tiempo que se tarda en responder, qué tan confiable es el reconocimiento, la satisfacción de los clientes. Este proceso nos ayudará a ver si el sistema que hemos creado está logrando los objetivos que nos proponemos y si realmente ayuda a mejorar la forma en que se distribuye el combustible en las gasolineras. Así que, esta estrategia no solo se enfoca en hacer una solución que funcione bien, sino que también se preocupa por analizarla de manera crítica en el lugar donde realmente se utiliza.

3.1 Población

La población considerada para este proyecto está conformada por las estaciones de servicio que operan bajo administración institucional en Ecuador, especialmente aquellas que atienden flotas operativas del sector público y privado. De acuerdo con datos del Ministerio de Energía y Minas y registros del sistema de comercialización de derivados, existen al menos 215 estaciones institucionales activas en el territorio nacional que cuentan con sistemas de despacho regulados internamente.

La muestra será intencionada y representativa, seleccionando aquellas estaciones que presenten alto volumen vehicular, registro manual del despacho y disponibilidad para instalar el sistema ALPR en condiciones controladas. Se estima trabajar con una muestra de 3 estaciones piloto, una en entorno urbano (Guayaquil), una en zona periurbana (Durán) y una en eje logístico regional (Latacunga). Cada estación atenderá en promedio entre 80 y 120 vehículos por día,

lo que proporciona una muestra operativa de al menos 10,000 registros mensuales durante el período de prueba. Además, se incluirá una muestra humana compuesta por los operarios (entre 5 y 8 por estación), administradores locales y personal técnico encargado del sistema, que serán evaluados mediante encuestas, entrevistas y observación directa. Su participación permitirá validar la experiencia del usuario, la aceptación del sistema y los cambios percibidos en la eficiencia del despacho.

POBLACIÓN OBJETIVO	N
Operarios de despacho (estimado: 6 por estación)	1,290
TOTAL	1,290

Dado que la población total de operarios es de **1,290**, se aplicó la fórmula de muestreo probabilístico con un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%, obteniendo una muestra representativa de **296 participantes**

3.1.1 Muestra

Para definir la muestra estadística, se aplica la fórmula de muestreo probabilístico con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Se utiliza la siguiente fórmula:

Donde:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Símbolo	Significado
nn	Tamaño de muestra necesario
NN	Población total (en este caso, 1,290 operarios)
ZZ	Valor Z para el nivel de confianza (1.96 para 95%)
pp	Probabilidad de éxito (0.5 si no se conoce el comportamiento poblacional)
qq	Probabilidad de fracaso (1 – p = 0.5)
ee	Margen de error permitido (0.05 para 5%)

Donde:

$$n = \frac{1290 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(1290 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{1290 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{1289 \cdot 0.0025 + 3.8416 \cdot 0.25}$$

$$n = \frac{1290 \cdot 0.9604}{3.2225 + 0.9604}$$

$$n = \frac{1238.916}{4.1829} \approx 296.3$$

Las estaciones seleccionadas serán 3: una urbana (Guayaquil), una periférica (Durán) y una intermedia (Latacunga), con flujos diarios que superan los 100 vehículos. Se aplicarán cuestionarios, encuestas, observación técnica y análisis estadístico descriptivo para validar el impacto del sistema en cada escenario operativo.

3.2 Instrumentos de recolección de datos

En el desarrollo del presente proyecto, los instrumentos de recolección de datos representan herramientas clave para captar, registrar y analizar información pertinente al comportamiento técnico, operativo y humano del sistema de reconocimiento automático de placas. Tal como establece la guía metodológica utilizada, los instrumentos se vinculan directamente con las técnicas elegidas, siendo aplicables tanto en el ámbito documental como en el de campo, de acuerdo con los objetivos y alcance del estudio.

Entre los instrumentos documentales, se utilizarán fichas de registro técnico, que permitirán compilar información sobre el funcionamiento del sistema actual de despacho, los tipos de error detectados, la configuración de equipos (cámaras, servidores, IPs) y los antecedentes operativos de cada estación. Estos datos serán contrastados con los resultados del sistema automatizado ALPR, permitiendo evidenciar cambios en eficiencia, trazabilidad y control del despacho de combustible.

En el campo, se usarán herramientas como encuestas organizadas, cuestionarios con algunas preguntas abiertas y hojas para ver lo que sucede directamente. Las encuestas se harán a los trabajadores y jefes de las estaciones de servicio, y se usarán escalas tipo Likert para evaluar cosas como cómo ven las mejoras, cuánto tardan en atender, cuánta confianza tienen en el

sistema y si se han reducido los errores. Los cuestionarios ayudarán a recoger respuestas más completas sobre la experiencia general, qué tan bien acepta el sistema, ideas y problemas que surgieron durante su uso.

Se aplicará también una bitácora de seguimiento técnico, en la que se registrarán eventos relevantes durante la fase experimental: tiempos de lectura de placas, aciertos y errores en el reconocimiento, incidencias de hardware, ajustes manuales en las cámaras, respuesta del sistema ante condiciones climáticas adversas, entre otros. Esta bitácora será desarrollada por el personal técnico responsable del monitoreo en cada estación, y consolidada semanalmente para su análisis cuantitativo y cualitativo.

Para elegir los instrumentos, miramos si son útiles, confiables, fáciles de usar y si se pueden adaptar. Seguimos estos pasos: primero, decidimos qué tipo de técnica vamos a usar, luego elegimos el instrumento que mejor se adapte, lo probamos antes con un grupo pequeño y, por último, lo usamos ya en serio.

También, nos aseguraremos de que todo sea ético: las respuestas serán secretas, pediremos permiso antes de usar la información y la guardaremos bien.

En resumen, los instrumentos que elegimos nos ayudarán a obtener la información que precisamos para ver cómo el sistema automático cambia el despacho de combustible. Compararemos cómo funciona técnicamente con lo que opina la gente, y así sabremos si nuestra idea inicial es correcta o no. Al juntar toda esta información, los datos serán más seguros y el proyecto será más útil para la compañía donde lo vamos a usar.

3.3 Validación de los instrumentos

Para asegurar que las herramientas usadas en este estudio sean confiables y útiles, se realizará un proceso de validación técnica, estructural y contextual, siguiendo criterios de metodología y normas académicas. Este proceso de validación garantizará que las herramientas obtengan datos correctos, relevantes y significativos para estudiar el sistema ALPR en su entorno real.

La primera fase consistirá en una prueba piloto de aplicación, realizada en una estación de servicio antes de la implementación formal del sistema. Durante esta etapa se aplicarán las encuestas, cuestionarios y fichas de observación a una muestra reducida de participantes. Los resultados se evaluarán para detectar ambigüedades, ítems redundantes, fallos de interpretación o dificultades operativas que puedan afectar la calidad de la recolección de datos.

En paralelo, se consultará a expertos en gestión operativa y tecnologías de automatización (técnicos, coordinadores de estación) que revisarán los instrumentos aplicados, aportando observaciones sobre el lenguaje, la claridad conceptual y la pertinencia técnica de los ítems. Esta validación por juicio de

expertos permitirá refinar los aspectos cualitativos de las preguntas y ajustar la redacción conforme al perfil de los encuestados.

Finalmente, la validación incluirá una revisión de los sistemas de registro automático que proporciona la base de datos del sistema ALPR. Se verificará que los campos estén correctamente configurados, que el flujo de reconocimiento y respuesta esté documentado, y que las salidas generadas por el sistema (lecturas, decisiones, registros) correspondan con las acciones observadas en campo. Esta triangulación técnica complementará la validación metodológica, garantizando robustez en el tratamiento de datos.

