



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral con el fin  
monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial y chatbot para el  
ingreso al conjunto residencial**

Navas Núñez, Lourdes Gianella y Obando Reinoso, Christopher Sebastián

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecatrónico

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José M. Sc.

10 de agosto de 2021

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, “**Diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral con el fin monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial y chatbot para el ingreso al conjunto residencial**” fue realizado por la señorita **Navas Núñez, Lourdes Gianella** y por el señor **Obando Reinoso, Christopher Sebastián**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de Agosto de 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**DARIO JOSE  
MENDOZA  
CHIPANTASI**

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José M. Sc.

C. C. 0603110834



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Reporte urkund



Document Information

Analyzed document	Tesis Navas - Obando - parqueadero.pdf (D111151019)	
Submitted	8/10/2021 10:25:00 PM	
Submitted by		
Submitter email	csobando@espe.edu.ec	
Similarity	6%	DARIO JOSE MENDOZA CHIPANTASI
Analysis address	djmendoza.espe@analysis.orkund.com	



Firmado electrónicamente por:  
DARIO JOSE  
MENDOZA  
CHIPANTASI

Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José M. Sc.

C.C. 0603110834



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**Responsabilidad de auditoría**

Nosotros, **Navas Núñez, Lourdes Gianella** con cédula de ciudadanía N° **0503952103** y **Obando Reinoso, Christopher Sebastián** con cédula de ciudadanía N° **0503191751**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral con el fin monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial y chatbot para el ingreso al conjunto residencial”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 de Agosto de 2021

.....  
**Navas Núñez, Lourdes Gianella**  
C.C. 0503952103

.....  
**Obando Reinoso, Christopher**  
**Sebastián**  
C.C. 0503191751



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**Autorización de publicación**

Nosotros, **Navas Núñez, Lourdes Gianella** con cédula de ciudadanía N° **0503952103** y **Obando Reinoso, Christopher Sebastián** con cédula de ciudadanía N° **0503191751**, AUTORIZAMOS A LA Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral con el fin monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial y chatbot para el ingreso al conjunto residencial”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 10 de Agosto de 2021

.....  
**Navas Núñez, Lourdes Gianella**  
C.C. 0503952103

.....  
**Obando Reinoso, Christopher Sebastián**  
C.C. 0503191751

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo a mis padres Lourdes y Rodrigo que son mi soporte incondicional, mi fortaleza e inspiración, a mis hermanos Nati y Joao por ser mis cómplices, por ser mi apoyo, por ayudarme a levantar en cada tropezón de esta loca aventura llamada vida, a los terremotos de mi corazón Madeline, Danna y Martín que con sus ocurrencias alegran mis días, son el motivo por el cual nunca me rendí.*

**Lourdes Gianella**

*A mis padres Efraín Obando y Maruja Reinoso que, con su sabiduría, lecciones de vida, sacrificio, ejemplo, dedicación y su amor incondicional e inagotable me han convertido en un hombre de bien, a ustedes les debo todo y este triunfo es nuestro.*

*A mi hermana Jennifer, quien siempre me demostró su cariño, apoyo y por haber sido mi modelo a seguir durante mi vida estudiantil. A mi tío Claudio, por compartir sus conocimientos, por impulsarme a aprender nuevas tendencias y haber sido mi compañero durante mi desarrollo personal y profesional. A todos mis familiares que de una u otra manera estuvieron pendientes durante mi vida estudiantil.*

*Constituye para mí un motivo de gran satisfacción dedicarles mi trabajo de titulación, que lo he conseguido con esfuerzo, dedicación y paciencia.*

**Christopher Sebastián**

## **Agradecimiento**

*Agradezco a mis padres por su apoyo y por darme todas las herramientas necesarias para culminar mi vida universitaria, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y Carrera de Mecatrónica, a cada uno de los docentes que aportó con experiencias y conocimientos, especialmente a nuestro tutor Ing. Mendoza Chipantasi, Darío José M. Sc. por la entrega y compromiso de formar profesionales de calidad.*

*Al mejor equipo que pude encontrar "Los tuercos", Jaime y Christopher por ser incondicionales, leales y buenos amigos.*

*A todos mis amigos que me apoyaron en el transcurso de esta etapa en los buenos y aún más en los malos momentos.*

*Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.*

**Lourdes Gianella**

*Doy gracias a mis padres, por haberme dado la vida, alentarme y apoyarme siempre para seguir cosechando mis sueños y metas. A nuestro tutor, Ing. Darío Mendoza, que con su dirección, experiencia, colaboración y conocimiento supo guiarnos de la mejor manera durante el desarrollo de este trabajo de titulación. A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L y a la carrera de Ingeniería Mecatrónica que junto con sus docentes me formaron como profesional.*

*Al mejor equipo de amigos y de trabajo "Los tuercos", Jaime y Gianella, les agradezco por ser una fuente de apoyo incondicional y vivencias inolvidables.*

**Christopher Sebastián**

## Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte urkund.....	3
Responsabilidad de auditoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	11
Índice de tablas.....	15
Índice de ecuaciones.....	17
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Aspectos generales y marco teórico.....	20
Planteamiento del problema.....	20
Antecedentes.....	21
Justificación e importancia.....	23
Objetivos.....	24
<i>Objetivo General</i> .....	24
<i>Objetivos Específicos</i> .....	25
Sistema de seguridad.....	26
<i>Elementos de un sistema de seguridad:</i> .....	26
Placas Vehiculares en Ecuador.....	27
Visión Artificial.....	28
<i>Componentes hardware de visión artificial</i> .....	29
<i>Componentes hardware de visión artificial</i> .....	33
<i>Etapas del procesamiento digital de imágenes</i> .....	33
<i>Algoritmos para el reconocimiento de Placas Vehiculares</i> .....	35
OCR.....	37
Norma UNE EN - 13201.....	37
<i>Fotometría</i> .....	38
Deslumbramiento.....	38
<i>Deslumbramiento en espacios exteriores</i> .....	39

Norma ITC-BT-51 .....	39
Chatbot .....	40
<i>Tipos de Chatbots</i> .....	40
Software a utilizar en el desarrollo .....	41
<i>Python</i> .....	41
<i>OpenCV</i> .....	42
<i>Red Neuronal Artificial</i> .....	43
Diseño y selección de componentes del sistema .....	45
Descripción del proyecto .....	45
Diseño del sistema de reconocimiento de placas .....	46
<i>Alternativas y selección de la tarjeta programable para visión artificial</i> .....	46
<i>Alternativas y selección de la cámara para visión artificial</i> .....	49
<i>Alternativas y selección del tipo de iluminación</i> .....	52
<i>Diseño soporte para iluminación</i> .....	62
Sistema de Base de datos .....	63
<i>Alternativas de selección de base de datos</i> .....	63
<i>Alternativas de selección de la aplicación para chatbot</i> .....	66
Sistema de control de apertura y cierre .....	68
<i>Alternativas y selección de la caja general de protección</i> .....	68
<i>Diseño de placa PCB para circuito de relé controlado por transistor</i> .....	72
Desarrollo del sistema .....	75
Soporte para luminaria .....	75
Configuración de cámara de día/noche 2MP Fixed Dome Network .....	75
Conexión de switch a router .....	78
Control de iluminación .....	79
Caja de protección .....	82
Control de apertura .....	82
Programación .....	83
<i>Captura de video</i> .....	83
Asignación de dirección IP estática .....	84
Protocolo de comunicación .....	85
Captura de frames en tiempo real .....	87
<i>Entrenamiento de la red neuronal</i> .....	88

Grabación de videos.....	88
Dividir los videos en frames .....	89
Etiquetado de zonas de interés .....	92
Configuración NVIDIA Jetson Nano .....	96
Entrenamiento personalizado de detectNet.....	98
<i>Bases de datos</i> .....	103
Base de datos permanente (para residentes).....	104
Base de datos temporal (para visitantes o delivery).....	105
<i>Ejecución por sub procesos</i> .....	106
Diseño de interfaz de usuario .....	112
<b>Pruebas, validación, conclusiones y recomendaciones</b> .....	120
Pruebas de funcionamiento .....	120
<i>Pruebas realizadas con el mismo vehículo</i> .....	120
<i>Pruebas según el tamaño de la muestra</i> .....	138
Validación de la hipótesis .....	143
Alcances y limitaciones .....	147
<i>Alcances</i> .....	147
<i>Limitaciones</i> .....	148
Análisis de costos.....	150
Conclusiones .....	151
Recomendaciones .....	154
<b>Bibliografía</b> .....	156
<b>Anexos</b> .....	161
<b>Anexo 1 Manual de usuario - Nvidia Jetson Nano</b>	
<b>Anexo 2 Manual de usuario - Hikvision</b>	
<b>Anexo 3 Manual de usuario - LEDVANCE-FLOODLIGHT</b>	
<b>Anexo 4 Tablas T-Student</b>	

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Placa vehicular de Ecuador</i> .....	28
<b>Figura 2</b> <i>Etapas del procesamiento digital de imágenes</i> .....	34
<b>Figura 3</b> <i>Proceso ANPR en tiempo real</i> .....	36
<b>Figura 4</b> <i>Fotometría de lámpara halógena</i> .....	38
<b>Figura 5</b> <i>Logo de Python</i> .....	42
<b>Figura 6</b> <i>Logo OpenCV</i> .....	42
<b>Figura 7</b> <i>Sistemas y subsistemas del prototipo</i> .....	45
<b>Figura 8</b> <i>NVIDIA Jetson Nano</i> .....	47
<b>Figura 9</b> <i>Raspberry Pi 4</i> .....	47
<b>Figura 10</b> <i>Arducam 2MP HDR</i> .....	49
<b>Figura 11</b> <i>Logitech empresarial BRIO ULTRA HD PRO</i> .....	50
<b>Figura 12</b> <i>Cámara de día/noche 2 MP Fixed Dome Network</i> .....	51
<b>Figura 13</b> <i>Luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W</i> .....	58
<b>Figura 14</b> <i>Vistas superior y lateral, correspondientes al acceso vehicular del conjunto residencial “Bolonía”</i> .....	58
<b>Figura 15</b> <i>Ubicación espacial de la fotometría en su zona de trabajo</i> .....	59
<b>Figura 16</b> <i>Fotométrica de una lámpara con un flujo luminoso de 800 (lm)</i> .....	60
<b>Figura 17</b> <i>Diseño 3D del soporte para iluminación</i> .....	63
<b>Figura 18</b> <i>Logo MySQL</i> .....	64
<b>Figura 19</b> <i>Logo SQLite</i> .....	64
<b>Figura 20</b> <i>Logos de Telegram y BotFather</i> .....	66
<b>Figura 21</b> <i>Logo WhatsApp</i> .....	67
<b>Figura 22</b> <i>Caja derivación Gris 10105</i> .....	69
<b>Figura 23</b> <i>Caja para control de alumbrado</i> .....	70
<b>Figura 24</b> <i>Gabinete de pared</i> .....	71

<b>Figura 25</b> <i>Circuito de relé controlado por transistor.....</i>	73
<b>Figura 26</b> <i>Diseño de las pistas de la placa PCB .....</i>	74
<b>Figura 27</b> <i>Placa PCB en 3D presentada por el software Proteus.....</i>	74
<b>Figura 28</b> <i>Soporte para luminaria.....</i>	75
<b>Figura 29</b> <i>Configuración de video .....</i>	76
<b>Figura 30</b> <i>Ajustes de imagen .....</i>	77
<b>Figura 31</b> <i>Configuración de tiempo de exposición .....</i>	77
<b>Figura 32</b> <i>Configuración luz infrarroja .....</i>	78
<b>Figura 33</b> <i>Configuración de HLC.....</i>	78
<b>Figura 34</b> <i>Conexión de switch a router.....</i>	79
<b>Figura 35</b> <i>Temporizador analógico Grounded Timer.....</i>	80
<b>Figura 36</b> <i>Interruptor primera posición .....</i>	80
<b>Figura 37</b> <i>Perilla para programación.....</i>	81
<b>Figura 38</b> <i>Bajar perillas de 18H00 a 06H00 .....</i>	81
<b>Figura 39</b> <i>Caja de protección.....</i>	82
<b>Figura 40</b> <i>Placa PCB .....</i>	83
<b>Figura 41</b> <i>Vista 3D de placa PCB .....</i>	83
<b>Figura 42</b> <i>Programa SADP .....</i>	84
<b>Figura 43</b> <i>Asignación de dirección IP estática.....</i>	85
<b>Figura 44</b> <i>Protocolo de comunicación.....</i>	86
<b>Figura 45</b> <i>Captura de frames por el método propuesto por Rackwitz.....</i>	87
<b>Figura 46</b> <i>Obtención de videos .....</i>	89
<b>Figura 47</b> <i>Menú de VLC media player.....</i>	89
<b>Figura 48</b> <i>Ajustes de VLC media player.....</i>	90
<b>Figura 49</b> <i>Filtros de VLC media player.....</i>	90
<b>Figura 50</b> <i>Configuración del filtro de escena en VLC media player.....</i>	91
<b>Figura 51</b> <i>Guardar configuración del filtro de escena en VLC media player.....</i>	91

<b>Figura 52</b> <i>Reproducir el video en VLC media player</i> .....	92
<b>Figura 53</b> <i>Frames separados</i> .....	92
<b>Figura 54</b> <i>Nombre de la clase a etiquetar</i> .....	93
<b>Figura 55</b> <i>Abrir un nuevo directorio en Labellmg</i> .....	93
<b>Figura 56</b> <i>Seleccionar el directorio en Labellmg</i> .....	94
<b>Figura 57</b> <i>Seleccionar el formato Pascal/VOC</i> .....	94
<b>Figura 58</b> <i>Seleccionar el área a etiquetar</i> .....	95
<b>Figura 59</b> <i>Información almacenada en el archivo .xml</i> .....	95
<b>Figura 60</b> <i>Interfaz del programa Etcher</i> .....	96
<b>Figura 61</b> <i>Mensaje de Flash Complete.! del programa Etcher</i> .....	97
<b>Figura 62</b> <i>Ranura para tarjeta SD – Jetson Nano</i> .....	97
<b>Figura 63</b> <i>Conexión de dispositivos periféricos a la tarjeta Jetson Nano</i> .....	98
<b>Figura 64</b> <i>Escritorio de la tarjeta Jetson Nano</i> .....	98
<b>Figura 65</b> <i>Terminal de Jetson Nano con el comando git clone</i> .....	99
<b>Figura 66</b> <i>Terminal de Jetson Nano ejecutando el docker</i> .....	99
<b>Figura 67</b> <i>Interfaz del Model Downloader</i> .....	99
<b>Figura 68</b> <i>Archivos en formato .xml</i> .....	100
<b>Figura 69</b> <i>Archivos de configuración para distribuir el número de imágenes</i> .....	100
<b>Figura 70</b> <i>Archivos en formato .jpg</i> .....	101
<b>Figura 71</b> <i>Terminal de Jetson Nano ejecutando el entrenamiento neuronal</i> .....	101
<b>Figura 72</b> <i>Archivos de salida al terminar de entrenar la red neuronal</i> .....	102
<b>Figura 73</b> <i>Terminal de Jetson Nano ejecutando la conversión a un modelo onnx</i> . 102	
<b>Figura 74</b> <i>Ejecución de la red neuronal sobre video</i> .....	103
<b>Figura 75</b> <i>Crear un nuevo archivo en el programa DB Browser for SQLite</i> .....	103
<b>Figura 76</b> <i>Ingresar los datos para la creación de tablas y variables</i> .....	104
<b>Figura 77</b> <i>Campos requeridos por la base de datos permanente</i> .....	105
<b>Figura 78</b> <i>Campos requeridos por la base de datos temporal</i> .....	106

<b>Figura 79</b>	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos permanente ...</i>	108
<b>Figura 80</b>	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos temporal .....</i>	109
<b>Figura 81</b>	<i>Diagrama de flujo de eliminación de usuarios de datos temporal.....</i>	110
<b>Figura 82</b>	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento total del prototipo.....</i>	111
<b>Figura 83</b>	<i>Indicadores de la ventana 2.....</i>	113
<b>Figura 84</b>	<i>Mensaje de información al ingresar un nuevo usuario .....</i>	113
<b>Figura 85</b>	<i>Mensaje de información al editar un usuario.....</i>	114
<b>Figura 86</b>	<i>Mensaje de error al ingresar contraseña incorrecta .....</i>	114
<b>Figura 87</b>	<i>Mensaje de error al no ingresar contraseña.....</i>	115
<b>Figura 88</b>	<i>Mensaje de error al ingresar un nuevo usuario con parámetros inos ....</i>	115
<b>Figura 89</b>	<i>Mensaje de error al no seleccionar usuario para eliminar .....</i>	116
<b>Figura 90</b>	<i>Ventana 1 de interfaz de usuario .....</i>	116
<b>Figura 91</b>	<i>Ventana 2 diseñada con zonas áureas.....</i>	119
<b>Figura 92</b>	<i>Ventana de administración de usuarios .....</i>	119
<b>Figura 93</b>	<i>Clima del día sábado 24 de Julio en la mañana.....</i>	121
<b>Figura 94</b>	<i>Clima del día sábado 24 de Julio en la noche.....</i>	121
<b>Figura 95</b>	<i>Placa provisional.....</i>	150

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Técnicas de iluminación</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Escala de ponderación</i> .....	46
<b>Tabla 3</b> <i>Valoración de las alternativas de tarjeta programable</i> .....	48
<b>Tabla 4</b> <i>Valoración de las alternativas de cámara para visión artificial</i> .....	52
<b>Tabla 5</b> <i>Valoración de las alternativas del tipo de iluminación</i> .....	54
<b>Tabla 6</b> <i>Clasificación de las vías</i> .....	55
<b>Tabla 7</b> <i>Tipos de alumbrado dentro de las categorías C y D</i> .....	55
<b>Tabla 8</b> <i>Clase de alumbrado según la situación del proyecto</i> .....	57
<b>Tabla 9</b> <i>Valoración de las alternativas de base de datos</i> .....	65
<b>Tabla 10</b> <i>Valoración de las alternativas de aplicación para chatbot</i> .....	67
<b>Tabla 11</b> <i>Valoración de las alternativas para la caja general de protección</i> .....	72
<b>Tabla 12</b> <i>Materiales utilizados en el circuito</i> .....	73
<b>Tabla 13</b> <i>Registro de usuarios para pruebas</i> .....	120
<b>Tabla 14</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 1</i> .....	122
<b>Tabla 15</b> <i>Datos obtenidos durante la noche del vehículo 1</i> .....	123
<b>Tabla 16</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 2</i> .....	125
<b>Tabla 17</b> <i>Materiales utilizados en el circuito</i> .....	126
<b>Tabla 18</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 3</i> .....	127
<b>Tabla 19</b> <i>Datos obtenidos durante la noche del vehículo 3</i> .....	128
<b>Tabla 20</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 4</i> .....	129
<b>Tabla 21</b> <i>Datos obtenidos durante la noche del vehículo 4</i> .....	130
<b>Tabla 22</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 5</i> .....	131
<b>Tabla 23</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 6</i> .....	133
<b>Tabla 24</b> <i>Datos obtenidos durante el día del vehículo 7</i> .....	134
<b>Tabla 25</b> <i>Datos obtenidos durante la noche del vehículo 8</i> .....	135

<b>Tabla 26</b> <i>Porcentaje de fiabilidad durante el día</i> .....	136
<b>Tabla 27</b> <i>Porcentaje de fiabilidad durante la noche</i> .....	137
<b>Tabla 28</b> <i>Pruebas según el tamaño de la muestra</i> .....	138
<b>Tabla 29</b> <i>Condiciones presentadas para realizar la validación por el método de T-Student</i> .....	144
<b>Tabla 30</b> <i>Limitaciones del prototipo</i> .....	149
<b>Tabla 31</b> <i>Detalle del análisis de costos</i> .....	150

**Índice de ecuaciones**

<b>Ecuación 1</b> <i>Fórmula de la hipotenusa</i> .....	59
<b>Ecuación 2</b> <i>Función trigonométrica tangente</i> .....	59
<b>Ecuación 3</b> <i>Fórmula de intensidad luminosa</i> .....	60
<b>Ecuación 4</b> <i>Iluminancia recibida en componente horizontal</i> .....	61
<b>Ecuación 5</b> <i>Iluminancia recibida en componente vertical</i> .....	61
<b>Ecuación 6</b> <i>Iluminancia recibida total</i> .....	62
<b>Ecuación 7</b> <i>Valor de la distribución de T-Student</i> .....	145
<b>Ecuación 8</b> <i>Desviación estándar de una muestra conocida</i> .....	145
<b>Ecuación 9</b> <i>Fórmula grados de libertad</i> .....	146

## Resumen

En el presente trabajo de titulación se realiza el diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral con el fin monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial junto con la red neuronal detectNet; de esta manera se enmarca la zona de interés obteniendo el par de coordenadas (x, y), con las cuales se compara la posición para implementar un “sensor” por medio de visión artificial, permitiendo capturar la imagen al pasar por una zona delimitada. Por medio de la investigación previa y selección de componentes, se decidió utilizar: una luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W, seleccionada según la norma UNE EN-13201; junto con una cámara de seguridad IP Hikvision, que cuenta con varias configuraciones que permiten el correcto desarrollo del prototipo tales como: ajustes de imagen (brillo, contraste, saturación, nitidez), configuración de exposición, control día/noche (filtro ir, luz ir) y Compensación de Luces Altas (HLC). El uso del filtro infrarrojo junto con la luz infrarroja, permite que la luz viaje desde la cámara hasta la placa vehicular y rebote en el fondo retro reflectivo, obteniendo una imagen clara y de alta calidad; por su parte la Compensación de Luces Altas (HLC), permite detectar y revertir zonas en las que la luz que llega a la cámara distorsiona la imagen, eliminando destellos o reflejos. Además, se diseñaron dos bases de datos en un archivo SQLite: base de datos permanente utilizada para residentes (se registra por medio de teclado) y base de datos temporal utilizada para delivery y visitantes (se registra por medio de chatbot vía Telegram y se eliminan una hora después del registro). Los algoritmos se implementaron y compilaron con OpenCV en Python3, lo cual hizo posible el diseño de una interfaz gráfica bajo la norma ISO 9241, que cuenta con: verificación de usuario / clave, colores acromáticos, tipografía recomendada por la norma, tolerancia a errores, indicadores de órdenes, botones de acción, mensajes informativos y mensajes de error. Para finalizar, se realiza la validación de la hipótesis por el método de T-Student, afirmando que, el diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral permite controlar y monitorear el ingreso de automóviles al conjunto residencial, utilizando visión artificial y chatbot con un porcentaje de transformaciones OCR afirmativas mayor o igual al 95%.

### Palabras clave:

- ) **VISIÓN ARTIFICIAL**
- ) **SISTEMAS DE SEGURIDAD**
- ) **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
- ) **RECONOCIMIENTO DE PLACAS VEHICULARES**

## Abstract

In this degree work, the design and implementation of a prototype of an integral security system is carried out in order to monitor the access of automobiles, using artificial vision together with the detectNet neural network; in this way the area of interest is framed obtaining the pair of coordinates (x, y), with which the position is compared to implement a "sensor" by means of artificial vision, allowing to capture the image when passing through a delimited area. Through previous research and component selection, it was decided to use: a LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W white light LED luminaire, selected according to the UNE EN-13201 standard; together with a Hikvision IP security camera, which has several configurations that allow the correct development of the prototype such as: image adjustments (brightness, contrast, saturation, sharpness), exposure settings, day/night control (ir filter, ir light) and High Light Compensation (HLC). The use of the infrared filter together with the infrared light, allows the light to travel from the camera to the license plate and bounce off the retro-reflective background, obtaining a clear and high quality image; on the other hand, the High Light Compensation (HLC), allows detecting and reversing areas where the light reaching the camera distorts the image, eliminating flashes or reflections. In addition, two databases were designed in a SQLite file: permanent database used for residents (registered by keyboard) and temporary database used for delivery and visitors (registered by chatbot via Telegram and deleted one hour after registration). The algorithms were implemented and compiled with OpenCV in Python3, which made possible the design of a graphical interface under the ISO 9241 standard, which has: user / key verification, achromatic colors, typography recommended by the standard, error tolerance, order indicators, action buttons, informative messages and error messages. Finally, the hypothesis is validated by the T-Student method, affirming that the design and implementation of a prototype of an integral security system allows controlling and monitoring the entry of automobiles to the residential complex, using artificial vision and chatbot with a percentage of affirmative OCR transformations greater than or equal to 95%.

### Keywords:

- ) **ARTIFICIAL VISION**
- ) **SECURITY SYSTEMS**
- ) **ARTIFICIAL INTELLIGENCE**
- ) **LICENSE PLATE RECOGNITION**

## CAPÍTULO I

### 1. Aspectos generales y marco teórico

En este capítulo se presentan los aspectos generales del proyecto tales como: planteamiento del problema, justificación, antecedentes y objetivos; además del marco teórico.

#### 1.1. Planteamiento del problema

Las pruebas del sistema a implementar se realizarán en el conjunto residencial “Bolonia” de la ciudad de Latacunga debido a que se tiene disponibilidad. Las variables que podrían ocasionar fallos en el sistema vienen dadas por varios factores entre ellos: intensidad lumínica y color de luz variante emitida por los faros de los autos, presencia constante de placas deterioradas tanto en forma como en legibilidad, placas emitidas por la agencia nacional de tránsito con distinta tipografía, placas en dos formatos (antiguo y nuevo), presencia de placas provisionales, variación de la distancia de análisis dependiente del tipo de cámara a utilizar, del tamaño del vehículo y de la iluminación del ambiente de trabajo, permitir el ingreso de vehículos de visitantes y de delivery, velocidad de procesamiento y costo de implementación.

En el conjunto residencial “Bolonia”, al igual que varios conjuntos, carecen de un sistema de seguridad que permita la identificación de vehículos por número de placa para su posterior registro en el historial de ingresos, si bien es cierto se tiene el control y tarjetas magnéticas para el acceso, se reportan varios casos en los que ingresan vehículos desconocidos ocasionando inseguridad y malestar en los habitantes, cabe recalcar que se cuenta con un servicio de seguridad privada pero el personal no trabaja las 24 horas del día, por lo que la seguridad del conjunto es vulnerable en horas de la noche y madrugada.

La jornada laboral nocturna trae consigo efectos adversos a la salud, es por esto que el sistema político ha implementado diferentes leyes para regular el tiempo máximo de trabajo, se dice que a las pocas horas de exposición al trabajo nocturno ya se empiezan a vislumbrar una serie de signos y síntomas debidos principalmente a la privación del sueño y la fatiga provocando menos eficacia en el trabajo, esto puede ocasionar que el guardia de seguridad permita el acceso a vehículos desconocidos.

## **1.2. Antecedentes**

A lo largo de la historia el ser humano ha buscado la manera de capturar momentos importantes de la vida cotidiana. El constante avance tecnológico en esta área de estudio permitió la creación de cámaras fotográficas y sus posteriores modificaciones para mejorar la calidad en la imagen.

En 1964, en el Jet Propulsion Laboratory (Pasadena, Cal.), se da inicio al procesamiento de imágenes por medio de computadoras, al tratar imágenes provenientes de la Luna transmitidas por el Ranger 7. Las técnicas utilizadas, fueron el punto de partida para mejorar los métodos utilizados en el realce y restauración de imágenes. (Domínguez Torres, 1996)

Alrededor del mundo, países desarrollados tales como: China, Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido, Rusia, Suecia, entre otros; han implementado varias aplicaciones del PDI en áreas como: astronomía, biología, criminalística, fotografía, historia, industria 4.0, medicina, microscopía, seguridad y defensa, etc.

