



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**INTEGRACIÓN DE SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO FACIAL Y TEMPERATURA PARA PACIENTES CON
COVID-19 EN HONDURAS**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21611008 ANDREA NICOLE SORTO LÓPEZ

21611244 TANIA CAROLINA MÁRQUEZ BUESO

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ

CAMPUS: SAN PEDRO SULA;

ABRIL, 2020

DEDICATORIA

ANDREA SORTO:

Este trabajo de investigación es dedicado primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta aquí, con esfuerzo y dedicación.

A mi madre, por ser mi motor y fuente de motivación diaria, por sus sacrificios, paciencia y amor para convertirme en la persona que soy y ayudarme a cumplir mis sueños.

TANIA MÁRQUEZ:

A los médicos del país que día a día ponen en riesgo su vida en servicio de la población y que por medio de estas herramientas puedan seguir realizando su labor tan vital en estos tiempos.

A Dios, y a mis padres que con tanto esfuerzo me dieron la oportunidad de realizar mis estudios en una universidad tan prestigiosa como UNITEC.

AGRADECIMIENTOS

ANDREA SORTO:

Quiero agradecer primeramente a Dios por la bendición de culminar de su mano, una etapa importante de mi vida. Gracias a mi madre Blanca López, que con mucho esfuerzo me ha sacado adelante, por acompañarme en este camino y nunca abandonarme, por ser mi mayor ejemplo de superación y trabajo duro, sin ella nada de esto sería posible. A mi abuelita Blanca, por ser fuente de sabiduría y amor incondicional. A mi tío Jorge Paz, por su apoyo a lo largo de mis estudios universitarios, por sus consejos, conocimientos y cariño de padre. Gracias a Lorvis Trejo por su paciencia y amor, por acompañarme en este trayecto y motivarme a nunca darme por vencida y lograr todo lo que me proponga. Por último, pero no menos importante a mi amiga y colega Tania Márquez por ser esa compañera y apoyo durante cinco años, y compartir juntas este logro.

TANIA MÁRQUEZ:

Mis agradecimientos van dirigidos a Dios por bendecirme con padres maravillosos que a pesar de las dificultades siempre han procurado con sacrificio, brindarme la mejor educación y así poder forjar una carrera profesional exitosa. Quienes además han creído en mí y en mis capacidades, lo que me ha motivado a esforzarme al máximo en mis estudios. A mis hermanos, que a pesar de la distancia han sido un apoyo constante en esta etapa de mi vida. A mi compañera Andrea Sorto con quien hemos formado una amistad y un equipo de trabajo basado en el apoyo mutuo, esfuerzo y compromiso en cada asignación a lo largo de estos años para llegar hasta donde estamos hoy, compartiendo uno de los últimos logros de nuestra carrera profesional.

Asimismo, le agradecemos a nuestro asesor académico el Ing. José Luis Ordóñez por su apoyo, recomendaciones y dedicación para con nuestro proyecto.

EPÍGRAFE

"No tengas miedo. Empodérate con una buena educación, y utiliza esa educación para construir algo que valga la pena."

-Michelle Obama

RESUMEN EJECUTIVO

La industria de la medicina se encuentra en una lucha constante para hacer frente a esta pandemia, los trabajadores de salud de honduras se reducen, los médicos y las enfermeras se infectan con COVID-19. Es así como la inteligencia artificial, a través de diferentes tecnologías como la visión artificial, robótica, deep learning y machine learning han jugado un papel importante en el ámbito médico brindando herramientas de software para laborar con mayor precisión y menor riesgos de exposición del personal sanitario. Por lo que el interés de implementar la Inteligencia Artificial como medio para combatir dicha pandemia, es cada vez mayor y a su vez, necesaria. El propósito principal de este proyecto es el diseño y desarrollo de software que realiza reconocimiento facial y registro de temperatura para pacientes. El modelo incremental se utilizó para desarrollar el software. El algoritmo fue entrenado con 15 imágenes por persona, lo que resultó en un reconocimiento exitoso en 9 de cada 10 personas registradas a una distancia máxima de 1,4 metros. Finalmente, se concluye que el sistema puede implementarse en áreas de salud como laboratorios, hospitales y clínicas para reducir el contacto entre pacientes y médicos.