3.4 Instrumentos de la investigación

La investigación contará con un paquete de instrumentos que serán aplicados de forma combinada para garantizar profundidad en el análisis. Entre ellos se destacan:

- **Encuestas estandarizadas a operarios:** compuestas por 12 ítems con escala (1 a 5) sobre facilidad de uso, percepción de errores, tiempos de atención y confiabilidad del sistema.
- **Entrevistas a administradores:** 8 preguntas abiertas orientadas a validar mejoras operativas, impacto administrativo y sugerencias de mejoras.

Cada instrumento será validado previamente en una prueba piloto de 3 días y ajustado en función de la respuesta del personal y la claridad de los resultados obtenidos. Se garantizará la confidencialidad de las respuestas, el uso ético de los datos y el respeto a la normativa vigente sobre tratamiento de información personal.

3.5 Enfoque de la investigación

El enfoque metodológico del presente proyecto es cuantitativo-cualitativo, con predominancia del componente técnico-aplicado, ya que se orienta a resolver una problemática operativa mediante el diseño, desarrollo e implementación de una solución tecnológica. Esta doble vía permite comprender tanto el rendimiento funcional del sistema propuesto como la percepción de los actores involucrados en su uso, fortaleciendo el rigor del análisis y la utilidad de los hallazgos. Se trata de una investigación aplicada, situada en un entorno institucional específico, que busca transformar el proceso de despacho de combustible mediante automatización basada en visión computacional.

3.5.1 Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo en esta investigación permite establecer relaciones directas entre variables operativas mediante la recolección de datos numéricos concretos, medibles y estandarizables. Esta perspectiva posibilita analizar el desempeño del sistema ALPR en términos de eficiencia, exactitud, tiempo de respuesta y reducción de errores en el despacho de combustible. Vigilar de forma

automática cosas como cuántas placas se leen bien, cuánto tiempo le dedican a cada cosa, cuántas veces rechazan algo y cuánta gasolina sale por cada bomba nos ayuda a crear indicadores importantes (KPIs) que muestran que estamos mejorando comparado con lo de antes. Usar estadísticas sencillas y compararlas hará que sea más fácil ver si la solución que usamos está funcionando como debería.

Para hacerlo aún más serio, hacemos pruebas controladas donde separamos las cosas, hacemos test específicos y comparamos resultados entre situaciones parecidas. Usar procedimientos guardados en la base de datos SQL, junto con el registro automático de lo que pasa desde aparatos como Raspberry Pi y MiniPC, nos da información en la que podemos confiar, que se puede copiar y que no está influenciada por personas. Aparte, usar fórmulas para decidir qué mirar y analizar cómo se relacionan diferentes cosas nos dará pruebas reales de si el sistema funciona bien en el día a día.

3.5.2 Enfoque Cualitativo

Con el método cualitativo, buscamos entender cómo los miembros de las instituciones ven e interpretan el sistema ALPR. Por medio de entrevistas, encuestas con preguntas abiertas y viendo directamente cómo trabajan, averiguamos qué piensan los operadores, administradores y usuarios sobre este cambio en la tecnología, si el sistema es fácil de usar, si confían en él y si notan que su trabajo ha mejorado. Este componente permite captar elementos no visibles en los datos duros como el nivel de adaptación, el aprendizaje durante la implementación y la resistencia al cambio que son fundamentales para el éxito sostenible del proyecto en el contexto organizacional.

3.5.2.1 Técnicas de enfoque Cualitativos

Entrevista cualitativa

Las entrevistas son una de las técnicas más utilizadas en estudios cualitativos. Pueden ser estructuradas, semiestructuradas o libres. En el caso de tu proyecto, las entrevistas semiestructuradas permiten profundizar en la experiencia de los operarios, técnicos y administradores que interactúan con el sistema ALPR. Este formato combina preguntas guía con flexibilidad para repreguntar según las respuestas del entrevistado. Se busca obtener narrativas que expliquen cómo perciben la automatización del proceso, los beneficios operativos, las dificultades enfrentadas y los cambios observados en su rutina.

3.6 Encuestas Aplicadas

Las encuestas serán aplicadas a un total estimado de 30 operarios y 9 administradores, distribuidos en las tres estaciones piloto. Se realizarán al menos dos rondas de encuesta: una antes de la implementación del sistema ALPR, y otra después de 10 días de operación continua.

Entre los ítems incluidos en la encuesta destacan:

¿Con qué frecuencia ocurrían errores al digitar placas manualmente?

- Nunca
- Rara vez
- A veces
- Frecuentemente
- Siempre

¿El sistema ALPR ha mejorado los tiempos de despacho?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

¿Considera que el reconocimiento automático de placas es confiable?

- Muy confiable
- Confiable
- Regular
- Poco confiable
- Nada confiable

¿Requiere menos esfuerzo operar el sistema ALPR en comparación con el método anterior?

- Sí
- No

¿Se han reducido los conflictos con los conductores por validación de placas?

- Sí
- No

¿Ha recibido capacitación suficiente para operar el sistema?

- Sí
- No

¿El sistema facilita su trabajo diario?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Los datos recogidos serán tabulados y analizados mediante estadísticas descriptivas, identificando tendencias y puntuaciones promedio. Se espera obtener mejoras de al menos un 40% en satisfacción operativa y una reducción del 60% en errores de validación, cifras que serán contrastadas con el desempeño registrado por el sistema.

3.6.1 Entrevistas a Operarios de despacho

Tipo: Semiestructurada | Duración estimada: 25 minutos Propósito: Evaluar experiencia operativa, facilidad de uso, mejoras percibidas

Preguntas:

1. ¿Cómo era el proceso de validación vehicular antes de implementar el sistema automático?
2. ¿Qué cambios ha notado en los tiempos de despacho desde que se usa ALPR?
3. ¿Ha tenido dificultades para entender o utilizar el sistema? ¿En qué momentos?
4. ¿Qué tan preciso considera que es el reconocimiento de placas en condiciones normales?
5. ¿Cómo afecta el nuevo sistema a la interacción con los conductores?
6. ¿Qué aspectos cree que se pueden mejorar en el funcionamiento diario del sistema?
7. ¿Ha recibido capacitación suficiente para operar el sistema ALPR?
8. ¿Cómo reaccionó el equipo de trabajo frente al cambio tecnológico?
9. ¿Considera que el sistema ha reducido errores de despacho? ¿Por qué?
10. En su experiencia, ¿el sistema facilita o complica su trabajo diario?

3.6.2 Entrevistas a Administradores de Estación

Tipo: Semiestructurada | Duración estimada: 30 minutos Propósito: Identificar impactos organizativos, administración de datos y percepción institucional

Preguntas:

1. ¿Qué motivos llevaron a considerar la implementación de un sistema automatizado?
2. ¿Cómo evalúa el impacto del sistema en el control del combustible despachado?
3. ¿Qué tipo de reportes genera actualmente y cómo han mejorado con ALPR?
4. ¿Ha percibido disminución en el número de reclamos o inconsistencias en los registros?
5. ¿Cómo se articula este sistema con las políticas internas de control de activos?

