

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

CONTROL DE ACCESO CON RECONOCIMIENTO DE PATENTES (SMART ACCESS)

Trabajo de Titulación para optar al
Título Profesional de Ingeniero de
Ejecución en CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Gerson Alexis González Farias

Profesor Guía:

Mg. Víctor Cárdenas Schweiger.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: CONTROL DE ACCESO CON RECONOCIMIENTO DE PATENTES (SMART ACCESS)

Nombre del candidato(a): Gerson Alexis Gonzalez Farias.

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en control e instrumentación industrial.

Campus: José Miguel Carrera, Viña del mar. **Departamento:** Electrotecnia e Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Víctor Cárdenas Schweiger -----, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 19/01/2026

Firma: _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 18/01/2026

Firma: _____

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: ARDUINO, RFID RC522, CÁMARA, PATENTES.

En este trabajo de título, se llevará a cabo un análisis exhaustivo sobre la domótica, abarcando tanto su historia como su funcionamiento, así como su impacto en la vida contemporánea. La domótica, que se refiere a la automatización de la vivienda mediante dispositivos tecnológicos, ha transformado la forma en que interactuamos con nuestros hogares. A través de este trabajo, se expondrá la problemática que enfrentan los usuarios de estos sistemas, tales como la complejidad en su instalación, el costo de mantenimiento y la curva de aprendizaje asociada a su uso. Asimismo, se explorarán las diversas ventajas que ofrece la domótica, como la comodidad, la seguridad y la eficiencia energética, al tiempo que se presentarán ejemplos concretos de problemas relacionados, como la falta de interoperabilidad entre diferentes dispositivos.

Posteriormente, se propondrán varias alternativas de solución para mejorar la experiencia cotidiana del usuario, buscando simplificar su interacción con estos sistemas. De entre las opciones discutidas, se seleccionará una alternativa específica que se considere más adecuada para abordar la problemática identificada

Al final, se expondrán tanto el objetivo general como los específicos del proyecto, detallando el proceso de implementación y la integración de sus componentes, junto con una evaluación cualitativa, lo que permitirá definir el marco de trabajo y los resultados esperados. Este enfoque global no solo facilitará la comprensión del estado actual de la domótica, sino que también contribuirá al desarrollo de soluciones prácticas y accesibles que mejoren la vida cotidiana de los usuarios.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: INNOVACIÓN, AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y ELECTRÓNICA.	2
1. INNOVACIÓN, AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y ELECTRÓNICA	3
1.1. AUTOMATIZACIÓN	4
1.2. HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN	5
1.2.1. Protocolo de comunicación.	6
1.3 PROBLEMÁTICA	7
1.3.1. Posibles soluciones.	7
1.3.2. Portón con apertura a control remoto.	7
1.3.3. Acceso por llamada telefónica.	8
1.3.4. Control de acceso con lectura de patentes y RFID (Smart Access)	9
1.4 PROPUESTA ELEGIDA	11
1.5 COMPONENTES	13
1.5.1. Arduino Uno	13
1.5.2. PC Servidor	14
1.5.3. RFID RC522	15
1.5.4. Cámara web	16
1.6. OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
1.6.1. Objetivo general	17
1.6.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO 2: DESARROLLO, CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	18
2. DESARROLLO, CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO	19
2.1. FUNCIÓN Y CONEXIÓN DE COMPONENTES	19
2.1.1. Arduino con modulo RFRID RC322	20
2.1.2. Tabla de conexiones de Arduino.	21
2.1.3. Explicación de los pines.	22
2.1.4. Conexión de Arduino UNO y cámara web	22
2.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE.	23

2.2.1. Software para hardware	23
2.2.2. Microsoft Visual Studio 2010	25
2.2.3. Desarrollo de interfaz	26
2.3. DIAGRAMA Y CONEXIÓN	27
2.4. PUESTA A PRUEBA	28
2.4.1 Pruebas con el prototipo	29
CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DE PROYECTO	32
3. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DE PROYECTO.	33
3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	34
3.1.1. Accesibilidad y seguridad	35
3.1.2. Controlador	36
3.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES	37
3.2.1. Dependencia de las condiciones ambientales	37
3.2.2. Errores en el reconocimiento	38
3.3. SOLUCIÓN REAL	38
3.3.1. Confidex windshield tag	38
3.3.2. Impinj Speedway R420	40
3.3.3. Times-7 A6034	41
3.3.4. Daheng MER2-503-79U3M	43
3.4. IMPREVISTOS CON PROTOTIPO	44
3.5. COSTOS DE PROYECTOS	45
3.5.1. Valor Componentes y Proveedores del prototipo	46
3.5.2. Evaluación Mano de Obra	46
3.5.3 Materiales para instalar producto en terreno	49
3.5.4 Flujo de cajas de proyecto en terreno	49
3.6.5 Análisis de sensibilidad	52
CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO A: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASIC 2010	56
ANEXO B: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN ARDUINO IDE	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Protocolo de seguridad	6
Figura 1-2 Portón con apertura a control remoto	7
Figura 1-3 Portón con apertura de llamada telefónica	8
Figura 1-4 ACCESO CON RECONOCIMIENTO DE PATENTES (SMART ACCESS)	9
Figura 1-5 Diagrama en bloques	11
Figura 1-6 Arduino 1	11
Figura 1-7 servidor	12
Figura 1-8 Modulo RFID RC522	13
Figura 1-9 Cámara Web	14
Figura 2-1 Conexión de Arduino con RFID RC322	18
Figura 2-2 Vista principal del editor de códigos	21
Figura 2-3 consola de comandos	22
Figura 2-4 Desarrollo de interfaz	23
Figura 2-5 Diagrama de bloques	24
Figura 2-6 pruebas de lectura de RFID	25
Figura 2-7 pruebas de acceso	27
Figura 2-8 pruebas de acceso con el prototipo	28
Figura 2-8 pruebas de acceso con el prototipo	29
Figura 2-8 pruebas de acceso con el prototipo	29
Figura 3-1 Confidex Viking Active Tag	35
Figura 3-2 Impinj Speedway R42	35
Figura 3-3 Times-7 A6034	36
Figura 3-4 Vivotek IP9161-HP	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Comparativa de Sistemas de Control de Acceso Vehicular	11
Tabla 2-1 Resumen de pines	19
Tabla 3-1 puesta a prueba	33
Tabla 3-2 Confidex Windshield Tag	36
Tabla 3-3 características de Impinj Speedway R420	38
Tabla 3-4 Características de TIMES-7 A6034	41
Tabla 3-5 Daheng MER2-503-79U3M	42
Tabla 3-6 Valores y componentes del prototipo	42
Tabla 3-7 Sueldo promedio ingeniero en automatización y control industrial	44
Tabla 3-8 Costo Hora-Hombre de ingeniero en automatización y control industrial	45
Tabla 3-9 Costo de Materiales de construcción para inversión inicial	46
Tabla 3-10 Detalles de Valores de producto en terreno	47
Tabla 3-11 Flujo de caja de producto en terreno	48
Tabla 3-12 Supuestos del análisis	49
Tabla 3-13 Flujo neto mensual por escenarios.	49

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

CPU	: Unidad Central de Procesamiento.
IP	: Número que identifica de forma única a una interfaz en red.
UTFSM	: Universidad Técnica Federico Santa María.
X10	: protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos.
WWW	: Word Wide Web.
MISO	: Salida de datos del Esclavo y entrada al Máster.
MOSI	: Entrada en la interfaz SPI.
RST	: Reset
SDA	: Entrada de señal cuando la interfaz SPI está habilitada.
SCK	: señal de reloj de la interfaz SPI.
MP	: Mega pixel
CMOS	: Semiconductor Complementario de Óxido Metálico
g	: Gramo
W	: Unidad de medida de potencia
FPS	: Cuadros por segundo
HD	: Alta definición
UHF	: Frecuencia ultra alta
CLP	: peso chileno
SMA	: tipo de conector coaxial
dBm	: Unidad de medida de potencia
IP52	: Código de protección internacional
UV	: Radiación electromagnética
°C	: Grados Celsius
IVA	: Impuesto al valor agregado
MFRC522	: lector/escritor de tarjetas RFID
NXP	: Empresa multinacional de semiconductores
MHz	: Mega - Hertz

ISO	: International Organization for Standardization
DC	: Corriente continua
SPI	: Interfaz Serial Periférica.
I2C	: Inter-Integrated Circuit
UART	: Transmisor/Receptor Asíncrono Universal
PLC	: Controlador lógico Programable
IOT	: Internet de las cosas
IA	: Inteligencia Artificial
OCR	: Reconocimiento óptico de caracteres
RFID	: Identificación por radio frecuencia
PC	: Computadora personal
RAM	: Memoria de Acceso Aleatorio
RAID	: Conjunto Redundante de Discos Independientes/Baratos
4K	: Resolución de imagen/video
EPC	: Código Electrónico de Producto

B. SIMBOLOGÍA

A	: Amperio
AC	: Tipo de corriente
DC	: Tipo de corriente
GND	: Pin de tierra
Hz	: Hertz, unidad de medida de frecuencia.
HP	: Horse - Power (caballos de fuerza).
ms	: Milisegundos.
V	: Unidad de medida de voltaje.
W	: Watts.
Ω	: Ohm, unidad de medida de Resistencia eléctrica.
m	: Metro
Mm	: Mili-metro
Cm	: Centímetro
μm	: Micro-metro

INTRODUCCIÓN

La transmisión inalámbrica sirve para controlar las aplicaciones o sistemas sin necesidad de estar conectado directamente con el dispositivo a través de un cable. A menudo, estos sistemas inalámbricos se llevan a cabo por medio de algún dispositivo electrónico y permiten al usuario comunicar desde información, datos, hasta el control total de algún producto.

La domótica, concebida como un sistema de automatización electrónica, se presenta como una solución integral diseñada para facilitar una amplia variedad de tareas y quehaceres en espacios como el hogar, la oficina y otros entornos cotidianos. Este innovador sistema no solo permite gestionar funciones, sino que también contribuye a mejorar la seguridad mediante el uso de sensores y cámaras. Al integrar tecnología avanzada, la domótica busca optimizar la eficiencia y el confort.

El acceso controlado por patente se ha convertido en una solución esencial para la seguridad en diversas instalaciones, desde hogares hasta empresas y entidades gubernamentales. Este sistema utiliza dispositivos de reconocimiento de patentes de vehículos para permitir o restringir la entrada a áreas específicas, proporcionando un nivel adicional de seguridad y eficiencia en el control de accesos. La implementación de esta tecnología no solo mejora la vigilancia, sino que también optimiza la gestión del tráfico en las entradas y salidas, facilitando un flujo ordenado y seguro.

CAPÍTULO 1: INNOVACIÓN, AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y ELECTRÓNICA.

1. INNOVACIÓN, AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y ELECTRÓNICA

La innovación tecnológica ha revolucionado la forma en que interactuamos con el mundo, transformando diversos aspectos de nuestra vida diaria y fomentando el desarrollo de soluciones avanzadas que simplifican tareas cotidianas, optimizan procesos y elevan la eficiencia en múltiples sectores. En este sentido, la automatización se posiciona como un elemento clave, al sustituir actividades manuales con sistemas automáticos que no solo reducen el esfuerzo humano, sino que también incrementan significativamente la productividad y la precisión en los resultados.

En este panorama, la seguridad adquiere un papel esencial. La implementación de tecnologías avanzadas, como sofisticados sistemas de control de acceso, vigilancia inteligente y monitoreo continuo, no solo protege a las personas y los bienes materiales, sino que también genera confianza y tranquilidad en diversos entornos. Estas herramientas innovadoras contribuyen a minimizar riesgos y garantizar un entorno más seguro y confiable, adaptándose a las crecientes demandas de la sociedad actual.

La sinergia entre innovación, automatización y seguridad ha dado lugar a la creación de sistemas integrados más inteligentes y versátiles, diseñados para satisfacer una amplia gama de necesidades. Ya sea en hogares, empresas o entornos industriales, estos sistemas permiten optimizar operaciones, gestionar recursos de manera eficiente y ofrecer un nivel de seguridad más elevado gracias a funcionalidades como monitoreo en tiempo real, análisis predictivo y gestión avanzada de accesos. En definitiva, la convergencia de estos elementos no solo redefine estándares, sino que también impulsa mejoras significativas en la calidad de vida, brindando soluciones que protegen y optimizan lo que más valoramos en un mundo cada vez más conectado y exigente.

1.1. AUTOMATIZACIÓN

La automatización es el uso de tecnologías y sistemas para realizar tareas y procesos con mínima intervención humana. Su historia se remonta a la antigüedad, con la invención de herramientas simples y mecanismos como la rueda. Con la Revolución Industrial, la mecanización de procesos en fábricas revolucionó la producción, introduciendo maquinaria que mejoró la eficiencia.

A lo largo del siglo XX, el desarrollo de controladores lógicos programables (PLC) y robots industriales permitió una mayor flexibilidad y seguridad en el trabajo. En el siglo XXI, la automatización ha avanzado hacia sistemas integrados que utilizan inteligencia artificial y el Internet de las cosas (IOT), permitiendo la recolección de datos en tiempo real y decisiones automatizadas.