En octubre de 2012, en la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, se realizó un sistema de control automático, basado en un algoritmo implementado en el software LabVIEW para el procesamiento de imágenes, el

sistema permitía o negaba el acceso de los vehículos al parqueadero de la ESPE-L. (Mendoza Chipantasi & Romero Medina, 2012)

En julio de 2017, en la Universidad Central del Ecuador, se desarrolló un sistema que permitía el reconocimiento de placas vehiculares en tiempo real para el control de acceso vehicular a la universidad, utilizando Visión Artificial para adquirir, procesar y analizar imágenes de placas vehiculares con formato XXX-### o XXX-####, haciendo uso del lenguaje de programación Python junto con la librería OpenCV. (Fernández Paucar & Quinatoa Alomoto, 2017)

En abril de 2018, en la Facultad de Ingeniería en Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional, se desarrolló un chatbot para la interacción de clientes en el área de Fianzas de Seguros Equinoccial (caso de estudio), el cual permite al chatbot dar respuestas efectivas a través de un diálogo personalizado y enfocado en el procesamiento de lenguaje natural y machine learning utilizando tres canales (página web de Fianzas de Seguros Equinoccial, Facebook Messenger y Skype como opcional). (Zarabia Zuñiga, 2018)

Smart Parking, en una empresa europea con más de 20 años de experiencia en el mercado, que oferta sistemas inteligentes de parqueo, los cuales van desde sistemas basados en la detección de vehículos por medio de sensores, hasta sistemas que permiten el reconocimiento automático de matrículas (ANPR) por sus siglas en inglés, las cámaras utilizan algoritmos de alta tecnología para garantizar que factores externos tales como ángulos, perspectiva y cantidad de luz; no influyan en la correcta lectura de placas. Además, utilizan tecnología infrarroja para detectar cambios en el nivel de luz permitiendo que el sistema funcione en cualquier momento del día o de la noche. (Smart Parking Limited, 2020)

A pesar de ser proyectos con gran similitud al planteado, el presente tiene varios adicionales tales como: funcionamiento del sistema 24/7, automatización de la puerta de ingreso (apertura – cierre), registro temporal de placas de invitados o servicios de delivery mediante el uso de un chatbot.

### **1.3. Justificación e importancia**

Garantizar la seguridad dentro de una organización, entidad o grupo comunitario, es crucial para permitir una coexistencia segura y pacífica, por lo tanto, en el área de seguridad es importante contar con varios sistemas que permitan trabajar en conjunto con entidades que brindan servicios de seguridad, uno de los sistemas principales debe permitir monitorear y controlar el acceso de vehículos a un lugar determinado, por tal razón el proyecto plantea el desarrollo de un prototipo de sistema de seguridad basado en visión artificial para realizar el reconocimiento automático de placas.

El desarrollo del proyecto permite conjugar varias tecnologías existentes tales como: visión artificial, reconocimiento óptico de caracteres, redes neuronales, automatización y control, chatbot; lo cual se traduce en un sistema tecnológico de gran interés social en el ámbito de seguridad.

Dentro del diseño del sistema de iluminación bajo la norma UNE EN-13201, se consideran los niveles mínimos y máximos de luminancia descritos para asegurar: un amplio campo visual del conductor acorde a la velocidad a la que se desplaza rigiéndose al valor de uniformidad mínima para evitar el deslumbramiento; con respecto a los peatones, se debe garantizar la seguridad y un campo visual elevado para observar obstáculos, señales de tránsito y cruces de vías.

El diseño de la caja de control mediante la norma ITC-BT-51, para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y

seguridad para viviendas y edificios, permite garantizar que las señales transmitidas por cables sean correctas en todo el sistema o en una parte del mismo.

Al incrementar un chatbot tipo “Word - spotting” al sistema de seguridad, se proporciona un software que utiliza mensajes estructurados para el registro de placas vehiculares desconocidas, mismo que se guarda en un registro temporal de memoria durante el día y se resetea en la noche, brindando mayor comodidad y seguridad para el usuario al momento de recibir visitas o delivery.

Las investigaciones más recientes en el campo de visión artificial para sistemas de parqueo han presentado avances agigantados en el desarrollo de aplicaciones para distintas tareas como: reconocimiento de caracteres de placas, gestión de estancia máxima, permitir el acceso únicamente a vehículos registrados en el sistema, gestión de tiempos de ingreso y salida en tickets de parqueo, etc. El uso de visión artificial en el sistema propuesto está enfocado al reconocimiento de placas de automóviles para permitir el acceso únicamente a vehículos registrados y pre-alertados en la base de datos del conjunto residencial “Bolonía”.

Todo sistema debe brindar seguridad y comodidad al usuario, por lo que se propone implementar un control de apertura que trabaje conjunto con el sistema de visión artificial, permitiendo al usuario dar acceso temporal a vehículos conocidos que no consten en la base de datos principal.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. *Objetivo General***

Diseñar e implementar un prototipo de sistema de seguridad integral para monitorear el acceso de automóviles, utilizando visión artificial y chatbot para el ingreso al conjunto residencial.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- J Investigar el estado actual de la técnica basado en la recolección de información a través de publicaciones e información técnica de sistemas de seguridad por medio de visión artificial para obtener parámetros de diseño.
- J Dividir el prototipo en varios sistemas que componen: reconocimiento de placas, chatbot, control de apertura y cierre para su posterior desarrollo.
- J Diseñar el sistema de compensación de iluminación automático, seleccionando la intensidad de luz y ubicación adecuada para permitir un correcto reconocimiento en la noche.
- J Entrenar la red neuronal que permita reconocer la zona de interés (placa) en los vehículos que van en dirección a la puerta de ingreso al conjunto.
- J Implementar los algoritmos necesarios para realizar un correcto procesamiento de imágenes, que permita obtener datos para el reconocimiento de caracteres (OCR).
- J Desarrollar los esquemas de control para el ingreso de vehículos, basándose en la respuesta del reconocimiento de placas y en la implementación del chatbot.
- J Seleccionar la caja general de protección bajo la normativa ITC-BT-51 para el montaje del prototipo.
- J Someter el sistema implementado a pruebas en varias condiciones climáticas, ambientales, lumínicas y de control; con el fin de obtener los resultados del sistema para conocer su porcentaje de confiabilidad.
- J Validar la hipótesis a través de pruebas experimentales reales para comprobar la fiabilidad y el tiempo de respuesta de los algoritmos de control propuestos.

## **1.5. Sistema de seguridad**

Se entiende por seguridad a la necesidad de protección ante eventos que aporten peligro o atenten contra la calidad de vida de una persona o un grupo de personas, para lo cual se toman medidas preventivas para disminuir el nivel de afecciones que se puedan sufrir, utilizando un conjunto de dispositivos que varían según las características de la zona a proteger. (Verisure, 2021)

### **1.5.1. Elementos de un sistema de seguridad:**

#### **Zonas**

Se analiza la zona principal de protección para dividirla en sub áreas con el fin de monitorear de mejor manera con un conjunto de sensores o cámaras.

#### **Estados del sistema**

- ) Encendido / Apagado
- ) Armado
- ) Desarmado

#### **Señales**

Se utiliza comunicación serial que contiene la información para llevar a cabo una acción como: activar alarma, restaurar sistema, apertura y cierre de puertas y sonido de emergencia; las señales las recibe el computador, las analiza y toma la acción.

#### **Interpretación de señales**

Cuando se reciben las señales, se procede a la interpretación por medio de un plan de acción para llevar a cabo la acción necesaria según la señal recibida.

## **Logística y reacción**

Se realiza una reacción por medio de supervisores motorizados, una confirmación telefónica o una actualización de información en una base de datos. (SEGURIDAD, 2017)

### **1.6. Placas Vehiculares en Ecuador**

De acuerdo al REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, (Decreto Ejecutivo 1738, 2009), en Ecuador todo vehículo debe portar de manera obligatoria dos placas vehiculares, otorgadas por las Comisiones Provinciales respectivas, mismas que se colocarán en la parte posterior y anterior del mismo. Existen 6 colores de fondo para la identificación de cada servicio, siendo estos:

- ) Blanco – Plata: Particular
- ) Naranja: Servicio Público y Comercial.
- ) Oro: Organismos del Estado
- ) Verde Limón: Consejos Provinciales y Municipales
- ) Azul: Diplomáticos, Consulares, Asistencia Técnica y Organismos Internacionales
- ) Rojo: Vehículos de Internación Temporal

Las placas se diseñan bajo tres características principales:

- ) Lámina metálica de 154 mm x 404 mm que deberán cumplir con las normas de seguridad recubrimiento y reflectancia que determine la Comisión Nacional;

- J) El diseño será único para todo el país. Las letras y números irán en relieve de 2 mm, en color negro mate, sobre el fondo retro reflectivo que llevará impreso un holograma de seguridad determinado por la Comisión Nacional; y,
- J) En la parte superior central llevarán la palabra ECUADOR y contendrán las tres letras y tres o cuatro dígitos siguiendo el orden alfabético y numérico correspondiente.

Sus dimensiones están representadas en la Figura 1, serán de 404 mm de largo por 154 mm de alto; en la esquina superior izquierda llevarán impreso a color el logotipo de la Agencia Nacional de Tránsito; las letras y números impresos medirán 38 mm de ancho por 75 mm de alto; en la parte superior, en un campo de 146 mm de ancho por 27 mm de alto, estará impresa la palabra ECUADOR en letras mayúsculas. (Decreto Ejecutivo 1196, 2012)

### Figura 1

*Placa vehicular de Ecuador*



*Nota:* Tomado de (Andrade, 2015).

### 1.7. Visión Artificial

La visión artificial representa uno de los componentes de la inteligencia artificial, busca dotar de una capacidad especial a la máquina para procesar y

analizar una imagen o secuencia de imágenes de su entorno para tomar una acción según corresponda.

Los usos más comunes de esta tecnología se relacionan con aplicaciones de: control de calidad, clasificación de objetos, conteo, posicionamiento espacial, control de rotación y pick and place. (Contaval, 2016)

### 1.7.1. Componentes hardware de visión artificial

La combinación correcta de componentes seleccionados para un proceso de visión artificial, permite el realce previo de la imagen, esto trae varios beneficios al sistema como: optimización de contraste, normalización a variaciones lumínicas del ambiente, simplificación del procesamiento digital de imágenes. (BCN - vision, 2017)

#### Iluminación

La selección de un sistema de iluminación es una parte fundamental para el correcto desarrollo de un sistema de visión artificial, debido a que las cámaras captan la luz reflejada en los objetos para su posterior análisis. En la tabla 1, se muestran los tipos de iluminación más utilizados en sistemas de visión artificial.

**Tabla 1**

*Técnicas de iluminación*

<b>Técnicas de iluminación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<i>Frontal</i>	La cámara y luz se posicionan de forma paralela mirando al objeto, esta técnica reduce sombras, suaviza las texturas y minimiza imperfecciones.	 <p>El diagrama muestra un componente superior etiquetado como 'ANILLO LUZ' que emite tres rayos de luz hacia abajo sobre un objeto etiquetado como 'OBJETO'.</p>

Técnicas de iluminación	Descripción	Imagen
<i>Lateral</i>	La cámara se posiciona mirando al objeto, mientras que la luz es lateral al objeto, el grado de inclinación depende del grado deseado de resalte de los relieves.	
<i>Iluminación por campo oscuro</i>	La luz se posiciona de forma lateral con un ángulo muy pequeño mediante un anillo en todas las direcciones, se utiliza cuando no existe mucho contraste.	
<i>Iluminación por contraste</i>	La luz es emitida desde la parte posterior del objeto y en la parte superior la cámara, misma que inspecciona la silueta del objeto con mediciones precisas y detección de impurezas en objetos transparentes.	
<i>Iluminación Axial difusa</i>	La luz es emitida de forma lateral siendo reflejada 90° por un espejo semitransparente que desvía los haces de luz en la misma dirección que el eje de la cámara, permitiendo inspecciones de códigos en materiales reflectantes.	

Técnicas de iluminación	Descripción	Imagen
<i>Iluminación difusa Tipo Domo</i>	La luz es emitida dentro de una cúpula esférica, obteniendo una luz difusa para eliminar sombras y reflejos, suavizar texturas y minimizar la influencia de relieves y curvaturas del objeto.	
<i>Iluminación por láser</i>	La luz estructurada se utiliza para resaltar una tercera dimensión de un objeto, se coloca la fuente de luz láser en un ángulo conocido con respecto al objeto a iluminar y a la cámara, de forma que viendo la distorsión de la luz pueda interpretarse la profundidad de los objetos a medir.	

*Nota:* Tomado de (BCN - vision, 2017)

### Lente

El lente es un dispositivo que se utiliza para transmitir la luz del entorno al sensor de la cámara de manera controlada, la calidad y resolución de la imagen se determina por el lente; las cámaras en sistemas de visión artificial utilizan dos tipos de lentes, (Cognex, 2021):

- ) Lentes intercambiables: Montaje C, montaje CS
- ) Lentes fijos: Enfoque automático de ajuste mecánico, Enfoque automático de lente líquido Armado

### Sensor

El sensor de imagen tiene la capacidad de convertir la luz captada por el lente en una imagen digital, existen dos tipos de sensores que se caracterizan por: uso de un dispositivo de carga acoplada (CCD) o la tecnología de semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS), su función principal es convertir la luz (fotones) en señales eléctricas (electrones). (Cognex, 2021)

### **Filtro**

El uso del filtro óptico en aplicaciones de visión artificial, permite seleccionar el rango de longitud de onda que llega al sensor, de esta manera se capta únicamente lo más favorable del entorno de análisis. Según (INFAIMON S.L., 2018), los filtros más utilizados son:

- ) Filtro de paso largo: transmite la luz por encima de ciertas longitudes de onda.
- ) Filtro de paso corto: transmite la luz por debajo de ciertas longitudes de onda.
- ) Filtro paso de banda: transmiten la luz dentro de una banda estrecha de longitudes de onda.
- ) Filtros de corte: bloquea el paso de ciertas longitudes de onda.
- ) Filtro polarizador: elimina la luz indirecta (luz lateral) y reflejos, incrementa el contraste.
- ) Filtro de densidad neutra (ND): reduce la intensidad de luz que llega al sensor, afecta a todo el espectro
- ) Filtro bloqueador de IR: al activarse, impide que la luz IR del entorno llegue al sensor para evitar distorsiones de imagen; al desactivarse incrementa la sensibilidad lumínica del sensor, dado que la luz IR se

filtra por los tres filtros RGB en el sensor, el resultado es una imagen en escala de grises. (Axis Communications, 2018)

### **Procesador de imagen**

Procesar es el mecanismo para extraer información de una imagen digital y colocarla externamente en un sistema basado en PC o internamente en un sistema de visión artificial independiente. El procesamiento se realiza a través de un software y conlleva varios pasos. Primero, la imagen se obtiene del sensor. En algunos casos es necesario preprocesar la imagen para optimizarla y asegurar que las características necesarias sobresalen. Luego, el software ubica las características específicas, realiza mediciones y las compara con la especificación. Finalmente, se toma una decisión y se comunican los resultados.

#### **1.7.2. Componentes hardware de visión artificial**

Según Malacara (1997), el procesamiento digital es un conjunto de etapas: captura, preprocesamiento, segmentación, extracción de características e identificación de objetos que se aplican a las imágenes con el único objetivo de mejorar la calidad para facilitar la búsqueda de ciertos detalles y mejorar el aspecto de la misma, estas mejoras serían:

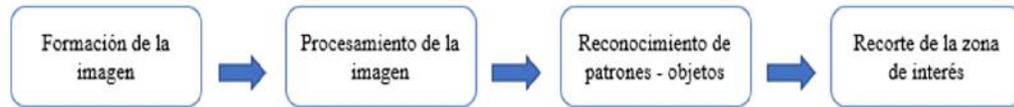
- ) Remover defectos
- ) Remover problemas por movimiento o desenfoque
- ) Mejorar propiedades de la imagen

#### **1.7.3. Etapas del procesamiento digital de imágenes**

Para el tratamiento digital de imágenes en la detección y reconocimiento de placas vehiculares es necesario realizar una secuencia de procesos que se presenta en la figura 2.

## Figura 2

### *Etapas del procesamiento digital de imágenes*



### **Formación de la imagen**

Mediante una cámara o video permite captar, registrar y reproducir imágenes, misma que es representada por una matriz de píxeles por tres canales (R, G, B) cada píxel viene dado por valores numéricos que van del rango 0 a 255 según la interacción de luz se relaciona con la intensidad de luz emitida en la escena. (Ortiz Zamora & Torres Medina, 2002)

### **Procesamiento de la imagen**

El procesamiento consiste en alterar la información visual, descomponiendo en distintos canales o aislar ciertas características particulares de la imagen analizando la estrategia a implementar dependiendo del entorno y tipo de imagen para un procesamiento eficiente. (Mejía Vilet, 2005)

- ) Procesos de bajo nivel: Se caracteriza por sus entradas y salidas son imágenes, utilizando operaciones para reducir ruido, mejora del contraste y filtros de enfoque
- ) Procesos de nivel medio: Se caracteriza por sus entradas son imágenes y las salidas son características específicas de la misma, utiliza operaciones con segmentación y clasificación de objetos.
- ) Procesos de alto nivel: Implica obtener algún significado de un conjunto de objetos reconocidos y realizar funciones cognitivas asociadas con la vista.

## **Reconocimiento de patrones - objetos**

El reconocimiento de objetos se basa en técnicas de la visión utilizando software, donde se pretende obtener una imagen mediante una cámara o video, cada vez que capta dicha imagen procesa información visual que deberá contar con los objetos que se va a identificar, mediante tres pasos: adquisición de la imagen digital, procesamiento y extracción de las diferentes características de la imagen.

### **Recorte de la zona de interés**

Es importante reducir los datos que se presentan al sistema de OCR, por lo cual se debe recortar las zonas que no se van a analizar ya que la presencia de impurezas en la imagen puede interpretarse como un nuevo carácter, como resultado final se presenta la placa vehicular recortada.

#### **1.7.4. Algoritmos para el reconocimiento de Placas Vehiculares**

El reconocimiento automático de placas vehiculares es conocido por diferentes nombres (Lélis Baggio, y otros, 2012):

- ) Reconocimiento automático de matrículas (ANPR)
- ) Reconocimiento automático de matrículas (ALPR)
- ) Identificación automática de vehículos (Automatic vehicle identification, AVI)
- ) Reconocimiento de matrículas de vehículos (Car plate recognition, CPR)
- ) Reconocimiento de matrículas (Licence plate recognition, LPR)

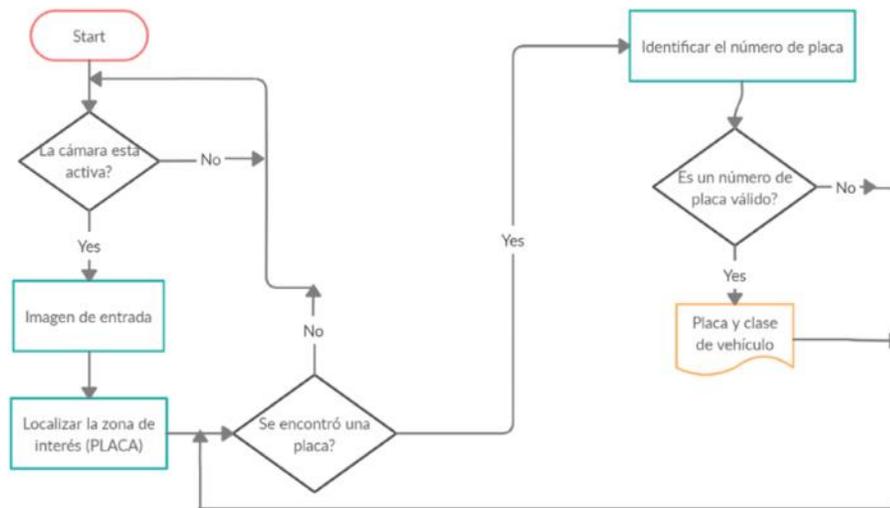
El procedimiento para realizar el algoritmo ANPR detallado en la figura 3, se divide en dos pasos principales, siendo estos la detección de placas y reconocimiento de placas:

La detección de placas tiene como objetivo detectar la ubicación de la placa en todo el marco de la cámara. Cuando se detecta una placa en una imagen, el segmento de la placa se pasa al segundo paso.

El reconocimiento de la placa, que utiliza un algoritmo OCR para determinar los caracteres alfanuméricos de la placa.

**Figura 3**

*Proceso ANPR en tiempo real*



Dentro del procedimiento para realizar el algoritmo ANPR, se definen tres pasos adicionales, permitiendo el reconocimiento de patrones:

- ) Segmentación: este paso detecta y elimina cada parche / región de interés en la imagen.
- ) Extracción de características: este paso extrae de cada parche un conjunto de características.
- ) Clasificación: este paso extrae cada carácter del paso de reconocimiento de placa o clasifica cada parche de imagen en "placa" o "sin placa" en el paso de detección de placa.

## 1.8. OCR

El software de reconocimiento óptico de caracteres es un proceso de escaneado y comparación de objetos contenidos en una imagen que busca transformarlos por medio de algoritmos en un texto reconocible por el computador, se debe tomar en cuenta que, a pesar del gran avance en el desarrollo de algoritmos de reconocimiento de caracteres, el OCR sigue siendo un recurso limitado para el cual es necesario realizar un tratamiento óptimo de imagen, buscando reducir los datos a analizar para reducir los errores de reconocimiento. (Observatorio Vasco de la Cultura - Gobierno Vasco, 2011)

Procedimiento:

- ) Revisión de la imagen pixel a pixel
- ) Análisis de características
- ) Busca de coincidencias entre caracteres
- ) Descomposición del texto en líneas, palabras y caracteres

## 1.9. Norma UNE EN - 13201

Dentro del desarrollo de proyectos de alumbrado de exteriores, es necesario distinguir la clasificación en varios aspectos para establecer los requisitos lumínicos, dichas variables se encuentran definidas en la norma UNE EN-13201. (UNE, 2016)

El objetivo fundamental del alumbrado público es permitir que los usuarios (peatones y conductores), puedan desplazarse con la mayor seguridad y confort posibles en horas de la noche y madrugada. Un alumbrado se considera satisfactorio cuando el conductor tiene la facilidad de distinguir el camino, peatones y sus obstáculos; por su parte los peatones podrán distinguir también las marcas para

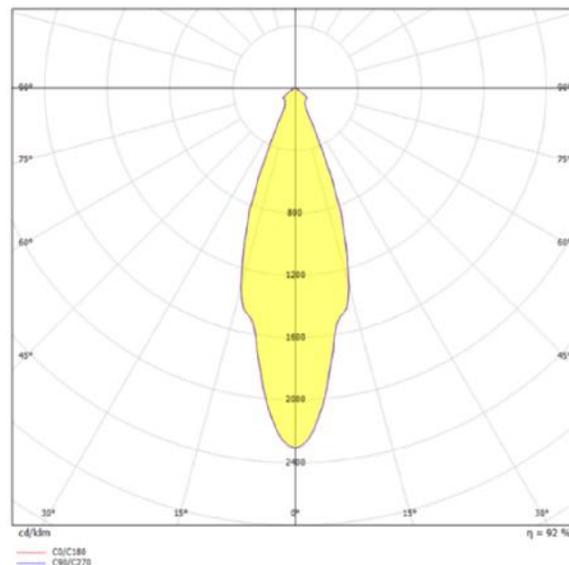
el cruce de calles, vehículos y obstáculos. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2015)

### 1.9.1. Fotometría

Es la ciencia que se encarga en medir la intensidad de la luz, definiendo la forma y dirección de la distribución de la luz emitida por la lámpara en el espacio. Esta información se presenta en forma de tablas o curvas como se visualiza en la figura 4, así se puede conocer de antemano como se distribuye la luz y realizar una correcta selección de los sistemas de iluminación en la etapa de diseño. (Morente Montserrat & García Gil, 2012)

**Figura 4**

*Fotometría de lámpara halógena*



*Nota:* Tomado de (LUMsearch, 2021).

### 1.10. Deslumbramiento

Según (Morente Montserrat & García Gil, 2012), el deslumbramiento es conocido por ocasionar: cansancio, molestia, fatiga y la pérdida momentánea de visión; para llegar a tener un control total sobre el deslumbramiento es necesario

controlar la luminancia y la dirección de las fuentes luminosas, existen dos tipos de deslumbramiento:

- ) Deslumbramiento directo: lo ocasiona una luminaria directa que se encuentra dentro del campo visual
- ) Deslumbramiento indirecto: lo ocasiona la reflexión producida por la luminaria sobre la superficie.

#### **1.10.1. Deslumbramiento en espacios exteriores**

Se deben considerar los dos tipos de deslumbramiento el molesto y el perturbador.

- ) Iluminancia de velo: es la pérdida de visión que produce el deslumbramiento perturbador, se origina como un velo sobrepuesto a la imagen que el ojo percibe, disminuyendo los contrastes.
- ) El deslumbramiento perturbador, se calcula haciendo uso del incremento de umbral, se debe tener en cuenta un índice variable según la cantidad de luminancia media.

#### **1.11. Norma ITC-BT-51**

Según el reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (ITC), la norma ITC-BT-51 para instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

El campo de aplicación comprende las instalaciones de aquellos sistemas que realizan una función de automatización, control y accionamiento de forma centralizada o remota, sistemas de seguridad y emergencia.

Se clasifican en los siguientes sistemas:

- ) Sistemas que usan en todo o en parte señales que se acoplan y transmiten por la instalación eléctrica de Baja Tensión, tales como sistemas de corrientes portadoras.
- ) Sistemas que usan en todo o en parte señales transmitidas por cables específicos para dicha función, tales como cables de pares trenzados, paralelo, coaxial, fibra óptica.
- ) Sistemas que usan señales radiales, tales como ondas de infrarrojo, radiofrecuencia, ultrasonidos, o sistemas que se conectan a la red de telecomunicaciones.

### **1.12. Chatbot**

Es un software que utiliza mensajes estructurados con el que es posible mantener una conversación y ofrecer respuestas preconcebidas desde una máquina hacia un interlocutor humano; para que un chatbot sea eficiente se debe analizar los procesos de atención al cliente y desarrollar conversaciones comunes para construir respuestas en momentos precisos a los usuarios.

Entre los beneficios más destacados está la capacidad de obtener bases de datos cualificadas y enriquecidas a través de análisis de pictografía de sus usuarios. (ESIC, 2020)

#### **1.12.1. Tipos de Chatbots**

Existen varios tipos de chatbot, que se clasifican según su funcionalidad como se indica:

- ) Chatbots de ITR: Utilizan botones predefinidos y siguen una lógica secuencial, no requieren la aplicación de inteligencia artificial

- ) Smart Chatbots: Basados en Inteligencia Artificial y Machine Learning son capaces de comprender y procesar la intención del usuario para formular respuestas.
- ) Chatbots de “Word - spotting”: Funcionan mediante reconocimiento de palabras clave en la cuales da una respuesta preconfigurada.
- ) Chatbot de texto: Solo emplea la palabra escrita, como una plataforma de chat básica.
- ) Chatbot multimedia: Emplea textos, imágenes, botones y otros contenidos.
- ) Portal cognitivo de voz: Usa la voz como interface es análogo a un IVR, pero con la capacidad de interpretar las locuciones del cliente y dar respuestas textuales.

### **1.13. Software a utilizar en el desarrollo**

El software para el procesamiento de imágenes digitales utilizando visión artificial se desarrolla en Python utilizando librerías externas.

#### **1.13.1. Python**

Python, figura 5; es un lenguaje de programación de escritura rápido, escalable, robusto y de código abierto, además posee compatibilidad con sistemas operativos Mac, Linux o Windows entre las ventajas más importantes están lenguaje simplificado y rápido, portable ideal para aplicaciones de seguridad, móviles, plataformas de soporte y protocolo, reconocimiento, seguimiento de objetos y realidad virtual. (Knowlton, 2009)

**Figura 5**

*Logo de Python*



*Nota:* Tomado de (python.org, 2021).