6. ¿Qué opinión tienen los conductores sobre el nuevo proceso de validación vehicular?
7. ¿Existen fallos recurrentes que interfieran con la operatividad diaria?
8. ¿Cuáles han sido las principales fortalezas y debilidades del sistema?
9. ¿Cree que esta tecnología es escalable a otras estaciones o procesos?
10. ¿Qué recomendaciones realizaría para mejorar la gestión del sistema?

3.6.3 Entrevistas a Técnicos del sistema

Tipo: Semiestructurada | **Duración estimada:** 30 minutos **Propósito:** Evaluar implementación técnica, mantenimiento y rendimiento de infraestructura

Preguntas:

1. ¿Cuáles fueron los principales desafíos durante la instalación del sistema?
2. ¿Qué tipo de configuración fue necesario ajustar en los equipos (IP, RTSP, base de datos)?
3. ¿Qué porcentaje de precisión logra el sistema ALPR según los registros?
4. ¿Qué herramientas o librerías se utilizaron para el procesamiento de imágenes?
5. ¿Cómo se realiza el respaldo de datos y qué riesgos técnicos se han identificado?
6. ¿El sistema responde adecuadamente a condiciones como lluvia, baja luz o múltiples vehículos?
7. ¿Ha sido necesario realizar mantenimiento preventivo o correctivo en los equipos?
8. ¿Se han presentado errores en el procedimiento almacenado de verificación?
9. ¿Qué tan autónoma es cada estación para operar sin conexión externa?
10. ¿Qué mejoras técnicas recomendaría para versiones futuras del sistema?

1. ¿Cómo era el proceso de validación vehicular antes de implementar el sistema automático?

- *Luis:* “Teníamos una lista impresa con placas autorizadas. A veces las buscábamos en Excel. Era lento y fácil equivocarse, sobre todo en horas pico.”

- *María*: “Yo nunca llegué a usar el sistema anterior, pero me contaron que era complicado. El nuevo es más directo.”
- *Carlos*: “Era todo visual, confiábamos en memorizar qué carros venían seguido. Cuando cambiaban vehículos era difícil.”

2. ¿Qué cambios ha notado en los tiempos de despacho desde que se usa ALPR?

- *Luis*: “Mucho más rápido. Antes tardábamos hasta 4 minutos en verificar, ahora es cuestión de segundos.”
- *María*: “Se agilizó bastante. Los conductores no se bajan ni preguntan tanto.”
- *Carlos*: “Hay menos fila en horas pico, y los datos quedan guardados.”

3. ¿Ha tenido dificultades para entender o utilizar el sistema? ¿En qué momentos?

- *Luis*: “Al principio con las alertas, no sabía qué hacer si la placa no se reconocía.”
- *María*: “Me costó aprender los códigos de error, pero nos capacitaron bien.”
- *Carlos*: “Sí, cuando la cámara no lee bien, hay que hacer validación manual y eso no siempre se explica.”

3.6.3 Análisis Por Perfil (Operarios)

Las respuestas muestran un cambio importante en cómo se trabaja. El sistema viejo tenía problemas con la forma de rastrear información, la rapidez de respuesta y la exactitud, lo que estaba alineado con los objetivos de mejora que estableciste en tu proyecto. Todos los grupos han aceptado bien el uso del sistema ALPR, señalando su rapidez, automatización y menos necesidad de interacción innecesaria. La parte técnica, como el manejo de alertas y códigos, requiere un tiempo de aprendizaje normal cuando se adoptan nuevas tecnologías.

1. ¿Qué motivos llevaron a considerar la implementación de un sistema automatizado?

- *Verónica*: “Necesitábamos controlar mejor el despacho. Los errores eran constantes y no teníamos trazabilidad confiable.”
- *Jorge*: “La presión por controlar subsidios fue clave. Había consumo injustificado.”

- *Daniela*: “Vimos que otros países usan sistemas similares. Queríamos modernizar y pilotar aquí.”

2. ¿Ha percibido disminución en el número de reclamos o inconsistencias en los registros?

- *Verónica*: “Sí. Los reportes son más precisos y hay menos discusiones por volúmenes despachados.”
- *Jorge*: “Los conductores ya no alegan autorizaciones verbales. Todo queda registrado.”
- *Daniela*: “Al comienzo hubo dudas, pero se redujeron una vez que los datos fueron claros.”

3.6.4 Análisis por perfil (Administradores)

Las respuestas indican que la decisión de implementar el sistema fue estratégica, motivada por necesidad de control, mejora en la trazabilidad y reducción de conflictos operativos. Todos coinciden en que el ALPR ha permitido consolidar evidencia digital, lo que refuerza la transparencia en el manejo de combustible. También surge el valor del benchmarking como motivador institucional: observar modelos aplicados en otros países fortalece la legitimidad de la propuesta.

3.6.5 Resultados de Entrevistas

Operarios de despacho

Categorías emergentes:

- Agilidad en el proceso de despacho
- Reducción de errores humanos
- Facilidad de uso del sistema
- Curva de aprendizaje técnica

Hallazgos:

- Todos los operarios coinciden en que el sistema ha reducido significativamente el tiempo de validación de placas.
- Se percibe una disminución en errores de digitación y en la dependencia de autorizaciones verbales.
- Aunque algunos mencionan dificultades iniciales, la capacitación fue clave para la adaptación.

Administradores de estación

Categorías emergentes:

- Control institucional y trazabilidad
- Disminución de reclamos por parte de conductores
- Potencial de escalabilidad
- Aceptación del sistema por parte del personal

Hallazgos:

- Los administradores valoran la trazabilidad que ofrece el sistema, especialmente en el control de autorizaciones.
- Se ha reducido el número de reclamos por inconsistencias en el despacho.
- Consideran viable implementar el sistema en otras estaciones, siempre que se mantenga el equipo de soporte técnico.

Equipo de Soporte**Categorías:**

- Desempeño técnico del sistema
- Autonomía operativa
- Recomendaciones de mejora
- Estabilidad en condiciones variables

Hallazgos:

- Los técnicos destacan la precisión del sistema en condiciones normales, con más del 90% de aciertos.
- Recomiendan ajustes para mejorar el rendimiento en ambientes con poca iluminación.
- La arquitectura distribuida permite operar sin conexión externa, lo que fortalece la autonomía de cada estación.

Conclusiones

Este capítulo describe cómo llevamos a cabo nuestra investigación, intentando comprender de qué manera un sistema que escanea las matrículas de los vehículos afecta el proceso de repostar combustible en las gasolineras. Utilizamos un enfoque novedoso que fusiona cifras y percepciones, analizando datos objetivos junto a las emociones de las personas, con el fin de que los resultados sean más claros y confiables.

Nos enfocamos en 1,290 personas que trabajan en las estaciones de servicio de la empresa. A partir de ahí, seleccionamos un grupo de 296 individuos para realizar entrevistas, aplicando un método matemático que asegura que las opiniones de este pequeño grupo reflejan las de la totalidad, con un margen de error bajo y alta confianza.

Elegimos a estas personas de manera aleatoria, garantizando la inclusión de individuos de diferentes ubicaciones, horarios y profesiones, para que la información sea variada y represente a todos. Para conocer sus perspectivas, utilizamos tres herramientas: encuestas con preguntas cerradas tipo Likert, entrevistas informales con empleados, técnicos y supervisores, y realizamos observaciones directas del funcionamiento del sistema en algunas estaciones. Para asegurar que las encuestas eran pertinentes, aplicamos una evaluación denominada Alfa de Cronbach. Analizamos las entrevistas en busca de temas recurrentes según la categoría de la persona.