Hoy en día, la automatización no solo ha revolucionado los procesos industriales, sino que también ha encontrado su lugar en los hogares, gracias a la creciente adopción de la domótica. Esta tecnología permite controlar de manera remota y automática dispositivos como luces, electrodomésticos, sistemas de climatización y seguridad, brindando no solo mayor comodidad, sino también una gestión más eficiente de los recursos energéticos. Por ejemplo, es posible programar la iluminación para que se ajuste según la luz natural disponible o controlar la temperatura del hogar desde un dispositivo móvil, lo que se traduce en un ahorro energético significativo. Además de mejorar la calidad de vida en los hogares, la automatización está abriendo nuevas oportunidades en sectores como la salud, el transporte y la educación. en el hospital

En resumen, la automatización no solo está optimizando procesos y aumentando la productividad en diversos sectores, sino que también está fomentando un cambio profundo en la manera en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos con nuestro entorno. Este avance sigue impulsando la innovación, generando nuevas oportunidades y mejorando la calidad de vida de las personas en un mundo cada vez más.

1.2. HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN

La historia de la automatización se remonta a la antigüedad, cuando los seres humanos comenzaron a utilizar herramientas y mecanismos simples, como la rueda y poleas, para facilitar el trabajo. Durante la Edad Media, se desarrollaron autómatas y mecanismos de relojería más complejos.

La Revolución Industrial en el siglo XVIII marcó un hito, introduciendo maquinaria que mecanizó la producción en fábricas, aumentando la eficiencia con inventos como el telar mecánico y la máquina de vapor. En el siglo XX, la llegada de controladores lógicos programables (PLC) y la robótica revolucionaron la industria, permitiendo un control más preciso y la realización de tareas peligrosas por máquinas.

En el siglo XXI, la automatización ha dado un salto significativo con la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las cosas (IoT). Estas innovaciones no solo han mejorado la capacidad de recopilar y analizar grandes volúmenes de datos, sino que también han permitido una toma de decisiones más precisa y eficiente en tiempo real. Gracias a esta evolución, la automatización ha trascendido el ámbito industrial para integrarse de manera notable en nuestra vida cotidiana, con aplicaciones que van desde la optimización de procesos productivos hasta la implementación de sistemas de domótica en el cerdo.

En la industria, estas tecnologías están revolucionando la fabricación, la logística y el mantenimiento predictivo, incrementando la eficiencia operativa y reduciendo costos. En el hogar, los sistemas de domótica permiten controlar dispositivos inteligentes, como luces, termostatos y electrodomésticos, desde cualquier lugar, ofreciendo mayor comodidad, ahorro energético y seguridad. En conjunto, la automatización está transformando nuestra manera de vivir, trabajar e interactuar con el entorno, marcando el camino hacia un futuro más conectado y sostenible.

1.2.1. Protocolo de comunicación.

Un protocolo de seguridad es un conjunto de reglas y procedimientos que protegen la información y los recursos de una organización. Incluye control de acceso, autenticación de usuarios, encriptación de datos, capacitación del personal, monitoreo de sistemas y planes de respuesta ante incidentes. Su objetivo es garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información, esto se puede apreciar en la figura 1-1. Los protocolos de comunicación UART, I2C y SPI permiten el intercambio de datos entre microcontroladores y periféricos, diferenciándose principalmente en su velocidad, complejidad y número de conexiones. UART es una comunicación asíncrona punto a punto que utiliza solo dos líneas (TX y RX), ideal por su simplicidad, pero limitada a dos dispositivos. I2C, en cambio, es un protocolo síncrono que emplea dos líneas (SDA y SCL) para conectar múltiples dispositivos mediante direcciones únicas, siendo muy útil para sensores o módulos de baja velocidad. Por su parte, SPI también es síncrono y destaca por su alta velocidad de transmisión, utilizando cuatro líneas principales (MISO, MOSI, SCK y SS), lo que lo hace adecuado para dispositivos que requieren transferencias rápidas de datos, como memorias o módulos RFID



Fuente: <https://colsalle.edu.co/WEB/images/Institucion/proteccion-datos/proteccion-de-datos.png>

Figura 1-1 Protocolo de seguridad

1.3 PROBLEMÁTICA

Muchos recintos presentan problemas para controlar el acceso vehicular de forma segura y eficiente. Los métodos tradicionales, como tarjetas o controles remotos, son lentos, poco confiables y dependen de intervención humana. Además, la falta de integración entre la lectura de patentes y la tecnología RFID dificulta el registro y la trazabilidad de los vehículos. Por ello, se plantea desarrollar un sistema automatizado que combine reconocimiento de patentes y RFID, permitiendo un acceso rápido, seguro y con gestión centralizada de la información.

1.3.1. Posibles soluciones.

La importancia que ha tenido la domótica y el impacto que ha provocado en el hombre ha sido significativo de tal manera que se inventó y se quedó, modernizando a diario, de esta manera este sistema facilita la vida del hombre a tan solo un clic de distancia por lo que se ha vuelto una pieza fundamental y muy codiciada cada día más. Muchas empresas se dedican a crear diversos productos en el mercado dejando la vara alta, por lo que las competencias a diario deben ir modernizando sus productos. A continuación, presentará algunas posibles soluciones para facilitar de la vida del hombre.

1.3.2. Portón con apertura a control remoto.

Surge como una propuesta innovadora para abordar una problemática específica, y, como su nombre lo indica, la automatización de portones representa una mejora significativa en términos de comodidad y seguridad para los usuarios. Estos sistemas están diseñados para permitir la apertura y cierre del portón de manera remota, utilizando dispositivos como controles remotos o aplicaciones móviles, eliminando la necesidad de salir del vehículo, lo cual resulta especialmente práctico en condiciones climáticas adversas o en situaciones de riesgo.

Además de brindar comodidad, estos sistemas también refuerzan la seguridad, ya que reducen la exposición de los usuarios al momento de ingresar o salir de una propiedad, minimizando el tiempo que permanecen vulnerables. Asimismo, contribuyen a la protección de las propiedades al incorporar características adicionales, como sensores de movimiento, bloqueos automáticos y notificaciones en tiempo real.

En resumen, el acceso controlado de forma remota no solo facilita el uso diario, sino que también proporciona una capa extra de protección, tal como se ilustra en la figura 1-2.



Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_804211-MLA27154402220_042018-O.webp

Figura 1-2 Portón con apertura a control remoto.

1.3.3. Acceso por llamada telefónica.

Los portones controlados por llamada telefónica son sistemas automatizados que facilitan el acceso a propiedades mediante una simple llamada. Estos dispositivos se conectan a la red eléctrica y al mecanismo del portón. Al recibir una llamada de un visitante, el sistema identifica el número y, si está autorizado, activa la apertura del portón, eliminando la necesidad de controles remotos o llaves físicas.

Además, pueden incluir características de seguridad como la programación de números autorizados y el registro de llamadas, lo que ayuda en el control de acceso. Su instalación es sencilla, ya que no requiere modificaciones en el portón existente, lo que los hace atractivos para propietarios residenciales y comerciales.

En resumen, estos portones ofrecen una solución práctica y segura para gestionar el acceso, combinando conveniencia y seguridad en un formato moderno y eficaz, así como lo representa la figura 1-3.



Fuente: <https://www.porton.cl/wp-content/uploads/2021/01/apertura-por-celular.jpg>

Figura 1-3 Portón con apertura de llamada telefónica.

1.3.4. Control de acceso con lectura de patentes y RFID (Smart Access)

El control de acceso con reconocimiento de placa patente es un sistema automatizado que gestiona la entrada de vehículos mediante la identificación de matrículas. Utiliza cámaras y un software de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para identificar placas patentes en tiempo real y puede programarse con una lista de placas autorizadas. Si una matrícula es reconocida, el sistema activa automáticamente el portón sin intervención manual. Además, mantiene un registro de entradas y salidas, lo que mejora la seguridad y la gestión. Este sistema también puede integrarse con otras soluciones de seguridad, como alarmas y cámaras de vigilancia, ofreciendo una gestión de acceso integral. Además, a este sistema se le implementará una doble verificación de identidad utilizando tecnología de radio

frecuencias (RFID). Esta tecnología permite identificar y rastrear objetos, personas o animales mediante el uso de etiquetas electrónicas conocidas como tags.

Estas etiquetas contienen información que puede ser capturada por un dispositivo llamado lector o interrogador, sin necesidad de contacto físico ni de una línea de visión directa. El sistema RFID incluye etiquetas, un lector equipado con una antena para transmitir y recibir señales, y un software que gestiona los datos recolectados.

En este caso se utilizará para que el usuario registrado en la base de datos con su patente vehicular pueda además verificar su ingreso con el sistema RFID, permitiendo así su ingreso una vez validado estos controles de acceso, de lo contrario no podrá acceder, tal como se ilustra en la figura 1-4.



Fuente: <https://www.biokommunity.cl/undostres/wp-content/uploads/2016/05/control-de-acceso-vehicular-con-lectura-de-patente.jpg>

Figura 1-4 Acceso con reconocimiento de patentes (Smart Access)

1.4 PROPUESTA ELEGIDA

Para poder escoger una alternativa objetivamente, se debe tener en cuenta que cada propuesta tiene sus ventajas y desventajas.

La primera alternativa sería una buena opción para revolucionar y causar un impacto en la domótica, a pesar de que consta de una estructura común y corriente, cuenta con una tecnológica innovadora, pero con ciertas desventajas como la limitación a distancia lo que tendría un poco de complicaciones para el usuario, a pesar de que cumple casi la misma función que la segunda propuesta pues no lo hace del todo conveniente. Ambas soluciones constan prácticamente de los mismos materiales electrónicos, aunque cambian en el sistema de conexión inalámbrica. La gran desventaja de este proyecto es que debe permanecer en un radio muy cercano al receptor y si se quiere implementar para algún centro industrial o de mayor flujo y mayor cantidad de usuarios, se requiere una gran cantidad de controles lo que lo hace menos conveniente en cuanto a costos.

La segunda propuesta, es una buena opción e innovadora en general, ya que sería un Instrumento inalámbrico de gran alcance para su usuario ya que además de tener un sistema de control a distancia a través de un smartphone, pero carece de seguridad ya que cualquier usuario puede tomar un equipo y realizar una llamada para que pueda acceder cualquier vehículo.

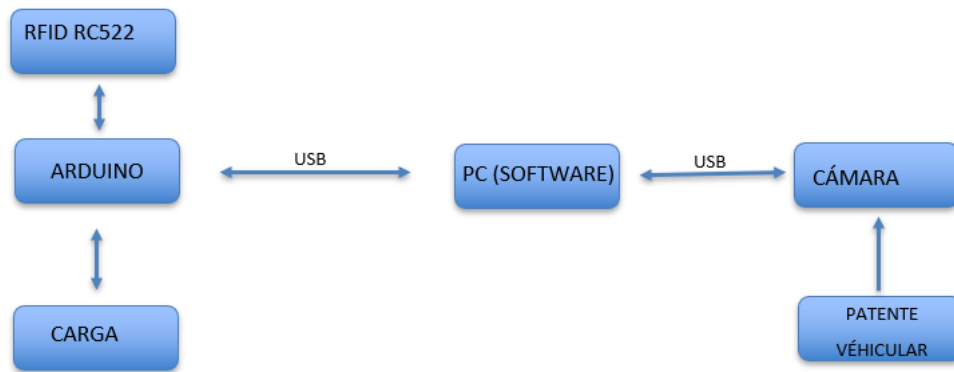
La tercera propuesta, mantiene un ideal innovador pensado en usuarios transversales, ya que se puede usar tanto en área domótica y también industrial, esta posee un mayor campo de seguridad por lo que la convierte en una alternativa tentadora y bastante versátil, posee mejor tecnología implementando IA OCR y RFID lo cual facilita bastante el uso para sus usuarios

La propuesta elegida para abordar la problemática y el tema en particular fue la expuesta en el punto 1.3.4, gracias a su completa función y su amplio radio de control que posee a distancia desde un lugar determinado, aunque ambas soluciones tienen el mismo objetivo, la mencionada cuenta con mayores ventajas y contempla una tecnología más avanzada. Se ha elaborado una tabla comparativa en la cual se aprecian diferentes puntos a considerar para poder escoger la solución más eficaz a la problemática, tal como se ilustra en la tabla 1-1. Además, para entender su funcionamiento, se elaboró un diagrama en bloques el cual representa gráficamente el comportamiento, tal como muestra la figura 1-5.

Tabla 1-1 Tabla Comparativa de Sistemas de Control de Acceso Vehicular

Aspecto	Control remoto	Llamada telefónica	Smart Access (Patente + RFID)
Modo de acceso	Control remoto / app móvil	Llamada desde número autorizado	Lectura automática de patente + verificación RFID
Interacción del usuario	Pulsar botón del control o app	Realizar una llamada desde celular autorizado	No requiere acción del usuario (acceso automatizado)
Seguridad	Media: depende del control o app	Media-Alta: verificación por número autorizado	Alta: doble verificación (patente y tag RFID)
Tecnología involucrada	Receptor remoto, app móvil, motor eléctrico	Módulo GSM/GPRS, verificación de número	Cámaras OCR, lector RFID, base de datos, software de control
Instalación	Requiere automatización del portón	Sencilla, sin modificar el portón	Compleja: requiere instalación de cámaras, lectores RFID y sistema de gestión
Registro de accesos	No	Sí (registro de llamadas)	Sí (registro de patente + RFID, con fecha y hora)
Costo	Bajo a medio	Medio	Alto (inversión en hardware y software)
Comodidad del usuario	Alta	Alta	Muy alta (acceso automático sin intervención)
Requiere internet o red móvil	No (a menos que use app móvil)	Sí (para llamada GSM)	Puede requerir red para gestión de datos y actualizaciones
Condiciones climáticas	Ideal en climas adversos (sin bajar del vehículo)	Ideal (solo se requiere el celular)	Ideal (acceso automatizado sin exposición del usuario)
Aplicación ideal	Residencial, pequeños negocios	Residencial, condominios, oficinas	Empresas, estacionamientos inteligentes, condominios con alto flujo

Fuente: [Elaboración propia](#).