**1.13.2. OpenCV**

OpenCV (Open Source Computer Vision), figura 6; nace como una investigación de Intel; su primera versión OpenCV 1.0 fue liberada en 2006, desde entonces ha crecido en desarrollo de algoritmos, funciones, compatibilidad para múltiples lenguajes y plataformas. Cuenta con más de 2500 algoritmos disponibles para fines comerciales y académicos, es compatible con Python, Java y C++ en plataformas como Windows, Mas OS y Linux. (Marín, 2020)

**Figura 6**

*Logo OpenCV*



*Nota:* Tomado de (Marín, 2020).

### **1.13.3. Red Neuronal Artificial**

Las RNA son sistemas de mapeos no lineales cuya estructura se basa en los principios observados del sistema nervioso de humanos y animales, consta de procesadores simples ligados con pesos por medio de conexiones, cada neurona recibe entradas de otros nodos y genera una salida simple dependiendo de la información local que dispone (Ponce Cruz, 2010), son recomendadas al momento de realizar reconocimiento de objetos, en los últimos años han surgido varias investigaciones que usan redes neuronales para desarrollar analíticas de trafico de manera eficiente y rápida en cualquier escenario, reconocimiento en tiempo real de placas de vehículos estos trabajos se basen en dos de las características más importantes de las redes neuronales las cuales son la localización de la placa y reconocimiento de la placa.

#### **MobileNet**

Es una arquitectura propuesta por Google para aplicaciones de visión por computadora móviles y embebidas, se basa en una arquitectura simplificada de convoluciones separables en profundidad que consiste en dos operaciones de convolución: la convolución en profundidad y la convolución por punto, con la excepción de su primera capa, la cual es una capa de convolución tradicional. (Díaz Gaxiola, y otros, 2019)

Esta arquitectura permite construir redes neuronales profundas y ligeras, pero sacrificando algo de precisión y rendimiento, entre las aplicaciones principales están: detección de objetos, clasificación detallada, los atributos faciales y la geolocalización a gran escala. (Howard, y otros, 2017)

## **PYTORCH – ONNX**

PyTorch es una biblioteca de aprendizaje automático con la capacidad nativa para ejecutar en la GPU lo cual permite acelerar el proceso de entrenamiento de modelos y redes neuronales profundas construidas en un sistema de diferenciación automática de bases de datos. (Iglesias, 2019)

Microsoft y una comunidad de socios crearon ONNX, es un formato abierto para representar modelos de aprendizaje de ML, permitiendo intercambiar modelos entre varios marcos y herramientas de ML, como son: TensorFlow, PyTorch, SciKit-Learn, Keras, Chainer, MXNet, MATLAB y SparkML se pueden exportar o convertir al formato ONNX estándar una vez que los modelos están en formato ONNX, se pueden ejecutar en una variedad de plataformas y dispositivos. (Microsoft, 2020)

## CAPÍTULO II

### 2. Diseño y selección de componentes del sistema

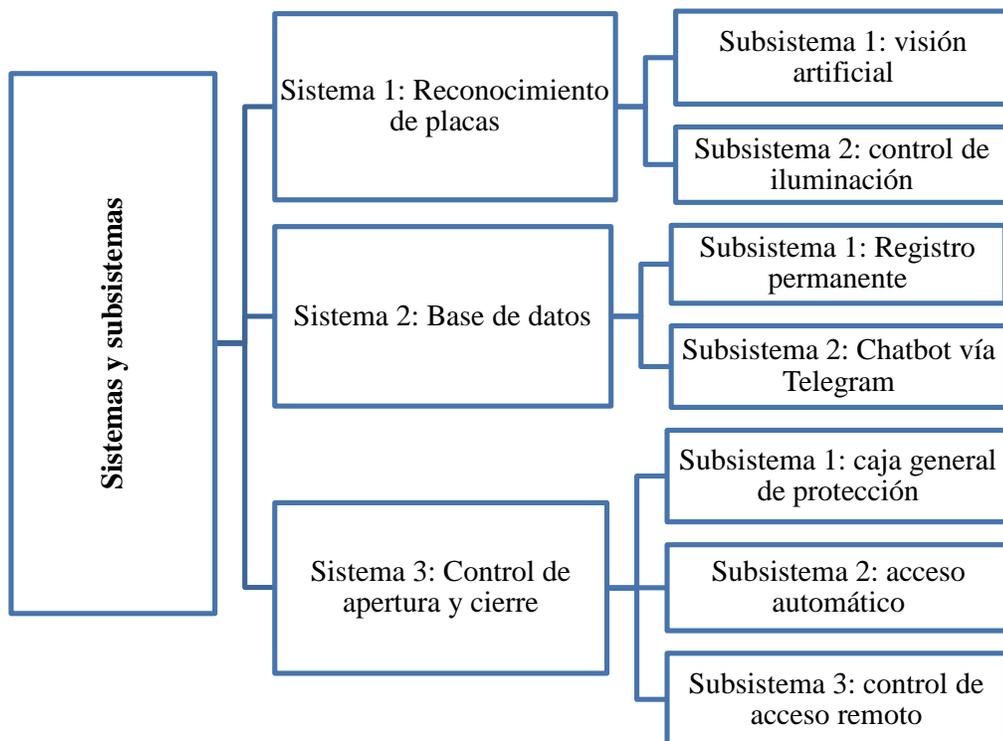
En este capítulo se presenta el proceso de diseño y selección de componentes de cada sistema y subsistema que compone el prototipo.

#### 2.1. Descripción del proyecto

El presente proyecto incluye varios sistemas y subsistemas mismos que se presentan en la figura 7, los cuales en conjunto permiten realizar una correcta interpretación del OCR de las placas vehiculares para su posterior comparación con la base de datos y toma de decisión con respecto al acceso del conjunto residencial.

**Figura 7**

*Sistemas y subsistemas del prototipo*



Para la selección de componentes se utiliza la escala de ponderación planteada por (Izurieta V, Cifuentes A, & Henrique de Faria, 2000), presentada en la tabla 2 :

**Tabla 2**

*Escala de ponderación*

Calificación	% del óptimo	Significado
0	<35	Insatisfactorio
1	35-50	Satisfactorio
2	51-75	Bueno
3	76-89	Muy Bueno
4	90-100	Óptimo

*Nota:* Tomado de (Izurieta V, Cifuentes A, & Henrique de Faria, 2000)

## **2.2. Diseño del sistema de reconocimiento de placas**

### **2.2.1. Alternativas y selección de la tarjeta programable para visión artificial**

Las características más importantes de las tarjetas programables son: RAM, CPU, GPU, USB y conectividad, permiten el desarrollo de algoritmos de visión artificial y reconocimiento de objetos, sin afectar al rendimiento y velocidad de adquisición de imágenes del prototipo, tarjeta programable que se seleccionara posteriormente.

#### **Alternativa 1. NVIDIA Jetson Nano**

La NVIDIA Jetson Nano, figura 8, dispone de: un procesador Quad-Core ARM Cortex-A57 64-bit @ 1.42 GHz, una GPU Nvidia Maxwell con 128 núcleos CUDA, 4 GB de memoria RAM a 64-bit LPDDR4 | 25.6 GB/s, múltiples puertos de salida, y cuatro puertos USB 3.0; trabaja con el sistema operativo Jetson Nano Developer Kit SD Card Image; cuenta con pin-out para el GPIO de 40 pines. En

cuanto a conectividad, se puede tener: Gigabit Ethernet M.2 Key E o Wifi en la banda dual de 2.4 / 5.0 GHz y bluetooth 4.2. (Brico Geek, 2019)

### **Figura 8**

*NVIDIA Jetson Nano*



*Nota:* Tomado de (Brico Geek, 2019).

### **Alternativa 2. Raspberry Pi4**

La Raspberry Pi 4, figura 9, dispone de: un procesador Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz, 4GB de memoria RAM DDR4, dos puertos micro HDMI, dos puertos USB 2.0 y dos puertos USB 3.0 que permiten transferir datos a mayor velocidad; trabaja con el sistema operativo propio de la compañía conocido como Raspbian, el cual debe cargarse a través de una tarjeta MicroSD; cuenta con pin-out para el GPIO de 40 pines. En cuanto a conectividad, se puede tener: True Gigabit Ethernet o Wifi en la banda dual de 2.4 / 5.0 GHz y bluetooth 5.0. (Brico Geek, 2020)

### **Figura 9**

*Raspberry Pi 4*



*Nota:* Tomado de (Brico Geek, 2020).

### Criterios de selección de la tarjeta programable

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

- ) Memoria RAM
- ) CPU
- ) GPU
- ) Conectividad
- ) Puertos GPIO
- ) USB
- ) Precio

### Selección de la mejor alternativa para la tarjeta programable

**Tabla 3**

*Valoración de las alternativas de tarjeta programable*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<i>RAM</i>	4	4
<i>CPU</i>	3	4
<i>GPU</i>	4	2
<i>Conectividad</i>	3	3
<i>Puertos GPIO</i>	3	3
<i>USB</i>	3	2
<i>Precio</i>	2	2
<i>Total</i>	22	20
<i>¿Desarrollar?</i>	SI	NO

De acuerdo con la tabla 3, la alternativa 1 se adapta de mejor manera al desarrollo del prototipo que la alternativa 2; por lo cual se utiliza una tarjeta

programable NVIDIA Jetson Nano que cuenta con un mejor procesador gráfico que permite optimizar recursos al realizar aplicaciones de visión e inteligencia artificial, a continuación, en el Anexo 1 se presenta la guía de usuario.

### **2.2.2. Alternativas y selección de la cámara para visión artificial**

En un sistema de visión artificial, la selección de la cámara es un parámetro muy importante ya que es el medio por el cual el sistema adquiere datos del mundo exterior para su posterior procesamiento, una correcta selección de la cámara reduce gran parte del algoritmo por programar; se debe tomar en cuenta que el sistema va a trabajar 24/7 y que la cámara seleccionada sea compatible con la tarjeta programable, por lo cual se seleccionaron tres alternativas:

#### **Alternativa 1. HDR - Arducam**

Arducam HDR, figura 10, se caracteriza por tener un alto rango dinámico, consta de un sensor CMOS de color AR0230 de 2 MP y un rango dinámico de 105 dB de alta gama; lente de baja distorsión: M12, EFL: 0.157 in, FoV (H): 90°, F/NO: 2,8, Distorsión: 3% y su velocidad de fotogramas es de 30 fps con resoluciones de: 1920×1080, 1280×720, 640×480, 320×240. No cuenta con grado de protección IP. (ArduCam, 2020)

#### **Figura 10**

*Arducam 2MP HDR*



*Nota:* Tomado de (ArduCam, 2020).

### **Alternativa 2. Logitech empresarial BRIO ULTRA HD PRO**

Logitech empresarial BRIO ULTRA HD PRO, figura 11, cuenta con enfoque automático, Rightlight™ 3 con HDR, resoluciones variables en: 4K/30 fps (hasta 4096 x 2160 píxeles), 1080p/30 o 60 fps (hasta 1920 o 1080 píxeles), 720p/30, 60 o 90 fps (hasta 1280 x 720 píxeles); lente de cristal, campo visual diagonal (dFoV): 90°/78°/65°, conectividad Plug and Play USB-A. No cuenta con grado de protección IP. (Logitech, 2020)

#### **Figura 11**

*Logitech empresarial BRIO ULTRA HD PRO*



Nota: Tomado de (Logitech, 2020).

### **Alternativa 3. Cámara de día/noche 2 MP Fixed Dome Network**

Cámara de día/noche 2 MP Fixed Dome Network, figura 12, Cuenta con un sensor de imagen CMOS se escaneo progresivo 1/2.7", velocidad de obturación en el rango de 1/3s a 1/100s, filtro bloqueador de IR incluido; lente 4mm de enfoque fijo con apertura F2.0, horizontal FOV 90.2°, vertical FOV 48.6°, diagonal FOV 107.6°; iluminador IR de 850nm para visión a más de 30m; resoluciones: 50 Hz: 25 fps (1920 x 1080, 1280 x 720), 60 Hz: 30 fps (1920 x 1080, 1280 x 720); compresión de video: H.265/H.264/MJPEG; protocolos de conexión: TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS,

FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP™, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6, Bonjour, IPv4, UDP, SSL/TLS; protección: IP67, IK10. (HikVision, 2020)

### **Figura 12**

*Cámara de día/noche 2 MP Fixed Dome Network*



*Nota:* Tomado de (HikVision, 2020).

### **Criterios de selección de cámara**

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

- ) Fotogramas por segundo
- ) Resolución
- ) Sensor
- ) Tipo de conexión
- ) Funcionamiento nocturno
- ) Protección

### Selección de la mejor alternativa para la cámara

**Tabla 4**

*Valoración de las alternativas de cámara para visión artificial*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<i>Fotogramas por segundo</i>	4	4	4
<i>Resolución</i>	3	4	3
<i>Sensor</i>	4	4	4
<i>Tipo de conexión</i>	2	3	4
<i>Protección</i>	0	0	4
<i>Funcionamiento nocturno</i>	1	2	4
<i>Total</i>	14	17	23
<i>¿Desarrollar?</i>	NO	NO	SI

De acuerdo con la tabla 4, la alternativa 3 se adapta de mejor manera al desarrollo del prototipo que las demás alternativas; por lo cual se utiliza la Cámara de día/noche 2 MP Fixed Dome Network, misma que cuenta con un sistema de visión nocturna que permite visualizar objetos en la noche a 30m y es óptima para ubicarla en exteriores debido a sus grados de protección IP67 e IK10, a continuación, en el Anexo 2, se presenta la guía de usuario.

#### **2.2.3. Alternativas y selección del tipo de iluminación**

En un sistema de visión artificial, la correcta selección de la técnica de iluminación es crucial ya que permite adquirir imágenes con mejor contraste, eliminar sombras innecesarias y tener una mejor lectura en horas de la noche y madrugada; se encuentra en estrecha relación con la capacidad de captación de luz de la

cámara por lo que una correcta selección de la técnica de iluminación junto con una correcta selección de la cámara, reduce gran parte del algoritmo por programar.

### **Alternativa 1. Iluminación lateral**

Inclinación: depende de la cantidad de sombra que se requiera para el resaltado de relieves

Distancia: se puede utilizar a grandes distancias cámara/objeto

Sombras: genera sombras laterales y uniformes de cada relieve

### **Alternativa 2. Iluminación frontal**

Inclinación: se posiciona en la misma dirección del objeto.

Distancia: se puede utilizar a grandes distancias cámara/objeto

Sombras: elimina sombras

### **Alternativa 3. Iluminación de campo oscuro**

Inclinación: se posiciona de manera lateral, tomando en cuenta que la luz debe ingresar a un objeto reflectante para que rebote en varias direcciones

Distancia: se puede utilizar a cortas distancias cámara/objeto

Sombras: elimina sombras

### **Criterios de selección del tipo de iluminación**

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

) Inclinación

) Distancia

) Sombras

### Selección de la mejor alternativa para el tipo de iluminación

**Tabla 5**

*Valoración de las alternativas del tipo de iluminación*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<i>Inclinación</i>	4	4	2
<i>Distancia</i>	4	4	3
<i>Sombras</i>	4	2	4
<i>Total</i>	12	10	9
<i>¿Desarrollar?</i>	SI	NO	NO

De acuerdo con la tabla 5, la alternativa 1 se adapta de mejor manera al desarrollo del prototipo que las alternativas 2 y 3; por lo cual se utiliza una iluminación lateral que cuenta con las características necesarias: gran distancia de trabajo y genera sombras laterales y uniformes de cada relieve.

### Diseño y selección del tipo de luminaria

Se debe garantizar: el correcto funcionamiento de equipos de seguridad como cámaras y sensores; además un correcto rango de visión para detectar peatones, ciclistas, obstáculos en vías de baja velocidad y vehículos aparcados al costado de la vía; para parqueaderos exteriores, se recomienda realizar un estudio lumínico para determinar la altura y distancia para la selección de luminaria de alumbrado público selladas herméticamente con grado de protección IP 65 que brinda protección al polvo y agua proyectada.

Basado en la norma (UNE, 2016), perteneciente a “Iluminación de Carreteras” la iluminación depende de factores como: tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad, sistema de control de tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios, en la tabla 6, se muestra el criterio principal de clasificación de las vías.

**Tabla 6**

*Clasificación de las vías*

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Velocidad del tráfico rodado (km/h)</b>
<i>A</i>	De alta velocidad	$v > 60$
<i>B</i>	De moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
<i>C</i>	Carriles bici	-
<i>D</i>	De baja velocidad	$5 < v \leq 30$
<i>E</i>	Vías peatonales	$v \leq 5$

*Nota:* Tomado de (UNE, 2016)

Debido a que la vía en cuestión pertenece a una zona residencial donde existen: peatones, ciclistas, obstáculos y vehículos aparcados al costado de la vía, se procede a seleccionar una vía tipo D en la que los conductores están obligados a circular en un rango de 5 a 30 Km/h; en la tabla número 7, se encuentran los tipos de alumbrado dentro de las categorías C y D.

**Tabla 7**

*Tipos de alumbrado dentro de las categorías C y D*

<b>Situaciones de proyecto</b>	<b>Tipos de vías</b>	<b>Clase de alumbrado</b>
C1	Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas. Flujo de tráfico de ciclistas	Alto .....
		Normal .....
		S1 / S2
		S3 /S4

<b>Situaciones de proyecto</b>	<b>Tipos de vías</b>	<b>Clase de alumbrado</b>
D1 - D2	Áreas de aparcamiento en autopista y autovías. Aparcamientos en general. Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones	
	Alto .....	CE1A / CE2
	Normal .....	CE3 / CE4
D3 - D4	Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada. Zonas de velocidad muy limitada. Flujo de tráfico de peatones y ciclistas	
	Alto .....	
	Normal .....	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

(\*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

*Nota:* Tomado de (UNE, 2016)

Debido a que es una zona residencial, se debe cumplir con las especificaciones para un tipo de proyecto D3 y D4, tomando en cuenta que el flujo de tráfico de peatones y ciclistas es alto, la vía cuenta con aceras para peatones y vehículos aparcados.

En la tabla 8, se presenta la clase de alumbrado para el tipo de proyecto seleccionado.

**Tabla 8**

*Clase de alumbrado según la situación del proyecto*

Clase de Alumbrado	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia media $E_m$ (lx)	Iluminancia mínima $E_m$ (lx)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento  $f_m$  elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

*Nota:* Tomado de (UNE, 2016)

Debido a que el conjunto residencial “Bologna” consta de 105 viviendas (90 en la parte interior), se considera un flujo de tráfico alto de peatones, ciclistas y vehículos, teniendo que cumplir con un tipo de luminaria S1 o S2, mismas que deben cumplir con los siguientes rangos (15 - 5) lx y (10 - 3) lx, respectivamente.

En la figura 13, se muestra la luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W| 100-240 V~| 5000K| 800 lm, entre las características principales resistente a la corrosión, grado de protección IP65, protección contra impactos mecánicos IK07, fuente de alimentación (100/240), potencia 10 (W), flujo total 800 (lm), temperatura de calor 5000 (K) y vida útil 30000 (h), en el Anexo 3, se presenta la ficha de datos. (Euroelectrónica, 2020)

### Figura 13

*Luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W*

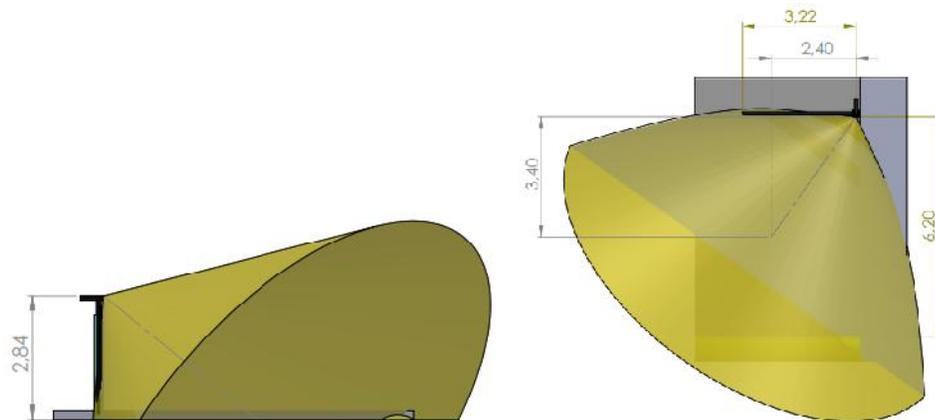


*Nota:* Tomado de (Euroelectrónica, 2020).

En la figura 14, se visualizan las vistas superior y lateral con las medidas correspondientes al acceso vehicular del conjunto residencial “Bolonía”, teniendo: un punto de montaje para la luminaria a una altura de 2.84 metros.

### Figura 14

*Vistas superior y lateral, correspondientes al acceso vehicular del conjunto residencial “Bolonía”*

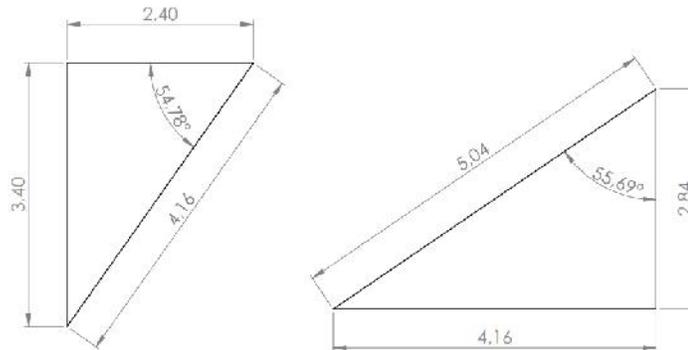


En la figura 15, se visualizan los triángulos que rigen la ubicación espacial de la fotometría en su zona de trabajo, teniendo como resultado que la hipotenusa del primer triángulo pasa a ser cateto del segundo triángulo, de esta manera se

determina que la distancia entre la superficie a iluminar y la fuente de iluminación es de 5.04 (m).

### Figura 15

*Ubicación espacial de la fotometría en su zona de trabajo*



### Ecuación 1

*Fórmula de la hipotenusa*

$$h_1 = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h_1 = \sqrt{2.40^2 + 3.40^2}$$

$$h_1 = 4.16 \text{ (m)}$$

### Ecuación 2

*Función trigonométrica tangente*

$$\tan \theta_1 = \left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{3.40}{2.40}\right)$$

Desplejar  $\theta_1$  de la ecuación 2:

$$\theta_1 = 54.78^\circ$$

$$h_2 = \sqrt{c^2 + d^2}$$

$$h_2 = \sqrt{4.16^2 + 2.84^2}$$

$$h_2 = 5.04 \text{ (m)}$$

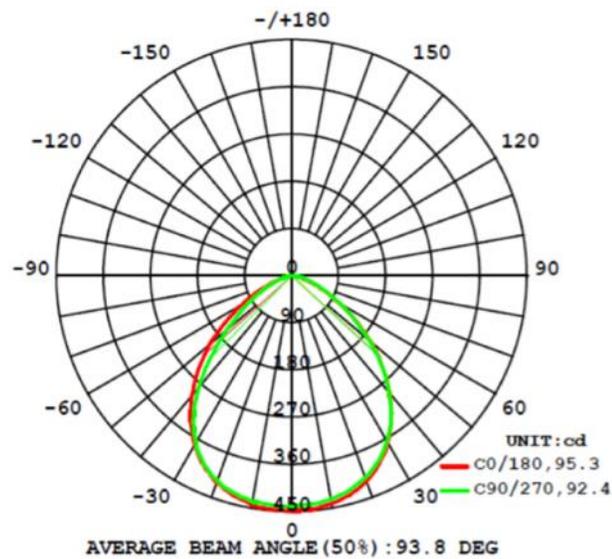
$$\theta_2 = \tan^{-1} \left( \frac{4.16}{2.84} \right)$$

$$\theta_2 = 55.68^\circ$$

De la figura 16, se observa la curva fotométrica de una lámpara con un flujo luminoso de 800 (lm); tomando el valor máximo de la curva fotométrica correspondiente a 0° en el extremo inferior, se calcula la intensidad luminosa con 450 (cd/klm).

### Figura 16

*Fotométrica de una lámpara con un flujo luminoso de 800 (lm)*



*Nota:* Tomado de (Euroelectrónica, 2020).

La intensidad luminosa, es el valor real de la intensidad a una distancia determinada desde la fuente.

### Ecuación 3

*Fórmula de intensidad luminosa*

$$I_L = \frac{I_L * \phi_L}{1}$$

Donde:

$I_L$ , Intensidad luminosa

$I_L$  , Intensidad luminosa aparente

$\phi_L$ , Flujo luminoso Basado en la norma de la serie UNE-EN 13201

$$I_L = \frac{450 \left( \frac{c_1}{kl} \right) * 800(l)}{1000}$$

$$I_L = 360(c_1)$$

Por medio de la ley de coseno se calcula la iluminancia recibida, descomponiendo en componente horizontal y una componente vertical.

Al alinear el eje de la distancia seleccionada en la figura 15, con el eje medio de la luminaria seleccionada, el ángulo  $\theta$ , toma el valor de  $0^\circ$ .

#### Ecuación 4

*Iluminancia recibida en componente horizontal*

$$E_H = \frac{I}{h_2^2} c_1 \theta$$

$$E_H = \frac{360(c_1)}{(5.04(m))^2} c_1 (0^\circ)$$

$$E_H = 14.17 (l)$$

#### Ecuación 5

*Iluminancia recibida en componente vertical*

$$E_V = \frac{I}{h_2^2} s_1 \theta$$

$$E_V = \frac{360 (c_i)}{(5.04 (m))^2} \sin^2 (0^\circ)$$

$$E_V = 0 (lx)$$

### **Ecuación 6**

*Iluminancia recibida total*

$$E = \sqrt{E_V^2 + E_H^2} \quad \text{Ec.7}$$

$$E = \sqrt{0^2 + 14.17^2}$$

$$E = 14.17$$

### **Factor de mantenimiento**

El LED al ser un tipo de luz de inyección, tiene un factor de mantenimiento constante del 85%, depreciando los valores tradicionales de: factor de depreciación del flujo de lámpara (FDFL), factor de supervivencia de la lámpara (FSL) y factor de depreciación de la luminaria (FDLU).

Acorde a la norma de la serie UNE-EN 13201 "Iluminación de Carreteras" se selecciona el foco led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W| 100-240 V~| 5000K| 800 lm, cumpliendo los rangos de iluminación de la calzada de 14.17 (lux) en la clase de alumbrado S1 para vías de velocidad baja (D3 – D4), con flujo alto de tráfico de peatones y ciclistas.

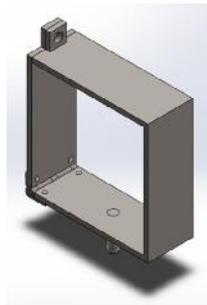
#### **2.2.4. Diseño soporte para iluminación**

Para el diseño del soporte de iluminación, se tomó en cuenta las propiedades mecánicas del acero aleado entre ellas están: resistencia, dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la corrosión ya que es el material apropiado para la

construcción del mismo, es una estructura cuadrada de 110x110mm, como se muestra en la figura 17, uno de sus lados es articulado por medio de una bisagra que permite sujetar a la estructura de ingreso, en el lado inferior se encuentra soldado un perno el que permite sujetar la iluminación por medio de tuercas.

### **Figura 17**

*Diseño 3D del soporte para iluminación*



## **2.3. Sistema de Base de datos**

### **2.3.1. Alternativas de selección de base de datos**

Para el desarrollo del prototipo, es necesario seleccionar una base de datos que permita almacenar los datos de usuarios de manera rápida teniendo en cuenta que los recursos de la tarjeta programable son limitados.

#### **Alternativa 1. MySQL**

MySQL, es conocido como el software de base de datos de código abierto más popular, está basado en el lenguaje SQL para leer y escribir información en las bases de datos. Está en red, disponible como un servicio desde otras computadoras para consultar bases de datos alojadas en otra máquina, cuenta con su propio software permitiendo: almacenar datos en tablas, generar estructuras de datos rígidas, generar datos relacionales, crear datos vinculados y relacionados que deben consultarse rápidamente. (Morton, 2021)

**Figura 18**

*Logo MySQL*



*Nota:* Tomado de (MySQL, 2021).