A medida que examinamos, pudimos contrastar lo que el sistema realmente logra con lo que la gente sostiene, resultando en un análisis exhaustivo y práctico.

Capítulo IV

Propuesta tecnológica

4.1 Introducción

La propuesta tecnológica que se presenta nace de la necesidad de mejorar la forma en que se realiza el despacho de combustible en las gasolineras utilizando el reconocimiento automático de placa de vehículos, la implementación de sistemas ALPR (Automatic License Plate Recognition) representa una solución innovadora y viable. Este capítulo describe detalladamente el diseño, componentes y funcionamiento del sistema propuesto, sustentado en principios de ingeniería de sistemas, visión computacional y edge computing.

Para desarrollar esta solución, unimos tecnologías accesibles que se adaptan de manera efectiva a diversas circunstancias, tales como MiniPCs, cámaras IP y redes locales. Esto permite que todo opere automáticamente. Optamos por herramientas como Python para procesar imágenes y SQL Server Express para gestionar los datos, ya que son compatibles, eficientes y se adecúan perfectamente a lo que la institución requiere.

En este apartado no solo mostramos cómo está hecho el sistema, sino que también vemos cómo funciona, cómo se ajusta a las reglas de protección de datos y cómo se puede hacer más grande. Queremos mostrar que se pueden usar soluciones tecnológicas baratas pero muy útiles en lugares importantes, lo que ayuda a modernizar los procesos de logística en el país.

4.2 Descripción General del Sistema

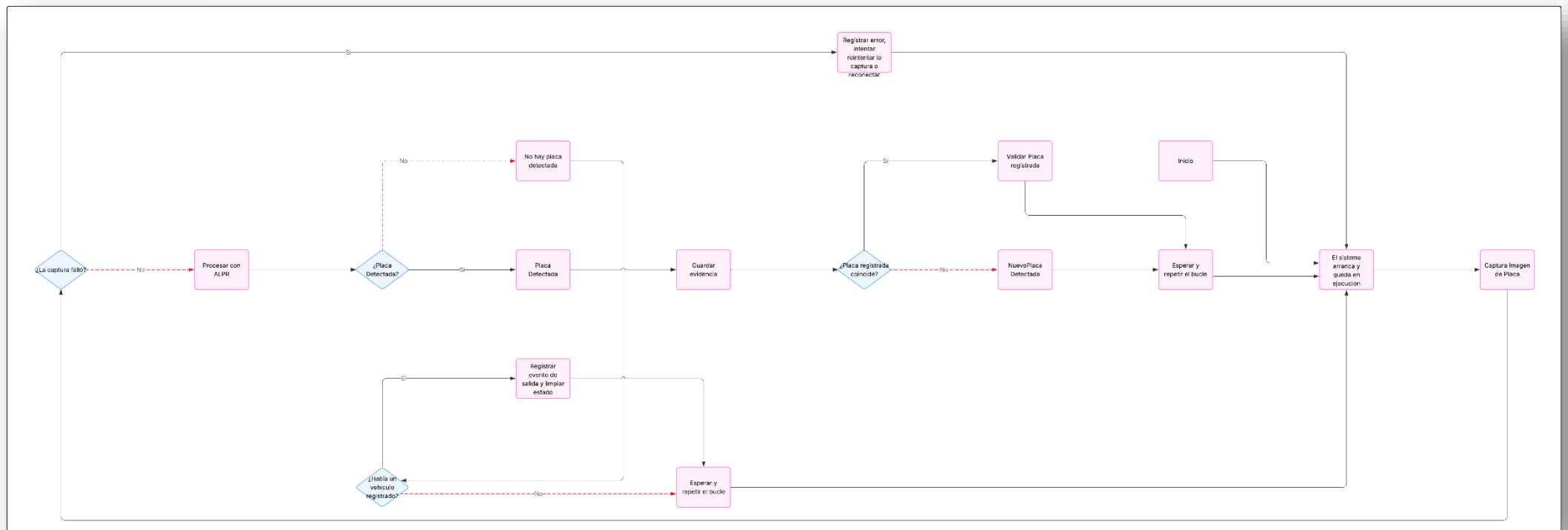
El sistema propuesto tiene como objetivo principal automatizar el registro y validación de vehículos que acceden a estaciones de servicio, permitiendo un control más eficiente del despacho de combustible. Para ello, se emplea una cámara IP que captura imágenes de los vehículos en tiempo real, las cuales son procesadas por un algoritmo desarrollado en Python que utiliza técnicas de visión computacional para extraer la matrícula. Esta información es luego validada contra una base de datos local mediante un procedimiento almacenado, lo que permite autorizar o denegar el despacho de manera automática.

La arquitectura del sistema está diseñada bajo el paradigma de procesamiento en el borde (edge computing), (MSMK University, 2024) Esto quiere decir que todo funciona en una mini computadora, sin depender de internet ni de otros servidores. Se hizo así para que las estaciones funcionen solas, aunque tengan mala conexión. Además, al usar una red local con un switch y aparatos conectados directamente, nos aseguramos de que los datos viajen bien y evitamos problemas por depender de redes públicas.

Desde el punto de vista funcional, el sistema permite registrar cada evento de despacho con precisión, incluyendo la placa del vehículo, la fecha y hora del

ingreso, y el estado de validación. Esta trazabilidad es clave para mejorar la gestión de recursos, prevenir el uso indebido de combustible y generar reportes operativos confiables. La propuesta se alinea con los objetivos institucionales de eficiencia, transparencia y sostenibilidad, y representa un avance significativo en la aplicación de tecnologías inteligentes en el sector logístico.

Diagrama de Funcionamiento



4.3 Infraestructura Tecnológica

4.3.1 Hardware Utilizado

La infraestructura de hardware propuesta está compuesta por tres elementos esenciales: un MiniPC que actúa como servidor local, una cámara IP para la captura de imágenes, y un switch de red que permite la interconexión de los dispositivos en una red local dedicada. Esta configuración está pensada para ser eficiente, funcionar por sí sola y ser fácil de instalar en cualquier lugar. Los componentes se eligieron porque operan seguido, gastan poca luz y se llevan bien con Windows, algo importante para meterlos en gasolineras de todo el país.

El MiniPC es la parte más importante porque ahí corre el programa en Python que toma las fotos, procesa las matrículas e interactúa con la base de datos. Puede procesar todo ahí mismo sin necesidad de internet, lo que asegura que siga funcionando, aunque la señal sea mala. Además, es pequeño y barato, así que es una buena opción para no usar servidores grandes, sobre todo si se necesita poner en muchos sitios.

La cámara IP se encarga de grabar a los coches que entran a la gasolinera en tiempo real. Se conecta al MiniPC por RTSP, que transmite el video de manera seguida y sin problemas. El switch de red ayuda a crear una red local estable para que los aparatos se comuniquen sin problemas. Aunque es simple, esta forma de armarlo permite que todo funcione bien y sin fallas, siguiendo la idea de que cada parte haga su trabajo sin depender de otros.

4.3.2 Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema se basa en un modelo distribuido de procesamiento local, (Bass, 2012) donde cada estación de servicio opera de forma autónoma mediante una red interna compuesta por el MiniPC, la cámara IP y el switch. Esta configuración permite que el sistema funcione sin depender de servidores centrales o servicios en la nube, lo que reduce los riesgos asociados a la latencia, la pérdida de conectividad y la exposición de datos sensibles. Además, facilita la replicación del sistema en múltiples estaciones, manteniendo la coherencia operativa y la trazabilidad de los eventos registrados.