Fuente: *Elaboración propia.*
 Figura 1-5 Diagrama en bloques

1.5 COMPONENTES

Para conformar las distintas partes del proyecto y tener un óptimo resultado con el sistema de ventilación, se utilizarán variados componentes electrónicos. Estos tendrán su función específica para desarrollar la automatización y control a distancia con el proyecto escogido. Entre los principales componentes electrónicos tenemos los mencionados en la siguiente lista.

1.5.1. Arduino Uno

Arduino UNO R3 es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector Jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio. Tiene toda la electrónica necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB o con un conversor AC-DC, dispositivo que representa la figura 1-6.



Fuente: <https://arduino.cl/arduino-uno/>
 Figura 1-6 Arduino Uno R3

1.5.2. PC Servidor

Un PC servidor es una computadora especialmente diseñada para gestionar, coordinar y proporcionar servicios a otros dispositivos conectados en una red. A diferencia de un PC personal, un servidor está equipado con hardware más potente, como procesadores de alto rendimiento, mayor capacidad de memoria RAM y almacenamiento optimizado, lo que le permite manejar múltiples tareas simultáneamente. Además, utiliza sistemas operativos específicos como Windows Server, Linux o UNIX, diseñados para maximizar la eficiencia y estabilidad en entornos de red, y ofrece características avanzadas en términos de seguridad y redundancia, como sistemas RAID y Fuentes de alimentación redundantes.

Entre sus funciones más comunes destacan el almacenamiento centralizado de archivos, el hospedaje de aplicaciones empresariales, la gestión de bases de datos, la administración de correo electrónico y el control de accesos en la red. También es clave en la implementación de servicios en la nube y la virtualización, lo que permite a las empresas optimizar recursos y reducir costos. En resumen, un PC servidor es una herramienta esencial en entornos empresariales, ya que no solo facilita la conectividad y el acceso a recursos compartidos, sino que también asegura el funcionamiento eficiente y seguro de las operaciones diarias, tal como se ilustra en la figura 1-7.



Fuente: <https://p2-ofp.static.pub/ShareResource/we/landing-pages/images/servers/lenovo-servers-products-edge.png>

Figura 1-7 servidor

1.5.3. RFID RC522

El RFID RC522 es un módulo económico diseñado para la lectura y escritura de etiquetas o tarjetas mediante tecnología RFID, basado en el chip MFRC522 de NXP Semiconductores. Opera a una frecuencia de 13.56 MHz y es compatible con etiquetas MIFARE y otros estándares ISO 14443A. Su alcance de lectura varía entre 2 y 5 cm, dependiendo de la antena y la etiqueta utilizadas, y funciona a 3.3V DC, aunque puede adaptarse a microcontroladores de 5V mediante un divisor de voltaje. El módulo cuenta con una antena integrada, pines de conexión para dispositivos como Arduino, Raspberry Pi o ESP32, y soporta interfaces de comunicación SPI, I2C y UART. Es ideal para aplicaciones como control de acceso, identificación, automatización y proyectos educativos, destacándose por su bajo costo y facilidad de implementación, aunque su alcance limitado y la sensibilidad a interferencias pueden ser desventajas en ciertos entornos, tal como se ilustra en la figura 1-8.



Fuente: <https://afel.cl/cdn/shop/files/rfid.jpg?v=1720903617&width=493>

Figura 1-8 Modulo RFID RC522

1.5.4. Cámara web

Una cámara web es un dispositivo de captura de video y fotografías que se conecta a una computadora, ya sea de manera externa o integrada, para transmitir imágenes en tiempo real. Se utiliza principalmente para videollamadas, videoconferencias, transmisiones en vivo y otras aplicaciones en línea. Estas cámaras pueden tener diversas resoluciones, desde HD hasta 4K, y suelen contar con micrófonos incorporados para capturar audio. Son compatibles con programas como Zoom, Skype y plataformas de streaming como YouTube. Su capacidad para facilitar la comunicación visual la convierte en una herramienta clave en la educación, el trabajo remoto, el entretenimiento y la seguridad, tal como se ilustra en la figura 1-9.



Fuente: <https://definicion.de/wp-content/uploads/2016/06/camara-web.jpg>

Figura 1-9. Cámara Web.

1.6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Este proyecto fue pensado y abordado tras una problemática general la cual contiene diversos objetivos, a continuación, se procede a exponer aquellos objetivos como el principal y específicos del mismo.

1.6.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de Control de acceso con dos métodos seguridad, incluyendo lectura de patentes y radio frecuencia.

1.6.2. Objetivos específicos

- Simular un sistema de control de acceso.
- Exponer casos ejemplificadores de las dificultades de usuarios para ingresar a un recinto determinado con vehículo.
- Buscar posibles soluciones tecnológicas a la problemática general para facilitar la accesibilidad a sus usuarios.
- Evaluar los costos de solución.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO, CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

2. DESARROLLO, CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo podrán ser vistas las conexiones de cada componente, así como también su función específica en el desarrollo de la solución escogida con respecto a la problemática.

Esta parte del informe estará dividida en dos ítems. El primero será el prototipo, en el que se presentarán los componentes junto con su ubicación física y su función en dicho prototipo, además de algunas consideraciones para la aplicación de la idea a un prototipo funcional. Posteriormente se encontrará el ítem de programación y software. Aquí se incluirá todo lo referente al código de programación que será ejecutado. Dicho código podrá ser encontrado en la sección de anexos de este trabajo.

2.1. FUNCIÓN Y CONEXIÓN DE COMPONENTES

Para el desarrollo de un prototipo funcional que pueda demostrar la idea de la propuesta escogida, se utilizaron los componentes mostrados en la parte final del primer capítulo.

Dichos componentes requieren de algunas adaptaciones para ser montados y así cumplir su cometido y aportar al correcto funcionamiento de dicho prototipo. Las adaptaciones en este caso no fueron más que modificaciones de cableado, ya que algunos, como por ejemplo el sensor y componentes electrónicos, poseen pines cortos por default. Esto con el fin de lograr la conexión entre el componente de interés y la placa de desarrollo que lo controla.

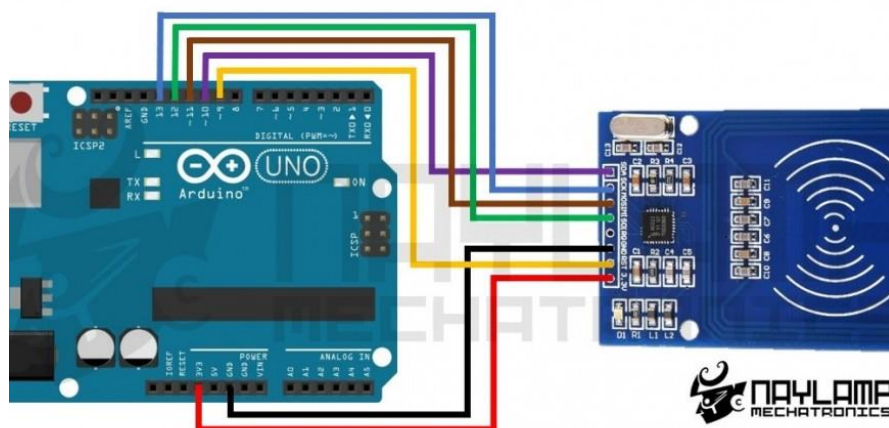
Para conocer la funcionalidad y comprender el comportamiento del proyecto domótico de la propuesta escogida, es necesario relacionar y enlazar diversos dispositivos físicos, por lo que a continuación se explicará una reseña y se mostrará un diagrama de bloques para comprender todo a grandes rasgos.

2.1.1. Arduino con módulo RFRID RC322

Para comenzar con el desarrollo del sistema, el primer paso consiste en establecer la conexión entre el módulo RFID RC322 y la placa Arduino. Esta conexión debe realizarse cuidadosamente, siguiendo una serie de instrucciones y asignaciones de pines específicas que aseguren el funcionamiento correcto y estable del hardware. El cumplimiento preciso de este paso es fundamental, ya que cualquier error en el cableado podría impedir la comunicación adecuada entre los dispositivos.

Una vez conectado el módulo, será posible detectar y leer tanto tags como tarjetas RFID. Estos elementos estarán previamente registrados y asociados en una base de datos, y su lectura permitirá llevar a cabo un proceso de verificación dentro del software que se implementará más adelante. Este software se encargará de validar la información recibida y tomar decisiones según la autorización correspondiente.

Es importante aclarar que esta etapa inicial se limita exclusivamente a la conexión física entre el Arduino y el módulo RFID RC322. No involucra aún la programación o procesamiento lógico de los datos, sino que se enfoca únicamente en establecer el enlace eléctrico y funcional necesario, tal como se ilustra en la figura 2-1, que representa el diagrama de conexión entre ambos dispositivos.



Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/22_tutorial-modulo-lector-rfid-rc522.html

Figura 2-1 Conexión de Arduino con RFID RC322

2.1.2. Tabla de conexiones de Arduino.

En este ítem se detallará la conexión entre la tarjeta de desarrollo Arduino y el módulo RFID RC522, un dispositivo ampliamente utilizado para la lectura y escritura de datos en tarjetas RFID, que funcionan sin contacto físico. El módulo RC522 opera a través de la interfaz de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface), lo que permite establecer una comunicación rápida y eficiente entre el Arduino y el lector RFID. La tecnología RFID se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones como es el sistema de control de acceso

Para establecer la conexión adecuada entre el Arduino y el módulo RC522, es fundamental realizar las conexiones de pines de manera correcta. En la tabla 2-1 se proporcionan los detalles exactos de cómo conectar cada pin del módulo RFID RC522 con el Arduino, asegurando que el sistema funcione correctamente. Esta tabla de conexiones es esencial para garantizar que el Arduino pueda leer la información almacenada en las tarjetas RFID.

Tabla 2-1 Resumen de pines

ARDUINO UNO	RFID RC522
SDA	10
SCK	13
MOSI	11
MISO	12
GND	GND
RST	9
3.3V [DC]	3.3V [DC]

Fuente: *Elaboración propia basado en hoja de dato*

2.1.3. Explicación de los pines.

SDA (Pin 10): Es el pin de selección del chip (SS) que controla la comunicación SPI.

SCK (Pin 13): Reloj serial para sincronizar la transferencia de datos.

MOSI (Pin 11): Master Out Slave In, utilizado para enviar datos del Arduino al RC522.

MISO (Pin 12): Master In Slave Out, utilizado para recibir datos del RC522 al Arduino.

GND: Conexión a tierra para completar el circuito.

RST (Pin 9): Pin de reinicio que permite inicializar el módulo.

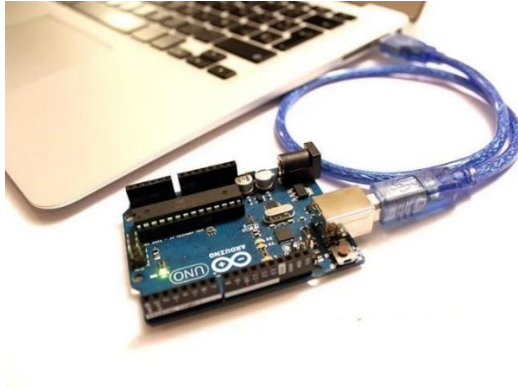
3.3V: Alimentación del módulo con 3.3 voltios (DC), necesaria para su funcionamiento.

2.1.4. Conexión de Arduino UNO y cámara web

Para conectar un Arduino Uno a la computadora, simplemente se utilizará un cable USB. Se conectará el extremo tipo B del cable al puerto de la placa Arduino Uno y el extremo tipo A a un puerto USB disponible en la computadora. Al hacerlo, el sistema operativo debería reconocer automáticamente la placa, aunque en algunos casos puede ser necesario instalar los controladores. Esto es especialmente común en sistemas Windows, donde se puede descargar el controlador desde la página oficial de Arduino.

Luego, se abre el Arduino IDE, el entorno de desarrollo utilizado para escribir, compilar y cargar programas en la placa. Dentro del IDE, es necesario seleccionar la placa adecuada en el menú Herramientas > Placa y también elegir el puerto correcto en Herramientas > Puerto, para asegurar una correcta comunicación entre el software y el dispositivo. Si hay varios puertos disponibles, se puede desconectar y volver a conectar el Arduino para identificar cuál aparece o desaparece.

Una vez configurado, se puede cargar el programa en el Arduino directamente desde el IDE, lo que permitirá comenzar a interactuar con la placa y desarrollar el proyecto. Este proceso es esencial para poder probar sensores, controlar actuadores o enviar datos entre la placa y la computadora. Tal como se ilustra en la figura 2-2, esta conexión es el primer paso para comenzar a trabajar con Arduino de manera práctica y efectiva.



Fuente: https://www.geekfactory.mx/wp-content/uploads/2017/04/alimentar_el_arduino_usb_pc.jpg

Figura 2-2. Conexión de Arduino a computadora.

2.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE.