Palabras clave: reconocimiento facial, red neuronal, temperatura, inteligencia artificial, COVID-19 Honduras.

ABSTRACT

Honduras health workers are reduced, doctors and nurses are getting infected by COVID-19. The medical industry is in a constant struggle to fight and look ahead against this disease. This is how artificial intelligence have played an important role in the medical field, through different technologies such as artificial vision, robotics, deep learning, and machine learning, providing software tools to work with accuracy and less risk of exposure for healthcare personnel. Therefore, the interest in implementing Artificial Intelligence as a solution to help and fight against this pandemic is increasing and necessary as well. The primary purpose of this project is the design and development of software that performs facial recognition and temperature registration for patients. The incremental model was used to develop the software. The algorithm was trained with 15 images per person, resulting in a successful recognition in 9 out of 10 people registered at a maximum distance of 1.4 meters. Finally, the authors conclude that the system can be implemented in health areas such as laboratories, hospitals, and clinics so that contact between patients and doctors can be reduced.

Key words: facial recognition, neural network, temperature, artificial intelligence, COVID-19 Honduras.

Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Precedentes del problema	3
2.2 Descripción del problema	5
2.3 Justificación	5
2.4 Preguntas de investigación	6
2.5 Objetivos	6
2.5.1 Objetivo General.....	6
2.5.2 Objetivos Específicos.....	6
III. MARCO TEÓRICO	8
3.1 COVID-19	8
3.1.1 Síntomas	9
3.1.2 Propagación	9
3.1.3 Diagnóstico.....	12
3.1.4 María Elena Botazzi	13
3.1.5 Impacto económico y social.....	15
3.2 Inteligencia Artificial	18
3.2.1 Antecedentes.....	18
3.2.2 IA frente a la problemática del Covid-19.....	23
3.2.3 Visión Artificial	29
3.2.4 Machine Learning	32
3.2.5 Deep Learning.....	34
3.3 Biometría	35
3.4 Reconocimiento Facial	36
3.4.1 Reconocimiento facial en video.....	37
3.4.2 Etapas del reconocimiento facial.....	38
3.4.3 Algoritmo de Viola-Jones	40
1.1.2 <i>Eigenfaces</i>	45
1.2 Redes Neuronales	47
1.2.1 Neurona biológica.....	47

1.2.2	Neurona artificial	48
1.3	Comunicación por radiofrecuencia	51
1.4	Software.....	53
1.4.1	Python	53
1.4.2	OpenCv	54
1.4.3	Visual Studio.....	56
1.4.3.2	Lenguaje C#	57
1.4.4	Microsoft Access.....	58
1.5	Hardware.....	58
1.5.1	ATmega	58
1.5.2	Raspberry Pi.....	60
1.5.3	Sensores.....	64
1.5.4	Cámaras FPV.....	69
IV.	METODOLOGÍA.....	71
4.1	Enfoque	71
4.2	Variables de investigación.....	71
4.3	Técnicas e instrumentación	72
4.4	Materiales	73
4.5	Metodología de Estudio.....	73
4.5.1	ETAPA I: DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE	74
4.5.2	ETAPA II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS.....	75
4.5.3	ETAPA III: DETECCIÓN DE TEMPERATURA.....	76
4.6	Cronograma	77
V.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	79
5.1	Primer Incremento: Reconocimiento Facial	79
5.1.1	Análisis NIVEL 1:	79
5.1.2	Diseño NIVEL 1:	79
5.1.3	Programación NIVEL 1:.....	81
5.1.4	Pruebas NIVEL 1:.....	83
5.2	Segundo Incremento: Implementación de Base de Datos.....	85
5.2.1	Análisis NIVEL 2:	85

5.2.2 Diseño NIVEL 2:	86
5.2.3 Programación NIVEL 2:	88
5.2.4 Pruebas NIVEL 2:.....	91
5.3 Tercer Incremento: Detección de Temperatura.....	99
5.3.1 Análisis NIVEL 3:	99
5.3.2 Diseño NIVEL 1:	100
5.3.3 Programación NIVEL 3:.....	101
5.3.4 Pruebas NIVEL 3:.....	103
VI. CONCLUSIONES.....	106
VII. RECOMENDACIONES.....	107
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	123
MANUAL DE USUARIO.....	131
Funcionamiento del sistema.....	131