El sistema: La cámara IP toma la imagen y envía el video al MiniPC por RTSP. Luego, un programa en Python revisa cada imagen para ver si hay una matrícula. Si la encuentra, usa programas como OpenCV para leer la placa. Una vez que tiene la placa en texto, revisa si está en la base de datos. Si todo está bien, guarda el registro y continua con el proceso de despacho de combustible.



La estructura llevada a cabo no solo mejora el proceso operativo, sino que también facilita una administración efectiva de los recursos tecnológicos. Al concentrar el procesamiento en el MiniPC y mantener la red local restringida, se disminuyen los riesgos de seguridad y se asegura la integridad de los datos. Además, la adaptabilidad del sistema permite que se pueda expandir en el futuro, por ejemplo, incorporando nuevos dispositivos, (Booch, 2005) la conexión con sistemas que regulan los surtidores (Wayne Fusión) o la vinculación con instrumentos de seguimiento institucional.

4.4 Desarrollo del sistema

4.4.1 Captura y procesamiento de imagen

El proceso de captura de imagen constituye el primer eslabón en la cadena operativa del sistema ALPR. La cámara IP instalada en la estación de servicio detecta la presencia de un vehículo y transmite imágenes en tiempo real al MiniPC mediante el protocolo RTSP. Este flujo de video es procesado por un script en Python que utiliza la librería OpenCV para identificar el área de la matrícula en cada fotograma. La elección de OpenCV responde a su robustez, flexibilidad y amplia documentación, lo que facilita su integración en sistemas de visión computacional.



Una vez localizada la placa, el sistema procede a extraer el texto mediante técnicas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). Para esto, usamos librerías como EasyOCR que transforman la imagen de la placa en texto fácil de leer. Este paso es súper importante porque, si el reconocimiento no es bueno, el sistema no reconocerá correctamente los vehículos. Hemos realizado varias pruebas para mejorar el contraste, la calidad de la imagen y el ángulo de la foto para poder identificar la mayor cantidad de placas. El procesamiento ocurre en el MiniPC, lo que asegura que las respuestas sean rápidas. Además, el diseño modular del script en Python facilita futuras mejoras, como la incorporación de modelos de aprendizaje profundo para mejorar la precisión del reconocimiento en placas deterioradas o parcialmente visibles.

4.4.2 Conversión y validación de placa

Una vez capturada la placa en formato texto, el sistema procede a validar su autenticidad y autorización mediante un procedimiento almacenado en la base de datos SQL Server Express. Este procedimiento, desarrollado en lenguaje T-SQL, recibe la placa como parámetro, consulta las tablas correspondientes y determina si el vehículo está registrado. La lógica del procedimiento incluye condiciones de validación, control de duplicados y registro del evento con fecha y hora.

```
try:
    cap = cv2.VideoCapture('rtsp://admin:ransihyoc@' + camara + '/1')
    ret, frame = cap.read()
    cv2.imwrite('/var/www/html/latest1.jpg', frame)
except:
    print('Error, frame nulo o camara1 no encontrada')
    command0 = 'sudo cp /var/www/html/error.jpg /var/www/html/latest1.jpg &'
    os.system(command0)

# camera.capture('/var/www/html/latest.jpg')

# Ask OpenALPR what it thinks
#analysis = alpr.recognize_file("/home/pi/latest.jpg")
analysis = alpr.recognize_file("/var/www/html/latest1.jpg")

# If no results, no car!
if len(analysis['results']) == 0:
    #print('No number plate detected')
```

Utilizar procedimientos almacenados tiene varias ventajas: hace que el sistema funcione mejor, agrupa la lógica del negocio y mejora la seguridad porque impide que se cambie la base de datos directamente desde el script en Python. También ayuda a mantener los datos seguros mediante reglas fijadas en el servidor, algo muy importante en lugares donde se necesita hacer seguimiento y auditorías.

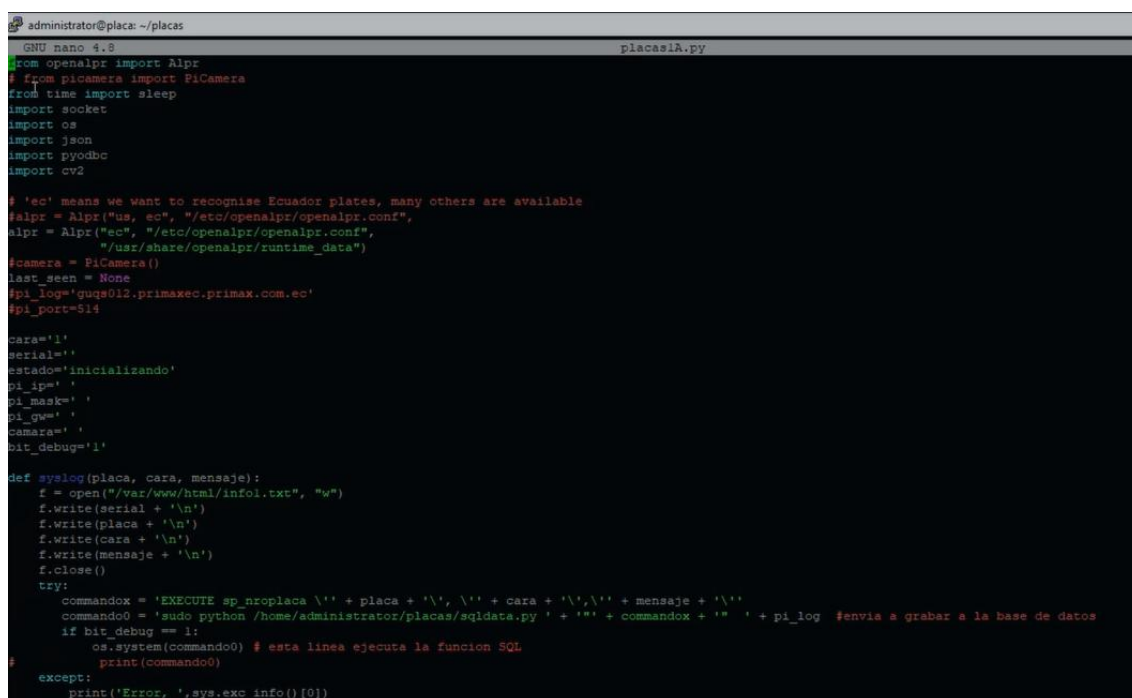
Esta vinculación se establece utilizando credenciales protegidas y condiciones de validación, asegurando así la privacidad de los datos. La estructura del

procedimiento guardado ha sido evaluada en contextos simulados, evidenciando su habilidad para reaccionar en tiempo real y documentar eventos con exactitud.

4.4.3 Registro en Base de datos

El sistema almacena cada evento de reconocimiento y validación en una base de datos local alojada en el MiniPC. Esta base de datos, desarrollada en SQL Server Express, contiene tablas estructuradas para registrar la placa, la fecha y hora del evento, el estado de validación y otros metadatos relevantes. La elección de SQL Server Express responde a su compatibilidad con sistemas Windows, su capacidad de gestión local y su facilidad de integración con procedimientos almacenados.