**) Alternativa 2. SQLite**

SQLite no trabaja como cliente / servidor en una red; al contrario, las bases de datos son un archivo disponible en el sistema de archivos, no es necesario ejecutar ningún software adicional para proporcionar el servicio de base de datos; únicamente debe incluir la librería de SQLite en el proyecto, leer el archivo SQLite guardado en el disco; esta característica lo vuelve perfecto para bases de datos más pequeñas, desarrollo local o como almacén de datos para aplicaciones de escritorio, permitiendo: crear pequeñas bases de datos, desarrollar pruebas locales, generar situaciones en las que las consultas complejas no son importantes, desarrollar aplicaciones de escritorio, se puede usar para aplicaciones web cuando solo necesita una base de datos simple. (Morton, 2021)

**Figura 19**

*Logo SQLite*



*Nota:* Tomado de (SQLite, 2021)

### Criterios de selección de la base de datos

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

- ) Gestionar datos en tablas
- ) Crear datos vinculados
- ) Ejecución sencilla
- ) Desarrollo local

### Selección de la mejor alternativa para la base de datos

**Tabla 9**

*Valoración de las alternativas de base de datos*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<i>Gestionar datos en tablas</i>	4	4
<i>Crear datos vinculados</i>	4	4
<i>Ejecución sencilla</i>	2	4
<i>Desarrollo local</i>	3	4
<i>Total</i>	13	16
<i>¿Desarrollar?</i>	NO	SI

De acuerdo con la tabla 9, la alternativa 2 se adapta de mejor manera al desarrollo del prototipo que la alternativa 1; por lo cual se utiliza una base de datos SQLite que cuenta con una ejecución sencilla permitiendo gestionar de mejor manera los recursos de la tarjeta programable seleccionada anteriormente, además SQLite es conocida por ser un almacén de datos para aplicaciones de escritorio.

### 2.3.2. Alternativas de selección de la aplicación para chatbot

#### Alternativa 1. Telegram

Las principales características de Telegram, figura 20, son: velocidad, seguridad, cifrado end to end rapidez, y simplicidad en todo sentido; es multiplataforma, dispone de aplicaciones para iOS (9.0 y superior), Android (4.1 y superior), una app nativa para macOS y una app universal de escritorio para Windows, macOS, Linux y Telegram Web, se encuentra entre las 10 apps más descargadas del mundo con más de 500 millones de usuarios activos mensuales. Dispone de una API para bots que junto con BotFather, permite a desarrolladores crear su propio bot de manera sencilla y sin necesidad de un nuevo número de teléfono. (Telegram, 2021)

#### Figura 20

Logos de Telegram y BotFather



Nota: Tomado de (Telegram, 2021)

#### Alternativa 2. WhatsApp

Las principales características de WhatsApp son: simplicidad, segura, cifrado de extremo a extremo y confiable; es multiplataforma, dispone de aplicaciones para iOS, Android y apps nativas para macOS y Windows, además cuenta con WhatsApp Web, más de 2 mil millones de personas en más de 180 países usan WhatsApp. No dispone de una API para bot propia, existen alternativas para crear bots con otras

aplicaciones o páginas web, en su gran mayoría son servicios que requieren pagos mensuales o anuales. (WhatsApp, 2021)

### Figura 21

*Logo WhatsApp*



*Nota:* Tomado de (WhatsApp, 2021)

#### Criterios de selección de la aplicación para chatbot

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

- ) Código abierto
- ) Multiplataforma
- ) Popularidad
- ) API para bot incluida

#### Selección de la mejor alternativa para la aplicación para chatbot

**Tabla 10**

*Valoración de las alternativas de aplicación para chatbot*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<i>Código abierto</i>	4	0
<i>Multiplataforma</i>	4	3
<i>Popularidad</i>	3	4
<i>API para bot incluida</i>	4	0

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<i>Total</i>	15	7
<i>¿Desarrollar?</i>	SI	NO

De acuerdo con la tabla 10, la alternativa 1 se adapta de mejor manera al desarrollo del prototipo que la alternativa 2; por lo cual se utiliza la aplicación Telegram, que cuenta con su propia API para bot y es de código abierto, lo cual facilita el desarrollo de aplicaciones en trabajo conjunto con Telegram.

## **2.4. Sistema de control de apertura y cierre**

### **2.4.1. Alternativas y selección de la caja general de protección**

Todo sistema que incluya elementos eléctricos y electrónicos debe utilizar una caja general de protección, mismas que son diseñadas para cumplir distintas normativas para asegurar tanto a los componentes del sistema como a los usuarios, garantizando que solo el personal autorizado pueda manipular las instalaciones ubicadas en su interior.

#### **Alternativa 1. Caja derivación Gris 10105, figura 22**

Características, (Schneider Electric, 2020):

- ) Norma: IEC 62084-1
- ) Grado de protección IP 55
- ) ABS – PC natural
- ) Cierre rápido mediante tornillos plásticos
- ) Cumple RETIE y Certificación de Reacción al fuego clasificación M1 para el PC- ABS utilizado en su fabricación.

**Figura 22**

*Caja derivación Gris 10105*

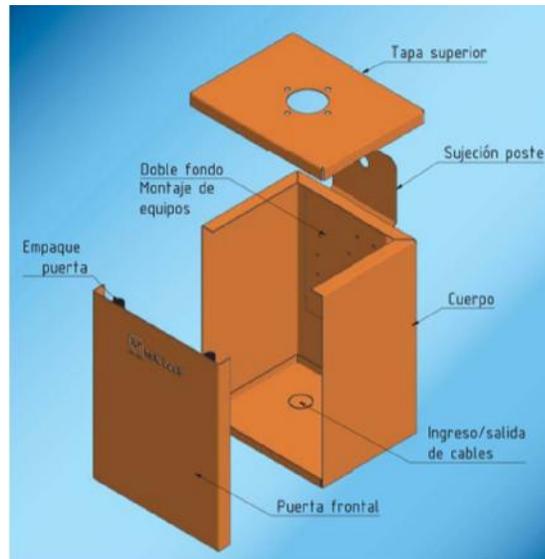


*Nota:* Tomado de (Schneider Electric, 2020).

**Alternativa 2. Cajas para control de alumbrado, figura 23**

Características, (INSELEC, 2020):

- ) Norma: IEC 60529
- ) Grado de protección IP 42
- ) Acero laminado en frío de 1 y 1.5 mm de espesor
- ) Cubierta de la caja lleva empaquetadura de poliuretano expandido que garantiza la hermeticidad
- ) Proceso químico de desengrase y fosfatizado y pintura electrostática en polvo para intemperie

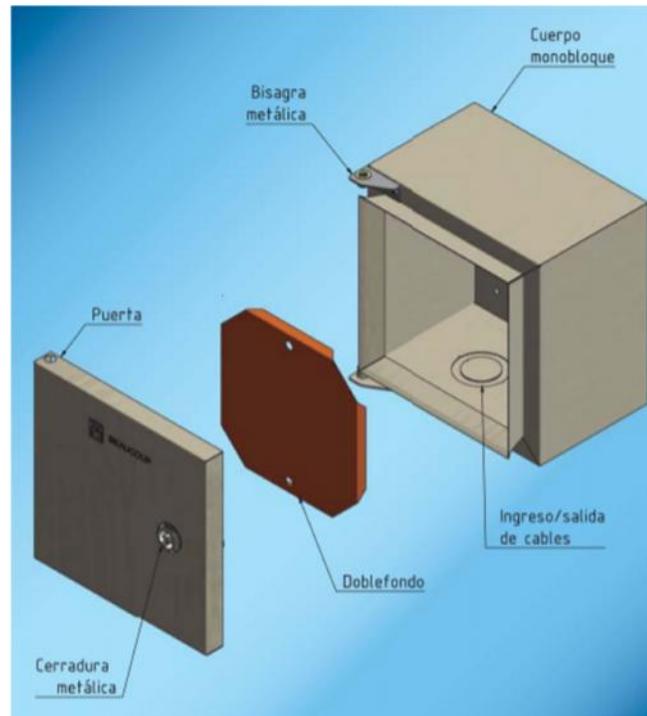
**Figura 23***Caja para control de alumbrado*

*Nota:* Tomado de (INSELEC, 2020)

### **Alternativa 3. Gabinete de pared, figura 24**

Características, (INSELEC, 2020):

- ) Normas: Aplicable NTE INEN 2568, IEC 60529 y NEMA 250
- ) Grado de protección IP 41
- ) Acero laminado en frío de 0.8 mm de espesor
- ) Cuerpo monobloque soldado con sistema MIG
- ) Puerta con empaque de poliuretano expandido, cerradura metálica cromada tipo triángulo de montaje rápido
- ) Proceso químico de desengrase y fosfatizado previo a recubrimiento con pintura electrostática en polvo de alta adherencia, dureza y durabilidad, acabado texturizado procesado entre 180° a 200° C

**Figura 24***Gabinete de pared*

*Nota:* Tomado de (INSELEC, 2020)

### **Criterios de selección de la caja general de protección**

De acuerdo con la escala de ponderación de la tabla 2, se selecciona la alternativa más viable en base a los parámetros:

- ) Norma
- ) Protección IP
- ) Material
- ) Estructura
- ) Acabados
- ) Selección de la caja general de protección

**Tabla 11***Valoración de las alternativas para la caja general de protección*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
<i>Norma</i>	4	2	4
<i>Protección IP</i>	4	3	2
<i>Material</i>	4	4	3
<i>Estructura</i>	3	2	4
<i>Acabados</i>	4	3	3
<i>Total</i>	19	14	16
<i>¿Desarrollar?</i>	SI	NO	NO

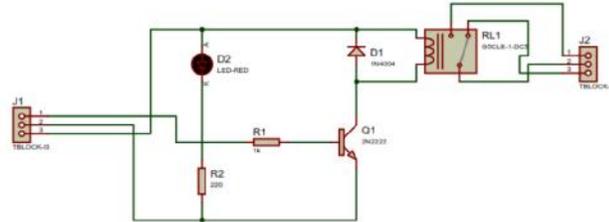
De acuerdo con la tabla 11, la alternativa 1, presenta mejores características que la alternativa 2 y 3, por lo cual se utiliza caja de derivación Gris 10x10x5 cm de servicio liviano, ya que cumple con la normativa IEC 62084-1 que especifica los requisitos generales para todos los sistemas de cable canales y conductos para cables de instalaciones eléctricas de baja tensión, permite utilizarla en instalaciones exteriores comerciales o residenciales para proteger circuitos contra el agua y polvo.

#### **2.4.2. Diseño de placa PCB para circuito de relé controlado por transistor**

Para el control de acceso al conjunto residencial, se requiere enviar una señal desde la GPIO de la NVIDIA Jetson Nano a la tarjeta BFT Alpha 2, misma que activa el motor permitiendo el ingreso de los vehículos, debido a la pérdida de corriente, se diseñó un circuito de relé controlado por transistor en el software Proteus, como se muestra en la figura 25.

**Figura 25**

*Circuito de relé controlado por transistor*



El circuito de acondicionamiento se realizó con los materiales que se presentan en la siguiente tabla 12.

**Tabla 12**

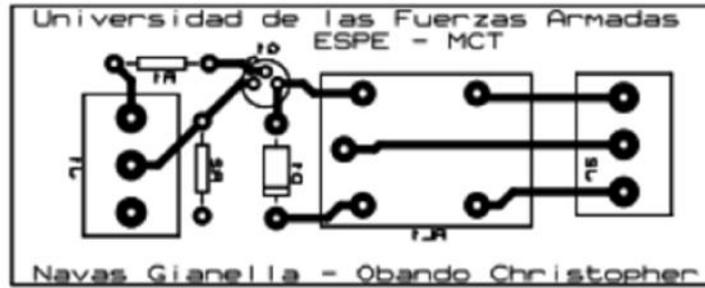
*Materiales utilizados en el circuito*

<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Relé de 5 pines	1
Resistencia 1K	1
Resistencia de 220	1
Led	1
Diodo 1n4004	1
<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>
Transistor 2n222	1
Borneras de 3 pines	2

Según la norma IPC 2221B, la separación mínima entre pistas es de 0.3mm, el ancho de las pistas se recomienda de 0.254 mm para las señales de corriente baja, analógica y digital, el ruteo de las pistas debe evitar formar ángulos de 90°. En la figura 26, se muestra el diseño de las pistas de la placa PCB en software Proteus.

**Figura 26**

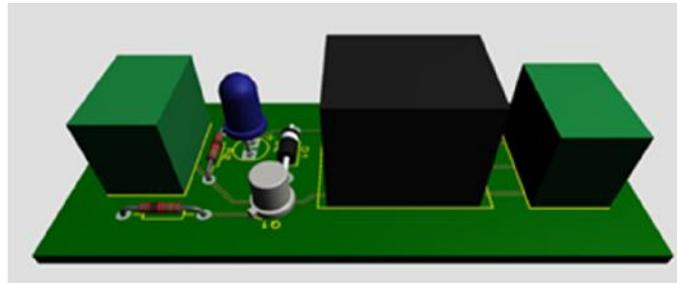
*Diseño de las pistas de la placa PCB*



En la figura 27, se muestra la placa PCB en 3D del software Proteus.

**Figura 27**

*Placa PCB en 3D presentada por el software Proteus*



## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo del sistema

En este capítulo se presenta el proceso de desarrollo del sistema de seguridad para monitorear el acceso de automóviles utilizando visión artificial y chatbot vía Telegram.

#### 3.1. Soporte para luminaria

El soporte en donde se sujetará la luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W previamente seleccionada, es una estructura cuadrada de dimensiones 110x110 mm y está construida de acero aleado con 3 mm de espesor que permite sujetarse a la estructura de acero de ingreso al conjunto residencial y en el lado inferior tiene soldado un perno, que permite sujetar la iluminación por medio de tuercas, como se muestra en la figura 28.

#### Figura 28

*Soporte para luminaria*



#### 3.2. Configuración de cámara de día/noche 2MP Fixed Dome Network

A continuación, se presenta los cambios que se realizó en la configuración predefinida de la cámara.

En la figura 29, el video está en el canal principal con resolución de 1280\*720P que proporciona imágenes de 1280 x 720 pixeles, la más alta calidad de

video, 30 fps, flujo de datos o número de bits que se procesan por segundo es de 1024 a 2048 Kbps y codificación del video en H.264 para proporcionar una buena calidad de video sin consumir demasiado ancho de banda.

### Figura 29

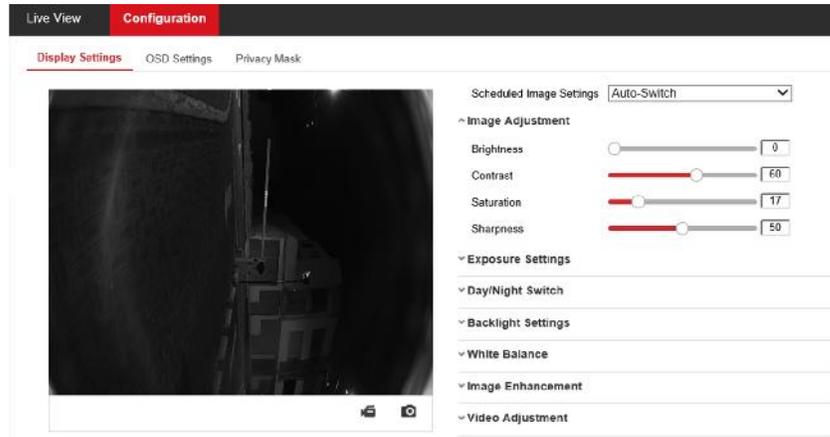
#### Configuración de video

Video	
Stream Type	Main Stream(Normal)
Video Type	Video Stream
Resolution	1280*720P
Bitrate Type	Variable
Video Quality	Highest
Frame Rate	30 fps
Max. Bitrate	2048 Kbps
Max. Average Bitrate	1024 Kbps
Video Encoding	H.264
H.264+	ON
Profile	Main Profile
I Frame Interval	50

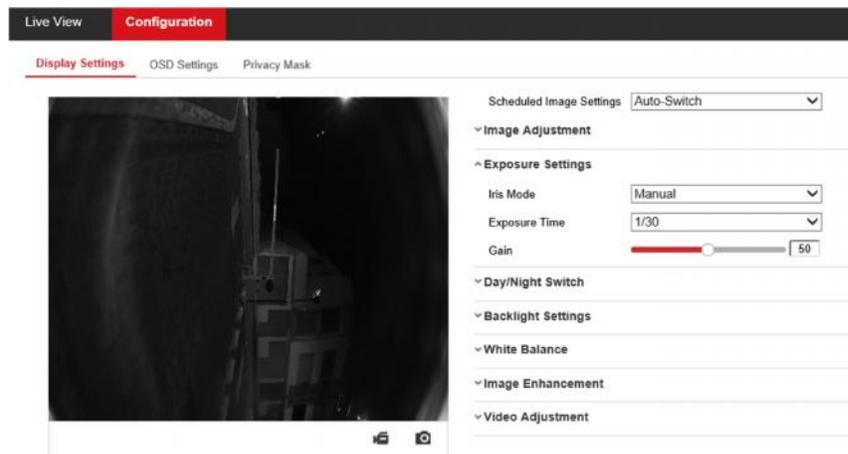
Save

Los valores para la configuración de la cámara que se presentan, fueron obtenidos a mediante pruebas de campo, basándose en la depuración de la zona de interés (placa) para un correcto reconocimiento a una distancia de 3.50 m (después de pasar por el rompe velocidades), los valores seteados funcionan para el día y la noche, esto se debe al uso permanente del filtro IR junto con la fuente de luz IR; la luz IR refleja en el material reflectante propio de la placa y permite que la cámara visualice la misma.

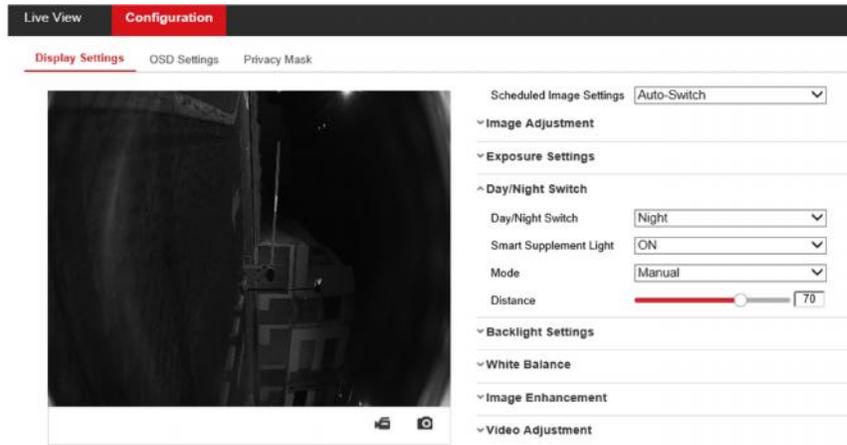
En los ajustes de imagen para el reconocimiento de placas en el día y noche, se configuró de la siguiente manera: brillo 0, contraste 60, saturación 17 y nitidez 50, como se muestra en la figura 30.

**Figura 30***Ajustes de imagen*

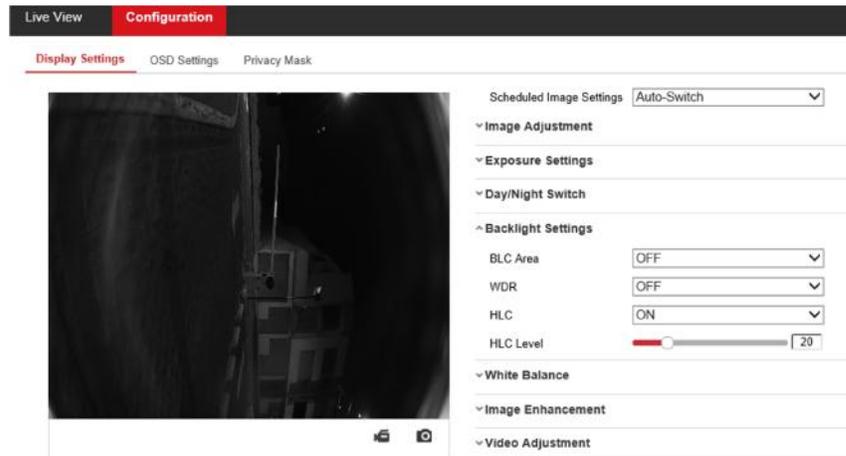
La configuración de la velocidad de obturación o tiempo de exposición se muestra en la figura 31, esta se mide en segundos y fracciones de segundo, permite la captura de movimiento y nitidez en tiempo de exposición de 1/30 con ganancia de 50 para obtener imágenes claras en tiempo real.

**Figura 31***Configuración de tiempo de exposición*

La luz infrarroja de la cámara está encendida las 24 horas del día, capaz de detectar luz entre los 400 y 700 nm de longitud de onda, como se muestra en la figura 32.

**Figura 32***Configuración luz infrarroja*

Se activó el HLC (Compensación de luces altas) a un nivel de 20, como se muestra en la figura 33, para identificar las áreas en que la luz incidental afecta la imagen de la placa para obtener una imagen más nítida.

**Figura 33***Configuración de HLC*

### 3.3. Conexión de switch a router

Para configurar de switch a un router, se requieren los siguientes pasos:

**Paso 1:** Desconectar todos los dispositivos que vayan a conectar al switch.

**Paso 2:** Conectar un cable Ethernet en un puerto del switch y el otro extremo a la cámara.

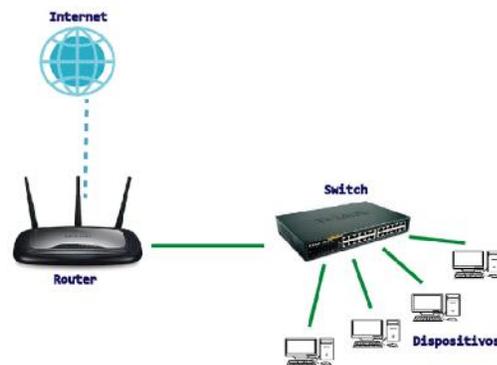
**Paso 3:** Conectar un cable Ethernet en un puerto del switch y el otro extremo a uno de los puertos de la parte posterior del router.

**Paso 4:** Conectar el adaptador de corriente suministrado al puerto de alimentación del switch y en el otro extremo conectar el toma corriente.

**Paso 5:** Encender los dispositivos que están conectados al switch, en la figura 34 se representa la conexión.

**Figura 34**

*Conexión de switch a router*



### 3.4. Control de iluminación

Para el control de la luminaria led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W se utilizó un temporizador analógico Grounded Timer de 24 horas, se muestra en la figura 35, mismo que realiza un control ON – OFF, se enciende a las 18H00 pm y se apaga a las 6h00 am, obteniendo una luz permanente para el reconocimiento de placas sin atenuar la visibilidad de los conductores, figura 35.

**Figura 35**

*Temporizador analógico Grounded Timer*



*Nota:* Tomado de Bricolaje (2014)

Para configurar el temporizador analógico, se requieren los siguientes pasos:

**Paso 1:** Colocar el interruptor en la primera posición para activar el temporizador, figura 36.

**Figura 36**

*Interruptor primera posición*



**Paso 2:** Programar la hora girando la perilla hacia la derecha. La hora actual debe quedar en la flecha, figura 37.

**Figura 37**

*Perilla para programación*



**Paso 3:** Bajar las perillas de las horas en que el temporizador debe encender la iluminación para la implementación del sistema, se baja las perillas 18H00 a 06H00, figura 38.

**Figura 38**

*Bajar perillas de 18H00 a 06H00*



**Paso 4:** Conectar la iluminación al interruptor del temporizador.

**Paso 5:** Conectar el temporizador a la fuente de voltaje

### 3.5. Caja de protección

La caja de protección implementada es una IP55, de material aislante que aloja en su interior las fuentes de voltaje de la cámara e iluminaria, esta impide la entrada de polvo y agua, se encuentra bajo cubierta en la estructura de acero de ingreso al conjunto residencial, como se muestra en la figura 39.

#### Figura 39

*Caja de protección*



### 3.6. Control de apertura

Para la implementación del circuito de relé controlado por transistor, se requieren los siguientes pasos:

**Paso 1:** Imprimir las pistas diseñadas en papel térmico.

**Paso 2:** Cortar la placa de baquelita del tamaño del circuito.

**Paso 3:** Limpiar la superficie de cobre de la placa de baquelita.

**Paso 4:** Colocar el papel térmico sobre la placa de baquelita.

**Paso 5:** Termo transferir con una fuente de calor.

**Paso 6:** Sumergir la placa en percloruro férrico para que se desprenda el cobre.

**Paso 7:** Limpiar la placa PCB con acetona.

**Paso 8:** Perforar la placa PCB como se muestra a continuación en la figura 40.

**Figura 40**

*Placa PCB*



**Paso 9:** Montar y soldar los elementos, como se muestra en la figura 41.

**Figura 41**

*Vista 3D de placa PCB*



### 3.7. Programación

#### 3.7.1. Captura de video

Después de conectar la cámara a un router por medio de un switch, los factores a tomar en cuenta para tener una correcta comunicación con la cámara son los siguientes:

### a. Asignación de dirección IP estática

Para gestionar la cámara, el fabricante recomienda el uso del programa “SADP”, como se muestra en la figura 42, se requiere los siguientes pasos.

**Paso 1:** Descargar el programa “SADP”

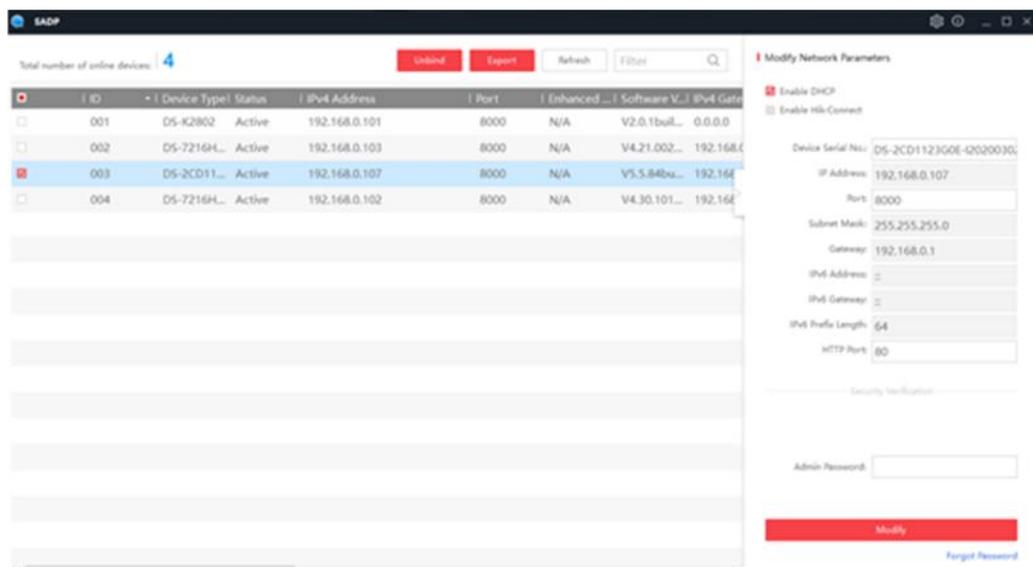
**Paso 2:** Seleccionar la cámara a activar

**Paso 3:** Cambiar la clave de usuario

**Paso 4:** Clic en el botón activar

**Figura 42**

*Programa SADP*



**Paso 5:** Deshabilitar el DHCP y asignar una nueva dirección IP estática, figura 43.

### Figura 43

*Asignación de dirección IP estática*

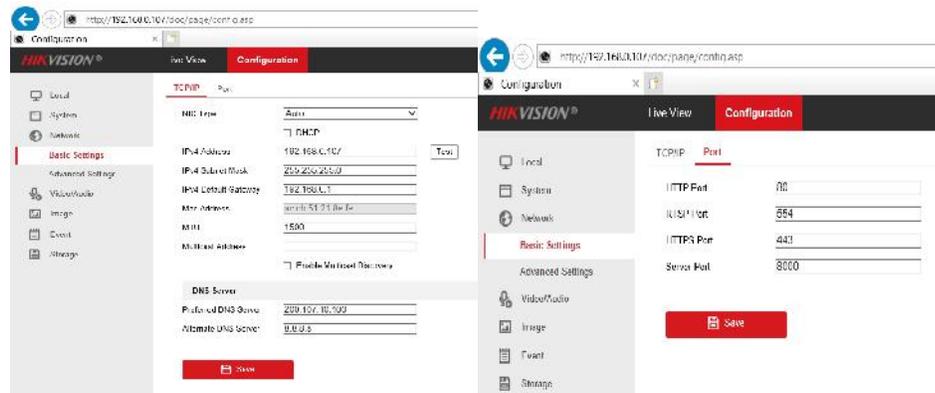
Modify Network Parameters	
<input type="checkbox"/>	Enable DHCP
<input checked="" type="checkbox"/>	Enable Hik-Connect
Device Serial No.:	DS-2CD1123G0E-I2020030
IP Address:	192.168.0.107
Port:	8000
Subnet Mask:	255.255.255.0
Gateway:	192.168.0.1
IPv6 Address:	::
IPv6 Gateway:	::
IPv6 Prefix Length:	64
HTTP Port:	80

#### b. Protocolo de comunicación

La cámara HIKVISION DS-2CD1123G0E-I, consta de los protocolos de comunicación: TCP/IP, ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, NTP, UPnP™, SMTP, IGMP, 802.1X, QoS, IPv6, Bonjour, IPv4, UDP, SSL/TLS; se conecta por medio de una interface ethernet con un cable RJ45. (HIKVISION, s.f.)