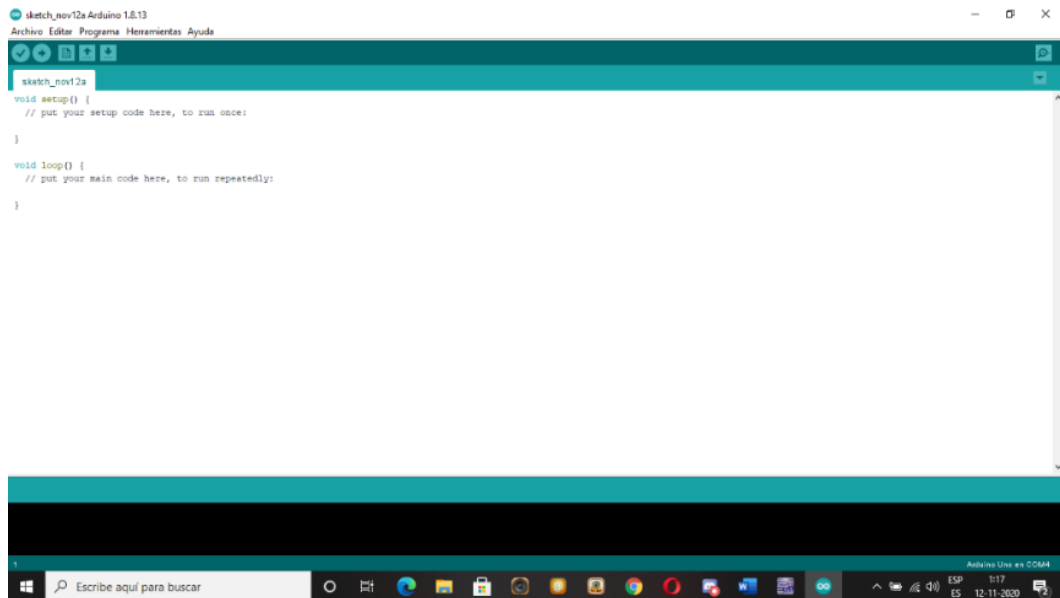
La programación de proyectos electrónicos requiere el uso de un entorno de desarrollo adecuado, y el IDE de Arduino es una opción popular por su accesibilidad y facilidad de uso. Para comenzar, es necesario descargar la versión compatible con el sistema operativo, en este caso, Windows. El software se puede obtener de manera sencilla desde el sitio web oficial de Arduino. A continuación, se detallará el proceso de descarga e instalación para facilitar la creación y edición de programas para proyectos electrónicos.

2.2.1. Software para hardware

Para llevar a cabo la programación del software necesario para el proyecto, es fundamental descargar e instalar la versión adecuada del software que se utilizará. En este caso, se debe acceder a la página oficial de Arduino, donde se encuentra disponible el

software compatible con sistemas operativos Windows. El enlace directo para realizar esta descarga es el siguiente: “<https://arduino.cc/en/software>”. Una vez descargado e instalado, este software permitirá la creación, edición y manipulación de la programación de forma eficiente y a través de un ordenador.

En la figura 2-3 se muestra el software Arduino IDE ha sido diseñado con el objetivo de simplificar la programación para los usuarios, tanto principiantes como expertos, facilitando así la creación de proyectos electrónicos de manera accesible y eficiente. Además, es importante destacar que el IDE de Arduino está disponible para ser utilizado en diferentes sistemas operativos como Windows, macOS y Linux, lo que hace posible su acceso y uso en una amplia gama de equipos informáticos.



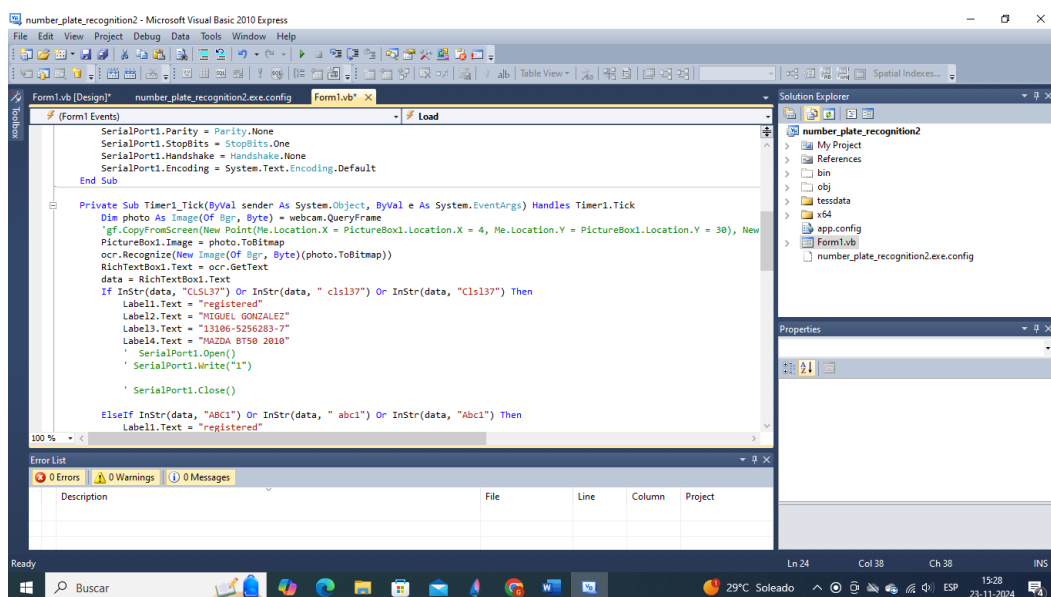
Fuente: <https://www.arduino.cc/en/software>

Figura 2-3 Vista principal del editor de códigos

2.2.2. Microsoft Visual Studio 2010

Visual Basic 2010 es un lenguaje de programación que forma parte de Microsoft Visual Studio 2010, y se utiliza principalmente para desarrollar aplicaciones de escritorio y web en el entorno Windows. Proporciona una sintaxis sencilla y accesible, lo que lo hace ideal tanto para principiantes como para programadores experimentados. Entre sus principales características se incluyen la creación rápida de aplicaciones mediante formularios de Windows y el soporte para aplicaciones web, herramientas avanzadas para depuración, y la capacidad de integrar bases de datos y crear interfaces gráficas de usuario. Además, ofrece mejoras en el rendimiento y la eficiencia, especialmente en equipos con múltiples núcleos. En resumen, Visual Basic 2010 es una plataforma poderosa y fácil de usar para el desarrollo de software en el entorno Windows, se optó esta versión de Microsoft Visual Studio por su interfaz, ya que esta es amigable y sencilla para el proyecto.

Este programa se ha utilizado para conectar y enlazar Arduino uno y la simulación del programa junto a su código para, en el se ha desarrollado un código en cual será el software principal y quien da las coordenadas para habilitar o deshabilitar una acción, tal como muestra la figura 2-4.

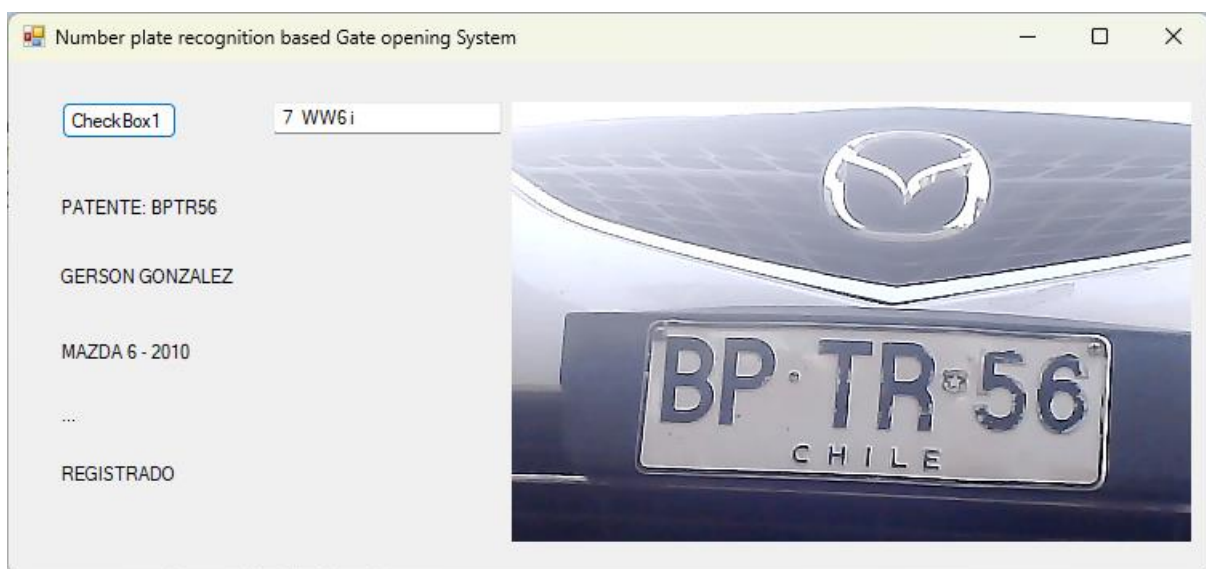


Fuente: *Elaboración propia*
 Figura 2-4 consola de comandos

2.2.3. Desarrollo de interfaz

Una vez que el código ha sido completamente desarrollado y probado, el siguiente paso es la configuración y diseño de la interfaz del software. Este aspecto es fundamental para garantizar que la experiencia del usuario sea intuitiva y accesible. La interfaz será diseñada de manera simple y sencilla, utilizando un esquema visual claro y coherente, para que cualquier usuario, independientemente de su nivel de experiencia técnica, pueda comprender fácilmente a qué se refiere cada elemento visual en la pantalla.

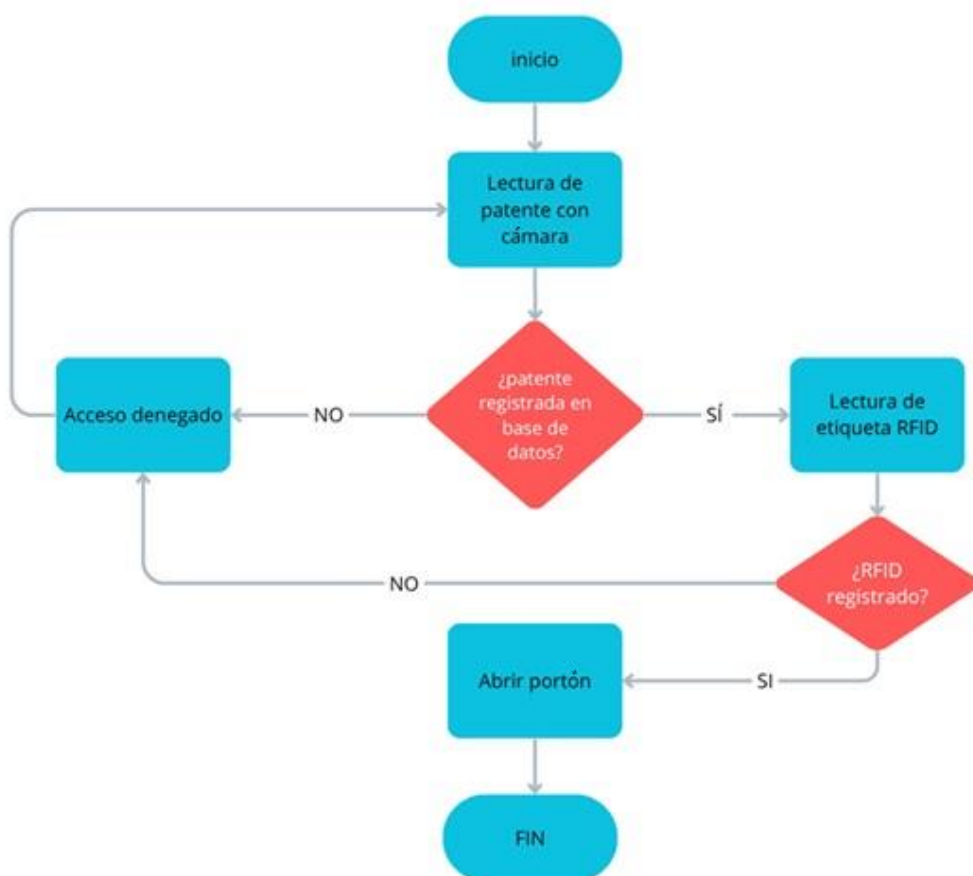
El software incluirá varios componentes clave para facilitar la interacción. En primer lugar, contará con un detector de imágenes, el cual permitirá leer caracteres de imágenes para ser procesadas por el sistema. Este detector será capaz de identificar y extraer el elemento necesario de la imagen, que serán de utilidad para el propósito principal del software. Además, habrá un cuadro de texto variable que servirá para mostrar el detalle de la información traducida o procesada de la imagen seleccionada. Complementando la funcionalidad principal, se incluirán otros cuadros informativos que brindarán datos adicionales y útiles para el usuario, tal como se muestra en la figura 2-5.



Fuente: *Elaboración propia*
Figura 2-5 Desarrollo de interfaz

2.3. DIAGRAMA Y CONEXIÓN

El software desarrollado permitirá una comunicación eficiente entre un computador y un dispositivo Arduino, gestionando el flujo de datos entre ambos sistemas. Su función principal será capturar la imagen de la patente de un vehículo usando una cámara conectada al sistema. A través de un algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR), procesará la imagen y extraerá la información de la patente. Luego, el sistema verificará la validez de la patente comparándola con una base de datos o Fuente externa. Si la patente es válida, se permitirá el acceso; si no, se denegará y se enviará una alerta. Este proceso garantiza una verificación precisa, mejorando la seguridad y eficiencia en el control de accesos a áreas restringidas. El sistema integra tecnología avanzada para automatizar y optimizar la validación de acceso, eliminando la necesidad de intervención manual y aumentando la seguridad, tal como lo representa la figura 2-6.



Fuente: *Elaboración propia*
 Figura 2-6 Diagrama de flujo.