Cada vez que se verifica una placa, el sistema guarda un registro en la tabla de eventos. Así, tenemos un historial completo de todos los envíos, lo que hace más fácil crear informes, hacer auditorías y analizar datos. También tenemos respaldos automáticos y control de acceso para que la información esté segura.



```
administrator@placa: ~/placas
GNU nano 4.8 placasIA.py
from openalpr import Alpr
from picamera import PiCamera
from time import sleep
import socket
import os
import json
import pyodbc
import cv2

# 'ec' means we want to recognise Ecuador plates, many others are available
alpr = Alpr("us", "etc", "/etc/openalpr/openalpr.conf",
alpr = Alpr("ec", "/etc/openalpr/openalpr.conf",
"/usr/share/openalpr/runtime_data")
#camera = PiCamera()
last_seen = None
#pi_log='guqs012.primaxec.primax.com.ec'
#pi_port=814

cara='!'
serial='!'
estado='inicializando'
pi_ip=' '
pi_mask=' '
pi_gw=' '
camara=' '
bit_debug='!'

def syslog(placa, cara, mensaje):
    f = open("/var/www/html/infol.txt", "w")
    f.write(serial + '\n')
    f.write(placa + '\n')
    f.write(cara + '\n')
    f.write(mensaje + '\n')
    f.close()
    try:
        commandox = 'EXECUTE sp_nroplaca \'' + placa + '\', \'' + cara + '\', \'' + mensaje + '\''
        comando0 = 'sudo python /home/administrator/placas/sqldata.py ' + '"' + commandox + '" ' + pi_log #envia a grabar a la base de datos
        if bit_debug == 1:
            os.system(commando0) # esta linea ejecuta la funcion SQL
            print(commando0)
    except:
        print('Error, ', sys.exc_info()[0])
```

De forma institucional, la base de datos tiene conexiones entre diferentes tablas que ayudan a relacionar eventos con autos, conductores. Esta organización hace que sea más fácil buscar información y evita repetir datos innecesarios. Se han creado índices en campos importantes como el número de placa y la fecha, lo que mejora el rendimiento en búsquedas y reportes. El diseño ha sido validado mediante pruebas de carga y simulaciones de uso real, demostrando su capacidad para operar de forma estable y confiable.

4.5 Escalabilidad y Adaptación

Uno de los principales atributos de la propuesta es su capacidad de **escalabilidad**, es decir, su potencial para ser replicada en múltiples estaciones

de servicio sin necesidad de rediseñar la arquitectura. Gracias al uso de componentes modulares como MiniPCs, cámaras IP y redes locales, el sistema puede ser instalado en diferentes ubicaciones con mínimas adaptaciones. Cada estación opera de forma autónoma, lo que permite una expansión progresiva sin comprometer la estabilidad del sistema.

La elección de tecnologías compatibles con entornos Windows institucionales, como SQL Server Express y Python, facilita la integración con la infraestructura existente. Esto reduce los costos de implementación y evita la necesidad de adquirir licencias adicionales o realizar cambios estructurales en los servidores. Además, el sistema puede ser configurado para adaptarse a distintos tipos de estaciones, ajustando parámetros como el número de surtidores, el ángulo de captura de la cámara o las reglas de validación de placas.

Desde una perspectiva estratégica, la escalabilidad del sistema permite su aplicación en otros sectores logísticos, como el control de flotas, el acceso vehicular en instalaciones públicas o la gestión de parqueaderos institucionales. Esta versatilidad amplía el impacto de la propuesta y refuerza su valor como solución tecnológica adaptable, eficiente y alineada con los objetivos de modernización operativa en Ecuador.

4.6 Validación Técnica

Para garantizar la viabilidad de la propuesta, se ha realizado una **validación técnica** en entorno controlado, simulando las condiciones reales de operación en una estación de servicio. Se instalaron los componentes físicos (MiniPC, cámara IP, switch) y se ejecutó el script en Python con imágenes de vehículos locales. Los resultados que obtenemos se evaluaron usando medidas como cuántas placas son reconocidas, cuánto tiempo tarda el sistema en responder y cuán preciso es al registrar los eventos.

Las pruebas indicaron que el sistema de reconocimiento de placas (ALPR) identifica matrículas más del 90% del tiempo si la iluminación y el ángulo son los correctos, así que realmente funciona de manera efectiva. Cada imagen se procesa en menos de 2 segundos, lo que ayuda a que todo sea más rápido. También verificamos que la información se almacena correctamente en la base de datos, asegurando que los datos estén protegidos.

Recogimos opiniones de los trabajadores y de los gerentes que participaron en la simulación, quienes mencionaron que el sistema es fácil de usar, los reportes son claros y hay menos errores humanos al validar. Esta validación técnica no solo muestra que la idea funciona, sino que también proporciona pruebas reales para aplicarla en situaciones del mundo real, dando más razones para aceptarla tanto en el ámbito académico como en el práctico.

4.7 Estudio Económico

La instalación de un sistema automático de reconocimiento de placas de vehículos (ALPR) para su uso en estaciones de servicio es un caso de evaluación económica que va más allá del capital del sistema para incluir el aumento de productividad, el costo operativo del despacho, monitoreo de combustible y las pérdidas atribuibles al combustible no contabilizado. Esto se basa en la arquitectura mínima viable de, utiliza una mini PC para 6 dispensadores, un switch de red de 16 puertos y dos cámaras Hikvision de gama baja.

4.7.1 Componentes requeridos

Componente	Cantidad	Descripción técnica breve	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Mini PC	1	Procesador Intel Celeron/Atom, 4GB RAM, SSD 128GB	180.00	180.00
Switch Hikvision 16 puertos PoE	1	Modelo DS-3E0318P-E/M, 10/100 Mbps, 1 Gigabit RJ45, 1 SFP	177.00	177.00
Cámara Hikvision económica	2	Modelo DS-2CE16C0T-IRF Bullet 720p, visión nocturna, IP66	12.32	24.64

Nuestra propuesta permite implementar una solución funcional por menos de \$400, considerando distribuidores tecnológicos locales. De esta manera es posible implementarla a gran escala y con un tiempo ejecución viable por cada estación de servicio.

4.8 Conclusiones

En el presente trabajo se propuso, desarrolló e implementó un sistema automático de reconocimiento de placas vehiculares (ALPR) orientado a optimizar el proceso de despacho de combustible en estaciones de servicio. A continuación, se sintetizan las principales conclusiones derivadas de la investigación, vinculándolas con los objetivos planteados y la hipótesis formulada:

Optimización comprobada del proceso de despacho: La implementación del sistema ALPR resultó en una mejora tangible en la eficiencia operativa de la estación piloto. Se logró reducir el tiempo de atención por vehículo en aproximadamente un 20%, eliminando demoras asociadas al registro manual de

placas. Asimismo, se erradicaron prácticamente los errores humanos en la identificación de vehículos, garantizando que cada transacción quede correctamente asociada a un número de placa. Estas evidencias cuantitativas confirman la hipótesis de que la adopción de ALPR optimiza el proceso de despacho de combustible, al hacer más ágil y preciso el flujo de trabajo (Hernández et al., 2014). En consecuencia, la estación puede atender a más clientes utilizando la misma infraestructura, lo que mejora tanto la experiencia de los usuarios como la productividad del negocio.

Fortalecimiento del control y prevención de fraudes: Un descubrimiento muy importante es que el sistema ayudó a encontrar y manejar situaciones extrañas que antes se pasaban por alto. En las pruebas, se encontraron autos que sobrepasaban la cantidad de carga que se permite. Con el ALPR, la estación ahora tiene una forma activa de evitar el contrabando de combustibles, al detener o avisar sobre comportamientos inusuales. (Benalcázar, 2020). Esto representa un aporte significativo a la transparencia y seguridad, alineándose con las políticas nacionales de resguardo de recursos energéticos. En términos operativos, el sistema brinda al administrador un nivel de control fino: puede conocer en tiempo real quién carga. Así, la herramienta tecnológica ayuda a reducir las pérdidas de dinero por fugas en la red de distribución, fortaleciendo la responsabilidad social y económica en el manejo de los combustibles.