En la figura 44, se muestra, el protocolo de comunicación utilizado para la implementación del sistema.

Figura 44

*Protocolo de comunicación*

OpenCV en su comando VideoCapture(filename), permite ingresar varios tipos de formatos dentro del filename:

- ) Puerto de la cámara
- ) Nombre del archivo de video (p. ej. video.avi)
- ) Secuencia de imágenes (p. ej. img\_%02d.jpg, que leerá muestras como img\_00.jpg, img\_01.jpg, img\_02.jpg, ...)
- ) URL de la transmisión de video (p. ej. protocol://host:port/script\_name?script\_params|auth)
- ) Cadena de canalización GStreamer en formato de herramienta gst-launch. (OpenCV, 2021)

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se procede a utilizar una URL de transmisión de video, por medio del protocolo RTSP (Real Time Streaming Protocol), misma que requiere de: usuario, clave, dirección IP, puerta de enlace, canal de transmisión y tipo de codificación; obteniendo:

```
cv2.VideoCapture("rtsp://admin:Clsg1002@192.168.0.107:554/streaming/channels/0101 --input-codec=h264")
```

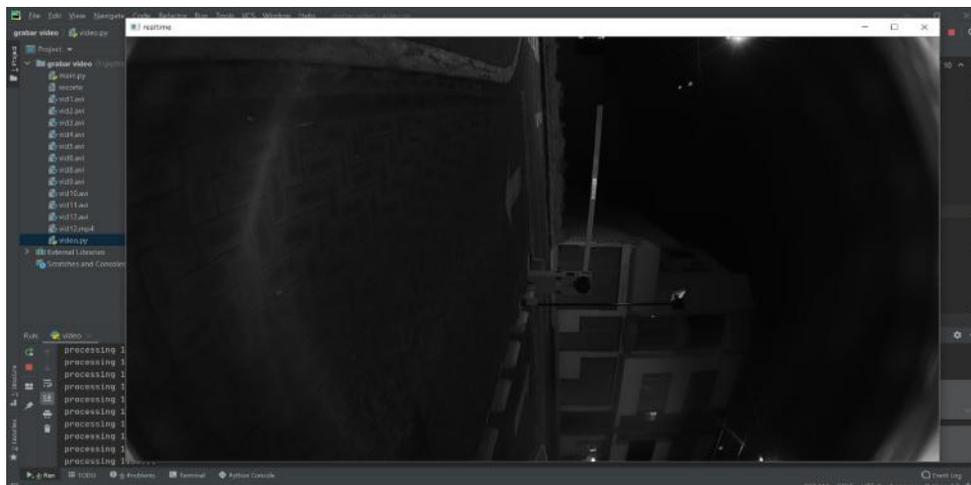
### c. Captura de frames en tiempo real

Debido a que la cámara trabaja con una codificación H264 a 30 fps, para las calidades de video: 1280x720p, 1280x960 y 1920x1080p; es necesario realizar un programa que permita actualizar los frames de forma secuencial, permitiendo controlar el flujo para evitar retardos o acumulación de frames en la cola de impresión. Esto se logra utilizando el método propuesto por (Rackwitz, 2019), en el archivo `freshest_camera_frame.py` de su repositorio de GitHub, figura 45, se utilizan las librerías: `future`, `os`, `sys`, `time`, `threading`, `numpy` y `cv2`.

El método propone que se maneje el video en dos variables a la vez, en la primera variable ingresa el video en vivo de la cámara y almacena los frames, en la segunda variable ingresa los frames almacenados en orden, es decir que al iniciar el programa la segunda variable inicia con cero frames y desde ese momento, tiene un incremento de 1, permitiendo que nunca se vuelva a leer el mismo frame.

#### Figura 45

*Captura de frames por el método propuesto por Rackwitz*



### **3.7.2. Entrenamiento de la red neuronal**

Dentro de las redes neuronales que se recomiendan utilizar en una plataforma Jetson integrada se encuentran: imageNet reconocimiento de imágenes, detectNet detección de objetos y segNet segmentación semántica; dentro del repositorio “Hello AI World – NVIDIA Jetson”, se utiliza NVIDIA Tensor RT junto con la transferencia de aprendizaje de PyTorch, esto permite implementar redes neuronales optimizadas en busca de mejorar el rendimiento y la eficiencia energética mediante optimización de gráficos, fusión de kernel y precisión FP16 / INT8. (Franklin, 2017)

En este proyecto se utiliza la red detectNet, la cual permite detectar objetos dentro de una imagen o video, debido a que la red debe ser entrenada para reconocer únicamente placas vehiculares dentro de un video en vivo, se deben seguir los siguientes pasos:

#### **a. Grabación de videos**

La frecuencia de ingreso con vehículos al Conjunto Residencial “Bolonía”, varía según la hora y el día, se procede a grabar el ingreso durante dos semanas, como se muestra en la figura 46, con el fin de obtener un número de imágenes significativo para el entrenamiento de la red neuronal, dentro de OpenCV, por medio del comando VideoWriter se puede grabar la entrada de video, el comando requiere: nombre del archivo de salida y formato, FourCC (Código de Cuatro Caracteres), FPS y tamaño del video; obteniendo:

```
cv2.VideoWriter('vid1.avi', cv2.VideoWriter_fourcc(*'XVID'), 30.0, (1280, 720))
```

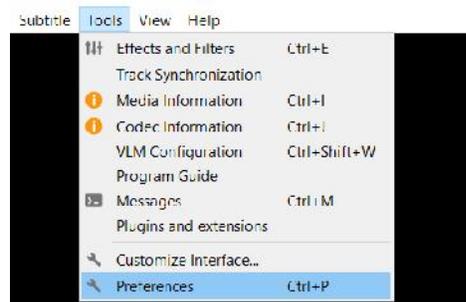
**Figura 46***Obtención de videos*

 vid1.avi	9/2/2021 14:41	Archivo AVI
 vid2.avi	9/2/2021 14:51	Archivo AVI
 vid3.avi	9/2/2021 15:02	Archivo AVI
 vid4.avi	9/2/2021 15:12	Archivo AVI
 vid5.avi	9/2/2021 15:16	Archivo AVI
 vid6.avi	9/2/2021 15:20	Archivo AVI
 vid8.avi	9/2/2021 15:39	Archivo AVI
 vid9.avi	9/2/2021 16:21	Archivo AVI
 vid10.avi	9/2/2021 17:51	Archivo AVI
 vid11.avi	9/2/2021 19:26	Archivo AVI
 vid12.avi	9/2/2021 19:46	Archivo AVI
 vid12.mp4	9/2/2021 22:37	Archivo MP4

**b. Dividir los videos en frames**

Una vez obtenidos los videos, se divide en sus distintos frames, lo cual se realiza por medio del programa “VLC media player”:

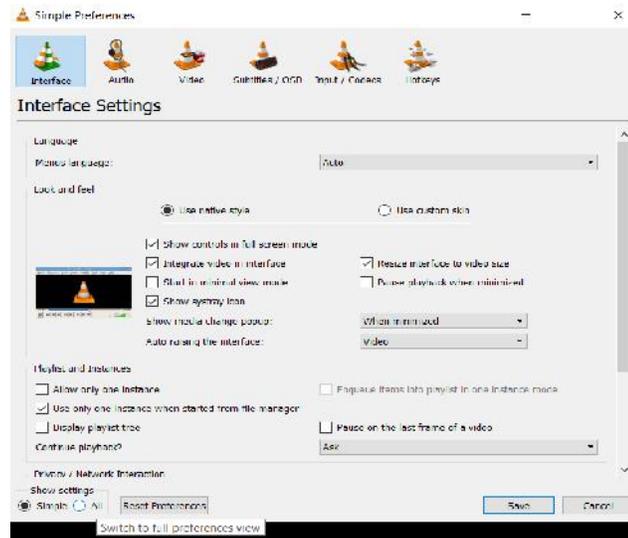
**Paso 1:** Herramientas, preferencias, figura 47.

**Figura 47***Menú de VLC media player*

**Paso 2:** Mostrar todos los ajustes, figura 48.

**Figura 48**

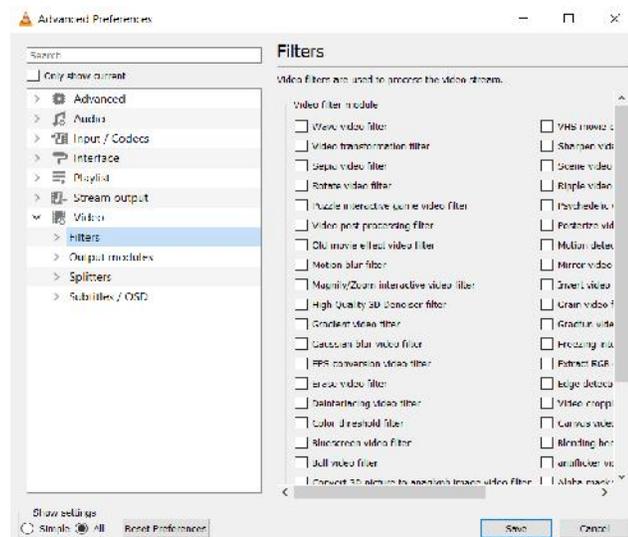
*Ajustes de VLC media player*



**Paso 3:** Filtros de video, figura 49.

**Figura 49**

*Filtros de VLC media player*



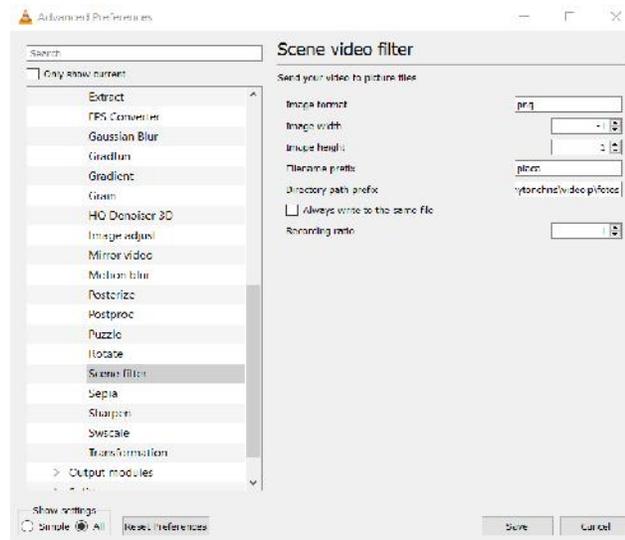
**Paso 4:** Seleccionar y configurar filtro de escena.

**Paso 5:** Especificar formato, ruta de la carpeta de salida.

**Paso 6:** Tasa de grabación = 1, figura 50.

**Figura 50**

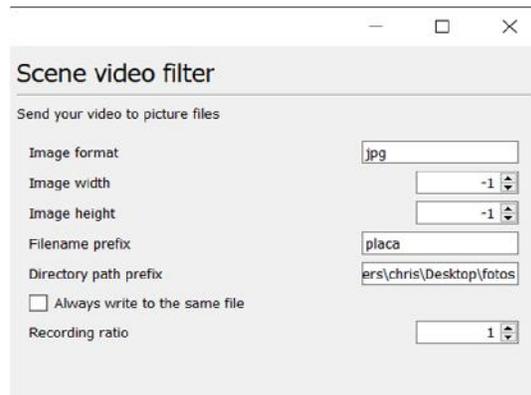
*Configuración del filtro de escena en VLC media player*



**Paso 7:** Guardar, figura 51.

**Figura 51**

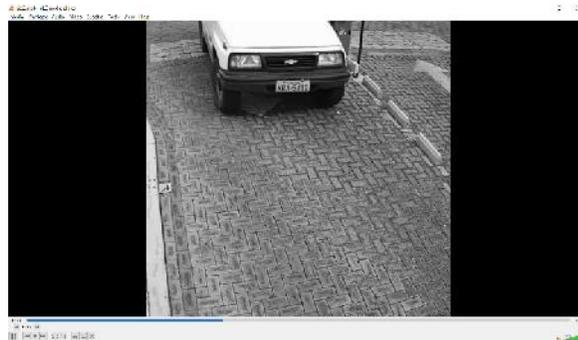
*Guardar configuración del filtro de escena en VLC media player*



**Paso 8:** Reproducir el video, figura 52.

**Figura 52**

*Reproducir el video en VLC media player*



**Paso 9:** Verificar las imágenes en la carpeta de salida, figura 53.

**Figura 53**

*Frames separados*

**c. Etiquetado de zonas de interés**

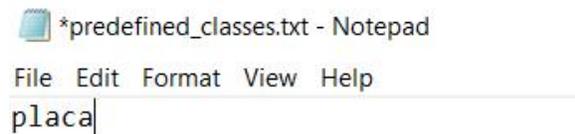
Para entrenar la red neuronal detectNet, se requiere etiquetar las imágenes en formato Pascal/VOC, para lo cual se utiliza el programa LabelImg:

**Paso 1:** Dentro de la carpeta data, encontrar el archivo predefined\_classes.txt

**Paso 2:** Abrir el archivo, eliminar las clases y escribir la clase que se va a etiquetar, para el caso escribir placa, figura 54.

#### Figura 54

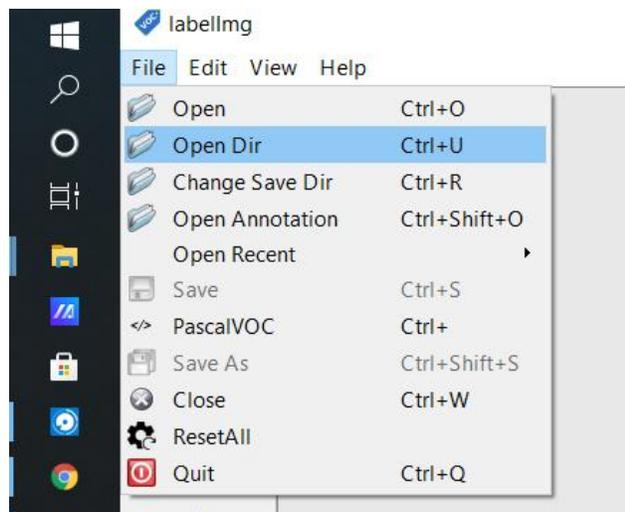
*Nombre de la clase a etiquetar*



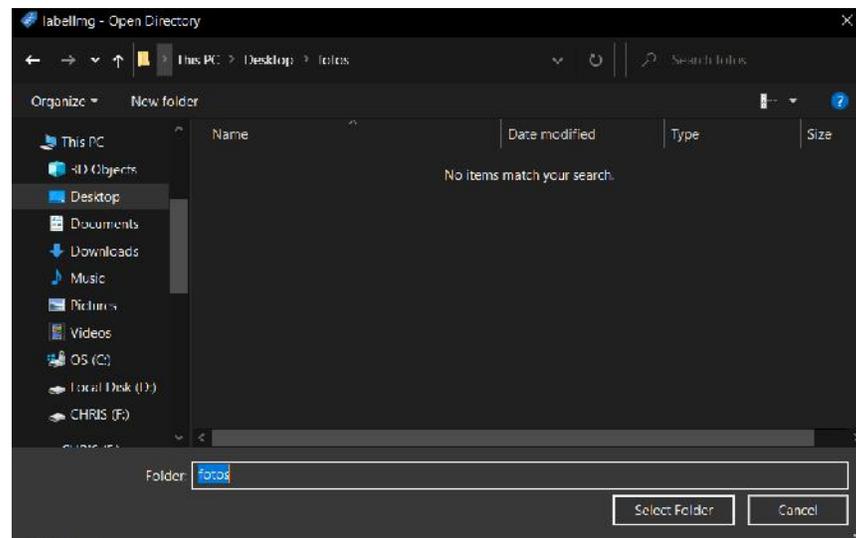
**Paso 3:** Archivo, abrir directorio, figura 55.

#### Figura 55

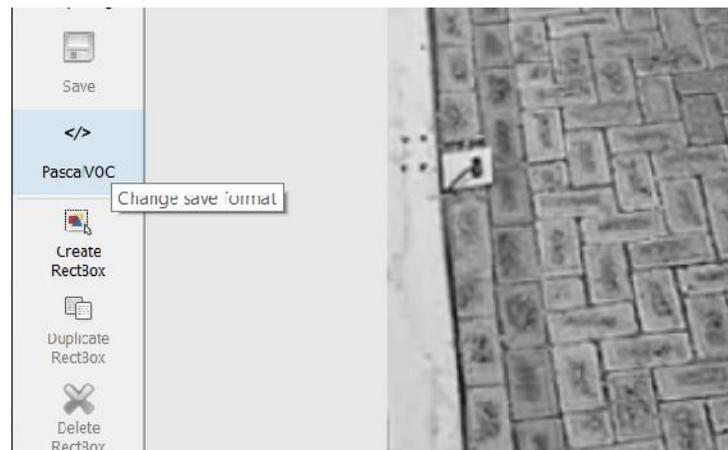
*Abrir un nuevo directorio en LabelImg*



**Paso 4:** Seleccionar el directorio de las imágenes de salida, figura 56.

**Figura 56***Seleccionar el directorio en Labellmg*

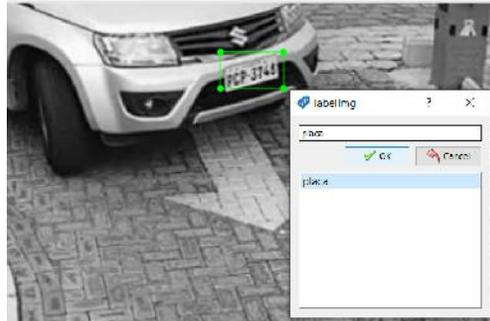
**Paso 5:** Verificar que el formato se encuentre en Pascal/VOC, figura 57.

**Figura 57***Seleccionar el formato Pascal/VOC*

**Paso 6:** Clic en Create RectBox, seleccionar el área de interés y la etiqueta, figura 58.

**Figura 58**

*Seleccionar el área a etiquetar*



**Paso 7:** Guardar.

**Paso 8:** Verificar el archivo .xml en el directorio, figura 59.

**Figura 59**

*Información almacenada en el archivo .xml*

```

img(1).xml - Notepad
File Edit Format View Help
<annotation>
  <folder>pljpg</folder>
  <filename>img(1).jpg</filename>
  <path>D:\pythonchris\yolo2pascal\pljpg\img(1).jpg</path>
  <source>
    <database>Unknown</database>
  </source>
  <size>
    <width>2720</width>
    <height>1520</height>
    <depth>3</depth>
  </size>
  <segmented>0</segmented>
  <object>
    <name>PLACA</name>
    <pose>Unspecified</pose>
    <truncated>0</truncated>
    <difficult>0</difficult>
    <bndbox>
      <xmin>1265</xmin>
      <ymin>609</ymin>
      <xmax>1412</xmax>
      <ymax>709</ymax>
    </bndbox>
  </object>
</annotation>

```

**Paso 9:** Repetir en proceso con todas las imágenes.

En total se etiquetaron 6090 imágenes, mismas que se distribuyeron de la siguiente manera: 80% entrenamiento, 10% test y 10% validación.

#### d. Configuración NVIDIA Jetson Nano

**Paso 1:** En Windows, descargar el programa Etcher y la imagen de la tarjeta SD del kit de desarrollador Jetson Nano.

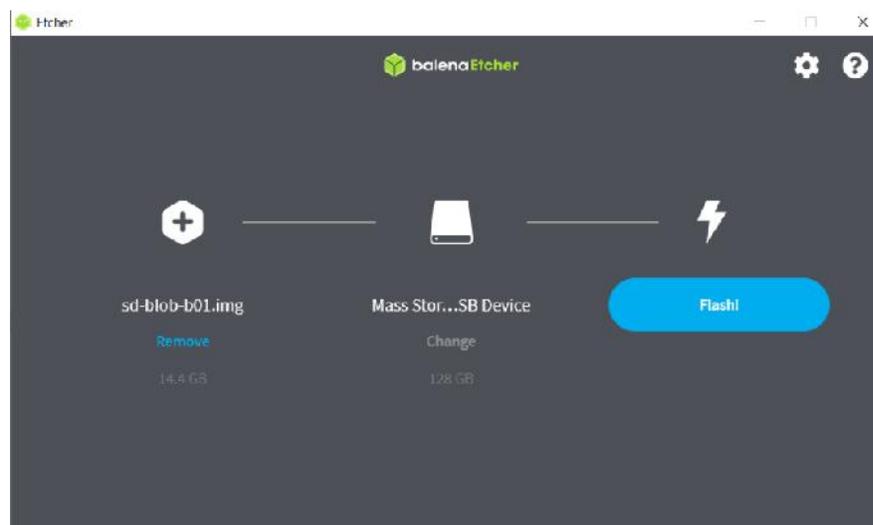
**Paso 2:** Instalar y ejecutar el programa Etcher.

**Paso 3:** Clic en "Flash from file" y elija el archivo de imagen comprimido.

**Paso 4:** Clic en "Select target" y elija la tarjeta SD, figura 60.

#### Figura 60

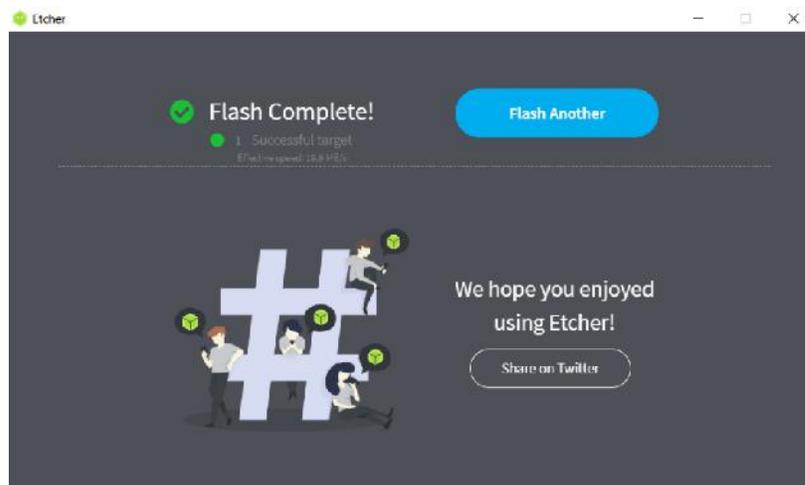
*Interfaz del programa Etcher*



**Paso 5:** Haga clic en "Flash" y espere a que el proceso se complete, figura 61.

**Figura 61**

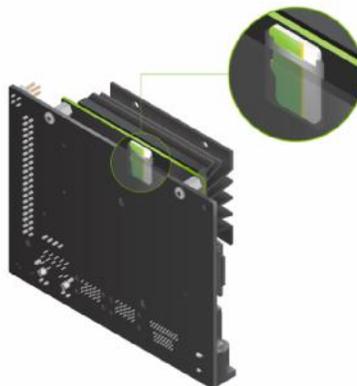
*Mensaje de Flash Complete.! del programa Etcher*



**Paso 6:** Inserte la tarjeta SD con la imagen lista en la ranura posterior, figura 62.

**Figura 62**

*Ranura para tarjeta SD – Jetson Nano*



*Nota:* Tomado de (nvidia DEVELOPER, 2020)

**Paso 7:** Conectar los dispositivos periféricos (pantalla, mouse, teclado) junto con la fuente de alimentación, figura 63.

**Figura 63**

*Conexión de dispositivos periféricos a la tarjeta Jetson Nano*

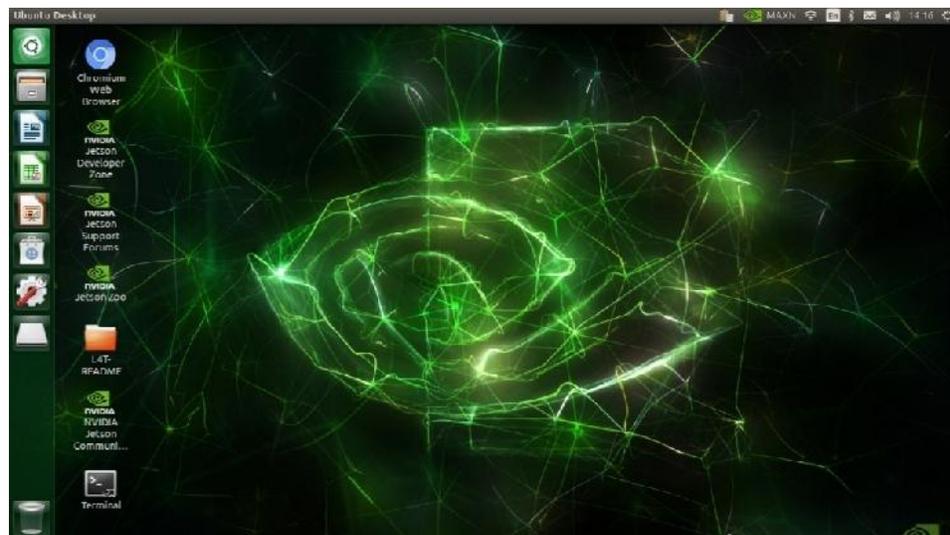


*Nota:* Tomado de (nvidia DEVELOPER, 2020)

**Paso 8:** Realizar todas las configuraciones iniciales requeridas por el sistema operativo y abrir el escritorio, figura 64.

**Figura 64**

*Escritorio de la tarjeta Jetson Nano*



### **e. Entrenamiento personalizado de detectNet**

**Paso 1:** Abrir un terminal y colocar: `git clone https://github.com/dusty-nv/jetson-inference.git`, figura 65.

Figura 65

Terminal de Jetson Nano con el comando git clone

```
zeus@zeus-desktop: ~
zeus@zeus-desktop:~$ git clone https://github.com/dusty-nv/jetson-inference.git
Cloning into 'jetson-inference'...
remote: Enumerating objects: 16944, done.
remote: Counting objects: 100% (239/239), done.
remote: Compressing objects: 100% (161/161), done.
Receiving objects: 8% (1479/16944), 892.01 KiB | 151.00 KiB/s
```

**Paso 2:** Ingresar al directorio jetson-inference: `cd jetson-inference/`.

**Paso 3:** Ejecutar el comando que permite lanzar el contenedor:

`docker/run.sh`, figura 66.

