



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

**SISTEMA DOMÓTICO DE CIERRE DE VENTANAS INTELIGENTE PARA
LA SEGURIDAD DE MENORES DE EDAD EN GUARDERÍA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

AUTOR: Jean Pierre Renteria Garcia

TUTOR: Andrés Sebastián Calero Calero

Quito-Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Jean Pierre Rentería García con documento de identificación No. 1722852678 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 12 de marzo del año 2024

Atentamente,



Jean Pierre Rentería García

1722852678

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jean Pierre Rentería García con documento de identificación No. 1722852678, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Sistema domótico de cierre de ventanas inteligente para la seguridad de menores de edad en guardería”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 12 de marzo del año 2024

Atentamente,



Jean Pierre Rentería García

1722852678

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Sebastián Calero Calero con documento de identificación N°1719242346, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: SISTEMA DOMÓTICO DE CIERRE DE VENTANAS INTELIGENTE PARA LA SEGURIDAD DE MENORES DE EDAD EN GUARDERÍA, realizado por Jean Pierre Rentería García con documento de identificación N°1722852678, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 12 de marzo del año 2024

Atentamente,



Ing. Andrés Sebastián Calero Calero, MSc
1719242346

DEDICATORIA

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis. Sus apoyos invaluable han sido fundamentales para alcanzar este logro.

En primer lugar, agradezco a mi amada familia: a mi querida madre Verito, quien se ha quedado conmigo en todo momento y me ha acompañado en las desveladas diarias siempre dándome ánimos para seguir, a mi padre, quien ha sido mi fuente inagotable de inspiración y aliento ya que con su esfuerzo de cada día me ha impulsado a salir a delante y a nunca rendirme por más difícil y dura que se ponga la situación. A mi hermana, por su apoyo constante y ánimo incondicional, ya que siempre creyó en mí y me apoyo hasta el final.

También, agradezco a mis adorados abuelitos, cuyo amor y sabiduría han sido un faro en mi vida y también fueron ellos quienes fueron poniendo su granito de arena para que yo lograra salir a delante y siempre estuvieron al pendiente de mí.

Mi gratitud se extiende a mi leal compañero, mi perrito Blacky, quien ha sido mi fuente de alegría y consuelo durante este viaje académico.

Quiero reconocer el invaluable respaldo de la Magister Lorena Santander. Su generosidad al facilitarme el uso de su centro infantil ha sido esencial para la implementación exitosa de mi proyecto. Su apoyo y orientación han marcado una diferencia significativa en mi investigación.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mis amigos. Su presencia constante, sus ánimos y su apoyo incondicional han sido un pilar fundamental en este camino. Su amistad ha hecho este viaje académico más memorable y significativo.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento. Este logro no hubiera sido posible sin su contribución, amor y apoyo constante.

ÍNDICE

ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Problema	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Importancia y alcances	2
1.1.3 Delimitación	2
1.2 Objetivos del proyecto	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
CAPÍTULO 2	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
2.1 Domótica	4
2.2 AlphaPose.....	4
2.3 Cámara de vigilancia Dahua	4
2.4 Tarjeta Raspberry Pi 4.....	5
2.5 Protocolo de comunicación WI-FI	5
2.6 Actuadores de cierre y apertura.....	6
2.7 Conexión SSH en Raspberry Pi	7

2.8	Arquitectura Domótica.....	8
CAPÍTULO 3		9
MARCO METODOLÓGICO		9
3.1	Propuesta de proyecto	9
3.2	Variables a tomar en cuenta.....	10
3.3	Partes del sistema distribuido.....	11
3.4	Dispositivo de reconocimiento.....	11
3.4.1	Implementación electrónica	12
3.4.1.1	Tarjeta de desarrollo.....	12
3.4.2	Algoritmo implementado en el sistema de identificación, reconocimiento e identidad facial	13
3.4.3	Programa de entrenamiento de la neurona para reconocimiento facial.....	15
3.4.4	Programa de reconocimiento final.....	16
3.4.5	Diseño mecánico.....	17
3.4.6	Diseño de la Inteligencia Artificial	18
3.4.7	Cálculo de la Segunda Ley de Newton para el movimiento de la ventana.....	19
3.4.8	Implementación electrónica	19
3.4.8.1	Tarjeta de desarrollo.....	19
CAPÍTULO 4		21
PRUEBAS Y RESULTADOS		21
4.4	Recopilación de datos.....	21
4.4.1	Capturas de rostros para entrenamiento del modelo	21
4.4.2	Detección de la estimación de la altura de los niños	24
4.4.3	Prueba 3 Caso Hipotético en ambiente controlado	27
4.5	Análisis de resultado en el campo real	29
CONCLUSIONES		43

RECOMENDACIONES	44
Referencias Bibliográficas	45
Anexos.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.1 Comparativa de variables a ser medidas	11
Tabla 3.4.1.1 Tarjetas de desarrollo consideradas para implementar el sistema.....	12
Tabla 3.4.5 Especificaciones Técnicas para elección de motor	17
Tabla 3.4.8.1 Comparativa de tarjetas de desarrollo para el dispositivo central.....	20
Tabla 4.4.2.1 Porcentaje de error en estaturas.....	26
Tabla 4.4.3.1 Comparativa en el caso hipotético	28
Tabla 4.5.1. Medición en el ambiente real	38
Tabla 4.5.2. Comparativa de funcionamiento del sistema	38
Tabla 4.5.3. Porcentajes de funcionamiento del sistema.....	39
Tabla 4.5.4. Porcentajes de funcionamiento del sistema.....	39
Tabla 4.5.5. Porcentajes de funcionamiento del sistema.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.4.1 Raspberry Pi 4.....	5
Figura 2.6.1 Mecanismo de cierre y apertura.....	6
Figura 2.6.2 Sensor electromagnético y Switch Final de carrera.....	7
Figura 2.7.1 Conexión SSH entre un cliente Raspberry y un equipo externo.....	7
Figura 2.8.1 Sistema Centralizado	8
Figura 3.1 Esquema general del sistema electrónico distribuido	10
Figura 3.4.2 Diagrama de flujo el algoritmo implementado para la recolección de fotografías	14
Figura 3.4.3 Diagrama de flujo del algoritmo implementado para la identificación Facial	15
Figura 3.4.4 Diagrama de flujo del algoritmo implementado para el programa final.....	16
Figura 3.4.5 Diagrama de Diseño Mecánico.....	17
Figura 4.4.1.1 Toma de muestras para entrenar Neurona	22
Figura 4.4.1.2 Toma de muestras para entrenar Neurona	22
Figura 4.4.1.3 Toma de muestras para entrenar Neurona	22
Figura 4.4.1.4 Toma de muestras para entrenar Neurona	23
Figura 4.4.1.5 Distinción de la identidad de la niña.....	23
Figura 4.4.1.6 Distinción de persona desconocida.....	24
Figura 4.4.2.1 Sistema de seguridad Activado.....	24
Figura 4.4.2.2 Sistema Activado sin respuesta.....	25
Figura 4.4.2.3 Sistema de seguridad Activado.....	25
Figura 4.4.2.4 Sistema de seguridad Activado.....	27
Figura 4.4.3.1 Sistema activado al detectar la presencia de un niño.....	27
Figura 4.4.3.2 Distancia de las dos personas con respecto a la ventana	28
Figura 4.5.1 Guardería donde se realizaron las pruebas de campo	29
Figura 4.5.2 Instalación de Raspberry.....	29
Figura 4.5.3 Grupo de niños con los que se realizaron las pruebas	30
Figura 4.5.4 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo	30
Figura 4.5.5 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo	31
Figura 4.5.6 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo	31
Figura 4.5.7 Entrenamiento del modelo	32
Figura 4.5.8 Distinción de la identidad de la niña.....	32
Figura 4.5.9 Distinción de la identidad del niño	33

Figura 4.5.10 Distinción de la identidad del niño	33
Figura 4.5.11 Sistema de seguridad Activado	33
Figura 4.5.12 Niña distrayéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla	34
Figura 4.5.13 Distancia de la niña con respecto a la ventana.....	34
Figura 4.5.14 Sistema de seguridad Activado	35
Figura 4.5.15 Niño #1 distrayéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla.....	35
Figura 4.5.16 Distancia del niño con respecto a la ventana	36
Figura 4.5.17 Sistema de seguridad Activado	36
Figura 4.5.18 Niño #2 distrayéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla.....	37
Figura 4.5.19 Distancia del niño con respecto a la ventana	37
Figura 4.5.20 Error de activación del sistema de cierre	41

RESUMEN

A través del proyecto de tesis desarrollado de un sistema domótico de seguridad para ventanas basado en Python, se busca determinar la altura y posición de niños entre 3 a 5 años de edad, mediante el uso de una cámara que será ubicada en la esquina superior del pasillo cerca de la ventana en cuestión, logrando de esta manera el reconocimiento de identidad de acuerdo a su fisonomía facial y el envío de alertas mediante la plataforma de telegram, con lo cual se logró el aviso y prevención a cada uno de los maestros responsables de las diferentes aulas de un centro infantil; a lo largo del trabajo de campo se pudo evidenciar un correcto funcionamiento del sistema domótico reduciendo la tasa de accidentes en la guardería a la que se aplicó el sistema, ya que los niños al acercarse a la ventana a cierta distancia miran la señal de alerta de un policía de LEGO, la misma que se reproduce en una pantalla de 80 mm x 50 mm, la cual mediante audio alerta con el nombre del niño o niña que se aproxime a la misma, logrando de esta manera su distracción y reduciendo el peligro.

Con el uso de los actuadores de cierre y apertura tales como: switch de final de carrera, sensor magnético, motor con encoder se logró el control total de la ventana para que se cierre automáticamente durante la emisión de la alerta.

Se logró la estimación de poses y altura, gracias a un sistema llamado ALPHA POSE el mismo que permitió determinar de manera eficaz las variables antes indicadas, como ventaja adicional se implementó el uso de la tarjeta Raspberry Pi 4 para obtener un mejor funcionamiento del sistema domótico con el fin de evitar posibles fallos a futuro, también se utilizó el protocolo de comunicación Wi-Fi para una mejor comunicación entre el sistema domótico y el celular del maestro/a y finalmente se utilizó el sistema de la señal distractiva del policía de LEGO el mismo que llama fuertemente la atención de los niños y hace que los mismos ignoren el acercamiento a la ventana, mientras el maestro recibe la alerta y actúa de inmediato para evitar el posible accidente.

PALABRAS CLAVES: Python, reconocimiento de identidad y facial, sistema domótico, Raspberry Pi 4, actuadores de cierre.

ABSTRACT

Through the thesis project developed for a home automation security system for windows based on Python, the aim is to determine the height and position of children between 3 and 5 years of age, through the use of a camera that will be located in the upper corner of the hallway near the window in question, thus achieving identity recognition according to their facial physiognomy and sending alerts through the Telegram platform, thereby achieving notification and prevention to each of the responsible teachers. of the different classrooms of a children's center; Throughout the field work, it was possible to demonstrate the correct functioning of the home automation system, reducing the accident rate in the daycare center to which the system was applied, since when children approach the window at a certain distance, they look at the warning sign. a LEGO police officer, which is reproduced on an 80 mm x 50 mm screen, which uses audio to alert with the name of the boy or girl who approaches it, thus distracting them and reducing the danger.