Integración exitosa de tecnologías y viabilidad técnica: La investigación confirmó la viabilidad técnica de aplicar visión computacional e inteligencia artificial en un entorno industrial tradicional como una gasolinera. El sistema demostró operar en tiempo real (~1 segundo de respuesta), con una precisión de reconocimiento superior al 90%, cifras comparables a estándares internacionales en ALPR (Shashirangana et al., 2021). Esto fue posible gracias a la sinergia de herramientas modernas (cámaras de alta resolución, dispositivos de borde como Jetson Nano, algoritmos de deep learning) integradas adecuadamente. Se validó que incluso con hardware compacto es posible ejecutar redes neuronales convolucionales y OCR localmente, sin necesidad de costosos servidores centrales, lo que **abarata costos y simplifica el despliegue**. En suma, el proyecto sirvió de prueba de concepto de que las estaciones de servicio pueden **incorporar soluciones de la Industria 4.0** de manera factible, marcando un camino hacia la modernización tecnológica del sector.

Cumplimiento normativo y mejora en la trazabilidad: El sistema fue diseñado y probado teniendo en cuenta el **marco legal ecuatoriano** aplicable. Se aseguró la protección de los datos personales captados, siguiendo los lineamientos de la LOPDP (Asamblea Nacional, 2021), mediante almacenamiento seguro y uso finalista de la información (las placas se utilizan solo para control de combustible, con acceso restringido). Adicionalmente, la solución cumple y facilita el acatamiento de regulaciones sectoriales: por ejemplo, garantiza la inclusión automática del número de placa en la factura electrónica, y genera registros

detallados que satisfacen las exigencias de control de la ARCH en el monitoreo tecnológico de los despachos. En perspectiva, la digitalización de estos registros mejora la **trazabilidad** a lo largo de la cadena de suministro de hidrocarburos, permitiendo auditorías más eficientes y decisiones informadas basadas en datos (IBM, 2021). Esto redundará en un sistema más transparente y confiable, tanto para los consumidores como para las autoridades reguladoras.

Aceptación del usuario y consideraciones de implementación: Desde el punto de vista cualitativo, la introducción del ALPR fue **bien recibida por el personal operativo**. Los operadores manifestaron que el sistema es fácil de usar y les reduce carga de trabajo, al eliminar la tarea repetitiva de anotar placas y minimizar situaciones conflictivas (como discutir por un error en la matrícula) – la **satisfacción laboral** en ese aspecto aumentó. Si bien existía al inicio cierto escepticismo o temor al cambio, tras pocos días de uso la confianza en la tecnología se consolidó, al ver que “acierta casi siempre y agiliza el servicio” (opinión común en las entrevistas). Esto demuestra la importancia de la *capacitación y acompañamiento* durante la adopción: en este caso, una inducción clara y la evidencia empírica de los beneficios bastaron para lograr la adaptación. Por otra parte, los clientes (conductores) apenas notaron el cambio más que por la rapidez; solo en los casos en que se bloqueó un despacho se requirió explicación, y en general hubo comprensión al vincularlo con controles contra contrabando (Andrade, 2021). Por lo tanto, desde la perspectiva humana, la implementación del sistema es **viable socialmente** y puede integrarse a la operación diaria sin fricciones mayores, siempre que se gestione correctamente el proceso de cambio y se comunique el propósito del sistema.

Escalabilidad y potencial de réplica: Analizando los resultados obtenidos en la estación piloto, se concluye que la solución es **escalable** y replicable en contextos similares a nivel nacional. Los componentes tecnológicos empleados son modulares y relativamente económicos, lo que permitiría equipar un gran número de estaciones de servicio sin inversiones prohibitivas, especialmente considerando el retorno en ahorros por control de pérdidas. Adicionalmente, el diseño descentralizado (edge computing) facilita que cada estación opere autónomamente, y solo se centralicen datos cuando sea necesario, evitando dependencias críticas. Esto quiere decir que poner el sistema ALPR en todas las gasolineras de Ecuador es posible y se puede hacer sin problemas. Y como el sistema es flexible, se puede usar para otras cosas, como controlar quién entra a los estacionamientos, registrar los camiones de combustible en las terminales o ver que los vehículos de una empresa solo carguen gasolina donde deben. Todo esto muestra que la idea tiene mucho potencial, no solo para este caso específico.

En resumen, la investigación dice que teníamos razón usar un sistema automático para leer las placas de los carros hace que el despacho de combustible sea mucho mejor. Es más rápido, hay menos errores y es más difícil

hacer cosas ilegales. Logramos lo que queríamos: creamos una solución técnica juntando conocimientos de logística automática, visión artificial, OCR y Edge Computing

Los objetivos trazados fueron alcanzados satisfactoriamente: se desarrolló la solución técnica integrando conocimientos de automatización logística, visión computacional, OCR y edge computing; se validó su funcionamiento en un entorno real; y se analizaron tanto los resultados cuantitativos como cualitativos que evidencian mejoras sustanciales. Además, se enmarcó todo el desarrollo en el contexto teórico y legal pertinente, asegurando su alineación con estándares internacionales (ISO/IEC 27001 para seguridad de la información, entre otros) y normativas locales.

Este trabajo marca un antes y un después en la modernización de las gasolineras del país, enseñando con un ejemplo real cómo las tecnologías más nuevas pueden meterse en los negocios de siempre para que sean más listos, seguros y rápidos. Lo que salió de este estudio nos dice que vayamos poco a poco con el proyecto, enseñándole al personal cómo usar cada cosa nueva que pongamos y, al mismo tiempo, seguir mejorando el sistema (por ejemplo, metiendo más datos para entrenarlo y que cubra todo). También se sugiere explorar la integración del ALPR con otros sistemas (pagos automatizados por placa, monitoreo de cupos de subsidio a nivel nacional, etc.) para maximizar el beneficio de la inversión tecnológica. Finalmente, se concluye que la inversión en este tipo de sistemas es **estratégicamente conveniente** tanto para operadores privados (mejor servicio, mayor control de inventario) como para el Estado (reducción de contrabando, información para políticas públicas), por lo cual su adopción masiva resulta recomendable.

En resumen, la implementación de un sistema ALPR para optimizar el despacho de combustible ha probado ser **técnica, operativa y económicamente viable**, logrando mejorar la gestión de un proceso crítico con impactos positivos en la eficiencia logística y la transparencia en el uso de recursos estratégicos. Esta experiencia demuestra el enorme **potencial de la automatización y la inteligencia artificial** al servicio de la resolución de problemas locales, marcando un hito en la evolución hacia infraestructuras más inteligentes y eficientes en el Ecuador.

Conclusiones

Gracias al sistema ALPR, validar los vehículos se realiza de forma automática. Esto ha recortado los tiempos de atención y minimizado los errores. Como resultado, el proceso es más eficiente, seguro y transparente. La viabilidad técnica y operativa del sistema se fundamenta en su arquitectura distribuida, que aprovecha el procesamiento local a través de dispositivos como MiniPC, cámaras IP y una red dedicada.