Figura 66

Terminal de Jetson Nano ejecutando el docker

```
zeus@zeus-desktop: ~/jetson-inference
zeus@zeus-desktop:~$ cd jetson-inference/
zeus@zeus-desktop:~/jetson-inference$ ls
c          CMakeLists.txt  docker        examples     python      utils
calibration CMakePreBuild.sh Dockerfile    LICENSE.md  README.md
CHANGELOG.md data            docs         plugins     tools
zeus@zeus-desktop:~/jetson-inference$ ls docker/
build.sh pull.sh push.sh run.sh tag.sh
zeus@zeus-desktop:~/jetson-inference$ docker/run.sh
```

**Paso 4:** Se ejecuta el “Model Downloader”, donde seleccionamos los modelos a descargar, figura 67.

Figura 67

Interfaz del Model Downloader

```
zeus@zeus-desktop: ~/jetson-inference
Hello AI World (jetson-inference)

Model Downloader

Keys:
  Tl Navigate Menu
  Space to Select Models
  Enter to Continue

  1 Inception_Recognition - all models (7.2 GB)
  2 > AlexNet (244 MB)
  3 > GoogleNet (54 MB)
  4 > GoogleNet_12 (42 MB)
  5 > ResNet-18 (47 MB)
  6 > ResNet-50 (102 MB)
  7 > ResNet-101 (179 MB)
  8 > ResNet-152 (242 MB)
  9 > VGG-16 (354 MB)
 10 > VGG-19 (575 MB)

  22%
```

**Paso 5:** Abrir el directorio: `jetson-inference/python/training/detection/ssd/data`

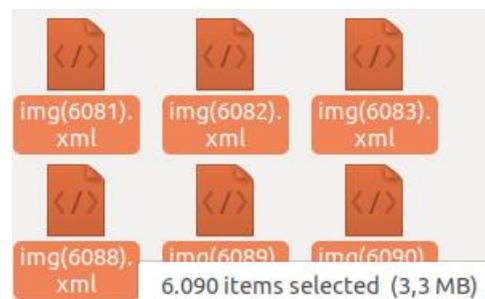
**Paso 6:** Pegar la carpeta que contiene imágenes y etiquetas con la distribución:

) `/Annotations/`

- Contiene los 6090 archivos de etiquetas en formato xml, figura 68.

### Figura 68

*Archivos en formato .xml*

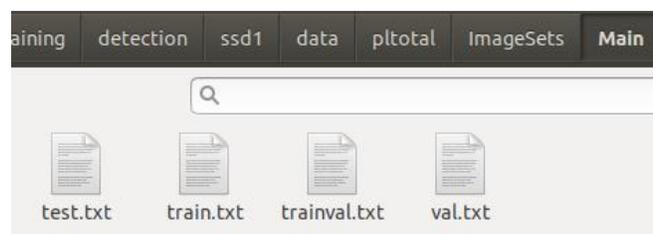


) `/ImageSets/`

- Contiene una carpeta “Main” con cuatro archivos que tienen la información requerida para distribuir las imágenes y etiquetas de la siguiente manera: 80% entrenamiento, 10% test y 10% validación, figura 69.

### Figura 69

*Archivos de configuración para distribuir el número de imágenes*



) /JPEGImages/

- Contiene las 6090 imágenes en formato jpg, figura 70.

### Figura 70

Archivos en formato .jpg



) Labels.txt

- Contiene el nombre de la etiqueta "PLACA"

**Paso 7:** Abrir el directorio: jetson-inference/python/training/detection/ssd

**Paso 8:** Ejecutar el comando: `python3 train_ssd.py --data-type=voc --data=data/pltotal --model-dir=models/pltotal --batch-size=8 --workers=2 --epochs=130`, figura 71.

### Figura 71

Terminal de Jetson Nano ejecutando el entrenamiento neuronal

```

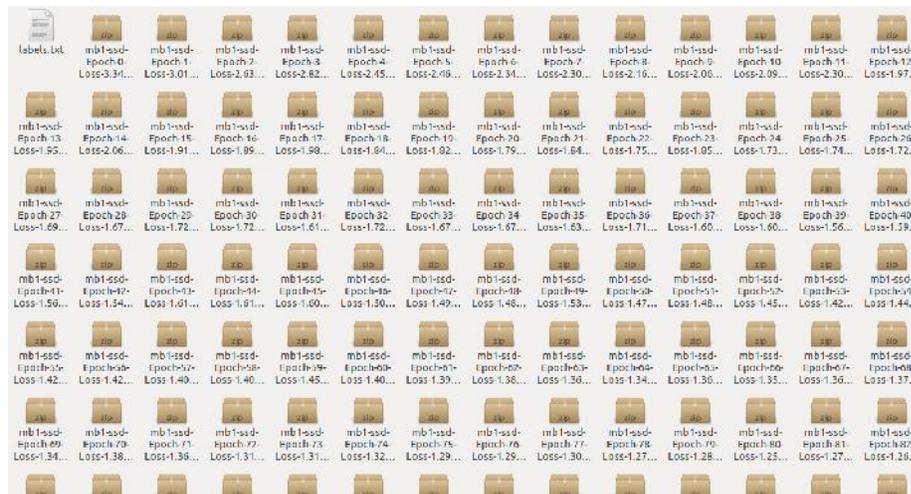
root@zeus-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
root@zeus-desktop:/jetson-inference/python/training/detection/ssd# python3 train_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/pltotal --model-dir=models/pltotal --batch-size=8 --workers=2 --epochs=130
2021-07-30 00:13:34 - Using CUDA...
2021-07-30 00:13:34 - Namespace(balance_data=False, base_net=None, base_net_lr=0.001, batch_size=8, checkpoint_folder='models/pltotal', dataset_type='voc', data_sets=['data/pltotal'], debug_steps=10, extra_layers_lr=None, freeze_base_net=False, freeze_net=False, gamma=0.1, lr=0.01, mb2_width_mult=1.0, milestones='80,100', momentum=0.9, net='mb1-ssd', num_epochs=130, num_workers=2, pretrained_ssd='models/mobilenet-v1-ssd-mp-0_675.pth', resume=None, scheduler='cosine', t_max=100, use_cuda=True, validation_epochs=1, weight_decay=0.0005)
2021-07-30 00:13:34 - Prepare training datasets.

```

**Paso 9:** Se obtiene un archivo por cada época entrenada, se almacenan en la dirección: `jetson-inference/python/training/detection/ssd/models/pltotal`, figura 72.

**Figura 72**

*Archivos de salida al terminar de entrenar la red neuronal*



**Paso 10:** Convertir el modelo a onnx con el comando: `python3`

`onnx_export.py --model-dir=models/pltotal`. Se obtiene como resultado que la época 105 del entrenamiento tuvo las menores pérdidas, con un valor de: 1.2275, figura 73.

**Figura 73**

*Terminal de Jetson Nano ejecutando la conversión a un modelo onnx*

```

root@zeus-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
root@zeus-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd# python3 onnx_
export.py --model-dir=models/pltotal
Namespace(batch_size=1, height=300, input='', labels='labels.txt', model_dir='mo
dels/pltotal', net='ssd-mobilenet', output='', width=300)
running on device cuda:0
found best checkpoint with loss 1.227501 (models/pltotal/mb1-ssd-Epoch-105-Loss-
1.2275006385979714.pth)
creating network: ssd-mobilenet
num classes: 2
loading checkpoint: models/pltotal/mb1-ssd-Epoch-105-Loss-1.2275006385979714.pt
h
exporting model to ONNX...

```

**Paso 11:** Probar el modelo entrenado sobre video, figura 74.

**Figura 74**

*Ejecución de la red neuronal sobre video*



### 3.7.3. Bases de datos

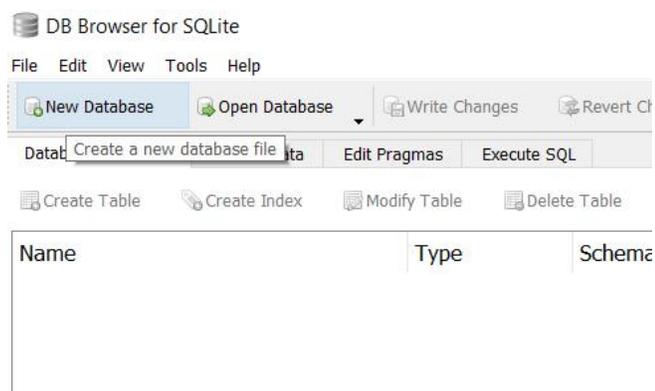
El diseño e implementación de las bases de datos, se realizó por medio de SQLite3, lo cual genera un archivo gestionado por su propia librería, incluido el bloqueo para prevenir la corrupción de datos cuando varios escritores la utilizan; procedimiento:

**Paso 1:** Abrir el programa DB Browser for SQLite.

**Paso 2:** Crear un nuevo archivo de base de datos, figura 75.

**Figura 75**

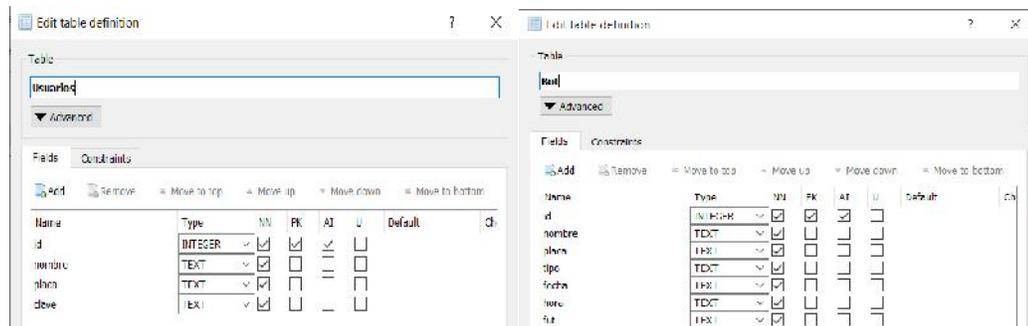
*Crear un nuevo archivo en el programa DB Browser for SQLite*



**Paso 3:** Ingresar el nombre de la tabla, nombre y tipo de las variables necesarias en cada caso, figura 76.

**Figura 76**

*Ingresar los datos para la creación de tablas y variables*



**Paso 4:** Gestionar las bases de datos según corresponda en Python.

**a. Base de datos permanente (para residentes)**

En la figura 77, se puede visualizar los campos que requiere la base de datos permanente, siendo estos requeridos de manera obligatoria al añadir un nuevo usuario; uso de cada dato:

**Paso 1:** Id: se genera de manera automática, permite crear nuevas filas sin sobre escribirlas.

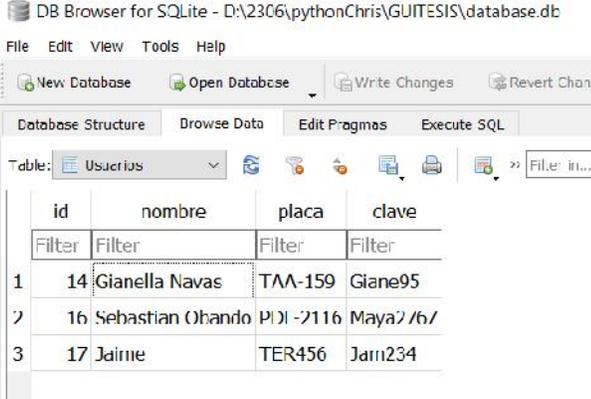
**Paso 2:** Nombre: permite identificar al usuario del sistema.

**Paso 3:** Placa: se utiliza para comparar el OCR con la base de datos.

**Paso 4:** Clave: incrementa la seguridad del sistema al utilizar el chatbot vía Telegram.

**Figura 77**

*Campos requeridos por la base de datos permanente*



	id	nombre	placa	clave
	Filter	Filter	Filter	Filter
1	14	Gianella Navas	TAA-159	Giane95
2	16	Sebastian Ohando	PDI-2116	Maya2/b/
3	17	Jaimie	TER456	Jaim234

#### **b. Base de datos temporal (para visitantes o delivery)**

En la figura 78, se puede visualizar los campos que requiere la base de datos temporal, siendo estos requeridos de manera obligatoria al añadir un nuevo usuario; uso de cada dato:

**Paso 1:** Id: se genera de manera automática, permite crear nuevas filas sin sobre escribirlas.

**Paso 2:** Nombre: permite identificar quien registró una placa en el sistema temporal.

**Paso 3:** Placa: se utiliza para comparar el OCR con la base de datos.

**Paso 4:** Tipo: permite identificar si el auto que ingresa es visitante o delivery.

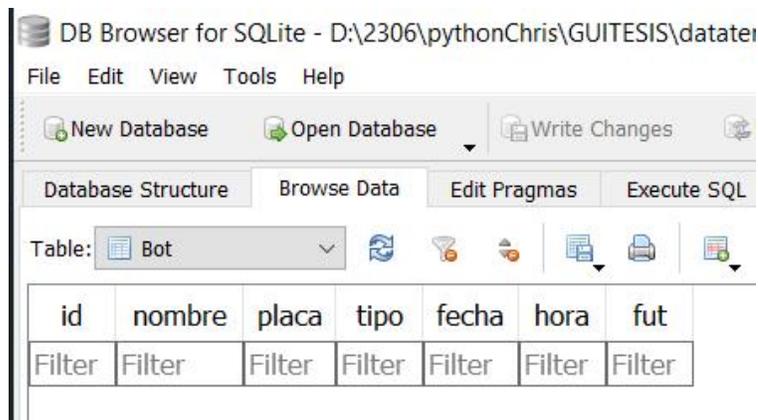
**Paso 5:** Fecha: dato utilizado en el archivo histórico de ingresos.

**Paso 6:** Hora: dato utilizado en el archivo histórico de ingresos.

**Paso 7:** Fut: hace referencia a la hora futura (hora += 1), se utiliza para comparar la hora actual con la hora futura y eliminar los registros temporales después de 1 hora de haber sido ingresados.

**Figura 78**

*Campos requeridos por la base de datos temporal*



#### 3.7.4. Ejecución por sub procesos

Debido a que el coste computacional requerido para ejecutar todos los procesos dentro de la programación del prototipo es alto, se dividió el proceso general en tres sub procesos:

**Paso 1:** Adquisición de video, red neuronal y recorte de zona de interés; dentro de este sub proceso se utilizaron las librerías: future, os, sys, time, threading, jetson. inference, jetson. utils, numpy y cv2.

**Paso 2:** ChatBot vía Telegram y base de datos temporal; dentro de este sub proceso se utilizaron las librerías: telebot, sqlite3, datetime.

**Paso 3:** GUI, OCR, base de datos permanente, registro histórico de ingresos y control por GPIO; dentro de este sub proceso se utilizaron las librerías: tkinter, PIL, cv2, datetime, sqlite3, pytesseract, Jetson.GPIO y pandas.

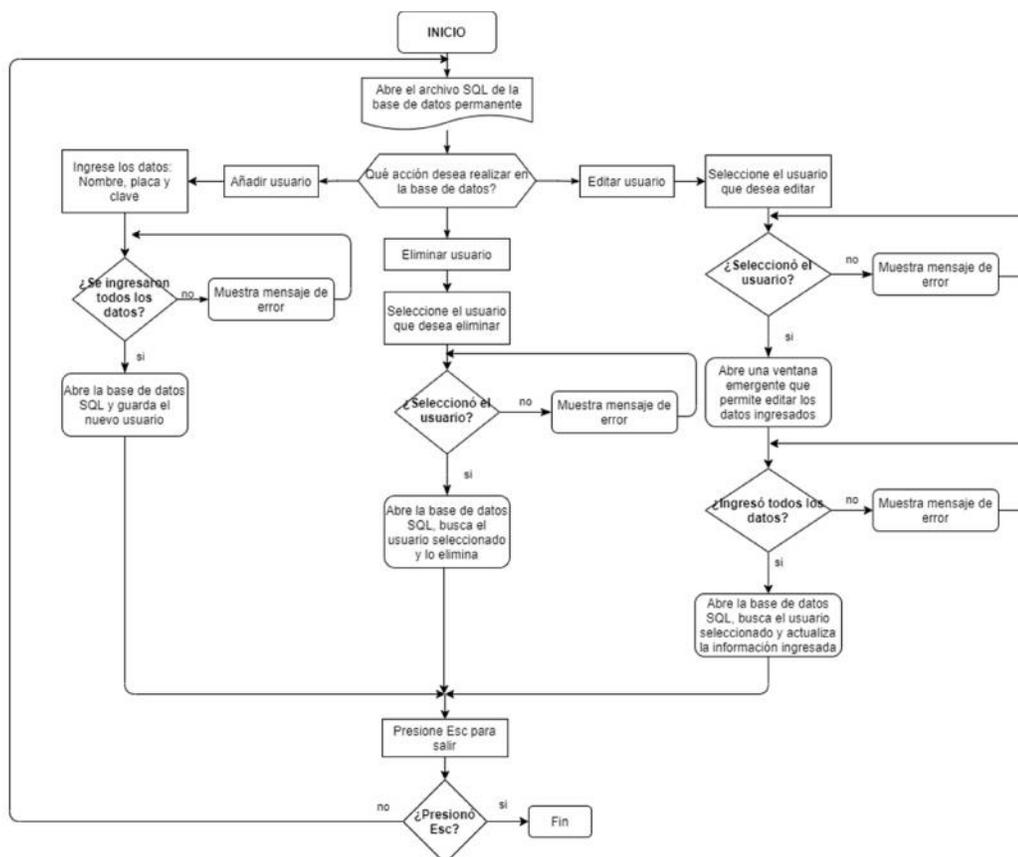
Los sub procesos se ejecutan de manera simultánea pero individual; en otras palabras, cada sub proceso se ejecuta en su propia terminal, pero al mismo tiempo; de esta manera se cumple el ciclo de funcionamiento total del prototipo, la librería “subprocess”, permite desarrollar lo mencionado.

Se dividió el procedimiento en tres diagramas de flujo, cabe recalcar que éstos no representan exactamente cada sub proceso mencionado anteriormente, sin embargo, muestran de manera sencilla y organizada los pasos necesarios para llevar a cabo la correcta ejecución del prototipo.

En la figura 79, se puede visualizar el diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos permanente, consta de tres acciones para la gestión de usuarios: añadir, eliminar o editar usuario. Cada acción tiene una verificación de funcionamiento, permitiendo discernir si el administrador realiza o no un correcto uso del sistema.

Figura 79

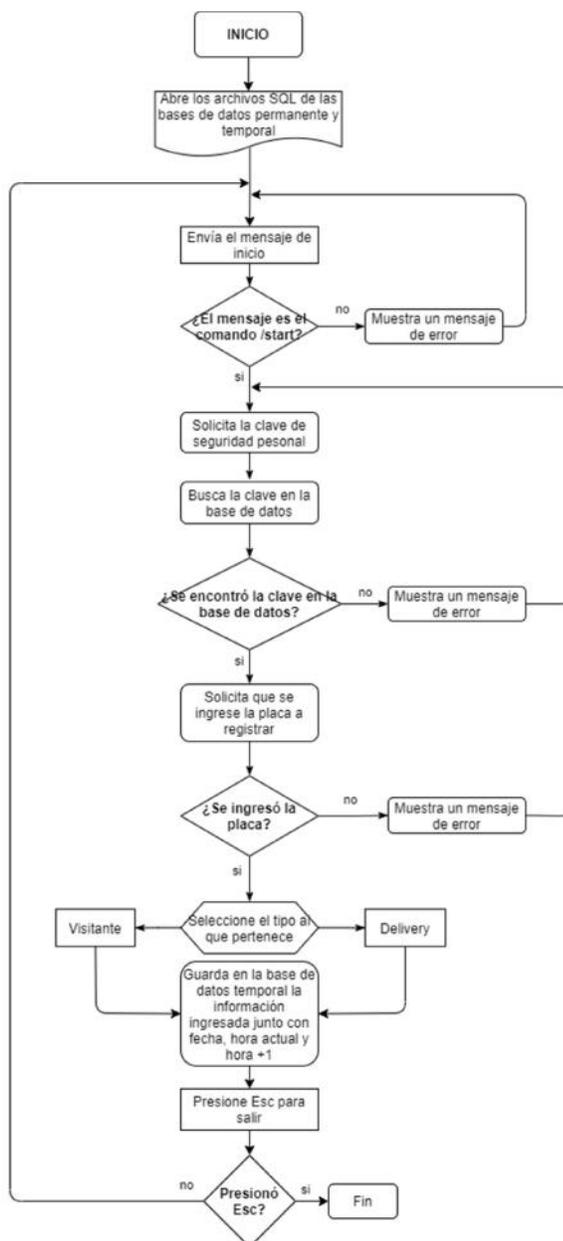
Diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos permanente



En la figura 80, se puede visualizar el diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos temporal junto con el chatbot vía Telegram, misma que cuenta con una verificación de usuario para poder acceder a los menús inferiores, la verificación se realiza con la clave ingresada en la base de datos permanente, lo que permite incrementar la seguridad del prototipo ya que cada usuario dispone de una clave personal única.

Figura 80

Diagrama de flujo del funcionamiento de base de datos temporal



En la figura 81, se puede visualizar el diagrama de flujo de cómo se eliminan los usuarios de datos temporal después de una hora de haber sido ingresados vía Telegram.

**Figura 81**

*Diagrama de flujo de eliminación de usuarios de datos temporal*



En la figura 82, se puede visualizar el diagrama de flujo del funcionamiento total del prototipo, las secciones corresponden a:

Sección verde: adquisición de video, reconocimiento con la red neuronal, implementación del “sensor” por medio de visión artificial y recorte de la zona de interés.

Sección roja: el tratamiento de imagen necesario para recortar la imagen al borde de la placa, posteriormente la imagen ingresa al reconocimiento OCR.

Sección azul: comparación con la base de datos permanente, verifica si la placa reconocida pertenece a un residente del conjunto residencial.

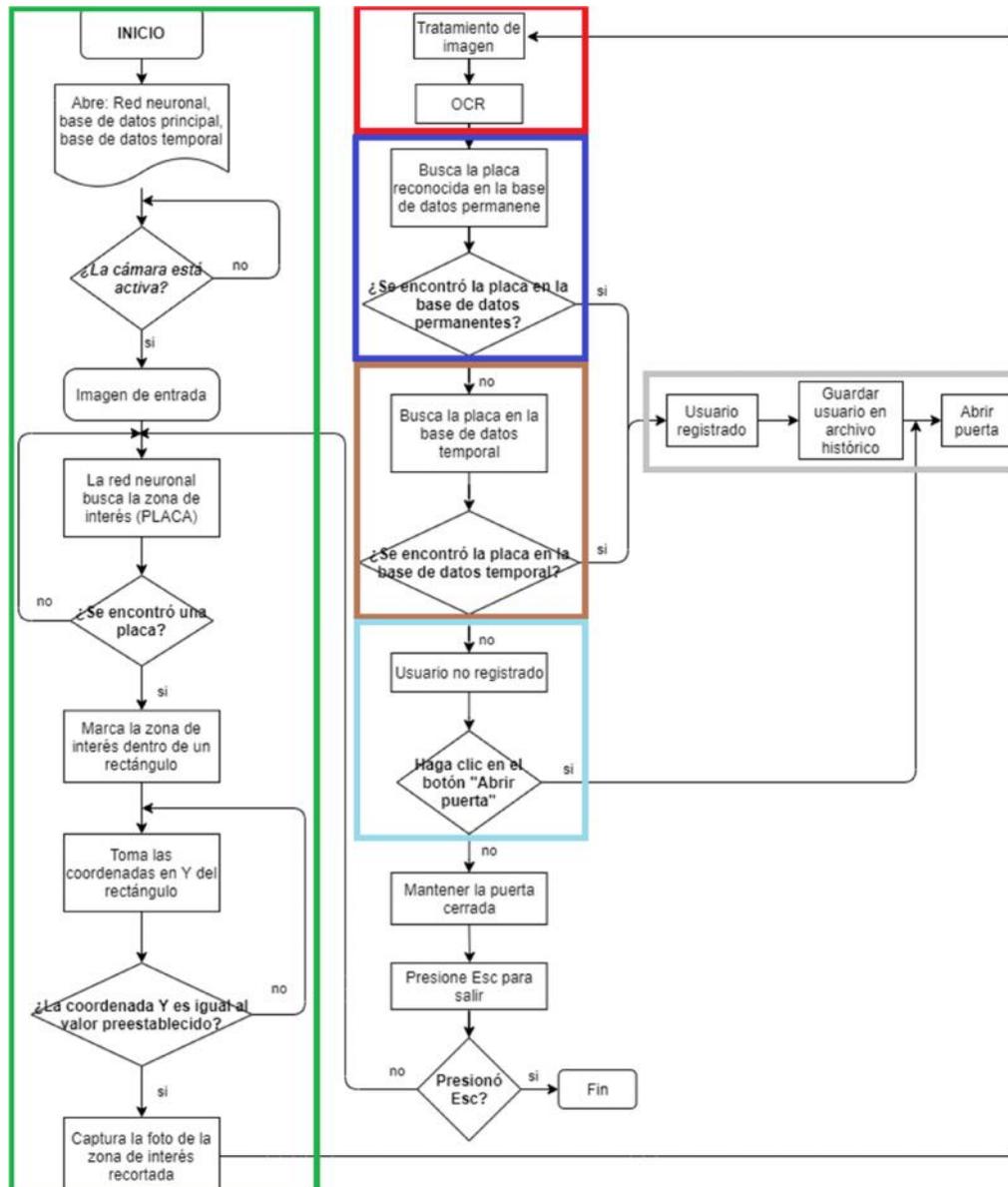
Sección café: comparación con la base de datos temporal, verifica si la placa reconocida pertenece a un visitante o delivery ingresado por un usuario vía Telegram.

Sección celeste: cuando la placa reconocida no se encuentra en ninguna de las bases de datos, se da la opción de abrir la puerta por medio de un control manual (botón).

Sección gris: acción que toma el prototipo al encontrar la placa en cualquier base de datos o al presionar el botón “abrir puerta”, dicha acción se lleva a cabo enviando la señal de activación por el puerto digital del GPIO.

**Figura 82**

*Diagrama de flujo del funcionamiento total del prototipo*



### 3.8. Diseño de interfaz de usuario

Según la norma ISO 9241 "Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos", se diseñó la interfaz de usuario manteniendo un balance entre legibilidad, tipografía, simbolismo, color y textura para que sea fácil de aprender a utilizar.

- ) Uso de colores 4 o 5 mínimo y 11 máximo.
- ) Se recomienda máximo 3 tipos de letra, en la interfaz se utilizó:
  - Georgia
- ) Se recomienda máximo 3 tipos de tamaño de letra, en la interfaz se utilizó:
  - 12 para cuerpo
  - 16 para títulos
- ) Usar colores acromáticos.
- ) Indicadores de órdenes.

En la figura 83, se muestra la ventana 2 de la interfaz en donde los indicadores de órdenes son la fecha y hora.

Figura 83

Indicadores de la ventana 2

Datos Obtenidos	Información de usuario
<p><b>Placa detectada</b></p> 	<p><b>Nombre</b></p> <p>No registrado</p>
<p><b>OCR Placa</b></p> <p>XBB-6952</p>	<p><b>Placa</b></p> <p>No registrado</p>
<p><b>Fecha y Hora</b></p> <p>2021 - 07 - 28 19:32</p>	<p><b>Tipo de usuario</b></p> <p>No registrado</p>
	<p>Logo: INDUSTRIA MECÁNICA FERRICIA COPE - LA PAZ</p> <p>Buttons: Salir, Administrar usuarios, Abrir Puerta</p>

En el registro de usuario al ingresar un nuevo usuario se presenta el mensaje que se muestra en la figura 84.