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se divide en diferentes capítulos que formarán parte del proceso para llegar al proyecto final, por lo que a continuación se dará una breve introducción de lo que comprenderá cada etapa:

Capítulo II. Planteamiento del Problema

En esta sección se presentará el origen de la problemática, tomando como punto de partida la situación actual del COVID-19. Entre los aspectos a mencionar, se expone que el brote de dicho virus fue originado en Wuhan, China a finales del año 2019 y se transformó rápidamente en una pandemia causando el colapso del sistema de salud en muchos países. Esto ha generado la incertidumbre de miles de personas ante un virus tan inesperado, debido a su forma de contagio tan rápido que causa fuertes síntomas respiratorios. A partir de junio de 2020, el virus se ha extendido por todo el mundo en más de 200 países, con más de 7,185,573 millones de personas infectadas.

Capítulo III. Marco Teórico

En este capítulo se plantearán las bases científicas y fundamentos en las que se sustenta el proyecto. Dentro de ellas, se incluirá la importancia de la Inteligencia Artificial como tecnología emergente en el campo de la medicina, que ha contribuido efectivamente al control y la lucha contra el virus a través del análisis e interpretación de imágenes permitiendo la creación de soluciones más rápidas y efectivas en comparación con otras operaciones en las que la carga recae sobre los humanos.

Capítulo IV. Metodología

La metodología que se pretende utilizar es la Incremental puesto que el proyecto se orienta en un 90% al desarrollo de un software y esta es la que más se basa en dicho aspecto. Ya que posibilita el hecho de obtener resultados de forma progresiva, con incrementos independientes y como ventaja permite ir verificando la funcionalidad de cada uno antes de avanzar con el siguiente incremento. En esta parte, es donde se plantearán dichos incrementos para dividir las tareas correspondientes, así como también las variables de estudio que se evaluarán en cada etapa.

Capítulo V. Análisis y Resultados

Esta investigación se centró en el desarrollo de una alternativa tecnológica como apoyo al combate y control del COVID-19, a través de un sistema que combinará Inteligencia Artificial mediante la implementación del reconocimiento facial de una persona, con el fin de almacenar la información dentro de una base de datos y que permita al usuario el censo de la temperatura corporal del mismo. En esta etapa se realizarán pruebas cuantitativas con diferentes personas de manera que se pueda garantizar el correcto funcionamiento del sistema y posteriormente se mostrarán los resultados obtenidos una vez finalizado.

Capítulo VI. Conclusiones

Con el impacto del virus a nivel global, especialmente en Honduras la puesta en marcha de un sistema basado en visión artificial sería una solución viable para el control de la enfermedad, de igual manera reducir el posible contagio del personal médico quienes son los más expuestos y se encuentran más vulnerables ante esta pandemia.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el siguiente capítulo definiremos en que consiste nuestro problema, exponiendo los principales aspectos que generan esta problemática, dando a conocer una justificación detallada del porque se eligió este tema, los beneficios que se pueden esperar, estructuraremos nuestros objetivos y que se pretende alcanzar y el impacto que puede ocasionar al final de la investigación.

2.1 Precedentes del problema

La pandemia global del Covid-19 a diferencia de otras enfermedades virales, como la Gripe Española del siglo pasado, su propagación ha evolucionado de forma exponencial en cuestión de semanas provocando el colapso total del sistema de salud en muchos países (Keesara et al., 2020). Es por ello, que se ha alcanzado un alto nivel de convergencia de diferentes tecnologías emergentes alrededor del mundo, específicamente en países de alto crecimiento, es decir, potencias mundiales como ser China y Estados Unidos, al igual que en países como Taiwán, Corea del Sur, entre otros. Los cuales apuntan hacia el desarrollo de nuevos avances vanguardistas, optimizando y alcanzando la progresión tecnológica de tendencias como el IoT (Internet of Things), el Big Data y la IA (Inteligencia Artificial).