With the use of closing and opening actuators such as: limit switch, magnetic sensor, motor with encoder, full control of the window was achieved so that it closes automatically during the issuance of the alert.

The estimation of poses and height was achieved, thanks to a system called ALPHA POSE, which allowed the aforementioned variables to be determined effectively. As an additional advantage, the use of the Raspberry Pi 4 card was implemented to obtain better functioning of the home automation system. In order to avoid possible future failures, the Wifi communication protocol was also used for better communication between the home automation system and the teacher's cell phone and finally the distracting signal system of the LEGO police officer, the same one who calls, was used. children's attention and causes them to ignore approaching the window, while the teacher receives the alert and acts immediately to avoid the possible accident.

KEYWORDS: Python, identity and facial recognition, home automation system, Raspberry Pi 4, closing and opening actuators.

INTRODUCCIÓN

En la era moderna, los rápidos avances tecnológicos han cambiado radicalmente la forma en que interactuamos con nuestro entorno, desde la comodidad de nuestros hogares hasta la seguridad de nuestros seres queridos. Un área que ha experimentado una evolución importante es la domótica.

Este término hace referencia a la incorporación de tecnologías inteligentes en el diseño y gestión de viviendas y edificios para mejorar la calidad de vida y la eficiencia de los recursos. En este contexto, este trabajo se centra en un aspecto importante de la domótica, con especial énfasis en la seguridad y el bienestar de los colectivos más vulnerables de nuestra sociedad: "Los niños y yo".

La seguridad de los menores en lugares como las guarderías se está convirtiendo cada vez más en una preocupación en la sociedad moderna. La supervisión continua y las medidas preventivas son necesarias para proporcionar un entorno seguro y enriquecedor para su hijo.

En este sentido, este proyecto técnico propone un enfoque innovador: el desarrollo de un sistema de cierre automatizado de ventanas para el hogar inteligente, diseñado específicamente para su implementación en guarderías, con el objetivo de minimizar los riesgos asociados a una apertura inadecuada de las ventanas y garantizar así la seguridad de los niños durante su estancia en estas instalaciones. Las ventanas, si bien son características arquitectónicas importantes que brindan luz y ventilación, también presentan peligros potenciales si no se manejan adecuadamente, especialmente para los niños pequeños que tal vez no sean conscientes del peligro.

Este proyecto aborda este problema integrando cámaras, actuadores y tecnología de comunicación para desarrollar un sistema inteligente que gestiona automáticamente las condiciones de las ventanas, evita situaciones peligrosas y mejora la seguridad, todo ello pensando en los menores. El impacto potencial de este sistema va más allá de la seguridad inmediata de los niños en las guarderías, ya que sienta las bases para el uso futuro de este sistema en entornos similares a las escuelas y la familia. Además, su desarrollo contribuye a la creciente importancia de la tecnología como aliada en la protección y el bienestar de los niños, destacando el potencial de la domótica para abordar este problema específico y mejorar la calidad de vida en contextos específicos.

Los sistemas domóticos combinan sensores, conectividad, programación e inteligencia artificial para prevenir y proteger la salud. Existen infinidad de apps que nos permiten aumentar la

seguridad de nuestro hogar con relativa facilidad, así como monitorizar de forma remota ciertos aspectos del mismo. Por ello, el objetivo de este trabajo es crear un sistema de seguridad inteligente para el hogar que, mediante un modelo de posicionamiento del cuerpo, determinará su altura y así cerrará automáticamente la ventana cuando un niño se acerque a zonas de riesgo y enviará mensajes a través de la plataforma Telegram al celular del profesor o profesora a cargo de la clase o grupo de niños para avisar a ambas partes. También se tendrán en cuenta aspectos de ergonomía para que el sistema sea intuitivo y fácil de utilizar para el personal de la guardería.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Problema

1.1.1 Antecedentes

Según la campaña nacional de seguridad infantil SAFE KIDS, más de 2,3 millones de niños menores de 14 años reciben tratamiento en los departamentos de emergencia cada año por lesiones causadas por caídas desde ventanas, y aproximadamente 18 niños menores de 10 años mueren por caídas desde ventanas, otros 4.700 niños menores de 14 años necesitarán tratamiento por lesiones relacionadas con caídas desde ventanas. 80 niños menores de 14 años fallecieron por accidentes por caídas. (Salud Infantil de Stanford, 2017)

Según (Sisalima Castillo David G, 2015), en el Ecuador el tipo de accidente predominante (52,6%) son las caídas desde ventanas, literas o muebles. El autor menciona que esto se debe a la curiosidad y la inmadurez motriz. Los niños menores de 5 años que juegan sin supervisión corren el mayor riesgo. Asimismo (Comisión Nacional para la Prevención y Control de Lesiones. Prevención de Lesiones: Enfrentando el Reto, 2000 (Maestría Torres Márquez Migdalia, Maestría en Ciencias de la Educación Física). Fonseca Pelegrín Carmen Lucrecia, 2010) se refiere a otros factores que los niños sufren de tales accidentes: aumentar la capacidad de lograr la conspiración y el trabajo de los padres de las áreas y los artículos circundantes, la falta de áreas relajantes cerca de sus hogares.

Hay estudios como estos inconvenientes, tal caso (Ernandes East Josaac, River Velazue Josue Manuel, Yanes Miguel Hugo Armand para demostrar que se ha hecho una evolución pública y cerrada. En otro estudio (Bogado, Pedro Emmanuel, 2019), en el que desarrollan un sistema doméstico con tecnología Bluetooth, utilizando corriente continua para modelar y cerrar ventanas, dosel o puertos, pero existe el caso. tiene su propio límite de comunicación, porque ahora no se usa y ha sido reemplazado por Wi-Fi, si los aspectos se han realizado. Actualmente, los aspectos no funcionarían correctamente.

Según el autor (Alarcón Castro Héctor Eduardo, Coronado Peñaloza Milagros Jose, 2022) Los principios y características de estos sistemas, investigadores basados en el diseño, pero no basado en su implementación.

1.1.2 Importancia y alcances

La seguridad domótica se puede integrar con el control de puertas y ventanas, con el objetivo de recibir notificaciones en tiempo real y así que se cierren automáticamente para cuidar la salud de niños o personas mayores de edad. En fin, existen una infinidad de aplicaciones de seguridad usando la domótica desde sencillos controladores de cierre y apertura hasta controladores robustos.

Es así que este trabajo de titulación busca crear un sistema de seguridad domótico inteligente que a través de un modelo de posición del cuerpo identificara su estatura y así cerrará la ventana de forma automática cuando el infante se aproxime a la zona de riesgo y también se enviara un mensaje mediante la plataforma telegram al celular de la persona encargada del aula o del grupo de niños con el fin de tener a ambas partes prevenidas

1.1.3 Delimitación

El dispositivo pensado es un sistema distribuido en tres etapas. La etapa de toma de fotografías de los rostros de los niños se propone desarrollar de manera estética amigable para los mismos. La etapa de entrenamiento de la neurona a utilizar se propone para desarrollar así el reconocimiento de identidad mediante inteligencia artificial.

Por último, la etapa del final de accionamiento del sistema de cierre de ventana y él envió de alertas se propone desarrollar en un dispositivo compatible con ssh, no invasivo, natural para el usuario, que incremente su confort y no genere el impacto psicológico de tener que generar una conexión cableada al inicio de su funcionamiento.

Por lo expuesto, el dispositivo está dirigido a todos los profesionales del área de la educación inicial que traten con niños o niñas inquietas y demasiado curiosas que quieran adquirir un sistema de seguridad eficiente y de rápida respuesta, a la vanguardia de las tecnologías, este es un dispositivo que genera su registro de datos de los rostros de los niños en tiempo real a una carpeta dentro del dispositivo, que permita a su vez la visualización, de los nombres de los

niños. También se dirige a todas las personas que requieran mejorar su calidad de seguridad de manera domótica, sin que esto implique la presencia de una persona en el área que se requiera el sistema especializado.

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar un sistema domótico para seguridad de infantes en apertura y cierre de ventanas por medio de inteligencia artificial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar un modelo de estimación y seguimiento de posturas de cuerpo completo open source para apreciación de altura mediante repositorios de universidades y base de datos de artículos académicos.
- Modificar los atributos de un modelo de estimación y seguimiento para la identificación de un infante a través de su estatura mediante hardware y software inteligente.
- Desarrollar un sistema domótico para la notificación de alertas desde el sistema inteligente de estatura de cuerpo hacia el personal de la guardería, mediante protocolos de comunicación domóticos.
- Verificar el funcionamiento del sistema domótico de cierre y apertura de ventanas inteligente para su validación mediante pruebas de campo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Domótica

La automatización del hogar es la aplicación de tecnología en la automatización del hogar y la construcción que se utiliza para controlar y administrar automáticamente varios sistemas y dispositivos en una casa o edificio para garantizar la seguridad, el bienestar y la protección, el bienestar y el confort. Estos sistemas pueden incluir iluminación, calefacción, aire acondicionado, sistemas de vigilancia y seguridad, sistemas de entretenimiento y otros dispositivos (¿Qué puede aportar la seguridad domótica a la casa?, 2021).

2.2 AlphaPose

AlphaPose es un estimador de ubicación preciso de varias personas, el primer sistema de código abierto que logra más de 70 mAP máximo 75 mAP en el conjunto de datos COCO y más de 80 mAP, hasta 82,1 mAP en el conjunto de datos COCO, datos MPI (Message Passing Interface en traducción al español). Para hacer coincidir las poses correspondientes a la misma persona en todos los fotogramas, también proporcionamos una eficaz herramienta de seguimiento de poses en línea llamada Pose Stream (AlphaPose: Sistema de seguimiento y estimación de poses múltiples en tiempo real y precisa, 2017).

2.3 Cámara de vigilancia Dahua

Esta es una tecnología desarrollada por Dahua con el objetivo de brindar resolución de alta definición a bajo costo, la transmisión de video se realiza mediante cable coaxial, alcanzando resolución 720p y 1080p, asegurando una transmisión sin demoras y pérdidas de señal, además de transmitir 3 señales por el mismo cable (audio, datos y video) a una distancia de hasta 800 metros (Dahua Technology - líder Proveedor de soluciones CCTV en fabricación de cámaras CCTV, 2023)

2.4 Tarjeta Raspberry Pi 4

Raspberry Pi es una computadora del tamaño de una tarjeta de crédito. Incluye una placa base que admite varios componentes de la computadora, como un procesador ARM con velocidades de hasta 1500 MHz, un sistema de gráficos y hasta 8 GB de RAM. La versión más moderna de Raspberry Pi 4 tiene un conector Gigabit Ethernet y una tarjeta WiFi Bluetooth incorporada. Este modelo más moderno cuenta con un conector de alimentación USB-C y dos conectores MIPI, uno para la pantalla y otro para la cámara (¿Qué es una Raspberry Pi?, 14 de febrero de 2019).



Figura 2.4.1 Raspberry Pi 4

2.5 Protocolo de comunicación WI-FI

Wi-Fi es una tecnología inalámbrica que permite a los dispositivos acceder a Internet sin cables. Dependiendo del enrutador y la conexión, el alcance operativo es de aproximadamente 100 metros. La conexión es posible a través de ondas infrarrojas y radiofrecuencias, a través de las cuales se puede transmitir información. Además, contar con un router con tecnología Wi-Fi permite que múltiples dispositivos se conecten a Internet al mismo tiempo (Fernández, C., 2022).