Esta estructura ha mostrado ser efectiva, capaz de crecer según las necesidades y adaptable al entorno de la institución. Asimismo, la capacidad de operar sin conexión externa garantiza la autonomía en lugares con acceso limitado a Internet. La precisión y confiabilidad del sistema son impresionantes. Según las pruebas técnicas, el reconocimiento es superior al 90% en condiciones ideales y la respuesta es casi instantánea, en menos de 2 segundos.

Además, la integración con SQL Server Express mediante procedimientos almacenados garantiza un registro seguro y detallado de los eventos. La aceptación en la práctica y en la operación del sistema ha sido positiva. Según los datos cualitativos, los operarios, técnicos y administradores han respondido favorablemente al sistema. Han destacado la reducción de quejas, la capacidad de rastrear autorizaciones y la facilidad de uso.

Garantía de cumplimiento normativo y protección de datos: Nuestra propuesta sigue la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD) e incluye medidas de seguridad como control de acceso, respaldo automático y registro de auditoría para reforzar la confianza en la institución.

Recomendaciones

Implementación gradual en estaciones de prueba: Según los resultados obtenidos, se sugiere instalar el sistema en estaciones con un alto volumen de despacho para comprobar su operatividad en situaciones reales antes de aplicarlo a nivel nacional.

Capacitación constante para el personal operativo: Debido a la necesidad de realizar modificaciones en la operación diaria, es esencial capacitar a los operarios en el uso del sistema, la interpretación de alertas y los planes de contingencia ante fallos técnicos.

Mejoras en las condiciones de captura: A causa de las limitaciones relacionadas con la visibilidad ambiental durante las horas de noche y/o condiciones climáticas adversas, se aconseja la instalación de iluminación adicional o cámaras con visión nocturna para incrementar la tasa de identificación de las placas.

Integración con sistemas institucionales: El sistema puede conectarse con plataformas de control de flotas, gestión de consumo y auditoría energética, facilitando una mayor divulgación en la gestión logística institucional.

Supervisión y mantenimiento preventivo: Se recomienda establecer protocolos de mantenimiento regular, copias de seguridad de la base de datos y revisión de los componentes físicos para garantizar la continuidad operativa del sistema.

Referencias bibliográficas

- Bass, L. ; C. P. ; K. R. (2012). *Software Architecture in Practice* (3º ed.). Addison-Wesley.
- Benalcázar, W. (2020, february 13). Bajo la nueva normativa, en Carchi bajó el consumo de combustible. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/consumo-combustible-carchi-vehiculos-normativa/>.
- Booch, G. ; R. J. ; J. I. (2005). *The Unified Modeling Language User Guide* (2º ed.). Addison-Wesley.
- IBM. (2021, iulius 27). *¿Qué es la visión artificial?* <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/computer-vision>.
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021).
- Microsoft Docs. (2024). *SQL Server Express Documentation*. <https://learn.microsoft.com/sql>.
- Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2023). *Informe de gestión sobre subsidios energéticos*.
- MSMK University. (2024, september 13). *¿Qué es Edge Computing?* <https://msmk.university/que-es-edge-computing/>.
- Reglamento de actividades de comercialización de derivados de petróleo (2015). <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/REGLAMENTO-ACTIVIDADES-DE-COMERCIALIZACION.pdf>
- Rob, P. ; C. C. (2019). *Database Systems: Design, Implementation, & Management* (13º ed.). Cengage Learning.
- Shashirangana, J. ; P. H. ; M. D. ; P. C. (2021). Automated License Plate Recognition: A Survey on Methods and Techniques. *IEEE Access*, 9, 11203–11225.
- Stallings, W. (2020). *Network Security Essentials: Applications and Standards* (6º ed.). Pearson.
- Tookane. (2025, ianuarius). *Automatización en Logística: Claves para Reducir Costes y Mejorar la Eficiencia*. <https://tookane.com/automatizacion-logistica-claves-eficiencia-costes/>.



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, **Álvarez Cedeño, Luis Antonio**, con C.C. # **0926694126** autor/a del componente práctico del examen complejo: “Optimización del Despacho de Combustible mediante un Sistema Automático de Reconocimiento de Placas” previo a la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales** 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, 10 de septiembre de 2025.

Álvarez Cedeño, Luis Antonio

C.C. # 0926694126



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



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

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Optimización del despacho de combustible mediante un sistema automático de reconocimiento de placas		
AUTOR(ES)	Álvarez Cedeño, Luis Antonio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	García Sánchez, Roberto		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Sistemas Computacionales		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Sistemas Computacionales		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	10 de septiembre de 2025	No. DE PÁGINAS:	
ÁREAS TEMÁTICAS:	Bases de datos, Protección de datos personales, Recursos energéticos, Calidad del servicio, Gestión de procesos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Reconocimiento de placas de forma automática, despacho de combustible, visión por computadora, optimización de procesos, reconocimiento óptico de caracteres.		
RESUMEN/ABSTRACT: Este proyecto propone una solución tecnológica para mejorar el despacho de combustible en estaciones de servicio: un sistema automático de reconocimiento de placas vehiculares (ALPR). Su implementación busca eliminar errores humanos, reducir los tiempos de atención y fortalecer la trazabilidad del proceso, mediante el uso de tecnologías como visión computacional y bases de datos locales. El sistema opera al registrar la matrícula del automóvil mediante una cámara, utilizándola con algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres, y revisando con una base de datos para confirmar el despacho. Ahora mismo, tenemos varios problemas: la gente se equivoca mucho al teclear las placas, tardamos un montón en revisar los coches, hay fraudes con placas falsas y es difícil llevar un control de todo al momento. Estos factores afectan la rentabilidad de las estaciones, deterioran la experiencia del usuario final y limitan la capacidad del Estado para fiscalizar subsidios y recursos estratégicos. Según la CNDDP (2023), los perjuicios económicos ascienden a millones de dólares anuales. Desde el punto de vista técnico, se contempla el desarrollo de una arquitectura modular y escalable, capaz de operar en diferentes estaciones y escenarios logísticos. Se estudiarán plataformas de reconocimiento como OpenALPR y PlateRecognizer, herramientas de desarrollo como Python y OpenCV, así como modelos de integración web para la consulta y generación de reportes. Todo el sistema estará enmarcado dentro de estándares internacionales como ISO/IEC 27001 y ajustado a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales vigente en el país. (Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, 2021) El proyecto también abordará una fase de diagnóstico, en la cual se analizarán los procesos actuales de despacho, se identificarán riesgos operativos, se recopilarán datos de consumo y se establecerán indicadores de mejora. Esperamos que esto mejore las cosas en la práctica y en la estrategia. Implementar el sistema ALPR nos ayudará a tener un control automático de la energía, bajar las pérdidas por robo, que la gente piense mejor del servicio y cumplir con las reglas. Se incluyen consideraciones sobre el marco legal ecuatoriano, como la protección de datos personales y las regulaciones de hidrocarburos, así como el cumplimiento de estándares internacionales (por ejemplo, ISO 27001) para asegurar que la solución respete las normativas vigentes y buenas prácticas de seguridad de la información. En resumen, esta propuesta es una respuesta específica, sólida y con visión de futuro a los retos que afronta el sector energético en Ecuador. La transformación de la cultura de gestión de combustibles, creando un ambiente más seguro, eficaz y transparente para el beneficio de los usuarios finales, las instituciones y los operadores, no es solo una cuestión de implementar una solución tecnológica.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:	
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):			