2.4. PUESTA A PRUEBA

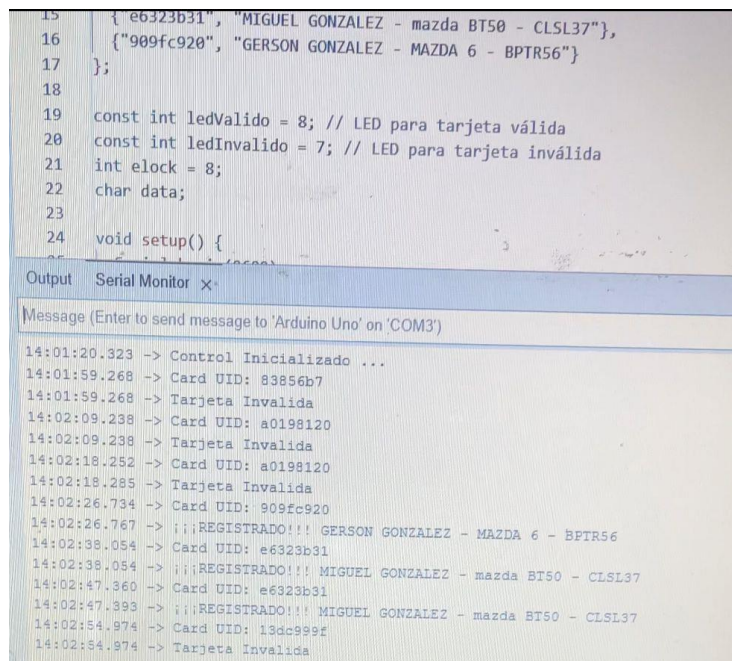
La puesta a prueba de este software es un proceso clave en el ciclo de desarrollo de cualquier sistema o aplicación. Consiste en evaluar de manera exhaustiva las funcionalidades del software para garantizar que opere correctamente y cumpla con los requisitos técnicos mínimos. Este proceso abarca diversas etapas, como la identificación de fallos y errores, y la revisión de aspectos que pueden necesitar mejoras o ajustes antes de que el software esté listo para ser implementado en un entorno productivo. Además, las pruebas de software no solo buscan garantizar que el producto final funcione sin problemas, sino que también aseguren una experiencia de usuario fluida y que el software sea capaz de manejar situaciones inesperadas o condiciones extremas sin fallos.

En resumen, la puesta a prueba es esencial para detectar posibles problemas en fases tempranas, lo que permite corregirlos a tiempo y evitar mayores costos o perjuicios a largo plazo. En la figura 2-7 se puede apreciar el correcto funcionamiento de las diversas lecturas de tarjetas y tag registrados en la base de datos del programa.

```

15   { e6323b31", "MIGUEL GONZALEZ - mazda BT50 - CLSL37"},
16   {"909fc920", "GERSON GONZALEZ - MAZDA 6 - BPTR56"}
17   };
18
19   const int ledValido = 8; // LED para tarjeta válida
20   const int ledInvalido = 7; // LED para tarjeta inválida
21   int elock = 8;
22   char data;
23
24   void setup() {

```



```

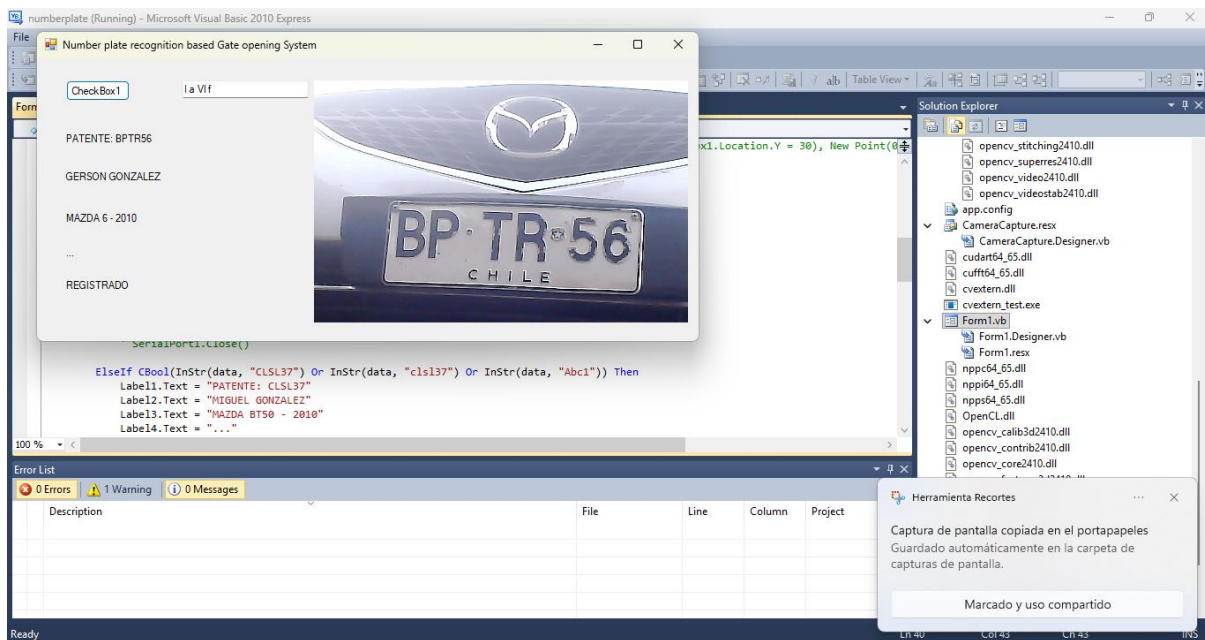
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')
14:01:20.323 -> Control Inicializado ...
14:01:59.268 -> Card UID: 83856b7
14:01:59.268 -> Tarjeta Invalida
14:02:09.238 -> Card UID: a0198120
14:02:09.238 -> Tarjeta Invalida
14:02:18.252 -> Card UID: a0198120
14:02:18.285 -> Tarjeta Invalida
14:02:26.734 -> Card UID: 909fc920
14:02:26.767 -> ;;REGISTRADO!!! GERSON GONZALEZ - MAZDA 6 - BPTR56
14:02:38.054 -> Card UID: e6323b31
14:02:38.054 -> ;;REGISTRADO!!! MIGUEL GONZALEZ - mazda BT50 - CLSL37
14:02:47.360 -> Card UID: e6323b31
14:02:47.393 -> ;;REGISTRADO!!! MIGUEL GONZALEZ - mazda BT50 - CLSL37
14:02:54.974 -> Card UID: 13dc999f
14:02:54.974 -> Tarjeta Invalida

```

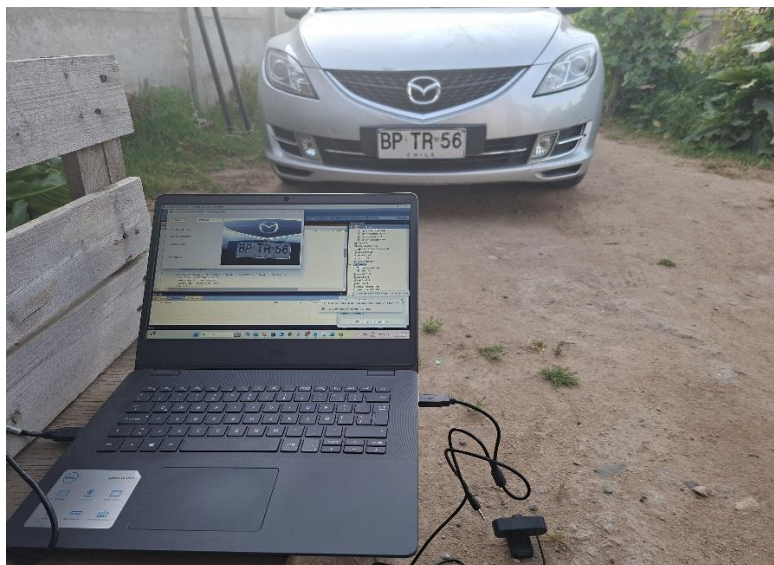
Fuente: *Elaboración propia*
 Figura 2-7 pruebas de lectura de RFID

2.4.1 Pruebas con el prototipo

Este proyecto implementa el uso de las bibliotecas OpenCV con el propósito de analizar y extraer texto desde imágenes captadas en vivo a través de la cámara implementada, específicamente para reconocer matrículas vehiculares y gestionar la apertura de un portón o barrera de seguridad. En la Figura 2-8 y Figura 2-9 se evidencia el correcto funcionamiento del sistema, ya que logra detectar e interpretar con precisión la secuencia alfanumérica “BP TR 56” correctamente. A partir de esta identificación, el programa muestra los datos vinculados al vehículo y su propietario, incluyendo la patente BPTR56, el nombre del usuario Gerson González, el modelo Mazda 6 - año 2010, y finalmente el estado del registro, indicado como “REGISTRADO”, lo que confirma que el automóvil tiene autorización para el acceso y posteriormente pasar al proceso de autorización con RFID.



Fuente: *Elaboración propia*
 Figura 2-8 pruebas de acceso con el prototipo.

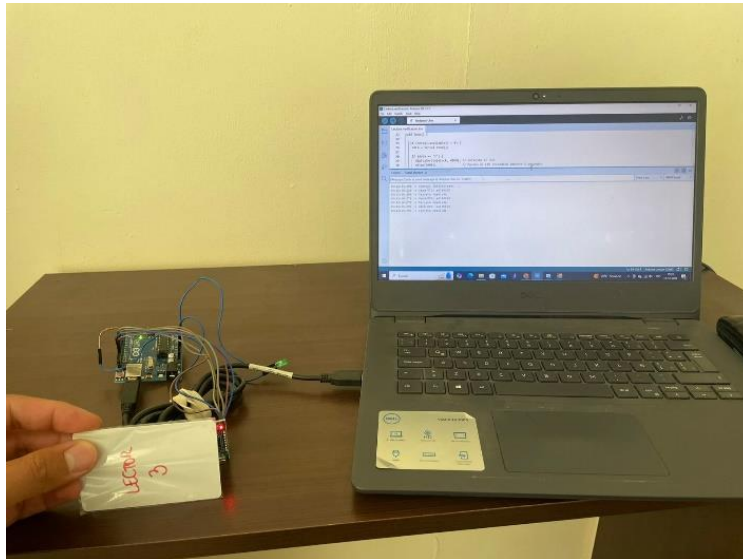


Fuente: *Elaboración propia*
Figura 2-9 pruebas de acceso con el prototipo.

Para llevar a cabo el proceso de identificación RFID, es necesario que el software ya haya sido cargado previamente en el Arduino, tal como se ha mencionado en etapas anteriores del proyecto. Además, debe estar en ejecución el programa que ha sido diseñado en Visual Basic Studio 2010, que es el entorno de desarrollo utilizado para crear la interfaz gráfica y la lógica de comunicación con el hardware. De esta manera, tanto el software del Arduino como el del Visual Basic funcionarán de manera simultánea y de forma independiente, permitiendo realizar la validación de acceso del usuario. Este proceso de validación se basa en la lectura de la patente del vehículo o el ID de un tag o tarjeta que haya sido previamente registrado en el sistema.

Durante la prueba de funcionamiento, se ha optado por utilizar una salida análoga desde el Arduino, lo que implica la utilización de una señal que varía en amplitud de acuerdo con el proceso de validación. En este caso, se ha conectado una resistencia de 330 Ohmios y un LED como ejemplo de una carga que refleja el estado del sistema, permitiendo observar visualmente el funcionamiento correcto del sistema.

Cuando el proceso de validación se complete de forma satisfactoria, el LED se encenderá, lo que servirá como una confirmación de que el acceso ha sido validado correctamente. Este tipo de prueba permite verificar que el sistema esté operando según lo esperado antes de integrarlo completamente en su entorno final de uso, tal como se ilustra en la figura 2-10.



Fuente: *Elaboración propia*
Figura 2-10 pruebas de acceso con el prototipo.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DE PROYECTO

3. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DE PROYECTO.

A lo largo de este trabajo se han explicado diversos temas en lo que respecta al sistema de control de acceso con doble identificación, un elemento clave en la gestión segura y eficiente de accesos en diversos entornos. Este sistema busca garantizar un alto nivel de seguridad mediante la combinación de dos métodos de autenticación, ofreciendo una solución robusta para prevenir accesos no autorizados y proteger recursos sensibles.

En primera instancia, se plantearon tres ideas innovadoras que abordaban diferentes enfoques para resolver una problemática específica relacionada con el control de acceso. Cada una de estas ideas fue evaluada cuidadosamente, considerando factores y los recursos necesarios para su implementación. Tras este análisis, se seleccionó la idea más adecuada para desarrollarla en profundidad, asegurando así que cumpliera con los objetivos planteados y que pudiera ser implementada de manera efectiva.

Posteriormente, se procedió a la realización de la solución escogida, lo cual implicó el diseño de un prototipo funcional. Este proceso incluyó la definición detallada de su estructura, el desarrollo de las conexiones necesarias entre los componentes y la implementación de la programación requerida para garantizar su correcto funcionamiento. Cada etapa del diseño y desarrollo fue documentada minuciosamente, permitiendo así una comprensión integral del trabajo realizado.

En el segundo capítulo del presente informe, se ofrecen detalles exhaustivos sobre el desarrollo del diseño, incluyendo una descripción paso a paso de las actividades realizadas. Este apartado detalla las conexiones realizadas entre los componentes del sistema, la lógica de programación implementada y los desafíos enfrentados durante el proceso. Además, se incluyen imágenes ilustrativas que permiten visualizar de manera clara cada aspecto del diseño, facilitando su entendimiento incluso para lectores no especializados.

En este tercer y último capítulo, se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del prototipo. Se especifica el funcionamiento de cada una de las partes que conforman el sistema, proporcionando una visión detallada y completa del desempeño alcanzado. Asimismo, se realiza un análisis de costos asociado a la elaboración del prototipo, incluyendo tanto los valores de los componentes físicos utilizados como los costos indirectos relacionados con la mano de obra y las horas de dedicación invertidas en el proyecto. Este

balance permite evaluar la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos, aportando información valiosa para futuros desarrollos.