2.6 Actuadores de cierre y apertura

Un actuador de ventana es un dispositivo electromecánico avanzado que permite la apertura y cierre automáticos de ventanas y su ventaja es fácil de instalar y mantener.

Sin embargo, la mayoría de los actuadores de ventanas disponibles en el mercado no son lo bastante seguros, son inestables y son propensos a una serie de problemas como el ruido y un par insuficiente tras un uso prolongado, lo que da a los usuarios una mala experiencia al abrir y cerrar las ventanas (Actuador de ventana by Shenzhen ZhaoWei Machinery & Electronics Co., Lt, 2019)

En el desarrollo del proyecto, se optó por emplear un motor reductor como actuador principal para controlar el proceso de apertura y cierre de la ventana. Además, como parte del sistema de mecánico, se incorporó una regleta dentada, la cual fue instalada sobre la estructura de la ventana. En el motor, se acopló una rueda dentada que se acopla con la regleta dentada, permitiendo así la manipulación del movimiento de la ventana.

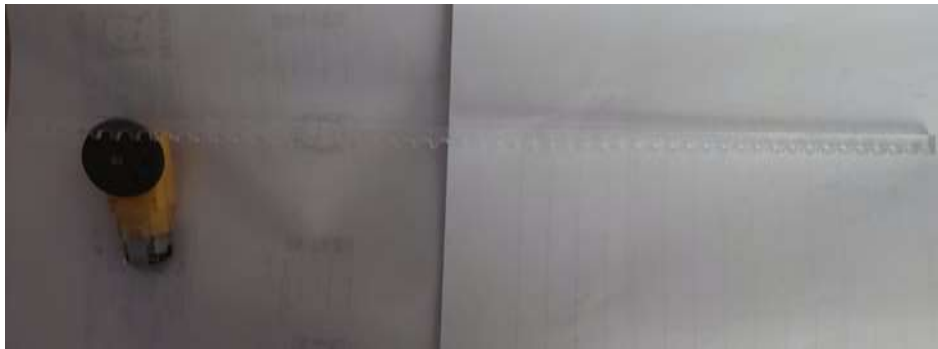


Figura 2.6.1 Mecanismo de cierre y apertura

Para asegurar que la ventana se mantenga cerrada se utilizó un sensor electromagnético conectado a un switch final de carrera, con lo que la ventana al cerrarse activa el switch enviando una señal a la Raspberry, al sensor electromagnético y al motor para que este se detenga.



Figura 2.6.2 Sensor electromagnético y Switch Final de carrera

2.7 Conexión SSH en Raspberry Pi

SSH es un protocolo disponible en sistemas Linux para ejecutar comandos en una Raspberry Pi desde otro ordenador. Primero debes habilitarlo en la configuración de la Raspberry Pi y, a continuación, utilizar un cliente SSH en su ordenador para conectarse a la Raspberry Pi.

SSH son las siglas de Secure SHell. Es un protocolo de red común que se utiliza para conectarse de un ordenador a otro de forma segura. La comunicación entre los dos ordenadores está encriptada y se requiere autenticación.

Generalmente lo utilizan los administradores de sistemas para acceder a servidores remotos y gestionarlos. Como administrador de sistemas, tenía que supervisar unos 20 servidores y podía trabajar en ellos durante varios días sin tener que entrar en la sala de servidores. Todo se hacía a través de SSH o un protocolo similar. Es muy cómodo en este caso.

Pero incluso en casa, puede ser realmente útil para acceder a su Raspberry Pi, ejecutar algunos comandos, y desconectar. Si tu Raspberry Pi está montada en un robot, escondida en algún lugar, o si simplemente eres demasiado perezoso para conectar todos los accesorios, SSH es un ahorro de tiempo.



Figura 2.7.1 Conexión SSH entre un cliente Raspberry y un equipo externo

2.8 Arquitectura Domótica

El proyecto se basa en una arquitectura domótica centralizada, donde todos los dispositivos y sistemas domóticos, como el control de ventanas, la detección de altura de los infantes y la notificación de alertas, se encuentran interconectados a través de un único sistema central de gestión.

La elección de una arquitectura centralizada conlleva varias ventajas significativas. En primer lugar, facilita la integración y gestión de los dispositivos, lo que simplifica el proceso de configuración y mantenimiento del sistema. Además, ofrece la capacidad de implementar reglas de automatización y control más complejas, lo que permite una personalización y adaptación precisas a las necesidades específicas del entorno.

Adicionalmente, la arquitectura centralizada proporciona una visión holística del estado y funcionamiento de todos los sistemas domóticos, lo que simplifica la supervisión y el mantenimiento continuo del sistema. Esta perspectiva global permite una identificación rápida de problemas y un diagnóstico eficiente de posibles fallas, lo que contribuye a mejorar la fiabilidad y disponibilidad del sistema en general.

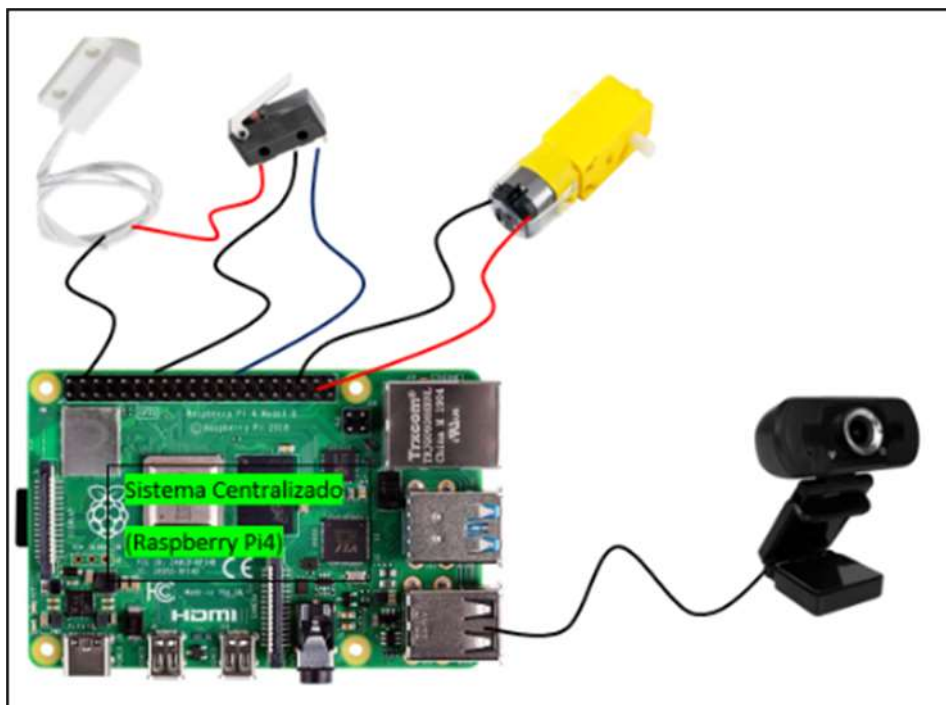


Figura 2.8.1 Sistema Centralizado

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Propuesta de proyecto

Para el desarrollo del proyecto del sistema domótico detallado en este documento, se propone una solución que integre el monitoreo y control de la seguridad de los infantes en entornos educativos mediante el uso de tecnologías domóticas e inteligencia artificial.

La propuesta consiste en la implementación de un sistema domótico que permita la supervisión y gestión automatizada de la apertura y cierre de ventanas en guarderías, escuelas y otros espacios educativos. Este sistema se basa en el uso de cámaras de vigilancia detectar la presencia de niños cerca de las ventanas, evitando así posibles accidentes.

Para lograr este objetivo, se plantea la utilización de una cámara de seguridad distribuida estratégicamente en el entorno educativo. Este dispositivo estará conectado a un sistema central de control, el cual estará encargado de procesar la información recibida y tomar decisiones automáticas en función de los datos obtenidos.

El sistema utilizará algoritmos de inteligencia artificial para identificar y rastrear la presencia de niños cerca de las ventanas, así como para analizar su altura y determinar si se encuentran en una posición segura. En caso de detectar una situación de riesgo, el sistema activará mecanismos automáticos para cerrar las ventanas y emitirá alertas al personal encargado a través de dispositivos móviles.

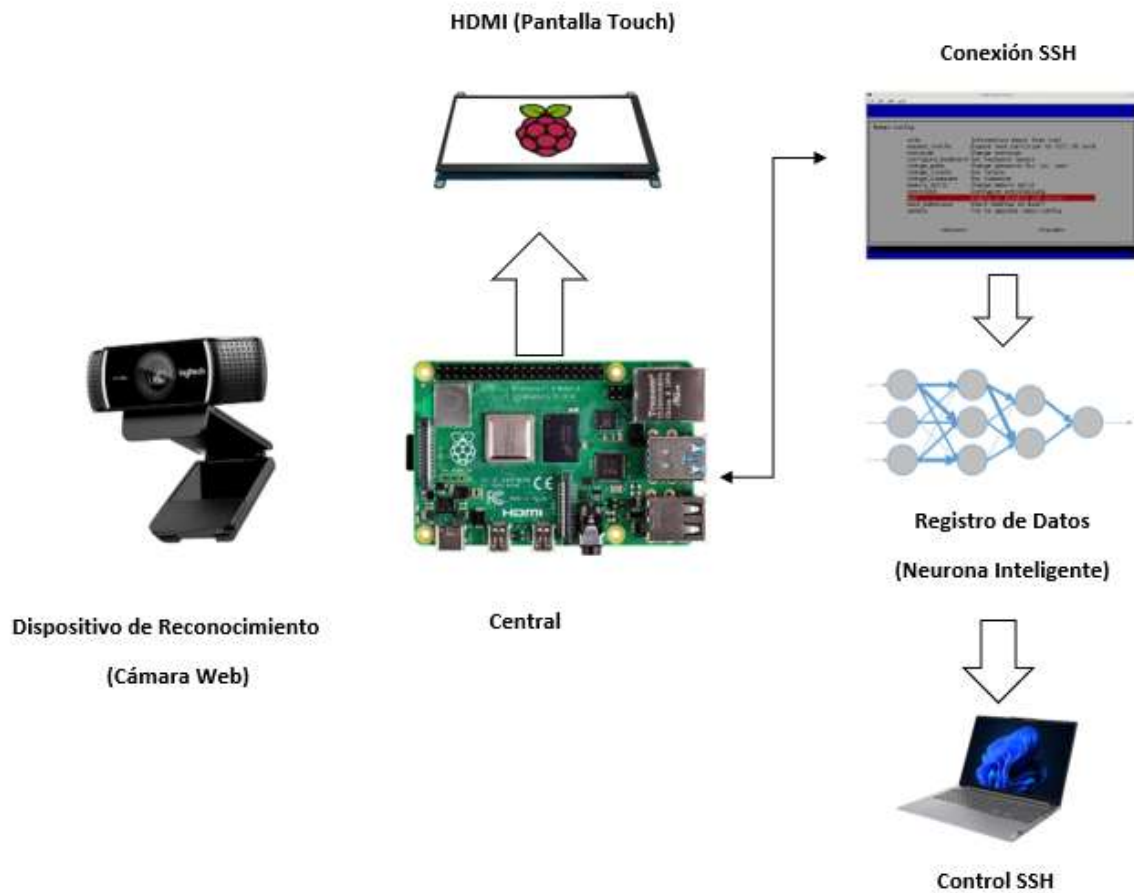


Figura 3.1 Esquema general del sistema electrónico distribuido

3.2 Variables a tomar en cuenta

Según lo expuesto en el capítulo anterior, se indican las variables necesarias que se configuran como importantes para ayudar en el sistema de cierre de ventanas. Entre todas las variables que se pudieron determinar, se realizó un análisis comparativo según los parámetros existentes en la guardería, además de la ubicación del dispositivo central. Esto se detalla en la tabla 3.1.