Figura 84

Mensaje de información al ingresar un nuevo usuario

Sistema de acceso

Registrar un nuevo usuario

Nombre: Dario Mendoza

Placa: YUR-8643

clave N: Girty8

Guardar Usuario

Nombre	Placa	Clave
Alejandra Reinoso	TBD-1710	Aleja123
Andrea Velastegui	TDI-1302	Vean963
Camila Mayorga	XBB-1556	Kk498
Carlos Suarez	TBJ-2367	Cs3535
Edgar Mosquera	HBD-1453	Edmo1967
Eduardo Guanoluisa	FCI-6025	EDu23
Evelin Viteri	THB-5160	Evev815
Francisco Rosas		
Franklin Cabezas		
Gabriela Pozo		
Gianella Navas		
Joao Navas		
Jonathan Hernandez		
Jorge Valcez	XBY-495	Joval96
Jorge Zapata	PLN-412	Zapj90
Juan Montalvo	FDK-3158	Csw78

Agregar usuario

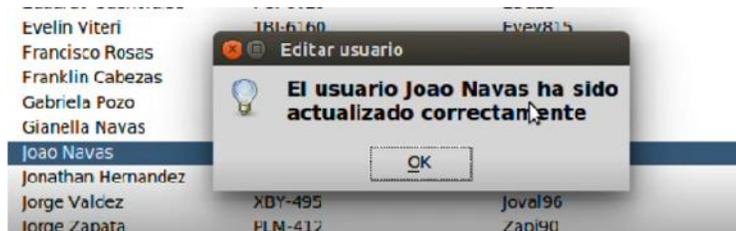
El usuario Dario Mendoza ha sido agregado correctamente

OK

En el registro de usuario al editar un usuario se presenta el mensaje que se muestra en la figura 85.

### Figura 85

*Mensaje de información al editar un usuario*



) Tolerancia a los errores

En la ventana 1 de la interfaz de usuario al iniciar sesión, si ingresa mal la contraseña se presenta el mensaje que se muestra en la figura 86.

### Figura 86

*Mensaje de error al ingresar contraseña incorrecta*



En la ventana 1 de la interfaz de usuario al iniciar sesión, si no ingresa la contraseña se presenta el mensaje que se muestra en la figura 87.

**Figura 87**

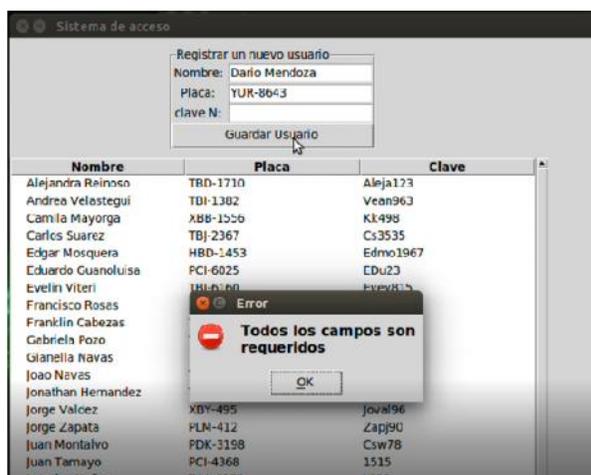
Mensaje de error al no ingresar contraseña



En el registro de usuario al ingresar un nuevo usuario, sino esta completo todos los ítems se presenta el mensaje que se muestra en la figura 88.

**Figura 88**

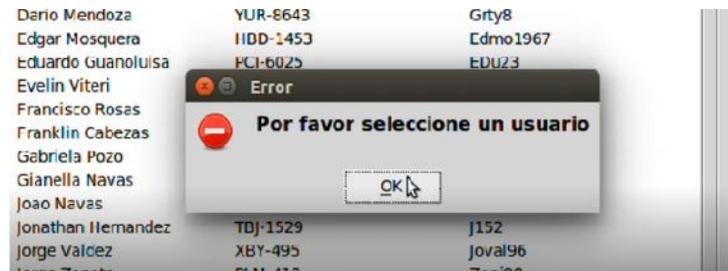
Mensaje de error al ingresar un nuevo usuario con parámetros incompletos



En el registro de usuario al eliminar un usuario, sino está seleccionado el usuario se presenta el mensaje que se muestra en la figura 89.

### Figura 89

*Mensaje de error al no seleccionar usuario para eliminar*



Se muestra la figura 90, la ventana 1 para iniciar sesión de la interfaz diseñada según la norma ISO 9241.

### Figura 90

*Ventana 1 de interfaz de usuario*



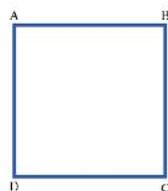
Para el diseño de la ventana 2 de la interfaz gráfica se utilizó zonas áreas para manejar la proporción y el encuadre, estableciendo una asimetría donde las partes sigan compartiendo un sentido común.

**Paso 1:** Encontrar la proporción áurea, considerando el segmento completo de línea de una longitud  $x + 1$

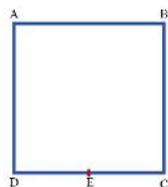
**Paso 2:** Considerar la relación del segmento completo es a  $x$ , como el segmento más corto es a 1.

$$\frac{(x+1)}{x} = \frac{x}{1}$$

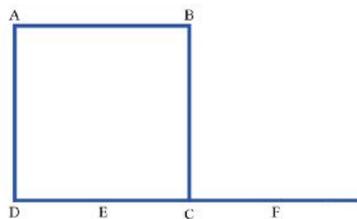
**Paso 3:** Trazar un cuadrado ABCD.



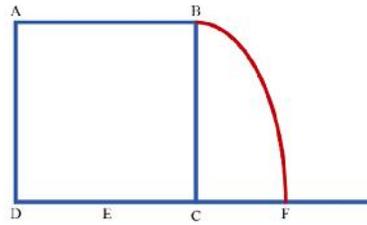
**Paso 4:** Construir el punto medio E, en el segmento DC.



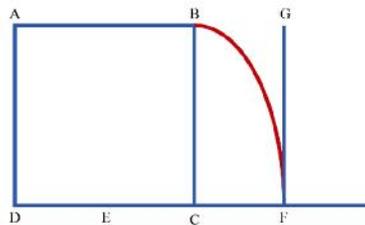
**Paso 5:** Extender el segmento DC, con el centro E.



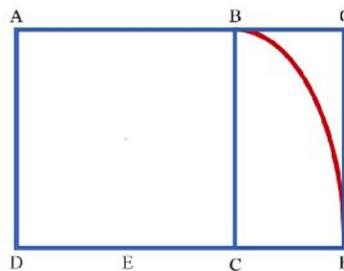
**Paso 6:** Dibujar un arco que cruce por BF, extendido en C.



**Paso 7:** Construir una perpendicular G, en F.



**Paso 8:** Extender AB para intersecar la perpendicular en G.



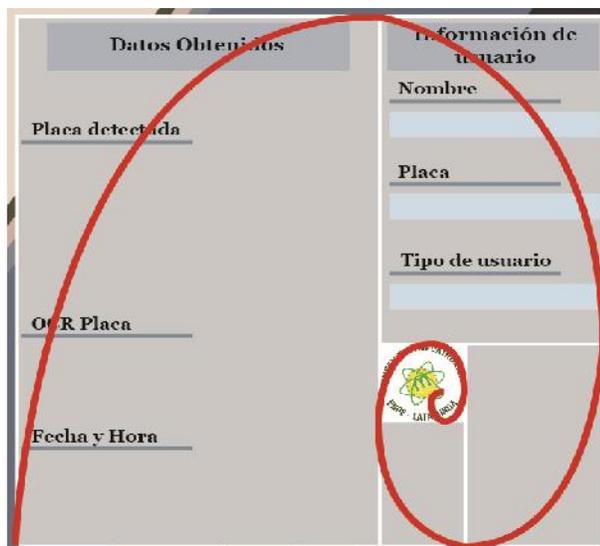
**Paso 9:** El rectángulo áureo ADFG dividir en otros rectángulos áureos, manteniendo la misma división para la sucesión de Fibonacci.

**Paso 10:** Unir los vértices con una línea para formar la espiral de oro.

Se presenta una ventana agradable visualmente, equilibrada que llama la atención al usuario, como se muestra en la figura 91.

**Figura 91**

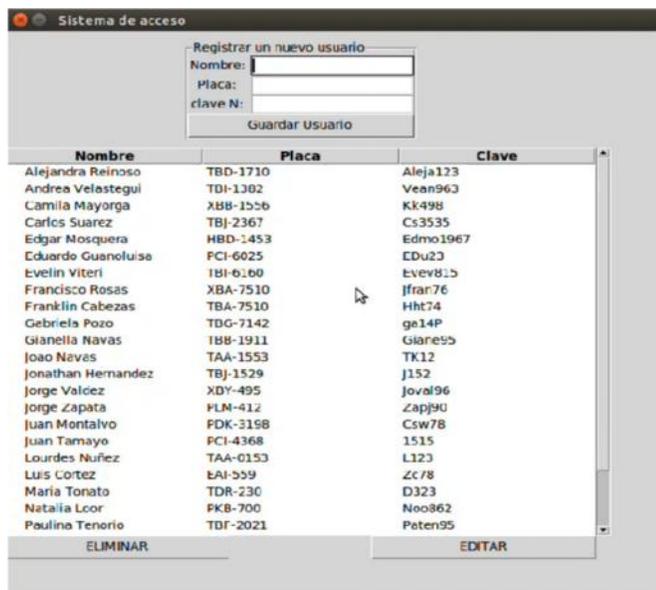
Ventana 2 diseñada con zonas áureas



Se muestra la figura 92, la venta de administración de usuarios diseñada según la norma ISO 9241.

**Figura 92**

Ventana de administración de usuarios



## CAPÍTULO IV

### 4. Pruebas, validación, conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas para comprobar la fiabilidad del sistema de seguridad para monitorear el acceso de automóviles utilizando visión artificial y chatbot vía Telegram.

#### 4.1. Pruebas de funcionamiento

Para evaluar el prototipo, se plantean dos tipos de pruebas:

- ) Pruebas realizadas al mismo vehículo
- ) Pruebas según el tamaño de la muestra

##### 4.1.1. Pruebas realizadas con el mismo vehículo

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento se tomaron en cuenta las placas que se muestran en la tabla 13; es muy importante tomar en cuenta el tipo de usuario al que pertenece la placa, debido a que de esta manera se comprueba el uso de las bases de datos permanente y temporal junto con el uso del botón de apertura desde la GUI para casos en los que la placa no esté registrada.

**Tabla 13**

*Registro de usuarios para pruebas*

Nombre	Placa	Tipo
Gabriela Pozo	TBG-7142	Residente
Alejandra Reinoso	TBD-1710	Residente
Luis Cortez	EAI-559	Delivery
Sebastián Obando	PKT-201	Visitante
Joao Navas	TAA-1553	Residente

Nombre	Placa	Tipo
Gianella Navas	ACW-587	Residente
No Registrado	TBC-9008	No Registrado

En el conjunto residencial “Bolonia”, las horas pico en el acceso vehicular son: durante el la mañana - tarde de 11H00 a 14H00; durante la noche de 19H00 a 22H00; por lo que las pruebas de funcionamiento se realizan en los horarios mencionados, las pruebas se realizaron el día sábado 24 de Julio, donde se presentaron las con condiciones climáticas como se muestran en las figuras 93 y 94.

**Figura 93**

*Clima del día sábado 24 de Julio en la mañana*



**Figura 94**

*Clima del día sábado 24 de Julio en la noche*



*Nota:* en la imagen 93 se visualiza que las condiciones climáticas durante la hora pico en el acceso vehicular en la mañana - tarde varían entre 12°C a 16°C permaneciendo mayormente nublado; por otra parte, en la imagen 94 se visualiza que las condiciones climáticas durante la hora pico en el acceso vehicular en la noche varían entre 12°C a 8°C permaneciendo mayormente nublado. Tomado de The Weather Channel (2021).

### Vehículo 1

La placa del vehículo TBG-7142, consta de 3 letras y 4 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como residente en la base de datos principal bajo el nombre de Gabriela Pozo. Los datos obtenidos se muestran en las tablas 14 y 15.

**Tabla 14**

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 1*

<b>Hora de inicio:</b>		10:00	<b>Hora de fin:</b>		10:30
<b>Clima:</b>		Mayormente nublado, 8°C			
<b>Placa:</b>		<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>TBG-7142</b>				<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		TBG-7142	100%	100%	
2		TBG-7142	100%	100%	
3		TBG-7142	100%	100%	
4		TBG-7142	100%	100%	

Placa: TBG-7142	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
5		TBG-7142	100%	100%
6		TBG-7142	100%	100%
7		TBG-7142	100%	100%
8		TBG-7142	100%	100%
9		TBG-7142	100%	100%
10		TBG-7142	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

**Tabla 15**

*Datos obtenidos durante la noche del vehículo 1*

<b>Hora de inicio:</b>	20:00	<b>Hora de fin:</b>	20:30	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 12°C			
Placa: TBG-7142	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
1		TBG-7142	100%	100%
2		TBG-7142	100%	100%
3		TBG-7142	100%	100%
4		TBG-7142	100%	100%
5		TBG-7142	100%	100%

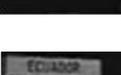
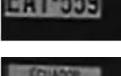
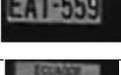
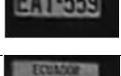
Placa: TBG-7142	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
6		TBG-7142	100%	100%
7		TBG-7142	100%	100%
8		TBG-7142	100%	100%
9		TBG-7142	100%	100%
10		TBG-7142	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

## Vehículo 2

La placa EAI-559 pertenece a un vehículo del sector público o comercial (color naranja), consta de 3 letras y 3 números, por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como delivery en la base de datos temporal bajo el nombre de Luis Cortez. Los datos obtenidos se muestran en las tablas 16 y 17.

Tabla 16

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 2*

Hora de inicio:		10:30	Hora de fin:		11:00
Clima:		Mayormente nublado, 8°C			
Placa:		Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
EAI-559				Letras	Números
1		EAI-559	100%	100%	
2		EAI-559	100%	100%	
3		EAI-559	100%	100%	
4		EAI-559	100%	100%	
5		EAI-559	100%	100%	
6		EAI-558	100%	66%	
7		EAI-559	100%	100%	
8		EAI-559	100%	100%	
9		EAI-569	100%	66%	
10		EAI-559	100%	100%	
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	92.2%	

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

**Tabla 17***Datos obtenidos durante la noche del vehículo 2*

<b>Hora de inicio:</b>	20:30	<b>Hora de fin:</b>	21:00	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 8°C			
<b>Placa:</b>	<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>EAI-559</b>			<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		EAI-559	100%	100%
2		EAI-559	100%	100%
3		EAI-559	100%	100%
4		EAI-559	100%	100%
5		EAI-559	100%	100%
6		EAI-559	100%	100%
7		EAI-559	100%	100%
8		EAI-559	100%	100%
9		EAI-559	100%	100%
10		EAI-559	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

**Vehículo 3**

La placa del vehículo TBD-1710, consta de 3 letras y 4 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el

porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como residente en la base de datos principal bajo el nombre de Alejandra Reinoso. Los datos obtenidos se muestran en las tablas 18 y 19.

**Tabla 18**

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 3*

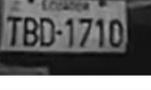
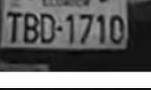
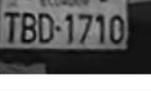
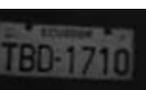
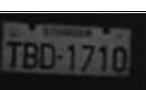
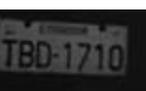
<b>Hora de inicio:</b>	11:30	<b>Hora de fin:</b>	12:00	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 12°C			
<b>Placa:</b>	<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>TBD-1710</b>			<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		TBD-1710	100%	100%
2		TBD-1710	100%	100%
3		TBD-1710	100%	100%
4		TBD-1710	100%	100%
5		TBD-1710	100%	100%
6		TBD-1710	100%	100%
7		TBD-1710	100%	100%
8		TBD-1710	100%	100%
9		TBD-1710	100%	100%
10		TBD-1710	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

Tabla 19

*Datos obtenidos durante la noche del vehículo 3*

<b>Hora de inicio:</b>	19:30	<b>Hora de fin:</b>	20:00	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 12°C			
<b>Placa:</b>	<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>TBD-1710</b>			<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		TBD-1710	100%	100%
2		TBD-1710	100%	100%
3		TBD-1710	100%	100%
4		TBD-1710	100%	100%
5		<b>TBO</b> -1710	66%	100%
6		TBD-1710	100%	100%
7		TBD-1710	100%	100%
8		TBD-1710	100%	100%
9		TBD-1710	100%	100%
10		TBD-1710	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			96.6%	100%

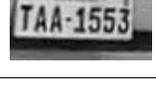
*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

#### Vehículo 4

La placa del vehículo TAA-1553, muestra una letra D en la esquina superior derecha, indicando que se trata de una placa duplicada; consta de 3 letras y 4 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como residente en la base de datos principal bajo el nombre de Joao Navas. Los datos obtenidos se muestran en las tablas 20 y 21.

**Tabla 20**

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 4*

<b>Hora de inicio:</b>		12:00	<b>Hora de fin:</b>		12:30
<b>Clima:</b>		Mayormente nublado, 13°C			
<b>Placa:</b>		<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>TAA-1553</b>				<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		TAA-1553	100%	100%	
2		TAA-1553	100%	100%	
3		TAA-1553	100%	100%	
4		TAA-1553	100%	100%	
5		TAA-1553	100%	100%	
6		TAA-1553	100%	100%	
7		TAA-1553	100%	100%	
8		TAA-1553	100%	100%	

Placa: TAA-1553	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
9		TAA-1553	100%	100%
10		TAA-1553	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

**Tabla 21**

*Datos obtenidos durante la noche del vehículo 4*

<b>Hora de inicio:</b>	21:00	<b>Hora de fin:</b>	21:30	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 13°C			
Placa: TAA-1553	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
1		TAA-4553	100%	75%
2		TAA-1553	100%	100%
3		TAA-1553	100%	100%
4		TAA-1553	100%	100%
5		TAA-1553	100%	100%
6		TAA-1553	100%	100%
7		TAA-1653	100%	75%
8		TAA-1553	100%	100%
9		TAA-1553	100%	100%

Placa: TAA-1553	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
10		TAA-1553	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	95%

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

### Vehículo 5

La placa del vehículo ACW-587, consta de 3 letras y 3 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como residente en la base de datos principal bajo el nombre de Gianella Navas. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 5*

<b>Hora de inicio:</b>	13:00	<b>Hora de fin:</b>	13:30	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 12°C			
Placa: ACW-587	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
1		ACW-587	100%	100%
2		ACW-587	100%	100%
3		ACN-587	66%	100%
4		ACN-581	66%	66%
5		ACW-587	100%	100%

Placa: <b>ACW-587</b>	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
6		ACW-587	100%	100%
7		ACW-587	100%	100%
8		ACW-587	100%	100%
9		ACW-587	100%	100%
10		ACW-587	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			92.2%	96.6%

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

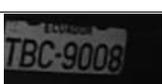
La placa se encuentra repintada, incumpliendo con el REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, ya que no cuenta con un fondo retro reflectivo.

### **Vehículo 6**

La placa del vehículo TBC-9008, consta de 3 letras y 4 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario no se encuentra registrado. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 23.

Tabla 23

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 6*

<b>Hora de inicio:</b>	21:30	<b>Hora de fin:</b>	22:00	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 13°C			
<b>Placa:</b>	<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>TBC-9008</b>			<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		TBC-9008	100%	100%
2		TBC-9008	100%	100%
3		TBC-9008	100%	100%
4		TBC-9008	100%	100%
5		TBC-9008	100%	100%
6		TBC-9008	100%	100%
7		TBC-9008	100%	100%
8		TBC-9008	100%	100%
9		TBC-9008	100%	100%
10		TBC-9008	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	100%

### Vehículo 7

La placa del vehículo PKT-201, consta de 3 letras y 3 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como visitante en la base de datos temporal bajo el nombre de Sebastián Obando. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 24.

**Tabla 24**

*Datos obtenidos durante el día del vehículo 7*

<b>Hora de inicio:</b>		11:00	<b>Hora de fin:</b>		11:30
<b>Clima:</b>		Mayormente nublado, 12°C			
<b>Placa:</b>		<b>Foto</b>	<b>OCR</b>	<b>Porcentaje de aciertos</b>	
<b>PKT-201</b>				<b>Letras</b>	<b>Números</b>
1		PRT-201	66%	100%	
2		PKT-201	100%	100%	
3		PKT-201	100%	100%	
4		PKT-201	100%	100%	
5		PKT-201	100%	100%	
6		PKT-201	100%	100%	
7		PKT-201	100%	100%	
8		PKT-201	100%	100%	
9		PKT-201	100%	100%	

Placa: PKT-201	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
10		PKT-201	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			96.6%	100%

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

La placa se encuentra repintada, incumpliendo con el REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, ya que no cuenta con un fondo retro reflectivo.

### Vehículo 8

La placa del vehículo TBH-9956, consta de 3 letras y 4 números; por lo que se toman en cuenta dichos valores como 100% en el porcentaje de aciertos respectivo, en caso de errores en el OCR, se realiza una regla de 3 para obtener el porcentaje correspondiente. El usuario se encuentra registrado como visitante en la base de datos temporal bajo el nombre de Sebastián Obando. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 25.

**Tabla 25**

*Datos obtenidos durante la noche del vehículo 8*

<b>Hora de inicio:</b>	22:30	<b>Hora de fin:</b>	23:00	
<b>Clima:</b>	Mayormente nublado, 12°C			
Placa: TBH-9956	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
1		TBH-9966	100%	75%
2		TBH-9956	100%	100%
3		TBH-9956	100%	100%

Placa: TBH-9956	Foto	OCR	Porcentaje de aciertos	
			Letras	Números
4		TBH-9956	100%	100%
5		TBH-9956	100%	100%
6		TBH-9956	100%	100%
7		TBH-9956	100%	100%
8		TBH-9956	100%	100%
9		TBH-9956	100%	100%
10		TBH-9956	100%	100%
<b>Porcentaje de fiabilidad</b>			100%	97.5%

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

En las pruebas realizadas a seis vehículos, mismos que ingresan 10 veces consecutivas durante el día, se obtiene en el reconocimiento de OCR letras y números un porcentaje de fiabilidad de 98.13%, como resultado se presentada la tabla 26.

**Tabla 26**

*Porcentaje de fiabilidad durante el día*

Placa	Letras	Números
TBG-7142	100 %	100 %
EAI-559	100 %	92.2 %
TBD-1710	100 %	100 %
TAA-1553	100 %	100 %
ACW-587	92.2 %	96.6 %

<b>Placa</b>	<b>Letras</b>	<b>Números</b>
PKT-201	96.6 %	100 %
<b>Porcentaje de Fiabilidad</b>	<b>98.13%</b>	<b>98.13 %</b>

En las pruebas realizadas a seis vehículos, mismos que ingresan 10 veces consecutivas durante la noche, se obtiene en el reconocimiento de OCR letras un porcentaje de fiabilidad de 99.43 % y en el OCR números 98.75%, como resultado se presentada la tabla 27.

**Tabla 27**

*Porcentaje de fiabilidad durante la noche*

<b>Placa</b>	<b>Letras</b>	<b>Números</b>
TBG-7142	100 %	100 %
EAI-559	100 %	100 %
TBD-1710	96.6 %	100 %
TAA-1553	100 %	95 %
TBC-9008	100 %	100 %
TBH-9956	100%	97.5 %
<b>Porcentaje de Fiabilidad</b>	<b>99.43 %</b>	<b>98.75 %</b>

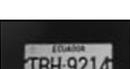
### **Cálculo del tamaño de la muestra**

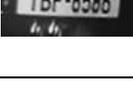
En el conjunto residencial “Bolonía”, existen alrededor de 90 automóviles, siendo éste el total de la población con un nivel de confianza del 95%, error de estimación máximo aceptado de 3% y una probabilidad de que ocurra el evento estudiado del 95%; se obtiene que el tamaño de muestra a estudiar es de 63 vehículos.

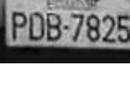
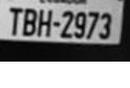
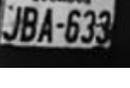
#### 4.1.2. Pruebas según el tamaño de la muestra

**Tabla 28**

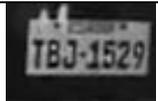
*Pruebas según el tamaño de la muestra*

N°	Foto	Porcentaje		OCR LEÍDO	Porcentaje de aciertos
		red neuronal	OCR REAL		
1		100 %	HBA-6891	HBA-6891	100%
2		100 %	PBD-1386	PBD-1386	100%
3		100 %	PDK-3198	PDK-3198	100%
4		100 %	PKB-700	PRB-700	83%
5		100 %	HBA-6891	HBA-6891	100%
6		100 %	TBA-3783	TBA-3783	100%
7		100 %	TBF-2021	TBF-2021	100%
8		100 %	TBF-8586	TBF-8586	100%
9		100 %	TBH-9214	TBH-9214	100%
10		100 %	TBJ-1529	TBJ-1529	100%
11		100 %	XAA-2371	XAA-2371	100%

N°	Foto	Porcentaje red neuronal	OCR REAL	OCR LEÍDO	Porcentaje de aciertos
12		100 %	XBY-495	XBY-495	100%
13		100 %	XBA-6591	XBA-6591	100%
14		100 %	PBI-1796	PBI-1796	100%
15		100 %	XBA-6406	XEA-6406	83%
16		100 %	XBB-6952	XBB-6952	100%
17		100 %	TCP-513	TCP-513	100%
18		100 %	TBI-6971	TBI-6971	100%
19		100 %	TBD-1710	TBD-1710	100%
20		100 %	POC-217	POC-214	83%
21		100 %	PDN-2893	PDN-2893	100%
22		100 %	PKB-700	PXB-700	83%
23		100 %	TBF-8586	TBF-8586	100%

N°	Foto	Porcentaje			Porcentaje de aciertos
		red neuronal	OCR REAL	OCR LEÍDO	
24		100 %	XAA-1919	XAA-1919	100%
25		100 %	ABG-1123	IBG-1123	83%
26		100 %	PQS-758	PQS-758	100%
27		100 %	TBA-2557	TBA-2557	100%
28		100 %	XAI-446	XAT-446	83%
29		100 %	PBW-8069	PBW-8069	100%
30		100 %	PLM-412	PLM-412	100%
31		100 %	AAN-567	AAN-567	100%
32		100 %	PDB-7825	PDB-7825	100%
33		100 %	TBH-2973	TBH-2973	100%
34		100 %	JBA-633	JBA-633	100%

N°	Foto	Porcentaje red neuronal	OCR REAL	OCR LEÍDO	Porcentaje de aciertos
35		100 %	TDR-325	TOR-325	83%
36		100 %	PDL-2116	PDL-2116	100%
37		100 %	XBY-495	XBY-495	100%
38		100 %	PSD-0595	PSD-0595	100%
39		100 %	PBI-1796	PBI-1796	100%
40		100 %	PBH-1450	PBH-1450	100%
41		100 %	TBI-6412	TBI-6412	100%
42		100 %	TBJ-1529	TBJ-1529	100%
43		100 %	TDR-230	TDR-230	100%
44		100 %	PBD-1386	PBD-1386	100%
45		100 %	PDK-3198	PDK-3198	100%
46		100 %	PQS-758	PQS-758	100%

N°	Foto	Porcentaje		Porcentaje de aciertos
		red neuronal	OCR REAL OCR LEÍDO	
47		100 %	XBB-7410 XBB-7410	100%
48		100 %	XAI-0858 XAI-0858	100%
49		100 %	TBJ-1529 TBJ-1529	100%
50		100 %	PPI-635 PPI-635	100%
51		100 %	PBD-1386 PBD-1386	100%
52		100 %	PCH-3896 PCH-3896	100%
53		100 %	PDL-2126 PDL-2126	100%
54		100 %	PBD-5013 PBD-5013	100%
55		100 %	XBB-7410 XBB-7410	100%
56		100 %	XBA-8485 XBA-8485	100%
57		100 %	PTU-512 PTU-512	100%
58		100 %	TBJ-1529 TBJ-1529	100%

N°	Foto	Porcentaje		Porcentaje de aciertos	
		red neuronal	OCR REAL		OCR LEÍDO
59		100 %	PBI-1796	PBI-1796	100%
60		100 %	PKT-201	PKT-201	100%
61		100 %	TBA-8895	TBA-8895	100%
62		100 %	PCP-3748	PCP-3748	100%
63		100 %	XBA-7643	XBA-7643	100%
<b>Total</b>		100 %		<b>Total</b>	98.11 %

*Nota:* El carácter en negrita no reconoce.