Finalmente, se incluye un inventario detallado de los materiales empleados en la construcción de la maqueta, destacando su importancia en la representación visual y funcional del sistema. Este apartado resalta cómo cada material contribuyó al éxito del prototipo, permitiendo una comprensión integral del proceso y los resultados. En conjunto, este informe busca ofrecer una visión completa y detallada del trabajo realizado, destacando tanto los logros obtenidos como los aprendizajes adquiridos durante su desarrollo.

3.1. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

La implementación de este prototipo está dividida en dos partes principales, las cuales han sido diseñadas para operar de forma independiente entre sí. Cada parte cumple una función específica dentro del sistema general, permitiendo que puedan desarrollarse, probarse y ejecutarse por separado sin que una dependa directamente de la otra. Esta separación no solo facilita el proceso de desarrollo, sino que también mejora la modularidad y escalabilidad del prototipo, ya que cada componente puede ser optimizado y actualizado de manera individual. Además, esta estructura modular permite realizar ajustes o integraciones futuras sin afectar significativamente el rendimiento o la funcionalidad de las otras partes del sistema.

Como se indicó en el capítulo uno, el desarrollo de este trabajo hizo uso de diversos componentes esenciales para la creación del prototipo. Entre ellos, se incluyen una cámara web, Arduino Uno, una computadora y un motor de 220(V) AC, los cuales desempeñaron un papel crucial en el funcionamiento del sistema. Estos componentes fueron seleccionados cuidadosamente en función de sus características y capacidades, con el fin de garantizar la eficiencia y el rendimiento del proyecto en su totalidad. En esta sección, se procederá a presentar los resultados obtenidos de las implementaciones realizadas en cada una de las partes del proyecto. Cada implementación se abordó de manera específica y detallada,

buscando optimizar cada componente y su interacción dentro del sistema global. Estos resultados reflejan el esfuerzo por lograr un prototipo funcional y eficaz, y servirán como base para las conclusiones que se extraerán al final del proyecto.

3.1.1. Accesibilidad y seguridad

Al desarrollar un sistema de control de acceso basado en Arduino, controlado por el software diseñado, es fundamental contar con varios componentes esenciales que permitan materializar el proyecto propuesto. En primer lugar, para la implementación de este sistema, se requiere el uso de una cámara web, como se mencionó previamente, con el fin de capturar y procesar los caracteres de la patente del vehículo que se desea controlar. Este paso es esencial para permitir la verificación inicial del acceso, mediante el reconocimiento de la matrícula. Una vez que se haya aprobado esta primera fase, el siguiente paso consiste en autenticar al vehículo utilizando un segundo sistema de control que se basa en la frecuencia emitida por el tag activo, tal como se detalló en el capítulo anterior. Este sistema de autenticación proporciona una capa adicional de seguridad, asegurando que solo los vehículos con tags válidos puedan acceder.

Además, para la construcción y pruebas del prototipo, fue necesario realizar diversas simulaciones utilizando un motor de 5V (DC) para poder ser controlado con la salida de Arduino, destacar que el motor no requiere driver ya que es una salida digital la que se controla. Este motor permitió establecer la conexión entre el sistema de control de acceso y la maqueta, emulando el funcionamiento real del sistema. Para garantizar que todos los componentes trabajaran de manera coherente, se llevaron a cabo varias pruebas de simulación en conjunto con el hardware, con el objetivo de verificar la efectividad de cada parte del sistema. Estas pruebas permitieron validar la interacción entre la cámara web, el Arduino y el sistema de control de acceso, obteniendo resultados positivos que fueron debidamente documentados. Los resultados obtenidos durante las pruebas de simulación se han ilustrado en la tabla 3-1, donde se muestran los diferentes parámetros evaluados y los logros alcanzados durante el proceso de desarrollo. Esto no solo valida la viabilidad del proyecto, sino que también ofrece una base sólida para las siguientes fases de implementación y optimización del sistema.

Tabla 3-1 puesta a prueba

PATENTE DE PRUEBA	TIEMPO PROMEDIO DE ACCESIBILIDAD	ESTADO
BHXL75	15 segundos	Aprobado
CLSL17	15 segundos	Aprobado
BPTR56	15 segundos	Aprobado
VX7720	15 segundos	Aprobado
YZ 9335	15 segundos	Aprobado

Fuente: *Elaboración propia.*

3.1.2. Controlador

Para realizar la conexión de hardware, es fundamental comprender que esta etapa será responsable de regular los tiempos y lecturas de las etiquetas RFID y las patentes asociadas a los usuarios mencionados previamente. Esta parte constituye el núcleo del proyecto, ya que proporciona la funcionalidad esencial que da vida al dispositivo diseñado.

La implementación se llevó a cabo utilizando un Arduino Uno R3, que se integró dentro de la maqueta como controlador principal. Este se conectó al módulo RFID RC522, el cual es capaz de leer y escribir etiquetas RFID. Ambos componentes fueron interconectados mediante cables DuPont, que aseguran una conexión fiable y fácil de manejar durante la integración del sistema.

Esta configuración garantiza que el Arduino y el módulo RFID trabajen en conjunto de manera eficiente. A través de esta conexión de hardware, el sistema será capaz de registrar, procesar y gestionar la información proveniente de las etiquetas RFID, permitiendo un flujo de datos preciso y esencial para las funciones del proyecto.

3.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES

La solución escogida ante la problemática estudiada plantea que el foco principal del proyecto se producirá a través de la tecnología OCR en conjunto de la lectura de radio frecuencia, regulado por el software creado, esto es enfocado especialmente en los controles de accesos ya mencionados, los cuales se desarrollaron durante todo el proceso de este Trabajo de Título. Por otro lado, la parte del control es operada de forma autónoma sin que el usuario deba hacer mayor esfuerzo para validar su identidad.

El uso de sistemas de lectura de patentes, aunque eficiente en muchas aplicaciones como control de acceso vehicular, gestión de estacionamientos y monitoreo de tráfico, también presenta algunas desventajas que deben considerarse para garantizar su implementación adecuada. A continuación, se destacan las principales:

3.2.1. Dependencia de las condiciones ambientales

- **Clima adverso:** Factores meteorológicos como lluvia intensa, niebla densa, nieve o incluso condiciones de alta humedad pueden dificultar la captura de imágenes claras de las patentes. En casos de lluvia o nieve, las gotas de agua o acumulaciones sobre las cámaras pueden obstruir la visión del sistema, afectando su capacidad para realizar lecturas precisas.
- **Iluminación insuficiente:** Durante la noche o en lugares con poca iluminación, la precisión del sistema puede disminuir significativamente si no se dispone de tecnologías complementarias como cámaras con visión nocturna o iluminación infrarroja. Estas limitaciones pueden llevar a lecturas incompletas o fallos en la captura de datos.

3.2.2. Errores en el reconocimiento

Además, de las condiciones ambientales, diversos factores relacionados con las características físicas de las patentes y su diseño pueden provocar fallos en el sistema de lectura.

- **Suciedad o daños en la patente:** Si las matrículas de los vehículos están cubiertas de polvo, barro, aceite, o presentan daños físicos como rayones, abolladuras o decoloración, es probable que el sistema no pueda identificar correctamente los caracteres. En entornos industriales o rurales, donde los vehículos tienden a ensuciarse más rápidamente, este problema puede ser frecuente.
- **Variedad de formatos:** Los estándares de diseño de las matrículas varían significativamente entre países, regiones o incluso estados. Diferencias en el tamaño, el color, la Fuente de los caracteres o la inclusión de elementos decorativos (como emblemas o logotipos) pueden confundir al sistema, especialmente si no está programado para reconocer múltiples formatos.

3.3. SOLUCIÓN REAL

Como opción de mejoramiento para este producto, se ha investigado una posibilidad viable en el mercado y se ha optado por una alternativa mucho más industrial y versátil para llevar a cabo, las cuales se detallarán a continuación.

3.3.1. Confidex windshield tag

El Confidex Windshield Tag (Figura 3-1), es una etiqueta RFID pasiva de tecnología UHF diseñada para la identificación automática de vehículos mediante su adhesión al parabrisas, permitiendo su lectura a distancia incluso a altas velocidades. Es ampliamente utilizada en sistemas de peaje electrónico, control de acceso, gestión de flotas y verificación vehicular. Incorpora el chip Impinj Monza, opera en frecuencias de 860 a 960 MHz y ofrece hasta 8 metros de alcance de lectura. Cuenta con memoria EPC de 496 bits, TID de 96 bits y 128 bits

de usuario. Fabricada en polipropileno con adhesivo resistente, soporta temperaturas extremas y está diseñada para no poder ser retirada sin dañarse, lo que evita manipulaciones. Además, posee certificación OmniAir, que garantiza su interoperabilidad en sistemas internacionales. Su precio es de \$28.891 por set de 30 Unidades (sin IVA), lo que la convierte en una opción accesible y eficiente para soluciones de gestión vehicular automatizada. Sus características se aprecian en la tabla 3-2.



Fuente: <https://www.barmax.com/Images/3000498.jpg>

Figura 3-1 Confidex Windshield Tag

Tabla 3-2 Confidex Windshield Tag

Característica	Descripción
Nombre del producto	Confidex Windshield Tag
Tipo de tag	Etiqueta RFID UHF pasiva
Protocolo	EPCglobal Class 1 Gen 2 / ISO 18000-6C
Rango de frecuencia	860–960 MHz (frecuencia global UHF)
Tipo de instalación	Pegado en el interior del parabrisas
Distancia de lectura	Hasta 10 metros
Material	Etiqueta adhesiva de poliéster durable
Dimensiones	Aproximadamente 100 x 30 mm
Método de montaje	Adhesivo permanente para vidrio
Durabilidad	Larga vida útil, resistente a la intemperie y a los rayos UV
Temperatura de operación	Generalmente de -35°C a +70°C

Fuente: *Elaboración propia.*

3.3.2. Impinj Speedway R420

El Impinj Speedway R420 (Figura 3-2), es un lector fijo de RFID UHF de alto rendimiento, diseñado para entornos industriales y comerciales que requieren una identificación automatizada precisa. Opera bajo el protocolo EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 y es compatible con las frecuencias globales de 902–928 MHz. Con 4 puertos de antena, ofrece un rendimiento de hasta 1,100 lecturas por segundo y una sensibilidad de recepción de -84 dBm, lo que permite detectar etiquetas a larga distancia, bajo condiciones ideales hasta 10m. Además, cuenta con conectividad Ethernet y soporta entradas y salidas ópticamente aisladas, lo que facilita su integración con otros sistemas. Con una clasificación IP52 para resistencia al polvo y al agua, y un rango de temperatura de operación de -20°C a +50°C, es ideal para aplicaciones como controles de acceso. En <https://www.ebay.com/> se puede adquirir el Impinj Speedway Revolution R420 RFID Reader un precio de \$765.00 CLP, con envío incluido. Sus características se pueden apreciar en la tabla 3-3.



Fuente: https://cdn11.bigcommerce.com/s-ka7ofex/images/stencil/1280x1280/products/1316/19930/Impinj_Speedway_Revolution_R420_Reader_2_port_3__26118_1_1__72509.1733495291.png?c=2

Figura 3-2 Impinj Speedway R42

Tabla 3-3 características de Impinj Speedway R420

Característica	Descripción
Modelo	Impinj Speedway R420
Tipo de lector	Lector fijo RFID UHF de alto rendimiento
Frecuencia	902–928 MHz
Número de puertos de antena	4
Rendimiento de lectura	Hasta 1 a 100 lecturas por segundo
Sensibilidad de recepción	-84 dBm
Distancia de lectura	Hasta 10 metros (bajo condiciones ideales)
Conectividad	Ethernet
Entradas/Salidas	Entradas y salidas ópticamente aisladas
Clasificación IP	IP52 (resistencia al polvo y salpicaduras de agua)
Temperatura de operación	-20°C a +50°C

Fuente: [Elaboración propia](#).

3.3.3. Times-7 A6034

Times-7 A6034 (Figura 3-3) es una antena RFID UHF de alta ganancia y polarización circular, diseñada para ofrecer un rendimiento óptimo en espacios reducidos y entornos industriales. Con una frecuencia de operación de 902–928 MHz, y una ganancia de 9 dBi, proporciona un rango de lectura de hasta 9 metros. Su diseño delgado (747 x 314 x 12 mm) y su clasificación IP65 la hacen resistente al polvo y al agua, adecuada para uso en exteriores. Esta antena es ideal para aplicaciones como portales de acceso, gestión de inventarios y control de activos, funcionando en temperaturas de -20°C a +55°C y con un conector SMA hembra, lo que la convierte en una opción confiable y flexible para sistemas RFID. La antena Times-7 A6034 está disponible por \$370.000 CLP, con opciones de envío internacional disponibles en diversos proveedores. Sus características se pueden apreciar en la tabla 3-4.