Variable	Tipo	Invasivo	Dispositivo
Estatura	Corporal	No	Cámara
Distancia	Ambiental	No	Cámara
Luminosidad	Ambiental	No	Cámara
Reconocimiento Facial	Corporal	No	Cámara

Tabla 3.1.1 Comparativa de variables a ser medidas

3.3 Partes del sistema distribuido

En este apartado se indica el desarrollo de cada parte del sistema distribuido, tomando en cuenta que su proceso presenta pasos similares. Estos pasos son: la toma de fotografías para base de datos, la implementación electrónica, y, finalmente, desarrollo del algoritmo.

3.4 Dispositivo de reconocimiento

Después de todo lo antes mencionado se escogió el software Python por su fiabilidad y su fácil entendimiento, su sintaxis simple y clara facilita la comprensión del código, lo que permitió un desarrollo más rápido y reducción de la probabilidad de errores. Python cuenta con una gran comunidad de desarrolladores y abundantes recursos en línea. Esto facilitó la resolución de problemas y proporcionó una amplia variedad de bibliotecas y herramientas que fueron aprovechadas en el proyecto.

Desde una perspectiva de seguridad infantil, bibliotecas como OpenCV en Python son las más adecuadas para el procesamiento de imágenes y la detección de objetos, en este caso detectando la altura, la posición y la cara de los niños. Python admite de manera eficiente protocolos de comunicación estándar como MQTT y CoAP, esenciales para el Internet de las cosas (IoT) y las aplicaciones de automatización del hogar.

Soporta varias interfaces de hardware, facilitando la integración con sensores y actuadores utilizando bibliotecas como RPi.GPIO (para Raspberry Pi) o PySerial para comunicación serial. Este software es de código abierto, lo que significa que es gratuito y está disponible para cualquier persona. Esto reduce los costos de licencias de software y facilita la adopción del idioma.

3.4.1 Implementación electrónica

3.4.1.1 Tarjeta de desarrollo

Para proceder a la implementación electrónica, es necesario realizar la selección de los elementos del sistema incluido dentro de la guardería. En este caso se utilizó la tarjeta Raspberry Pi 4 que será el cerebro de todo este sistema quien tomo las acciones asignadas a esta parte del sistema. En la tabla 3.2 se indican las ventajas y desventajas de la tarjeta de desarrollo tomada como opciones para la implementación electrónica de este dispositivo.

Tarjeta de desarrollo	Ventajas	Desventajas
Raspberry Pi 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora el rendimiento ▪ Tiene una gran conexión a través del WI-FI ▪ Tiene salida USB y microSD ▪ Ofrece un bajo consumo y su precio es bastante bueno 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El software no está incluido en el paquete, por lo que el usuario tiene que descargarlo y configurarlo ▪ Para un funcionamiento autónomo se requieren piezas adicionales de pago
ESP 32	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frecuencia de operación puede llegar a ser de 240 MHz ▪ Permite realizar operaciones con números reales y realizar multiplicaciones con números grandes de manera casi instantánea. ▪ Cuentan con un gran número de periféricos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precio más alto que el Arduino Uno y el ESP8266. ▪ Menos soporte y tutoriales que el Arduino Uno.

Tabla 3.4.1.2 Tarjetas de desarrollo consideradas para implementar el sistema

Por lo expuesto en la tabla, se pueden indicar más desventajas que ventajas en el uso de las tarjetas de desarrollo.

3.4.2 Algoritmo implementado en el sistema de identificación, reconocimiento e identidad facial

En una fase inicial y crucial del sistema de reconocimiento facial implementado, se desarrolló un conjunto de tres scripts para adquirir y capturar los rostros de los niños mediante la utilización de una cámara de video.

Este proceso está diseñado meticulosamente para abordar la importancia de la variabilidad en las expresiones faciales y movimientos, factores cruciales para lograr una identificación facial precisa y robusta.

El primer script, en particular, lleva a cabo la captura de múltiples fotografías a lo largo de un período específico, establecido en 2 minutos. Durante este lapso, se motiva a los niños a realizar una diversidad de movimientos, gestos y muecas. El algoritmo responde al diagrama de flujo de la figura 3.4.2

El algoritmo LBPH utilizará estas muestras para aprender y crear un modelo que pueda reconocer las caras de las personas.

Una vez que el modelo ha sido entrenado con éxito, se guarda en un archivo XML utilizando el método write(). Este archivo contiene toda la información necesaria para el reconocimiento facial, incluidas las características aprendidas durante el entrenamiento.

3.4.3 Programa de entrenamiento de la neurona para reconocimiento facial

En un segundo script, se ejecutó una fase crucial centrada en el entrenamiento de la red neuronal, que desempeñará un papel fundamental como base de datos para el posterior proceso de identificación de rostros.

El objetivo principal de este proceso de entrenamiento es dotar al sistema con la habilidad de diferenciar entre los rostros de niños, maestros o personas adultas presentes en la institución.

Este enfoque se traduce en la capacidad de discernir entre individuos específicos, lo que sienta las bases para la implementación de la inteligencia artificial, mitigando así posibles riesgos de accidentes.



Figura 3.4.3 Diagrama de flujo del algoritmo implementado para la identificación Facial

3.4.4 Programa de reconocimiento final

Para culminar el proceso de programación, se implementa en un tercer script la etapa crucial de identificación de personas.

Este paso implica la utilización de las fotografías de rostros previamente adquiridas, así como el modelo que fue entrenado con anterioridad. La combinación de estos elementos es esencial para lograr el resultado esperado al poner en funcionamiento el sistema en su totalidad.

El objetivo primordial en esta etapa es garantizar que el sistema funcione de manera fluida y eficiente, sin fallas ni complicaciones durante su ejecución

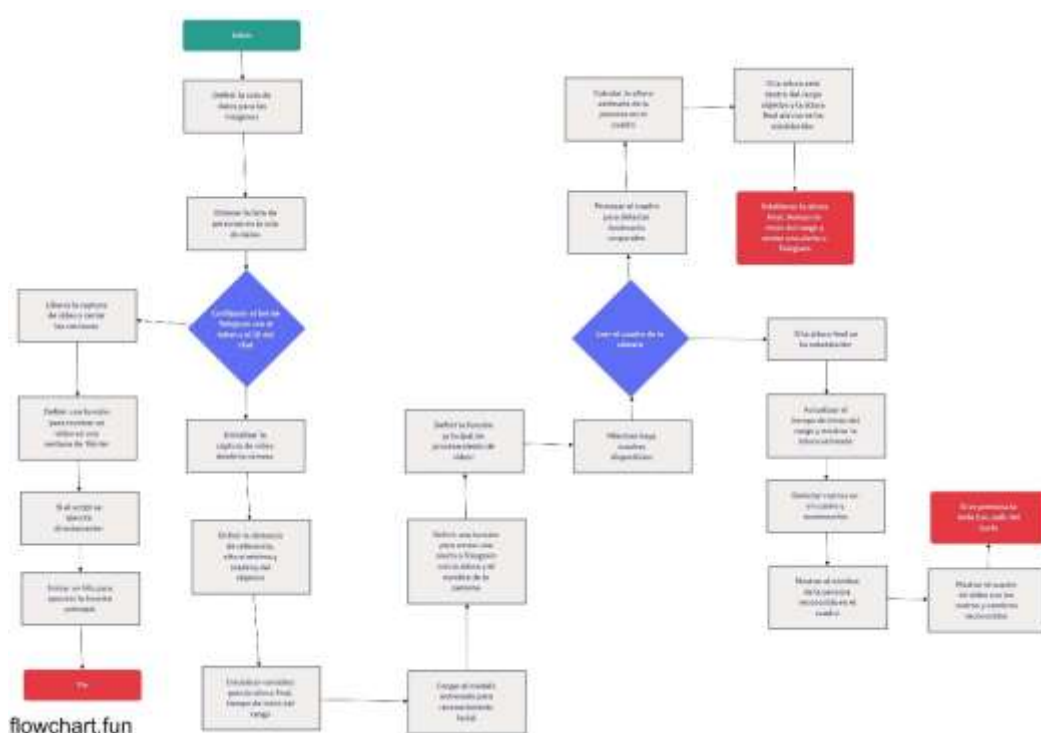


Figura 3.4.4 Diagrama de flujo del algoritmo implementado para el programa final

3.4.5 Diseño mecánico

Al ser un dispositivo pensado para colocarse dentro de la habitación, o en la ventana misma, se estableció un diseño amigable, que sea estable, pueda albergar todos los componentes necesarios, y sea prospectivo a ser modular en caso de ser necesario colocar sensores.

Para permitir el correcto movimiento de la ventana, durante el ensamblaje o posibles reparaciones de la parte electrónica o mecánica, se optó por un diseño simple y compacto. Se tiene un riel dentado de 40 cm y una rueda dentada, la cual se colocó en la base de la ventana y el motor reductor en la esquina inferior izquierda, se optó por un motor de este tipo ya que no se necesitó de demasiado torque, ya que la ventana está hecha en aluminio liviano, lo que facilita enormemente el cierre de la misma.



Figura 3.4.5 Diagrama de Diseño Mecánico

Especificaciones Técnicas	
Velocidad sin carga	230 rpm a 6V
Velocidad con carga	175 rpm a 6V
Torque	1.1 kg-cm a 6V
Consumo de corriente	150mA a 6V
Peso	25 g
Dimensiones	70x20x23 mm
Voltaje de trabajo	1.5-6VCD

Tabla 3.4.3 Especificaciones Técnicas para elección de motor

3.4.6 Diseño de la Inteligencia Artificial

En este proyecto, la inteligencia artificial se emplea de varias maneras para lograr el objetivo de seguridad infantil en la apertura y cierre de ventanas en guardería.

Detección de altura mediante visión por computadora: Se utiliza un modelo de visión por computadora para detectar la altura de los infantes en relación con las ventanas. Este modelo utiliza técnicas de inteligencia artificial para analizar las imágenes de video capturadas por una cámara y estimar la altura de los niños. Se emplea la biblioteca OpenCV para el procesamiento de imágenes y la biblioteca MediaPipe para el seguimiento de posturas corporales. Estas herramientas permiten detectar puntos de referencia corporales y calcular la altura de manera precisa.

Reconocimiento facial para identificación de personas: Se implementa un sistema de reconocimiento facial que utiliza un algoritmo de inteligencia artificial llamado LBPH (Local Binary Patterns Histograms). Este algoritmo se entrena con imágenes faciales de las personas autorizadas que interactúan con los niños en la guardería. Una vez entrenado, el sistema puede reconocer y autorizar automáticamente a las personas conocidas, como el personal docente, mientras detecta y alerta sobre la presencia de personas desconocidas.