#### 4.2. Validación de la hipótesis

Para determinar el nivel de confianza del prototipo, es necesario utilizar el método estadístico T-Student, con lo que se pretende comprobar la eficiencia final del prototipo al realizar el OCR de las placas.

La hipótesis plantea en el proyecto es:

¿El diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral permitirá controlar y monitorear el ingreso de automóviles al conjunto residencial, utilizando visión artificial y chatbot?

Para la validación de la hipótesis nula o alternativa, se utilizan las condiciones presentadas en la tabla 29.

**Tabla 29**

*Condiciones presentadas para realizar la validación por el método de T-Student*

<b>Hipótesis</b>	<b>Condición de validación</b>
$H_0: \mu \geq \mu_0$	$t \leq -t_{\alpha} : \text{Se rechaza } H_0$
$H_1: \mu < \mu_0$	
Cola a la izquierda	Caso contrario, se acepta
$H_0: \mu \leq \mu_0$	$t \geq t_{\alpha} : \text{Se rechaza } H_0$
$H_1: \mu > \mu_0$	
Cola a la derecha	Caso contrario, se acepta
$H_0: \mu = \mu_0$	$t \leq -t_{\alpha/2} \text{ o } t \geq t_{\alpha/2} : \text{Se rechaza } H_0$
$H_1: \mu \neq \mu_0$	
Dos colas	Caso contrario, se acepta

Donde,  $t$  es el valor de la distribución calculado y  $t_{\alpha}$  es el valor de distribución obtenido en la tabla mostrada en el Anexo 4.

Con un porcentaje de aceptabilidad esperado de:

$$\mu_0 = 95\%$$

Para la validación del prototipo, se plantean las siguientes hipótesis nula y alternativa:

H0: El porcentaje de transformaciones OCR afirmativas es mayor o igual al 95%

$$\mu \geq 95\%$$

H1: El porcentaje de transformaciones OCR afirmativas es menor al 95%

$$\mu < 95\%$$

Para la validación, se toma en cuenta los datos de la tabla 28; en la que se indica: la cantidad de muestras analizadas y el valor del porcentaje de aceptabilidad medio.

Para calcular el valor de la distribución de T-Student, se utiliza la ecuación 7:

### **Ecuación 7**

*Valor de la distribución de T-Student*

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

$\bar{X}$  = Porcentaje de aceptabilidad medio

$\mu_0$  = Porcentaje de aceptabilidad esperado

$S$  = Desviación estándar

$n$  = Número de muestras

Para calcular la desviación estándar de una muestra conocida, se utiliza la ecuación 8:

### **Ecuación 8**

*Desviación estándar de una muestra conocida*

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Con  $\bar{X} = 98.11\%$  y  $n = 63$ , datos obtenidos de la tabla 28.

$$S = 5.3855$$

Reemplazando los valores en la ecuación 8, se obtiene el valor de la distribución de T-Student.

$$t = \frac{98.11 - 95}{\frac{5.3855}{\sqrt{63}}}$$

$$t = 4.5835$$

Para determinar el valor de  $t_{\alpha}$ , es necesario conocer los grados de libertad y el valor de  $\alpha$ ; obteniendo:

### **Ecuación 9**

*Fórmula grados de libertad*

$$g = n - 1$$

$$g = 63 - 1 = 62$$

$$\alpha = 0.05$$

Por lo tanto, al comprobar en la tabla del Anexo 4, el valor de  $t_{\alpha}$  es:

$$t_{\alpha} = 1.6698$$

La condición para el caso según la tabla 29, es:

$$t \leq -t_{\alpha} \tag{Ec.11}$$

Reemplazando los datos, se obtiene que:

$$4.5835 \geq -1.6698$$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula con su enunciado: "El porcentaje de transformaciones OCR afirmativas es mayor o igual al 95%"; dado que las pruebas que se muestran en la tabla 28, se distribuyen de la siguiente manera: 75% usuarios registrados en la base de datos permanente y 25% usuarios registrados en la base

de datos temporal (chatbot); además de que al poner en marcha el prototipo, se genera un registro histórico de ingresos con la información: nombre de usuario, placa y tipo. Es posible afirmar que: El diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad integral permite controlar y monitorear el ingreso de automóviles al conjunto residencial, utilizando visión artificial y chatbot.

### **4.3. Alcances y limitaciones**

#### **4.3.1. Alcances**

Una vez que se inicia el software, el prototipo es capaz de:

- ) Reconocer placas vehiculares en el carril de ingreso al conjunto residencial “Bologna” por medio de la red neuronal implementada.
- ) Procesar las imágenes de manera automática, así como realizar la transformación OCR.
- ) Comparar en tiempo real el OCR obtenido con las bases de datos permanente y temporal para identificar si el usuario se encuentra o no registrado. Si el usuario se encuentra registrado, envía la señal de activación por el puerto GPIO para abrir la puerta.
- ) Recibir, validar y guardar información enviada desde el chatbot vía Telegram.
- ) El prototipo cuenta con un HMI diseñado bajo la norma ISO-9241, por lo que muestra la información de manera amigable para el usuario e incorpora: indicadores de orden, tolerancia a errores, botones de acción y validación de usuario y contraseña. Además, permite administrar los usuarios incorporados en la base de datos principal.

- ) Cuenta con un registro histórico en formato csv, que permite monitorear el ingreso de vehículos, en el registro se almacena: fecha, hora, placa, nombre y tipo de usuario (residente, visitante o delivery).
- ) La luminaria de compensación, se incorpora con un temporizador analógico que enciende la misma de manera automática de 18H00 a 6H00.
- ) En caso de que un usuario no esté registrado o que el mismo tenga la placa en mal estado, el guardia de seguridad puede permitir el acceso por medio de un botón incorporado en el HMI.

#### **4.3.2. Limitaciones**

Para un óptimo funcionamiento del prototipo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ) El prototipo funciona con las placas que cumplen con el REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, dentro del mismo se plantean las tres características principales del diseño de una placa vehicular:

Lámina metálica de 154 mm x 404 mm que deberán cumplir con las normas de seguridad recubrimiento y reflectancia que determine la Comisión Nacional; El diseño será único para todo el país. Las letras y números irán en relieve de 2 mm, en color negro mate, sobre el fondo retro reflectivo que llevará impreso un holograma de seguridad determinado por la Comisión Nacional; y, En la parte superior central llevarán la palabra ECUADOR y contendrán las tres letras y tres o cuatro dígitos siguiendo el orden alfabético y numérico correspondiente.

- ) Art. 170.- Las placas de identificación vehicular en ningún caso podrán ser cambiadas, alteradas, ni repintadas, ni estar ocultas por objetos, distintivos, leyendas, rótulos, dobleces, modificaciones, marcos o por cualquier material que impidan su visibilidad o alteren su leyenda original.

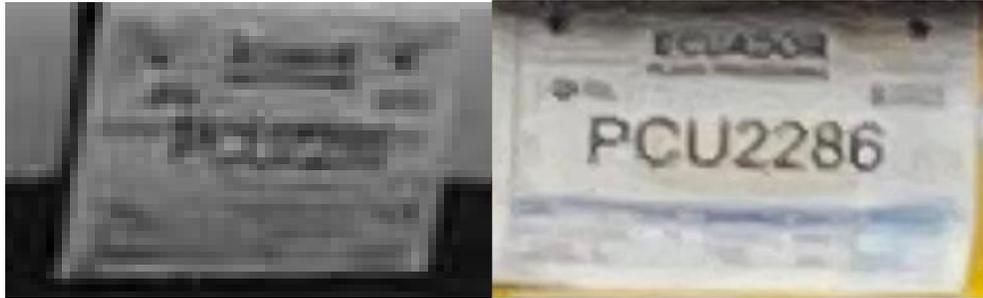
En la tabla 30, se visualizan varios tipos de placas que incumplen con los artículos mencionados.

**Tabla 30**

*Limitaciones del prototipo*

Placa	Detalle
	<p>Placa repintada, no cuenta con el fondo retro reflectivo que permite que el prototipo reconozca las placas en la noche</p>
	<p>Placa en mal estado, las letras y números no se encuentran en color negro mate</p>
	<p>Placa en mal estado, no cuenta con el fondo retro reflectivo, las letras y números no se encuentran en color negro mate y tiene un objeto que la cubre</p>
	<p>Placa que altera su leyenda original, la parte baja de la letra Y se encuentra despintada, por lo que aparenta ser una V</p>

- ) La ausencia de un fondo reflectante y letras no normalizadas dificultan la conversión OCR, en placas provisionales, figura 95; la red neuronal las reconoce durante el día, sin embargo, el OCR no reconoce los dígitos.

**Figura 95***Placa provisional***4.4. Análisis de costos**

Se realizó un análisis de costos del proyecto en donde se detallan los componentes utilizados y el precio, tanto en la parte electrónica, mecánica y software como se presenta en la tabla 31.

**Tabla 31***Detalle del análisis de costos*

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (\$)</b>
Cámara HIKVISION DS-2CD1123G0E-I	1	100
Luz blanca LEDVANCE OSRAM	1	25
NVIDIA Jetson Nano 4GB	1	250
Monitor 21"	1	70
Mouse	1	8
Teclado	1	12
Temporizador analógico	1	14
Estructura para iluminación	1	10
Switch	1	60
Cable RJ45	1	12

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (\$)</b>
Baquelita	1	2
Ácido cloruro férrico	1	1.50
Resistencias, borneras, diodo, transistor, relé	-	1
Tornillos, pernos	-	2.50
Brocas	3	6
Cable utp cat5x1m	3	2.40
Cable tipo Jumper	5	0.75
Cable gemelo AWG	20	16.40
Canaletas plásticas	8	10
Tubo Pvc corrugado	5	3.75
<b>TOTAL</b>		607.3

#### 4.5. Conclusiones

- ) Se investigó el estado actual que incorporan los sistemas de seguridad por medio de visión artificial, uno de los mejores sistemas lo posee la empresa europea Smart Parking; oferta sistemas inteligentes de parqueo que permiten ANPR, las cámaras utilizan algoritmos de alta tecnología para garantizar que factores externos tales como ángulos, perspectiva y cantidad de luz; no influyan en la correcta lectura de placas.
- ) Se dividió el prototipo en tres sistemas principales que permiten su desarrollo de manera ordenada, cumpliendo con todo lo planteado. Sistema 1: Reconocimiento de placas; incorpora los subsistemas: visión artificial y control de iluminación. Sistema 2: Base de datos; incorpora los subsistemas: registro permanente y chatbot vía Telegram. Sistema 3: Control de apertura y

cierre; incorpora los subsistemas: caja general de protección, acceso automático y control de acceso remoto.

- ) Se diseñó el sistema de compensación de iluminación automático, seleccionando el foco led de luz blanca LEDVANCE OSRAM Floodlight 10W| 100-240 V~| 5000K| 800 lm, acorde a la norma de la serie UNE-EN 13201 “Iluminación de Carreteras”, se encuentra ubicado de forma lateral en la estructura de ingreso al conjunto residencial a una altura de 2.84m. Para el control ON – OFF de iluminación se implementó un temporizador analógico que enciende a las 18H00 pm y apaga a las 06h00 am, obteniendo una luz permanente para el reconocimiento de placas sin atenuar la visibilidad de los conductores.
- ) Se entrenó la red neuronal MobileNet con 6090 imágenes de placas de Ecuador obtenidas de manera real, permitiendo que la red neuronal aprenda por repetición el objeto a detectar, los parámetros utilizados son: batch-size=8, workers=2 y epochs=130. Se obtiene una red con un valor de 1.2275 en pérdidas, lo que indica que la red neuronal entrenada tiene un desempeño óptimo.
- ) Se realizó un pre procesamiento de imagen desde las configuraciones de la cámara, los principales parámetros utilizados son: 1. HLC (Compensación de luces altas) a un nivel de 20, permite compensar los niveles de luz que ingresa a la cámara, estos pueden provenir del sol durante el día o de los faros de cada automóvil durante la noche; luz infrarroja encendida las 24 horas del día, debido a que las placas vehiculares cuentan con un fondo reflectante, la luz infrarroja emitida desde la cámara, se refleja en dicho material y realza la zona de interés.
- ) Se implementó algoritmos para la detección de contornos dentro de la imagen, esto permite delimitar aún más la zona de interés recortando

únicamente la zona que contiene letras y números dentro de la misma, para evitar errores en la lectura del OCR, se dividió la imagen en dos partes: 1. letras y 2. números; una vez que se pasaron las imágenes por sus respectivos OCR, se realiza una concatenación de string para juntar la información obtenida.

- ) Se desarrolló el esquema de control por medio de la sintaxis de sentencia condicional (if, elif, else), permitiendo que una vez obtenido el OCR de la imagen, el prototipo sea capaz de comparar y buscar la información como indica el orden: primero busca en la base de datos principal, si encuentra la información abre la puerta; si no encuentra la información, ejecuta la siguiente sentencia para buscar la información en la base de datos temporal, si encuentra la información abre la puerta; si no encuentra la información, la puerta permanece cerrada y únicamente se puede abrir con el botón incorporado en el HMI.
- ) Se seleccionó la caja de derivación gris 10105 bajo la normativa ITC-BT-51 para el montaje de las fuentes de voltaje de la cámara e iluminaria, la cual tiene un grado de protección IP55 que impide el ingreso de polvo y agua, se encuentra ubicada en el exterior bajo cubierta en la estructura de acero de ingreso al conjunto residencial.
- ) Se sometió el sistema a pruebas durante el transcurso del día en un clima entre 8 y 16°C en las cuales seis vehículos ingresan diez veces consecutivas obteniendo un porcentaje de fiabilidad de 98.13% en el reconocimiento de OCR letras y números, mientras que en la noche con la iluminaria encendida y el clima entre 12 y 9°C se obtiene un porcentaje de fiabilidad de 99.43% en el reconocimiento OCR de letras y 98.75% en números.
- ) Se validó la hipótesis con el método de T-Student, para realizar la prueba se calculó el tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95%, error de

estimación máximo aceptado de 3% y una probabilidad de que ocurra el evento estudiado del 95%, obteniendo el tamaño de la muestra a estudiar igual a 63; el resultado final permite afirmar que el porcentaje de transformaciones OCR afirmativas es mayor o igual al 95%, con un tiempo de respuesta de 1.80 (s) cuando la placa se encuentra registrada en la base de datos permanente y 2.58 (s) cuando la placa se encuentra registrada en la base de datos temporal.

#### **4.6. Recomendaciones**

- ) Para un óptimo desempeño del prototipo, las placas deben cumplir con el REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL.
- ) Para tener un mejor rendimiento en el entrenamiento y ejecución de la red neuronal, se debería utilizar una tarjeta programable Jetson Xavier NX, ya que el mismo realiza las tareas 3.20 veces más rápido.
- ) Para un mejor entrenamiento de la red neuronal, se deben utilizar al menos 100 épocas, debido a que mientras más épocas se entrene, se obtienen menos pérdidas.
- ) Se debe tener en cuenta que la cámara y la tarjeta programable Jetson Nano, deben estar conectadas a la misma red, y ésta debe poseer conexión a internet, debido a que la cámara se conecta mediante RTSP y a que la implementación del chatbot requiere internet constante para realizar su función.
- ) Para obtener un mejor procesamiento de imagen se debería utilizar una cámara DS-2CD4A26FWD-IZS/P o DS-2CD7A26G0/P-IZS, cuentan con una muy buena calidad de imagen y están diseñadas específicamente para capturar placas.

- J El prototipo basa su funcionamiento en la captura de video en vivo, por lo cual es necesario que el domo de la cámara siempre se encuentre en óptimas condiciones.

## Bibliografía

- Andrade, C. (13 de mayo de 2015). *Noticias Ecuador*. Recuperado el 17 de Enero de 2021, de <https://noticiasec.com/placas-de-ecuador-por-provincias-significado/>
- ArduCam. (20 de julio de 2020). Recuperado el 18 de Febrero de 2021, de <https://www.arducam.com/product/arducam-2mp-ar0230-obisp-mipi-camera-module-for-raspberry-pi-jetson-nano/>
- Axis Communications. (Julio de 2018). *IR aplicados a la vigilancia*. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de [https://www.axis.com/files/whitepaper/wp\\_ir\\_in\\_surveillance\\_72266\\_es\\_1807\\_lo.pdf](https://www.axis.com/files/whitepaper/wp_ir_in_surveillance_72266_es_1807_lo.pdf)
- BCN - vision. (11 de abril de 2017). *Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial*. Recuperado el 22 de Enero de 2021, de <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/#:~:text=Las%20c%C3%A1maras%20de%20visi%C3%B3n%20artificial,aquello%20que%20no%20puede%20verse%E2%80%9D>.
- Brico Geek. (2019). *NVIDIA Jetson Nano Developer Kit - V3 (4GB)*. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de <https://tienda.bricogeek.com/robots/1300-nvidia-jetson-nano-developer-kit.html>
- Brico Geek. (2020). *Raspberry Pi 4 Modelo B 4GB RAM*. Recuperado el 11 de Febrero de 2021, de <https://tienda.bricogeek.com/placas-raspberry-pi/1330-raspberry-pi-4-model-b-4-gb.html>
- Cognex. (2021). *Guía de inicio de Cognex*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de LENTES DE VISIÓN ARTIFICIAL: <https://www.cognex.com/es-ve/what-is/machine-vision/components/lenses>
- Contaval. (18 de febrero de 2016). *¿Qué es la visión artificial y para qué sirve?* Recuperado el 22 de Enero de 2021, de <https://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/#:~:text=La%20visi%C3%B3n%20artificial%20es%20una,basarnos%20en%20nuestros%20propios%20sentidos>.
- Decreto Ejecutivo 1196. (2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Quito: Registro Oficial Suplemento 731 de 25-jun-2012. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>

- Decreto Ejecutivo 1738. (2009). *REGLAMENTO A LEY ORGANICA DE TRANSPORTE TERRESTRE Y SEGURIDAD VIAL*. Quito: Registro Oficial Suplemento 604. Obtenido de [https://www.defensoria.gob.ec/images/defensoria/pdfs/lotaip2014/info-legal/Reglamento\\_ley\\_organica\\_transporte\\_terrestre.pdf](https://www.defensoria.gob.ec/images/defensoria/pdfs/lotaip2014/info-legal/Reglamento_ley_organica_transporte_terrestre.pdf)
- Díaz Gaxiola, E., Morales Casas, Z., Castro López, O., Beltrán Gutiérrez, G., Vega López, I., & Yee Rendón, A. (2019). Estudio comparativo de arquitecturas de CNNs en hojas de Pimiento Morrón infectadas con virus PHYVV o PEPGMV. *Universidad Autónoma de Sinaloa*.
- Domínguez Torres, A. (1996). Procesamiento digital de imágenes. *Perfiles Educativos*.
- ESIC. (2020). Recuperado el 01 de Marzo de 2021, de <https://www.esic.edu/rethink/tecnologia/que-es-un-chatbot-y-para>
- Euroelectrónica. (2020). *LEDVANCE® FLOODLIGHT*. Recuperado el 12 de Marzo de 2021, de <https://euroelectronica.com.mx/descargas/LEDVANCE-FLOODLIGHT.pdf>
- Fernández Paucar, G. M., & Quinatoa Alomoto, J. M. (2017). *Reconocimiento de placas vehiculares en tiempo real por medio de visión artificial caso: Universidad Central del Ecuador*. Quito - Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11755>
- Franklin, D. (31 de Enero de 2017). *GitHub*. Recuperado el 29 de Junio de 2021, de [dusty-nv/jetson-inference: https://github.com/dusty-nv/jetson-inference](https://github.com/dusty-nv/jetson-inference)
- HIKVISION*. (s.f.). Obtenido de <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/Value-Series/ds-2cd1123g0e-i/>
- HikVision. (2020). *2 MP Fixed Dome Network Camera*. Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de <https://www.hikvision.com/es-la/products/IP-Products/Network-Cameras/Value-Series/ds-2cd1123g0e-i/>
- Howard, A., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., . . . Adam, H. (2017). MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *Cornell University*.
- Iglesias, J. (2019). *Paradigma Digital*. Recuperado el 06 de Marzo de 2021, de <https://www.paradigmadigital.com/dev/introduccion-pytorch/>
- INFAIMON S.L. (2018). *FILTROS ÓPTICOS*. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de <https://www.infaimon.com/categoria-producto/opticas/filtros/#:~:text=Los%20filtros%20m%C3%A1s%20utilizados%20en,o%20de%20corte%20de%20infrarrojo.&text=Tambi%C3%A9n%20son%20frecuentemente%20utilizados%20en,longitud%20de%20onda%20del%20%C3%A1ser.>

- INSELEC. (2020). *Catálogo de productos*. Recuperado el 09 de Abril de 2021, de <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2018/12/CATALOGO-BEAUCOUP.pdf>
- Izurieta V, A., Cifuentes A, M., & Henrique de Faria, H. (2000). *Medición de la Efectividad*. Turrialba: WWF:IUCN.
- Knowlton, J. (2009). (M. J. Fernández Vélez, Trad.) España: Multimedia-Anaya Interactiva.
- Lélis Baggio, D., Emami, D., Millán Escrivá, D., Levgen, K., Mahmood, N., & Saeagih, J. (2012). *Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects*. Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd.
- Logitech. (2020). *CÁMARA WEB EMPRESARIAL BRIO ULTRA HD PRO*. Recuperado el 22 de Febrero de 2021, de <https://www.logitech.com/es-es/products/webcams/brio-4k-hdr-webcam.960-001106.html?crd=34#specs>
- LUMsearch. (2021). *Hoja de dato de productos*. Recuperado el 26 de Febrero de 2021, de INSTAR TREND 75 SWING COOL 50 CHROME + 20W/38DG - SYLVANIA:  
[https://lumsearch.com/es/article/AYOJJeadS6CgzrzTCIq2ZQ?\\_Y=100](https://lumsearch.com/es/article/AYOJJeadS6CgzrzTCIq2ZQ?_Y=100)
- Malacara, D. (1997). *Óptica tradicional y moderna*. Recuperado el 28 de Enero de 2021, de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/optica.htm>
- Marín, R. (12 de Febrero de 2020). *Instituto Europeo de Estudios Empresariales S.A.* Recuperado el 05 de Marzo de 2021, de ¿Qué es OpenCV?:  
<https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/opencv/>
- Mejía Vilet, J. R. (2005). *Procesamiento Digital de Imágenes*.
- Mendoza Chipantasi, D. J., & Romero Medina, W. Y. (2012). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema de control para monitorear e incrementar la seguridad en el acceso vehicular al parqueadero de la ESPE-L, utilizando procesamiento digital de imágenes*. Latacunga - Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5878>
- Microsoft. (2020). Recuperado el 08 de Marzo de 2021, de <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/concept-onnx>
- Morente Montserrat, C., & García Gil, M. (Junio de 2012). *Manual de sistemas de iluminación - fotometría*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/17863>
- Morton, B. (01 de Marzo de 2021). *Linux Screw*. Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de MySQL vs MariaDB vs MongoDB vs PostgreSQL vs SQLite vs MS

SQL – Which to Choose?: <https://www.linuxscrew.com/which-database-to-choose>

MySQL. (2021). Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de <https://www.mysql.com/>

nvdiA DEVELOPER. (2020). *Getting Started with Jetson Nano Developer Kit*.  
Obtenido de <https://developer.nvidia.com/embedded/learn/get-started-jetson-nano-devkit#setup>

Observatorio Vasco de la Cultura - Gobierno Vasco. (Abril de 2011). *OCR: tecnología para el reconocimiento óptico de caracteres en una imagen*.  
Recuperado el 03 de Febrero de 2021, de [https://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/kultura2\\_0\\_prestakuntza/es\\_k20\\_form/adjuntos/pildora-OCR-2.pdf](https://www.kultura.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/kultura2_0_prestakuntza/es_k20_form/adjuntos/pildora-OCR-2.pdf)

OpenCV. (2021). Obtenido de [https://docs.opencv.org/3.4/d8/dfe/classcv\\_1\\_1VideoCapture.html#a85b55cf6a4a50451367ba96b65218ba1](https://docs.opencv.org/3.4/d8/dfe/classcv_1_1VideoCapture.html#a85b55cf6a4a50451367ba96b65218ba1)

Ortiz Zamora, F. G., & Torres Medina, F. (2002). *Procesamiento morfológico de imágenes en color. Aplicación a la reconstrucción geodésica*.

Ponce Cruz, P. (2010). *Inteligencia Artificial con aplicaciones a la Ingeniería*.

python.org. (2021). *python*. Recuperado el 03 de Marzo de 2021, de <https://www.python.org/>

Rackwitz, C. (28 de Julio de 2019). *GitHub Gist*. Obtenido de <https://gist.github.com/crackwitz/15c3910f243a42dcd9d4a40fcd24e40>

Santana, D. L. (15 de Octubre de 2014). *Bricolaje*. Recuperado el 28 de Junio de 2021, de <https://tutallerdebricolaje.com/como-usar-un-programador-electrico-analogico/>

Schneider Electric. (2020). *Caja Dexson Derivación Gris 10105*. Recuperado el 09 de Abril de 2021, de <https://www.se.com/co/es/product/DXN500DG/caja-dexson-derivaci%C3%B3n-gris-10105/>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2015). *MANUAL DE ILUMINACIÓN VIAL - CARRETERAS, BOULEVARES, ENTRONQUES, VIADUCTOS, PASOS A DESNIVEL Y TÚNELES*. CP. 03028 , México, D.F.

SEGURIDAD, N. (12 de Junio de 2017). Recuperado el 16 de Enero de 2021, de <http://ncseguridad.es/2017/06/12/como-funciona-un-sistema-de-seguridad/#:~:text=Un%20sistema%20de%20seguridad%20es,un%20hogar%2C%20un%20negocio%E2%80%A6>

Smart Parking Limited. (2020). *Smart Parking*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2020, de Automatic number plate recognition (ANPR): <https://www.smartparking.com/smartpark-system/anpr>

- SQLite. (2021). *SQLite.org*. Recuperado el 18 de Junio de 2021, de <https://www.sqlite.org/index.html>
- Telegram. (2021). *Telegram.org*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de Preguntas frecuentes: <https://telegram.org/faq?setln=es#p-que-es-telegram-que-puedo-hacer-aqui>
- The Weather Channel. (24 de Julio de 2021). *Tiempo en Latacunga, Provincia de Cotopaxi*. Recuperado el 02 de Agosto de 2021, de <https://weather.com/es-EC/tiempo/hoy//-1.05,-78.60?par=google>
- UNE. (2016). *UNE-EN 13201 - Iluminación vial y equipo relacionado*.
- Verisure. (2021). Recuperado el 14 de Enero de 2021, de <https://www.verisure.pe/consejos-y-ayuda/preguntas-frecuentes/que-son-sistemas-de-seguridad>
- WhatsApp. (2021). *whatsapp.com*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de Acerca de WhatsApp: <https://www.whatsapp.com/about/>
- Zarabia Zuñiga, O. H. (2018). *Implementación de un chatbot con botframework: caso de estudio, servicios a clientes del área de fianzas de SEGUROS EQUINOCCIAL*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

# Anexos