Fuente: <https://www.times-7.com/media/uyickz3j/a6034-antenna-pictorial-19-3-25.jpg?width=600&height=400&v=1dbbea1c83fd440>

Figura 3-3 Times-7 A6034

Tabla 3-4 Características de TIMES-7 A6034

Característica	Especificación
Frecuencia	865–868 MHz (ETSI) / 902–928 MHz (FCC)
Ganancia	9 dBiC
Polarización	Circular
Rango de lectura	Hasta 9 metros
Conector	SMA hembra (con pigtail de 300 mm)
Protección	IP65 (uso interior y exterior)
Dimensiones	747 × 314 × 12 mm
Peso	2,2 kg
Temperatura de operación	–20 °C a +55 °C

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Daheng MER2-503-79U3M

La cámara Daheng MER2-503-79U3M (Figura 3-4), es una excelente opción para capturar imágenes de vehículos en la entrada de un condominio, gracias a su sensor Sony IMX264 de 5 MP con obturador global, que permite obtener imágenes nítidas incluso con vehículos en movimiento. Se conecta vía USB 3.0, ofrece hasta 36 fps, y es compatible con software como Visual Basic 2010. Su formato compacto, montura C y compatibilidad con iluminación infrarroja la hacen ideal para uso diurno y nocturno. Esta además contiene iluminación IR y un gabinete IP66 si se instalará en exteriores. En <https://www.ebay.com/> se puede adquirir por un precio de \$975.000 CLP, con envío incluido. Esta cámara al tener comunicación USB se conecta directamente al computador que contiene el software y analiza la imagen para obtener los dígitos alfanuméricos de cada placa patente y así ser procesados de manera correcta. Sus características se pueden apreciar en la tabla 3-5.



Fuente:

https://networkcamerastore.com/cdn/shop/files/ip9171_hp__01674.1447359278.1280.1280.png?v=1704213665&width=1280

Figura 3-4 Vivotek IP9161-HP

Tabla 3-5 Daheng MER2-503-79U3M

Característica	Descripción
Modelo	Daheng MER2-503-79U3M
Sensor	Sony IMX264, CMOS, obturador global
Resolución	2448 × 2048 píxeles (5 megapíxeles)
Frecuencia de cuadros	Hasta 36 fps a resolución completa
Interfaz	USB 3.0 (con conector bloqueable)
Tamaño de píxel	3.45 μm
Montura de lente	C-Mount
Formatos de imagen	JPG, JPEG, PNG, Mono10, Mono12, RAW
Dimensiones	29 mm × 29 mm × 29 mm
Peso	~65 g
Consumo de energía	< 2.7 W
Compatibilidad software	Windows, Linux, Android.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. IMPREVISTOS CON PROTOTIPO

Un sistema de reconocimiento de matrículas con OCR y RFID RC522 puede enfrentar varios imprevistos. En primer lugar, el OCR puede verse afectado por condiciones de iluminación inadecuada, matrículas sucias o dañadas o ángulos incorrectos. Además, interferencias visuales como reflejos o sombras también pueden dificultar la correcta lectura de los caracteres en la matrícula.

Por otro lado, el RFID RC522 tiene un alcance limitado, generalmente entre 3 y 10 cm, lo que puede generar problemas si el vehículo está demasiado lejos del lector. Además, si

tiene una ubicación incorrecta presentará una lectura errónea o simplemente no leerá, el deterioro de las etiquetas RFID con el tiempo, lo que también afecta la fiabilidad del sistema.

En cuanto a la integración y sincronización entre OCR y RFID, los sistemas deben trabajar de manera conjunta para evitar desajustes. Si no están bien sincronizados, pueden surgir errores. Además, la velocidad de los vehículos y la visibilidad de las matrículas pueden afectar la captura precisa de datos.

Finalmente, el sistema puede enfrentar problemas de mantenimiento si los componentes como cámaras o lectores RFID se desgastan con el tiempo, lo que podría afectar el rendimiento general del sistema. Para mitigar estos imprevistos, es importante mejorar la calidad de los componentes, optimizar la sincronización de los sistemas y realizar un mantenimiento regular.

3.5. COSTOS DE PROYECTOS

A continuación, se presentarán de manera detallada los valores asociados a cada uno de los componentes utilizados para la ejecución y culminación de este Trabajo de Título. Este desglose incluirá todos los elementos materiales que fueron necesarios, especificando sus costos individuales y cualquier gasto adicional que se haya generado en el proceso. Asimismo, se incorporará una descripción de los recursos humanos involucrados, destacando las labores realizadas por cada integrante del equipo y el valor estimado de su trabajo. Con esto, se busca proporcionar una visión integral de los recursos empleados, tanto materiales como humanos, para dar cuenta del esfuerzo y la inversión destinados a la conclusión exitosa de este trabajo.

3.5.1. Valor Componentes y Proveedores del prototipo

En la tabla 3-6 se detallará la inversión total realizada en este proyecto, abarcando todos los aspectos financieros relacionados a materiales. Esto incluye tanto los costos asociados a los productos adquiridos como los gastos de envío correspondientes, indicando específicamente los proveedores involucrados en cada transacción. Es importante destacar que, en ciertos casos, los productos incluyen un costo adicional debido al envío. Esto se debe a que dichas compras se llevaron a cabo a través de la plataforma en línea MercadoLibre, que integra automáticamente estos cargos en el proceso de compra. Este desglose busca proporcionar una visión clara y completa de los recursos invertidos y los factores asociados al comercio en línea. Los valores entregados en UF corresponde al día de la cotización (23/12/2024).

Tabla 3-6 Valores y componentes del prototipo.

Uf en pesos: 38.396,89 23/12/2024	<u>COMPONENTE</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO + IVA (CLP)</u>	<u>COSTO DE ENVIO</u>	<u>VALOR TOTAL</u>	<u>VALOR TOTAL EN UF</u>	<u>PROVEEDOR</u>
	Arduino Uno	1	\$5.996	\$4.890	\$ 10.886	0,283	Mechatronicstore.cl
	Módulo RFID RC 522	1	\$7.999	\$4.890	\$ 12.889	0,336	Evolta.cl
	Cámara USB	1	\$25.990		\$ 25.990	0,677	Builderlacam.com
	Relay 5(V) DC	3	\$5.990	\$4.890	\$ 22.960	0,598	Makerschife.com
COSTO TOTAL			\$77.965	\$14.670	\$ 104.715	2,727	

Fuente: *Elaboración propia.*

3.5.2. Evaluación Mano de Obra

En todo proyecto que se lleve a cabo, resulta fundamental contar con mano de obra calificada para lograr el objetivo físico final de manera eficiente y exitosa. Esta mano de obra constituye un recurso esencial, ya que representa el esfuerzo humano dedicado a la planificación, implementación y ejecución de las tareas requeridas. Para calcular un estimado del valor de la mano de obra en términos de las horas trabajadas específicamente en este proyecto, se realizó una investigación exhaustiva para determinar el sueldo promedio de un profesional capacitado en el área correspondiente. En este caso, se tomó como referencia el

perfil de un Ingeniero en Control e instrumentación Industrial, considerando su nivel de experiencia y la realidad del mercado laboral.

Los resultados obtenidos indican que un Ingeniero en Control e instrumentación Industrial, al alcanzar su cuarto año de empleabilidad, percibe un ingreso promedio mensual de \$1.580.162. Este cálculo se basa en un total aproximado de 180 horas de trabajo por mes, lo que permite estimar el costo horario promedio de sus servicios. Esta información no solo proporciona una base sólida para valorar la mano de obra involucrada, sino que también sirve como referencia para la adecuada planificación y asignación de recursos en el proyecto.

- <https://cl.computrabajo.com/salarios/ingeniero-automatizacion>
- <https://cl.indeed.com/career/ingeniero-automatizador/salaries>
- <https://tusalarario.org/chile/carrera/funcion-y-salario/ingenieros-industriales-y-de-produccion>

La tabla 3-7 muestra los sueldos promedio de un Ingeniero de ejecución en Control e instrumentación Industrial después de haber egresado.

Tabla 1-7 Sueldo promedio ingeniero en control e instrumentación industrial.

	Ingenieros	Valor en UF: 38.396,89 (23/12/2024)	Técnicos	Valor en UF: 38.396,89 (23/12/2024)
Recién egresado	\$900.000	23 UF	\$630.000	16 UF
2-3 Años	\$1.090.000	28 UF	\$720.000	19 UF
Mas de 3 años	\$1.320.000	34 UF	\$800.000	21 UF

Fuente: Elaboración propia.

Para implementar un sistema básico de Control de Acceso con reconocimiento de patentes (Smart Access), se requiere un equipo mínimo compuesto por un ingeniero en control e instrumentación industrial que programe la lógica del sistema, el reconocimiento de placas (OCR) y la integración entre hardware y software; un técnico de terreno que monte el sistema en terreno encargado de ensamblar y conectar los componentes físicos como Arduino, RFID, cámara y relay asegure conexiones electrónicas, eléctricas y de red, y realice pruebas funcionales; y un coordinador comercial que gestione la atención al cliente, cotizaciones, agendamiento de servicios y soporte postventa. Este equipo cubre tanto la fabricación e instalación del sistema como la relación con los clientes.

Ahora bien, para poder realizar el cálculo del costo por hora-hombre de este proyecto, se utilizó el valor mencionado anteriormente, es decir, se tomó una estimación de unas 90 horas trabajadas en el semestre, lo que abarca el diseño del proyecto y la instalación en terreno tal como lo muestra la tabla 3-8.

Tabla 3-8 Costo Hora-Hombre de ingeniero en automatización y control industrial

	Sueldo promedio	Horas mensuales	UF: 38.396,89 (26/12/2024)	
	\$1.320.000	180		
Horas trabajadas	Costo Hora – Hombre	Costo Hora-Hombre UF	Costo total hora – hombre trabajadas	Costo total hora – hombre trabajadas en UF
90	\$7.333	0.091	\$660.000	17,186

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Materiales para instalar producto en terreno

La tabla 3-9, reúne las herramientas esenciales consideradas para la ejecución del proyecto, incorporando equipamiento eléctrico, manual y de seguridad necesario para realizar labores de instalación, montaje y medición. Cada herramienta se presenta con su respectiva cantidad, precio en pesos chilenos, valor estimado en UF y observaciones relevantes, con el fin de transparentar los costos y asegurar una planificación adecuada de los recursos.

Tabla 3-9 Costo de Materiales de construcción para inversión inicial

Herramienta	Cantidad	Precio Unitario CLP	Valor en uf	observación
Taladro percutor eléctrico	1	\$85.000	2,21	Modelo Bosch
Juego de brocas	1	\$25.000	0,65	Paquete básico Bosch
Amoladora angular (esmeril)	1	\$50.000	1,30	Modelo Bosch
Cinta métrica (5–10 m)	1	\$5.000	0,13	Modelo profesional Bosch
Nivel de burbuja / láser	1	\$25.000	0,65	Nivel tradicional Bosch
Juego de llaves y dados	1	\$30.000	0,78	Kit básico Bosch
Soldadora invertir	1	\$200.000	5,21	Marca Indura
Careta de soldar automática	1	\$30.000	0,78	Para protección ocular al soldar
Juego de destornilladores	1	\$10.000	0,26	Incluye cruz, plano, torx, etc.
Multímetro digital	1	\$20.000	0,52	Herramienta eléctrica
Escalera extensible o plegable	1	\$60.000	1,56	Modelo aluminio de 3–4 m
Guantes de trabajo (par)	1	\$8.000	0,21	Guantes resistentes mecánicos
Gafas de protección	1	\$5.000	0,13	Gafas ABC o similares
Martillo	1	\$12.000	0,31	Herramienta Bosch
Sierra de corte para metal	1	\$30.000	0,78	Para corte de perfiles metálicos
TOTAL UF			15,48	
Total CLP		\$ 595.000		

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Flujo de cajas de proyecto en terreno

En la tabla 3-10 se muestran los valores más importantes relacionados con la venta de productos y servicios del proyecto. Se detallan los precios de venta, los costos, los gastos mensuales y las unidades que se espera vender cada mes. De esta manera, se obtiene una visión clara de cómo funciona el modelo de negocio y de los ingresos que puede generar.

Tabla 3-10 Detalles de Valores de producto en terreno

Elemento	Valor
Producto	Confidex windshield tag, Impinj Speedway R420, TIMES-7 A6034, Vivotek IP9161-HP (50 Unidades)
Precio de venta del producto	\$5.000.000 CLP
Costo por unidad del producto	\$2.200.000 CLP
Precio del servicio	\$2.000.000 CLP
Costo del servicio	\$1.000.000 CLP
Gastos operativos mensuales	\$1.000.000 CLP
Unidades vendidas por año (Estimativas)	4 productos y 4 servicios

Fuente: *Elaboración propia.*

El servicio de instalación del sistema Smart Access contempla la programación de la lógica de control y del OCR para el reconocimiento de patentes, la integración entre hardware y software, y el montaje en terreno de los equipos (cámaras, antenas RFID, controladores, relés y tags). Incluye la ejecución de conexiones electrónicas, eléctricas y de red, junto con pruebas funcionales y configuración de parámetros de seguridad. Además, se considera soporte post-instalación (6 Meses) para resolver incidencias y garantizar la continuidad operativa. En síntesis, el proyecto combina la entrega del producto físico con un servicio especializado de instalación en terreno que asegura una solución completa y confiable.

Con el objetivo de llevar a cabo una implementación adecuada y realista del sistema en terreno, se ha considerado como base de análisis un volumen inicial estimado de 50 vehículos.

Esta cifra, seleccionada estratégicamente, permite establecer un parámetro de referencia para proyectar tanto los costos operacionales como los requerimientos técnicos del sistema. Asimismo, esta estimación inicial facilita una planificación estructurada en cuanto a los recursos necesarios, la capacidad del sistema y las posibles expansiones futuras. La elección de este número busca garantizar una implementación escalable y eficiente, permitiendo evaluar el desempeño del sistema en una etapa controlada antes de considerar una ampliación a mayor escala. Para esto se ha elaborado un flujo de caja proyectado a 5 años considerando un crédito de consumo de 2 años del 40% del financiamiento inicial y con reajuste promedio anual del IPC en Chile (valor 2025 = 3,7%) para percibir su rentabilidad, tal como se muestra en la tabla 3-11.