Comunicación y notificación automatizada: Se integra un sistema de comunicación automatizada utilizando la plataforma de mensajería Telegram. Cuando el sistema detecta una situación de riesgo, como la presencia de un niño cerca de una ventana abierta, envía una alerta instantánea al personal de la guardería a través de mensajes de Telegram. Esto se logra mediante la programación de un bot de Telegram que se comunica con el sistema de seguridad.

3.4.7 Cálculo de la Segunda Ley de Newton para el movimiento de la ventana

Para saber que motor se debió usar para mover la ventana se utilizó la fórmula de la segunda Ley de Newton mostrada a continuación

$$F = m * a$$

$$F = 3kg * 130m/s^2$$

$$F = 390N$$

Se determinó que el motor debe tener una fuerza de 390N para poder mover la ventana a una velocidad de 130RPM, por lo que se optó por usar un motor de alto torque con una velocidad baja para que la ventana no sufra ningún daño y se cierre de manera adecuada

3.4.8 Implementación electrónica

Para la implementación electrónica del dispositivo, fue esencial establecer las mediciones y acciones que se van a alojar en este dispositivo. Se tiene claro que el dispositivo debe tener la capacidad de comunicarse de manera inalámbrica por Wi-Fi a la laptop para ejecutar su sistema, y al mismo tiempo conectarse con la plataforma de mensajería Telegram para enviar la alerta. Por esta razón, se establece que la tarjeta de desarrollo que se selecciona posea, o soporte, estos dos métodos de comunicación.

3.4.8.1 Tarjeta de desarrollo

En primera instancia, se debe indicar que la central debe tener algunas características que deben ser suplidas por la tarjeta de desarrollo que se elija. Las necesidades son las siguientes:

- Conectividad Wi-Fi, nativa o soportada
- Comunicación SPI para HMI (pantalla LCD)
- Pines digitales disponibles
- Puerto serial para supervisión desde PC

Dados estos parámetros, se procede a realizar una comparativa entre los modelos de marcas conocidas, para así concentrar elementos de convicción para tomar una correcta decisión. Esto se sintetiza en la tabla 3.4.

Tarjeta de desarrollo	Conectividad Wifi integrada	Conectividad Bluetooth integrada	Comunicación I2C	Comunicación SPI	Disponibilidad pines digitales	Puerto serial para supervisión
Arduino Mega	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Raspberry PI 4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ESP32	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 3.4.8.4 Comparativa de tarjetas de desarrollo para el dispositivo central

Se puede observar que el problema radica en la conectividad, por lo que la Raspberry Pi 4 es la opción que se propone utilizar. Este es como tal una mini computadora, y se integra en una variedad de tarjetas de desarrollo, que cuentan con características específicas que enfocan su uso. En este caso se eligió la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 4, que integra conectividad Wi-Fi y SSH.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el contexto actual, Ecuador enfrenta una crisis de seguridad sin precedentes, marcada por diversos conflictos armados que han llevado a las autoridades a implementar medidas extraordinarias. La complejidad de esta situación ha obligado a la mayoría de las instituciones educativas, incluyendo guarderías, escuelas, colegios y algunas universidades, a adaptarse a jornadas virtuales como parte de las estrategias para garantizar la seguridad.

Esta transformación en la dinámica educativa ha planteado desafíos significativos para la realización de pruebas y evaluaciones en el entorno establecido. Ante las dificultades para llevar a cabo pruebas en el ambiente convencional, se ha tomado la decisión de realizar pruebas en un ambiente controlado. Este enfoque implica la creación de escenarios de prueba que representan diversas condiciones, considerando la variabilidad en la estatura y los rasgos faciales de los participantes, especialmente niños.

La ingeniería detrás de estas decisiones se basa en la necesidad de obtener resultados robustos y aplicables en situaciones del mundo real. La elección de un ambiente controlado permite la manipulación de variables críticas para evaluar la eficacia del sistema en condiciones diversas. Al considerar la seguridad de los niños en entornos virtuales y presenciales, se busca garantizar que la tecnología desarrollada cumpla con los más altos estándares de seguridad y contribuya a mitigar las amenazas derivadas de la actual crisis de seguridad.

4.4 Recopilación de datos

4.4.1 Capturas de rostros para entrenamiento del modelo

Como primer paso se procedió a realizar las capturas del rostro de las niñas y personas mayores en el entorno controlado para guardarlas en la base de datos y entrenar el modelo para que el sistema pueda detectarla y activar o no el sistema de seguridad siempre y cuando entre en el rango de estatura previamente definido.



Figura 4.4.1.1 Toma de muestras para entrenar Neurona



Figura 4.4.1.2 Toma de muestras para entrenar Neurona

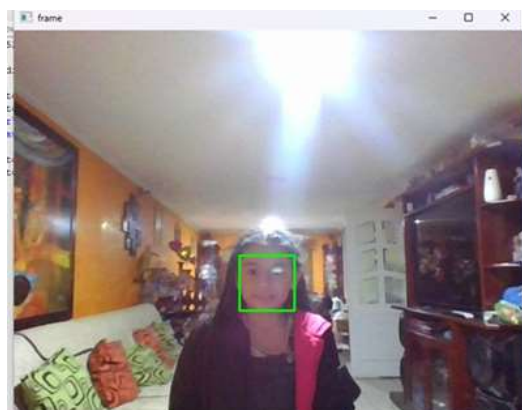


Figura 4.4.1.3 Toma de muestras para entrenar Neurona



Figura 4.4.1.4 Toma de muestras para entrenar Neurona

Una vez finalizada la toma de datos se procedió a subir las fotos de los rostros a la base de datos y a entrenar el modelo de reconocimiento para que el sistema de seguridad pueda identificar los rostros de los niños y personas.

Una vez que la neurona termino su entrenamiento que implica la recopilación de datos de imágenes faciales de las personas, el uso de estas muestras para enseñar al algoritmo LBPH a reconocer las caras y, finalmente, la creación y almacenamiento del modelo entrenado que puede realizar el reconocimiento facial con precisión. Se realizó una prueba con una niña para comprobar si la cámara reconoce su rostro y si es el caso enviara en la pantalla el nombre de la misma y si no enviara una notificación en color rojo diciendo Desconocido o baja confianza.

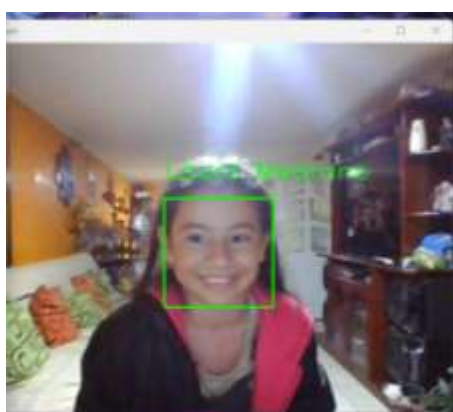


Figura 4.4.1.5 Distinción de la identidad de la niña

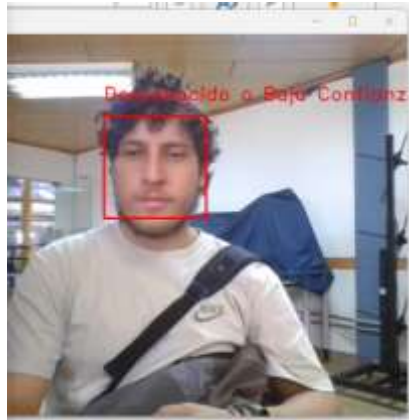


Figura 4.4.1.6 Distinción de persona desconocida

4.4.2 Detección de la estimación de la altura de los niños

Con los datos obtenidos anteriormente se procedió a activar el sistema de estimación de la altura fijando un rango de estaturas de 1 metro 10 cm a 1 metro 50 cm y siempre y cuando el niño o niña este dentro del rango la alarma se activara y enviara la alerta mediante Telegram y se cerrara la ventana, si no es el caso el sistema no se activara y la ventana no se cerrara.



Figura 4.4.2.1 Sistema de seguridad Activado

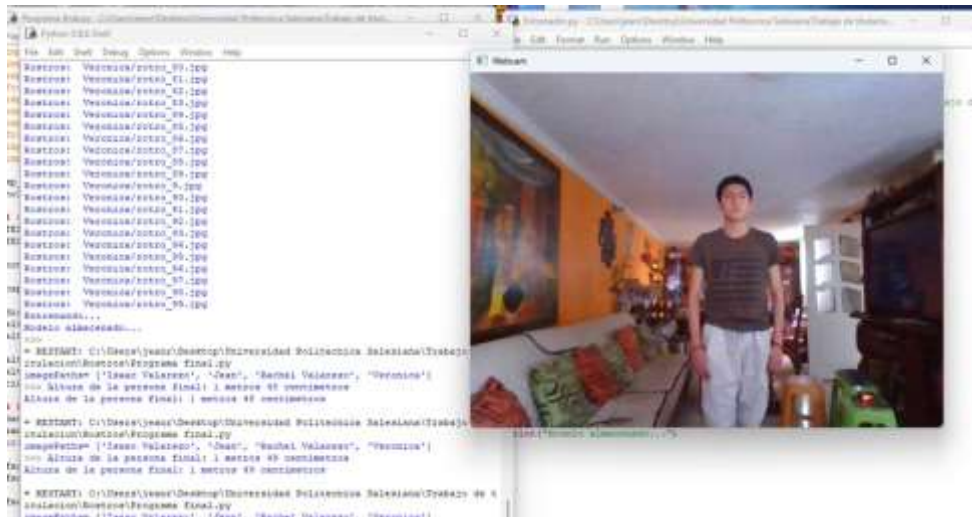


Figura 4.4.2.2 Sistema Activado sin respuesta

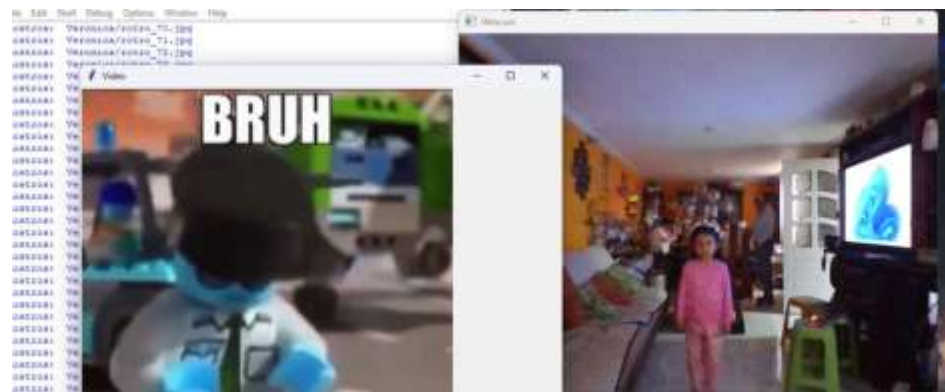


Figura 4.4.2.3 Sistema de seguridad Activado

Durante la primera fase de pruebas, se observó que el sistema de detección desempeñó su función con precisión al identificar la presencia de la niña a una distancia de dos metros.

La ingeniería detrás de esta prueba se basa en la correcta implementación de algoritmos de procesamiento de imágenes, específicamente utilizando técnicas de visión por computadora y el modelo MediaPipe Holistic que es la librería que permitió entrenar a la neurona para que pueda identificar el rostro, la estatura y el nombre de las niñas, emitiendo así la alerta con el nombre y la estatura que calculo la neurona. Este sistema no solo detecta la presencia, sino que también evalúa la altura de la niña, comparándola con los parámetros definidos: Altura mínima de 1 metro 10 cm y Altura máxima de 1 metro 50 cm.

La inmediatez en la activación de la alarma demuestra la eficiencia del sistema, alertando de manera instantánea sobre la presencia y altura del niño identificado, la ventana se cierra de manera electrónica y mecánica, por medio de la conexión con la Raspberry Pi4 que se conecta con el motor reductor que acciona el cierre y apertura de la ventana.

Esta notificación, que incluye el nombre del niño, se envía al maestro o maestra responsable del grupo al que pertenece el infante. Este diseño garantiza que la información crítica se comunique de manera rápida y precisa, permitiendo una intervención oportuna para retirar al niño de la proximidad de la ventana, mitigando así cualquier riesgo potencial.

Como una medida adicional, al activarse la alarma, se despliega un GIF en otra pantalla que representa a un policía de LEGO CITY. Este enfoque ingenieril tiene un propósito dual: distraer al infante por unos instantes de cualquier comportamiento peligroso y, al mismo tiempo, captar su atención de manera efectiva.

La elección de elementos visuales, como el GIF, se fundamenta en principios psicológicos y de diseño que buscan crear una respuesta inmediata y positiva en el infante, facilitando la acción del maestro o maestra durante la intervención.

Mediciones	Altura Real	Altura Estimada	Porcentaje de Error
Medición 1	1 metro 45 cm	1 metro 47 cm	2%
Medición 2	1 metro 70 cm	1 metro 73 cm	3%
Medición 3	1 metro 12 cm	1 metro 15 cm	3%

Tabla 4.4.2.1 Porcentaje de error en estaturas

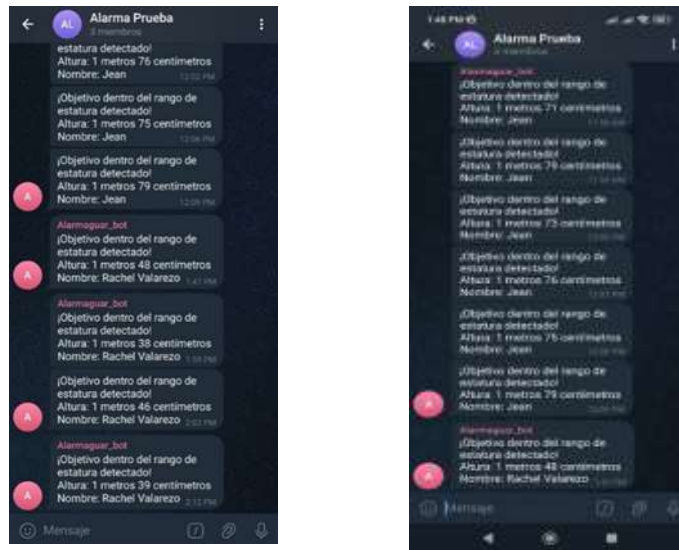


Figura 4.4.2.4 Sistema de seguridad Activado

4.4.3 Prueba 3 Caso Hipotético en ambiente controlado

En la tercera prueba se procedió a realizar un caso hipotético con una interacción entre dos personas de diferentes estaturas para comprobar si el sistema se activaba con más de una persona en su campo de visión.



Figura 4.4.3.1 Sistema activado al detectar la presencia de un niño



Figura 4.4.3.2 Distancia de las dos personas con respecto a la ventana

Durante la tercera fase de pruebas, se evidenció la capacidad del sistema para realizar una discretización efectiva entre un niño y una persona de mayor estatura. La ingeniería detrás de este éxito radica en la aplicación de algoritmos avanzados de procesamiento de imágenes y técnicas de visión por computadora para evaluar con precisión características antropométricas como la altura.

El sistema demostró su habilidad para discernir entre diferentes perfiles, activando la alarma de manera inmediata cuando la niña se encontraba dentro del rango establecido de altura.

El diseño ingenieril garantiza que el sistema cumpla con su objetivo principal: salvaguardar la seguridad de los niños. La activación inmediata de la alarma y la emisión de la alerta del policía son el resultado de una programación precisa y una interpretación adecuada de los datos capturados por el sistema de detección. El sistema demuestra una búsqueda activa y eficiente del objetivo del proyecto, priorizando la identificación y protección de los niños en el entorno.

Mediciones	Altura Real	Altura Estimada	Porcentaje de Error
Medición 1	1 metro 45 cm	1 metro 47 cm	2%
Medición 2	1 metro 70 cm	1 metro 73 cm	3%

Tabla 4.4.3.2 Comparativa en el caso hipotético

4.5 Análisis de resultado en el campo real

Una vez que las pruebas en el ambiente controlado fueron exitosas se procedió a la instalación del sistema de seguridad en la guardería en un aula de un pequeño grupo de niños menos a 5 años



Figura 4.4.3.1 Guardería donde se realizaron las pruebas de campo



Figura 4.4.3.2 Instalación de Raspberry



Figura 4.4.3.3 Grupo de niños con los que se realizaron las pruebas

Se realizó la toma de muestras del rostro a tres niños menores de edad del grupo de la guardería para probar y comprobar el funcionamiento del sistema de seguridad ya en el ambiente real y verificar si el sistema logra discretizar a niños más pequeños y cómo se comporta con los mismos.

Como en las pruebas realizadas en el ambiente controlado se procedió primero a realizar la toma y captura de fotografías del rostro de los niños para que el sistema pueda identificarlos más adelante.



Figura 4.4.3.4 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo



Figura 4.4.3.5 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo



Figura 4.4.3.6 Toma de fotografías para entrenamiento del modelo

Después se procedió a entrenar el modelo con los nuevos rostros y nombres de los niños para que el sistema los pueda identificar correctamente y discretizar los niños del grupo.

```
*Python 3.8.6 Shell*
File Edit Shell Debug Options Window Help
Rostros: Abi Almeida/rotro_213.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_214.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_215.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_216.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_217.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_218.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_219.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_22.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_220.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_221.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_222.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_223.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_224.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_225.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_226.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_227.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_228.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_229.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_23.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_230.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_231.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_232.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_233.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_234.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_235.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_236.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_237.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_238.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_239.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_24.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_240.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_241.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_242.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_243.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_244.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_245.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_246.jpg
Rostros: Abi Almeida/rotro_247.jpg
Rostros: |
```

Figura 4.4.3.7 Entrenamiento del modelo

Una vez que el modelo se haya cargado correctamente se procedió a verificar que el sistema identifique correctamente el rostro y la identidad de los niños para diferenciarlos correctamente.



Figura 4.4.3.8 Distinción de la identidad de la niña

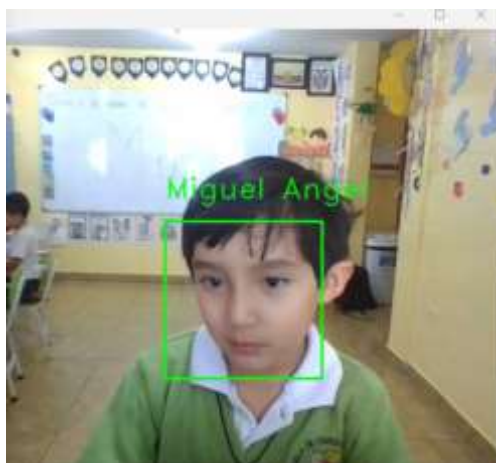


Figura 4.4.3.9 Distinción de la identidad del niño

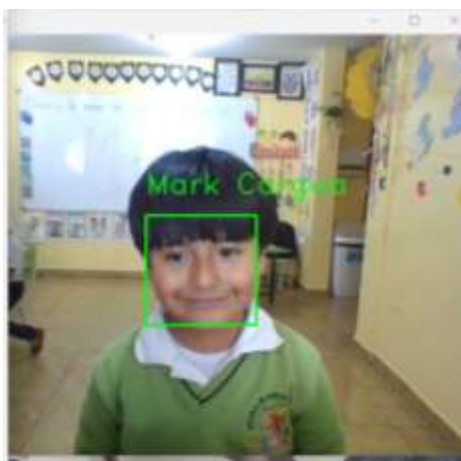


Figura 4.4.3.10 Distinción de la identidad del niño

Finalmente, se les pidió a los niños que se acercaran a dos metros de la ventana para comprobar que el sistema calculara su estatura correctamente y dispare la alarma y active correctamente el sistema de cierre de la ventana

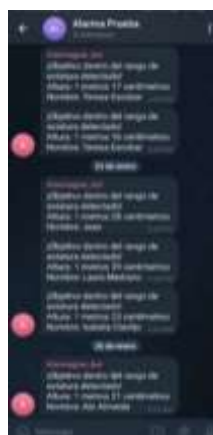


Figura 4.4.3.11 Sistema de seguridad Activado



Figura 4.4.3.12 Niña distrayéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla



Figura 4.4.3.13 Distancia de la niña con respecto a la ventana

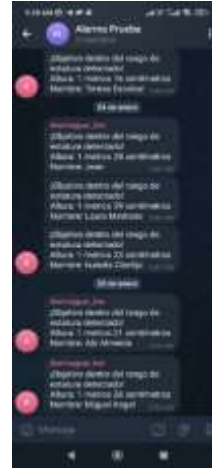


Figura 4.4.3.14 Sistema de seguridad Activado



Figura 4.4.3.15 Niño #1 distraiéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla



Figura 4.4.3.16 Distancia del niño con respecto a la ventana

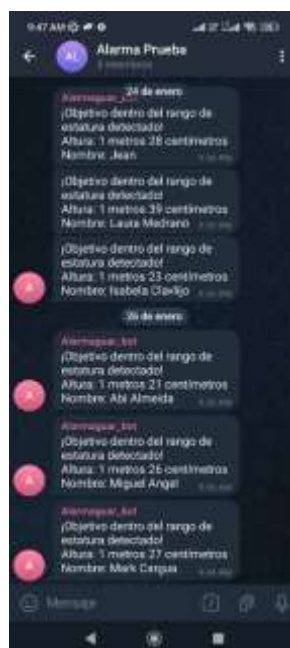


Figura 4.4.3.17 Sistema de seguridad Activado



Figura 4.4.3.18 Niño #2 distrayéndose con el policía de LEGO en la mini pantalla



Figura 4.4.3.19 Distancia del niño con respecto a la ventana

Nombres	Altura Real	Altura Estimada	Porcentaje de Error
Abi Almeida	1 metro 20 cm	1 metro 21 cm	1%
Miguel Ángel	1 metro 25 cm	1 metro 26 cm	1%
Mark Cargua	1 metro 25 cm	1 metro 27 cm	2%

Tabla 4.5.1. Medición en el ambiente real

Nombres	Numero de Pruebas	Respuesta del sistema	Efectividad
Abi Almeida	10	De las 10 pruebas realizadas a la primera niña el sistema respondió correctamente a 7 de ellas los 3 restantes salto un error de reconocimiento facial, por ende, la ventana no se cerró correctamente	70%
Miguel Ángel	10	De las 10 pruebas realizadas a la primera niña el sistema respondió correctamente a 5 de ellas los 5 restantes salto un error de reconocimiento facial, por ende, la ventana no se cerró correctamente	50%
Mark Cargua	10	De las 10 pruebas realizadas a la primera niña el sistema respondió correctamente a 8 de ellas los 2 restantes salto un error de reconocimiento facial, por ende, la ventana no se cerró correctamente	80%