Tabla 3-11 Flujo de caja con proyección de producto en terreno

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio venta unitario		\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Unidades vendidas		3	4	5	5	6
Ingresos por ventas	\$ -	\$15.000.000	\$20.000.000	\$20.000.000	\$25.000.000	\$30.000.000
Costos fijos		\$ 3.678.891	\$ 3.678.891	\$ 3.678.891	\$ 3.678.891	\$ 3.678.891
Costos variables	\$ -	\$ 11.036.673	\$14.715.564	\$18.394.455	\$18.394.455	\$22.073.346
Inversión inicial (pie + crédito)	\$ 6.000.000					
EBITDA	\$ -	\$ 3.963.327	\$ 5.284.436	\$ 6.605.545	\$ 6.605.545	\$ 7.926.654
Depreciación	\$ -	\$ 422.000	\$ 422.000	\$ 422.000	\$ 422.000	\$ 422.000
EBIT	\$ -	\$ 3.541.327	\$ 4.862.436	\$ 6.183.545	\$ 6.183.545	\$ 7.504.654
Impuesto 19%	\$ -	\$ 672.852	\$ 923.863	\$ 1.174.874	\$ 1.174.874	\$ 1.425.884
Utilidad neta	\$ -	\$ 2.868.475	\$ 3.938.573	\$ 5.008.671	\$ 5.008.671	\$ 6.078.770
Crédito	\$ 4.000.000,00					
Cuota crédito	\$ -	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000			
Flujo de caja anual	\$ -4.000.000	\$ 868.475	\$ 1.938.573	\$ 5.008.671	\$ 5.008.671	\$ 6.078.770
INDICADORES FINANCIEROS						
Tasa de descuento		0,1				
VAN UF		243,51				
TIR		58%				
Payback (años)		1,1				

Fuente: *Elaboración propia.*

3.6.5 Análisis de sensibilidad

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto y su capacidad de adaptación ante posibles fluctuaciones en las condiciones del mercado, se ha realizado un análisis de sensibilidad con datos reflejados del flujo de caja considerando las siguientes variables clave:

- Precio de venta del producto
- Costo del producto
- Precio del servicio
- Costo del servicio
- Unidades vendidas
- Gastos operativos mensuales

Este análisis compara tres escenarios: base, pesimista (-10% ventas y +10% costos), y optimista (+10% ventas y -10% costos).

La tabla 3-12 presenta un análisis comparativo de escenarios pesimista, base y optimista para la proyección del negocio, considerando variaciones en ventas mensuales, precios, costos y gastos operativos. Este enfoque permite evaluar cómo distintos niveles de demanda y fluctuaciones en los costos pueden impactar la rentabilidad general, proporcionando una visión más completa del comportamiento financiero del proyecto bajo diferentes condiciones.

Tabla 3-12 Supuestos del análisis.

Variable	Escenario Pesimista	Escenario Base	Escenario Optimista
Precio de venta unitario	\$4.500.000 (-10%)	\$5.000.000	\$5.500.000 (+10%)
Unidades vendidas	3	4	5
Ingresos por ventas	\$13.500.000	\$20.000.000	\$27.500.000
Costos variables	\$12.262.970 (+10%)	\$14.715.564	\$16.187.120 (-10% unitario)
Costos fijos	\$3.678.891	\$3.678.891	\$3.678.891
EBITDA	\$-5.141.861	\$1.284.436	\$6.133.989
Depreciación	\$422.000	\$422.000	\$422.000
EBIT	\$-5.563.861	\$862.436	\$5.711.989
Impuesto (19%)	\$0	\$163.863	\$1.085.278
Utilidad neta	\$-5.563.861	\$698.573	\$4.626.711
Flujo de caja anual	\$-5.141.861	\$741.873	\$5.048.711
VAN (12%)	Negativo X	\$1.020.000	\$3.200.000+
TIR	< 0% X	≈ 25%	> 45%

Fuente: *Elaboración propia.*

En resumen, los principales indicadores financieros están evaluados bajo los escenarios pesimista, base y optimista, permitiendo comparar el desempeño económico del proyecto en distintos niveles de riesgo y condiciones de mercado. Se incluyen métricas clave como el flujo neto mensual, la utilidad acumulada, el margen de contribución, el punto de equilibrio, el periodo de recuperación de la inversión (PRI), así como el VAN y la TIR, proporcionando una visión integral de la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

El análisis de sensibilidad, complementado con los principales indicadores financieros, evidencia que el proyecto mantiene su rentabilidad incluso bajo un escenario pesimista, aunque con márgenes de ganancia más estrechos. Esto indica una buena capacidad de resistencia frente a condiciones de mercado menos favorables. En el escenario base, el proyecto presenta retornos atractivos y una rápida recuperación de la inversión inicial, lo que valida su viabilidad operativa y económica a corto plazo. Por otro lado, en un entorno más favorable (escenario optimista), el proyecto alcanza niveles significativamente superiores de rentabilidad, consolidándose como una oportunidad de negocio con alto potencial de crecimiento, expansión sostenida y generación de utilidades sólidas en el mediano plazo.

CONCLUSIONES

El Trabajo de título logra abordar una problemática contemporánea en los sistemas de control de acceso mediante una solución tecnológica que combina el reconocimiento de patentes y RFID para garantizar mayor seguridad y eficiencia. Este enfoque integra avances en domótica, automatización y programación para simplificar procesos complejos y optimizar la experiencia del usuario.

A lo largo del desarrollo, se identificaron y evaluaron diferentes propuestas, seleccionándose una alternativa prototipo basado en OCR y RFID, destacándose por su versatilidad y fiabilidad. El diseño incluyó una etapa de prototipado funcional, con componentes como Arduino UNO R3, cámaras web y módulos RFID, acompañado de un software programado en Visual Basic 2010. Las pruebas realizadas confirmaron la efectividad del sistema, logrando tiempos de acceso promedio de 15 segundos, cumpliendo los objetivos planteados.

El análisis de costos consideró tanto materiales como mano de obra, mostrando una relación favorable entre la inversión y los resultados obtenidos. A pesar de los desafíos como condiciones ambientales y errores potenciales en el reconocimiento, se identificaron mejoras para aumentar la fiabilidad del sistema, como el uso de etiquetas RFID activas.

En conclusión, este trabajo no solo demuestra el potencial de la automatización en la gestión de accesos, sino que también abre la puerta a futuras optimizaciones en aplicaciones tanto residenciales como industriales, contribuyendo al avance de la tecnología en beneficio de la seguridad y comodidad de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

Indeed. (2024). Sueldo de Ingeniero/a automatización en Chile. Indeed.
<https://cl.indeed.com/career/ingeniero-de-automatizaci%C3%B3n/salaries>.

Computrabajo Chile. (2024). Salario de Ingeniero/a en Automatización en Chile.
<https://cl.computrabajo.com/salarios/ingeniero-automatizacion>.

Wageindicator (2024). Ingenieros Industriales y de Producción en Chile. TuSalarioChile.
<https://tusalarior.org/chile/carrera/funcion-y-salario/ingenieros-industriales-y-de-produccion>.

Naylamp Mechatronics. (2016). Tutorial módulo Lector RFID RC522. Naylamp Mechatronics.
https://naylampmechatronics.com/blog/22_tutorial-modulo-lector-rfid-rc522.html.

Times-7. (2025). Antena polarizada circularmente A6034. Times-7.
<https://www.times-7.com/rain-rfid-antennas/antennas-by-type/far-field-antennas/a6034-circularly-polarised-antenna>.

Dipole RFID. (s.f.). Impinj Speedway Revolution R420. Dipole RFID.
<https://www.dipolerfid.com/product/Impinj-Speedway-revolution-R420>.

ANEXO A: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASIC 2010

```
Imports Emgu.CV
Imports Emgu.CV.Util
Imports Emgu.CV.OCR
Imports Emgu.CV.Structure
```

```
Imports System.IO
Imports System.IO.Ports
Imports System.Threading
```

```
Public Class Form1
```

```
    Dim webcam As Capture = New Capture()
    Dim ocr As Tesseract = New Tesseract("tessdata", "eng",
CType(Tesseract.OcrEngineMode.OEM_TESSERACT_ONLY, Tesseract.OcrEngineMode),
whiteList:="ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxy")
    Dim pic As Bitmap = New Bitmap(270, 270)
    Dim gf As Graphics = Graphics.FromImage(pic)
    Dim data As String
    Dim search As String
```

```
    Private Property returnStr As String
```

```
    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
        SerialPort1.Close()
        SerialPort1.PortName = "com3"
        SerialPort1.BaudRate = CInt("9600")
        SerialPort1.DataBits = 8
```

```

SerialPort1.Parity = Parity.None
SerialPort1.StopBits = StopBits.One
SerialPort1.Handshake = Handshake.None
SerialPort1.Encoding = System.Text.Encoding.Default
End Sub

```

```

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick

```

```

    Dim photo As Image(Of Bgr, Byte) = webcam.QueryFrame
    'gf.CopyFromScreen(New Point(Me.Location.X = PictureBox1.Location.X = 4,
Me.Location.Y = PictureBox1.Location.Y = 30), New Point(0, 0), pic.Size)
    PictureBox1.Image = photo.ToBitmap
    ocr.Recognize(New Image(Of Bgr, Byte)(photo.ToBitmap))
    RichTextBox1.Text = ocr.GetText
    data = RichTextBox1.Text
    If CBool(InStr(data, "BHXL75") Or InStr(data, " bhxl75") Or InStr(data, "Lhr786"))

```

```

Then

```

```

    Label1.Text = "registered"
    Label2.Text = "GERSON GONZALEZ"
    Label3.Text = "JEEP COMPASS - 2010"
    Label4.Text = "..."
    Label5.Text = "..."
    ' SerialPort1.Open()
    ' SerialPort1.Write("1")

    ' SerialPort1.Close()

```

```

Elseif CBool(InStr(data, "CLSL37") Or InStr(data, "cls137") Or InStr(data, "Abc1"))

```

```

Then

```

```

    Label1.Text = "registered"
    Label2.Text = "MIGUEL GONZALEZ"
    Label3.Text = "MAZDA BT50 - 2010"

```

```
Label4.Text = "..."  
Label5.Text = "..."  
SerialPort1.Open()  
SerialPort1.Write("1")
```

```
SerialPort1.Close()
```

```
Elseif CBool(InStr(data, "VX7720")) Then
```

```
Label1.Text = "registered"  
Label2.Text = "KARINA FIERRO"  
Label3.Text = "TOYOTA COROLLA - 2003"  
Label4.Text = "..."  
Label5.Text = "..."
```

```
SerialPort1.Close()
```

```
Elseif CBool(InStr(data, "BPTR56")) Then
```

```
Label1.Text = "registered"  
Label2.Text = "GERSON GONZALEZ"  
Label3.Text = "MAZDA 6 - 2010"  
Label4.Text = "..."  
Label5.Text = "..."
```

```
SerialPort1.Close()
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```

Private Sub Label1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Label1.Click

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles CheckBox1.Click

```

```

Try

```

```

    SerialPort1.Open()

```

```

    SerialPort1.Write("1")

```

```

    SerialPort1.Close()

```

```

Catch ex As Exception

```

```

    MsgBox(ex.Message)

```

```

End Try

```

```

End Sub

```

```

End Class

```

ANEXO B: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN ARDUINO IDE

```

#include <SPI.h>

```

```

#include <MFRC522.h>

```

```

#define RST_PIN 9

```

```

#define SS_PIN_ENB 10

```

```

MFRC522 MyLectorRF(SS_PIN_ENB, RST_PIN);

```

```

struct Tarjeta {

```

```

    String uid;

```

```

    String nombre;

```

```
};

const Tarjeta tarjetas_validas[] = {
  {"e6323b31", "MIGUEL GONZALEZ - mazda BT50 - CLSL37"},
  {"909fc920", "GERSON GONZALEZ - MAZDA 6 - BPTR56"}
};

const int ledValido = 8;
const int ledInvalido = 7;
int elock = 8;
char data;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledValido, OUTPUT);
  pinMode(ledInvalido, OUTPUT);
  pinMode(eLOCK, OUTPUT);
  digitalWrite(eLOCK, LOW);
  SPI.begin();
  MyLectorRF.PCD_Init();
  Serial.println("Control Inicializado ...");
}

void loop() {
  if (Serial.available() > 0) {
    data = Serial.read();

    if (data == '1') {
      digitalWrite(eLOCK, HIGH);
      delay(5000);
      digitalWrite(eLOCK, LOW);
    }
  }
}
```

```

}

if (MyLectorRF.PICC_IsNewCardPresent() && MyLectorRF.PICC_ReadCardSerial()) {
    String BufferID = leerUID();
    Serial.println("Card UID: " + BufferID);

    String nombre = obtenerNombreTarjeta(BufferID);
    if (nombre != "") {
        Serial.println("!!!REGISTRADO!!! " + nombre);
        activarLed(ledValido, 5000);
    } else {
        Serial.println("Tarjeta Invalida");
        activarLed(ledInvalido, 3000);
    }

    MyLectorRF.PICC_HaltA();
}
}

String leerUID() {
    String uid = "";
    for (byte i = 0; i < MyLectorRF.uid.size; i++) {
        uid += String(MyLectorRF.uid.uidByte[i], HEX);
    }
    return uid;
}

String obtenerNombreTarjeta(const String& uid) {
    for (const Tarjeta& tarjeta : tarjetas_validas) {
        if (uid == tarjeta.uid) return tarjeta.nombre;
    }
    return "";
}

```

```
}  
void activarLed(int ledPin, int duracion) {  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
    delay(duracion);  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
    delay(1000);  
}
```