Tabla 4.5.2. Comparativa de funcionamiento del sistema

Numero de Pruebas	Nombre del niño o niña	Porcentaje de cierre de ventana
1	Abi Almeida	100
1		100
1		90
1		40
1		50
1		40
1		90
1		100
1		85
1		100
Total, de pruebas		
10		7,95

Tabla 4.5.3. Porcentajes de funcionamiento del sistema

Numero de Pruebas	Nombre del niño o niña	Porcentaje de cierre de ventana
1	Miguel Ángel	100
1		100
1		90
1		40
1		100
1		85
1		50
1		40
1		65
1		40
Total, de pruebas		
10		7,1

Tabla 4.5.4. Porcentajes de funcionamiento del sistema

Numero de Pruebas	Nombre del niño o niña	Porcentaje de cierre de ventana
1	Mark Cargua	100
1		100
1		100
1		40
1		100
1		40
1		90
1		85
1		90
1		95
Total, de pruebas		
10		8,4

Tabla 4.5.5. Porcentajes de funcionamiento del sistema



```
Python 3.8.6 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.8.6 (tags/v3.8.6:db45529, Sep 23 2020, 18:52:53) [MSC v.1927 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
= RESTART: C:\Users\jeanz\Desktop\Universidad Politecnica Salesiana\Trabajo de titulación\Rostron\Programa final.py
imagePaths= ['Abi Almeida', 'Isaac Valarezo', 'Isabela Clavlijo', 'Jean', 'Laura Medrano', 'Mark Cargua', 'Miguel Angel', 'Rachel Valarezo', 'Samira Fonseca', 'Teresa Escobar', 'Veronica']
>>> Exception in thread Thread-1:
Traceback (most recent call last):
  File "C:\Users\jeanz\AppData\Local\Programs\Python\Python38\lib\threading.py", line 932, in _bootstrap_inner
    self.run()
  File "C:\Users\jeanz\AppData\Local\Programs\Python\Python38\lib\threading.py", line 870, in run
    self._target(*self._args, **self._kwargs)
  File "C:\Users\jeanz\AppData\Local\Programs\Python\Python38\lib\asyncio\runners.py", line 44, in run
    return loop.run_until_complete(main)
  File "C:\Users\jeanz\AppData\Local\Programs\Python\Python38\lib\asyncio\base_events.py", line 616, in run_until_complete
    return future.result()
  File "C:\Users\jeanz\Desktop\Universidad Politecnica Salesiana\Trabajo de titulación\Rostron\Programa final.py", line 81, in main
    await enviar_alerta(altura_metros, altura_cm, nombre_persona)
UnboundLocalError: local variable 'nombre_persona' referenced before assignment

Ln: 6 Col: 4
```

Figura 4.4.3.20 Error de activación del sistema de cierre

Tras llevar a cabo pruebas exhaustivas en el entorno específico de implementación, se ha confirmado la operatividad eficiente del sistema domótico desarrollado. El conjunto de pruebas no solo sirvió para evaluar el correcto funcionamiento, sino también para validar la capacidad de respuesta del sistema ante situaciones críticas.

El sistema, equipado con algoritmos de inteligencia artificial como es el uso de la neurona entrenada para la detección de niños y la estimación de altura, demostró su precisión y rapidez en entornos reales. La señal de alerta, generada cuando se identifica la presencia de un niño cerca de una ventana, se transmite de manera inmediata en este caso a la maestra responsable del grupo correspondiente.

La rapidez en la emisión de la alerta y la prontitud en la respuesta del cierre automático de la ventana destacan la eficiencia y precisión del sistema. La integración fluida de los componentes, desde la detección inicial hasta la ejecución del protocolo de seguridad, resalta la ingeniería detrás de este proyecto.

Este proceso de validación en un entorno real no solo confirma la efectividad actual del sistema, sino que también sienta las bases para posibles mejoras y adaptaciones futuras. La retroalimentación recopilada durante las pruebas contribuirá a optimizar aún más el sistema, asegurando su desempeño sobresaliente en situaciones prácticas. En resumen, la validación en ambiente real respalda la idoneidad y fiabilidad del sistema domótico, estableciéndolo como una solución tecnológica robusta y efectiva para la seguridad de los infantes en entornos educativos.

CONCLUSIONES

Se desarrollo un sistema domótico destinado a garantizar la seguridad de infantes en la operación de apertura y cierre de ventanas, destaca como un hito significativo. La aplicación triunfante de técnicas avanzadas de inteligencia artificial, en particular, la implementación del modelo de estimación y seguimiento de posturas de cuerpo completo, representa un avance considerable en la ingeniería aplicada.

La investigación del modelo de estimación y seguimiento de posturas de cuerpo completo open source para la apreciación de altura, mediante el análisis exhaustivo de repositorios de universidades y base de datos de artículos académicos. Este proceso ha permitido identificar y seleccionar las herramientas y técnicas más adecuadas para el desarrollo del sistema.

Se ha logrado modificar con éxito los atributos de un modelo de estimación y seguimiento para la identificación de un infante a través de su estatura, mediante el uso de hardware y software inteligente. Este proceso ha implicado ajustes precisos en los parámetros del modelo para garantizar una detección y seguimiento precisos de los infantes, utilizando librerías como Mediapipe y OpenCV como principales bases para crear el sistema domótico.

Se desarrollo de un sistema domótico para la notificación de alertas desde el sistema inteligente de estatura de cuerpo hacia el personal de la guardería, utilizando protocolos de comunicación domóticos como lo es la comunicación mediante Wi-Fi y el uso de la plataforma de mensajería Telegram. Este sistema proporciona una solución efectiva para la detección y comunicación de situaciones de riesgo relacionadas con la seguridad de los infantes

Se verifico el funcionamiento del sistema domótico mediante pruebas de campo con el fin fundamental de validar su efectividad de respuesta y rápido accionamiento del cierre y apertura de ventana, con las pruebas realizas se determinó que el sistema tiene una eficacia del 75% en su funcionamiento total, para que este sistema funcione de mejor manera se tiene que depurar varias líneas de código y proponer más reglas de control y lineamientos al momento de hacer la detección mediante la cámara

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar la investigación en el ámbito de la inteligencia artificial y la domótica aplicada a la seguridad infantil. Mantenerse actualizado sobre los avances tecnológicos y las nuevas metodologías permitirá la mejora constante del sistema implementado, incorporando las últimas innovaciones en el campo.

Dada la rápida evolución de la tecnología, se sugiere explorar tecnologías emergentes, como sensores más avanzados o modelos de inteligencia artificial mejorados. La implementación de nuevas herramientas podría contribuir a una detección más precisa y a una mayor eficacia en la protección de los niños.

Fomentar la colaboración con instituciones educativas y expertos en seguridad infantil puede enriquecer el desarrollo del sistema. La retroalimentación directa de profesionales en el campo y la participación activa de educadores pueden brindar perspectivas valiosas para ajustar y mejorar el sistema según las necesidades específicas de cada entorno.

Es esencial adaptar el sistema a las normativas y estándares de seguridad pertinentes. Colaborar con organismos reguladores y seguir las pautas establecidas garantizará que el sistema cumpla con los requisitos legales y éticos, fortaleciendo así su aceptación y utilidad en entornos educativos.

Mejorar la interfaz de usuario del sistema puede aumentar su accesibilidad y facilidad de uso. Diseñar una interfaz intuitiva y amigable para el personal de la guardería facilitará la adopción del sistema, asegurando que sea una herramienta eficaz en la gestión diaria de la seguridad de los niños.

Realizar implementaciones piloto en diversas guarderías permitirá evaluar la adaptabilidad del sistema a entornos variados. La retroalimentación obtenida de estas pruebas en el mundo real contribuirá a perfeccionar el sistema para satisfacer las necesidades específicas de diferentes instituciones.

Evaluar la viabilidad económica del sistema y planificar estrategias de mantenimiento a largo plazo son aspectos cruciales. Asegurar que el sistema sea sostenible desde el punto de vista financiero y que cuente con un plan de mantenimiento efectivo garantizará su continuidad y efectividad a lo largo del tiempo.

Referencias Bibliográficas

(¿Qué es Python? - Explicación del lenguaje Python - AWS. 2018.) Amazon. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/#:~:text=Python%20es%20un%20lenguaje%20de,ejecutar%20en%20muchas%20plataformas%20diferentes>.

(Caídas - Estadísticas de Lesiones y Tasas de Incidencia, 2018.) Stanfordchildrens.org. Recuperado de <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=cadas-estadisticasdelesionesytasasdeincidencia-90-P06067>

(David G. Sisalima Castillo, 2015.) Edu.ec. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12390/1>.

(M. Torres Márquez, C. L. Fonseca Pelegrín, M. D. Díaz Martínez, O. A. del Campo Mulet, y R. Roché Hernández, 2019.) “Accidentes en la infancia: una problemática actual en pediatría”, Medisan, vol. 14, núm. 3, pp. 0–0, 2010.

(National committee for injury prevention and control, 2019.) Injury prevention: Meeting the Challenge. American Journal of Preventive Medicine 2000:4-301.

(¿Qué puede aportar la seguridad domótica a un hogar?, 2021.) ¿Qué puede aportar la seguridad domótica a un hogar? | SIMON. Recuperado de <https://www.simonelectric.com/blog/que-puede-aportar-la-seguridad-domotica-un-hogar>

(AlphaPose, 2017.) AlphaPose: Real-Time and Accurate Full-Body Multi-Person Pose Estimation&Tracking System.

(Dahua Technology - Leading video surveillance solution provider with CCTV produc, 2023.) Dahuasecurity.com. Recuperado de <https://www.dahuasecurity.com/es/>

(¿Qué es Raspberry Pi? ,2019.) Raspberry Pi; MCI Electronics. <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>

(Fernández, C, 2022.) ¿Qué es la tecnología Wifi? Características y cómo funciona. ABAMobile. <https://abamobile.com/web/tecnologia-wifi-que-es-y-caracteristicas/>

(Actuador de ventana by Shenzhen ZhaoWei Machinery & Electronics Co., Lt, 2019.) Directindustry.es. Recuperado de <https://www.directindustry.es/prod/shenzhen-zhaowei-machinery-electronics-co-lt/product-217841-2495474.html>

(Wikipedia contributors, 2018.) Sistema de control. Wikipedia, The Free Encyclopedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_control&oldid=150465118

(Los sistemas de seguridad - tipos, descripción y FAQ, 2021.) RecFaces. <https://recfaces.com/es/articles/que-es-sistemas-de-seguridad>

(Hernández Estrada Jose Isaac, Rivera Velázquez Josué Manuel, Yáñez Miguel Hugo Armando, 2018.) Ipn.mx. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10038/50>.

(BOGADO, Pedro Emmanuel, 2019.) Prototipo de un sistema domótico. Edu.ar. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/124929/>

(Alarcón Castro Héctor Eduardo, Coronado Peñaloza Milagros José, 2022.) Creación de una empresa de domótica y seguridad como un estilo de vida inteligente. Edu.co. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/53820/>

(Sarachu, E, 2023.) Domótica ¿Qué es la domótica? ¿Cómo funciona? Eficiencia Energética. <https://e-ficiencia.com/domotica-que-es-y-como-funciona/>

Anexos

```
import cv2
import mediapipe as mp
import time
from telegram import Bot
import os
import asyncio
import tkinter as tk
from PIL import Image, ImageTk
import imageio
import threading

mp_holistic = mp.solutions.holistic
holistic = mp_holistic.Holistic()

# Configuración de Telegram
TELEGRAM_BOT_TOKEN = '6750365922:AAE-g3qboYIiHwePn9JrcuQv6zN96UyTdAY'
TELEGRAM_CHAT_ID = '-4110760586'

bot = Bot(token=TELEGRAM_BOT_TOKEN)

cap = cv2.VideoCapture(0)

distancia_referencia = 200.0
altura_minima_objetivo = 1.0
altura_maxima_objetivo = 1.2

altura_metros_final = None
altura_cm_final = None
```

```

tiempo_inicio_rango = None

# Reconocimiento facial
dataPath = r'C:\Users\jeanr\Desktop\Universidad Politecnica
Salesiana\Trabajo de titulacion\Rostros\Data'
imagePaths = os.listdir(dataPath)
print('imagePaths=', imagePaths)

face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
face_recognizer.read('modeloLBPHFace.xml')

faceClassif = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.harcascades +
'haarcascade_frontalface_default.xml')

async def enviar_alerta(altura_metros, altura_cm, nombre_persona):
    mensaje = "¡Objetivo dentro del rango de estatura
detectado!\nAltura: {} metros {} centímetros\nNombre: {}".format(
        int(altura_metros), int(altura_cm % 100), nombre_persona
    )

    await bot.send_message(chat_id=TELEGRAM_CHAT_ID, text=mensaje)

    video_path = r'C:\Users\jeanr\Desktop\Universidad Politecnica
Salesiana\Trabajo de titulacion\Rostros\lego-bruh.GIF'

    thread_video = threading.Thread(target=show_video,
args=(video_path,))
    thread_video.start()

async def main():

```

```

global altura_metros_final, altura_cm_final, tiempo_inicio_rango

while True:
    ret, frame = cap.read()

    if not ret:
        break

    frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)

    results = holistic.process(frame_rgb)

    if results.pose_landmarks:
        landmarks = results.pose_landmarks.landmark
        min_height_point = min(landmarks, key=lambda landmark:
landmark.y)
        max_height_point = max(landmarks, key=lambda landmark:
landmark.y)

        altura_pixeles = (max_height_point.y -
min_height_point.y) * frame.shape[0]
        altura_cm = (altura_pixeles / frame.shape[0]) *
distancia_referencia
        altura_metros = altura_cm / 100.0

        if altura_minima_objetivo <= altura_metros <=
altura_maxima_objetivo and altura_metros_final is None:
            altura_metros_final = altura_metros
            altura_cm_final = altura_cm
            tiempo_inicio_rango = time.time()

```



```

        await enviar_alerta(altura_metros, altura_cm,
nombre_persona)

        elif altura_metros_final is None:
            tiempo_actual = time.time()
            if tiempo_inicio_rango and tiempo_actual -
tiempo_inicio_rango >= 10:
                print(f"Altura estimada de la persona:
{int(altura_metros)} metros {int(altura_cm % 100)} centímetros")
                tiempo_inicio_rango = tiempo_actual

            elif tiempo_inicio_rango and time.time() -
tiempo_inicio_rango >= 10:
                tiempo_actual = time.time()
                if tiempo_actual - tiempo_inicio_rango >= 10:
                    print(f"Altura de la persona final:
{int(altura_metros_final)} metros {int(altura_cm_final % 100)}
centímetros")
                    tiempo_inicio_rango = tiempo_actual

        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        auxFrame = gray.copy()

        tracked_faces = []

        faces = faceClassif.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.3,
minNeighbors=2, minSize=(100, 50))

        for (x, y, w, h) in faces:
            rostro = auxFrame[y:y + h, x:x + w]

```

```

    if (x, y, w, h) in tracked_faces:
        continue

    result = face_recognizer.predict(rostro)

    if result[1] < 60:
        if 0 <= result[0] < len(imagePaths):
            nombre_persona =
imagePaths[result[0]].split(".")[0]
        else:
            nombre_persona = "Persona Desconocida"

            cv2.putText(frame, '{}'.format(nombre_persona), (x, y
- 25), 2, 1.1, (0, 255, 0), 1, cv2.LINE_AA)
            cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255,
0), 2)

            tracked_faces.append((x, y, w, h))
        else:
            cv2.putText(frame, 'Desconocido o Baja Confianza',
(x, y - 20), 2, 0.8, (0, 0, 255), 1, cv2.LINE_AA)
            cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0,
255), 2)

    cv2.imshow('Webcam', frame)

    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == 27:
        break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

```

def show_video(video_path):
    root = tk.Tk()
    root.title("Video")

    cap = imageio.get_reader(video_path)

    canvas = tk.Canvas(root, width=640, height=480)
    canvas.pack()

    def update(frame_number):
        try:
            frame = cap.get_data(frame_number)
            frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_RGB2BGR)
            photo = ImageTk.PhotoImage(image=Image.fromarray(frame))
            canvas.create_image(0, 0, anchor=tk.NW, image=photo)
            canvas.photo = photo
            root.after(30, update, (frame_number + 1) % len(cap))
        except imageio.core.format.CannotReadFrameError:
            root.destroy()

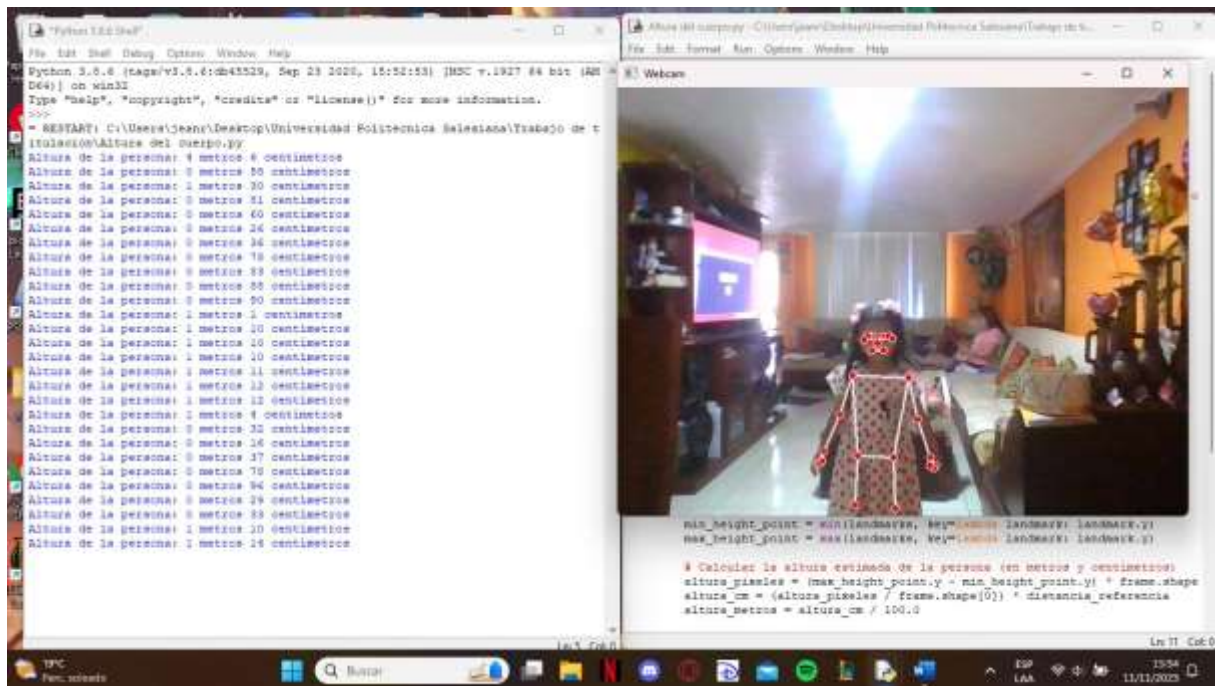
    update(0)
    root.mainloop()

if __name__ == "__main__":

    thread_cam = threading.Thread(target=asyncio.run, args=(main(),))
    thread_cam.start()

```

Anexo 1. Código Fuente



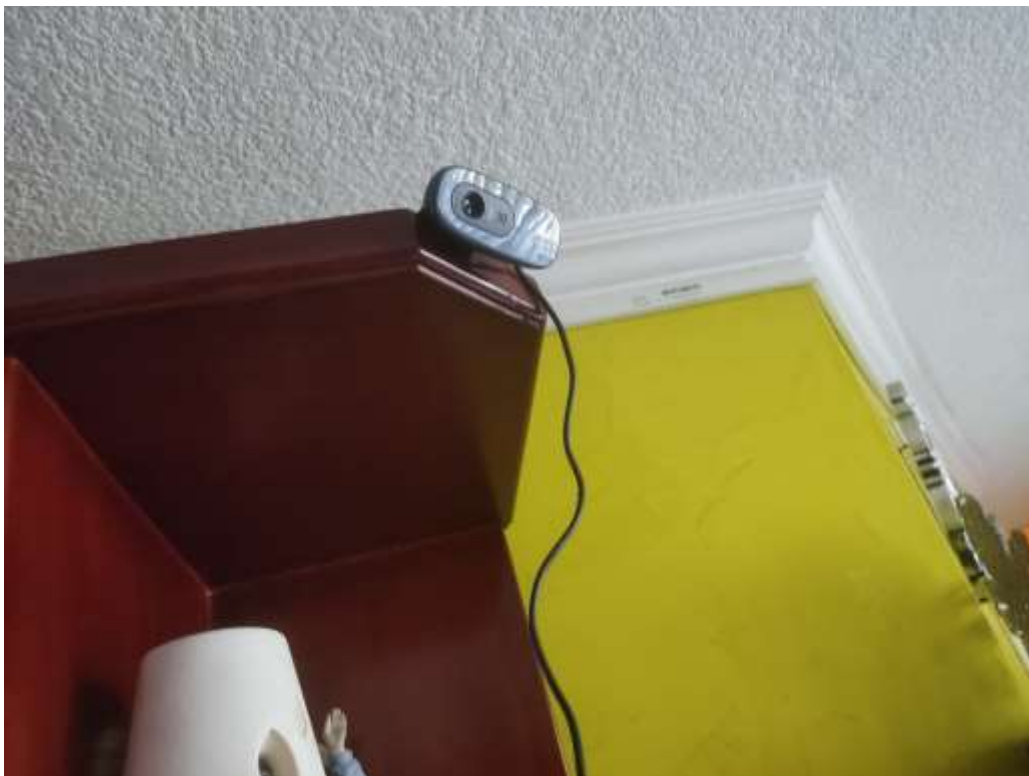
Anexo 2. Pruebas de Medición y estimación de altura



Anexo 3. Primeras Pruebas de Emisión de alarma mediante Telegram



Anexo 4. Conexión Raspberry Pi 4



Anexo 5. Disposición de la cámara



Anexo 6. Distancia de los 3 niños de la guardería con referencia a la ventana



Anexo 7. Simulación de acercamiento a la ventana de un niño mientras sus compañeros realizan sus actividades