Ante el brote del virus, la Inteligencia Artificial, ha sido una herramienta clave para proporcionar múltiples soluciones que sirven de apoyo para quienes están al frente de la crisis, soluciones que van desde la prevención y detección de posibles apariciones del virus, tal es el caso de BlueDot, software que fue capaz de predecir la existencia del virus días antes de ser confirmado en Wuhan. Hasta su utilidad en el diagnóstico de la enfermedad, como el caso de Infervision, el cual por medio de tomografías computarizadas (CT) prepara al software con análisis de comparación para que éste sea lo suficientemente preciso al encontrar anomalías o problemas pulmonares y determinar la presencia del Covid-19.

Cabe destacar que otra de las aplicaciones donde la IA ha obtenido fundamental relevancia es en la identificación de síntomas en personas infectadas lo que permite mantener un control masivo del virus de manera rápida y efectiva para evitar su propagación. En el caso de Estados Unidos, hospitales como el Tampa General Hospital hace uso de tecnología de IA diseñado para detectar síntomas de fiebre en visitantes con un escaneo facial. (Council, 2020).

En China, han sido los pioneros en la implementación de sistemas de reconocimiento facial que incluyen cámaras térmicas con el fin de detectar uno de los principales síntomas: la fiebre alta. Por ende, cuenta con las compañías que han liderado la IA en el campo de la biometría como SenseTime, Meg Vii y Baidu que cuentan con algoritmos de machine learning en operaciones de reconocimiento facial, detección de fiebre y temperatura (Carlaw, 2020). Otra de las medidas adoptadas es el tema de los policías, quienes utilizan cascos especiales capaces de censar la temperatura de una persona a una distancia aproximada de 5 metros, en las principales ciudades (Jakhar, 2020). Por otra parte los escáneres térmicos están siendo instalados en la mayoría de las estaciones de tren y aeropuertos para identificar posibles contagiados y restringir su acceso a distintos medios de transporte, obligándolos a cumplir con el aislamiento requerido (Kummitha, 2020).

Total Confirmados			
738			
Casos			
Por Departamento			
Departamentos	Infectados	Muertos	Recuperados
Atlántida	22	3	14
Choluteca	6	0	0
Colón	29	1	6
Comayagua	4	0	0
Copán	1	0	0
Cortés	543	53	24
El Paraíso	1	0	0
Francisco Morazán	81	2	42
Intibucá	5	1	0
La Paz	2	0	0
Lempira	5	1	0
Santa Bárbara	12	2	2
Valle	1	0	0
Yoro	26	3	0

Ilustración 1. Total, de casos confirmados con COVID-19 en Honduras a la fecha 1 de mayo 2020

Fuente: (COVID-19 Honduras - OFICIAL | Coronavirus en Honduras, s. f.)

En el territorio hondureño, se confirmaron los dos primeros casos de Covid-19 el 11 de marzo según informó el Despacho de Comunicaciones y Estrategia Presidencial, en conjunto han compartido estadísticas correspondientes a los casos confirmado hasta el momento en su

distribución geográfica, mostrados en la Ilustración 1, lo que demuestra que existe un mayor contagio en el departamento de Cortés.

Según noticias emitidas por La Prensa el 21 de abril, se confirmó el hecho de que San Pedro Sula es la ciudad más afectada con crecientes casos que han llegado a 106 barrios y colonias, (Diario La Prensa, s. f.) La cantidad de casos confirmados son alarmantes y el hecho de que las cifras mortales aumenten a diario es angustiante. Según la Embajada de Estados Unidos en Honduras, el reporte de la primera muerte a causa del Covid-19 fue emitido el 26 de marzo de 2020, (Embajada de Estados Unidos en Honduras, 2020).

2.2 Descripción del problema

Generalmente los pacientes infectados por COVID-19 presentan un cuadro de fiebre alta, por lo que una de las medidas adoptadas ha sido el control y monitoreo de la temperatura corporal para detectar su contagio. Los termómetros convencionales y escáneres que se están implementando en la actualidad, se realizan de forma individual para cada persona lo que requiere de un mayor tiempo para reflejar los resultados obtenidos en un grupo alto de personas, así como también la exposición de personal sanitario a la saturación de personas en lugares públicos, esto interfiere directamente con el distanciamiento social recomendado. Por ello, es de vital importancia desarrollar una alternativa tecnológica capaz de realizar lecturas en masas simultáneamente y con precisión en lugares de alto tráfico de personas, y a su vez que disminuya las posibilidades de contagio.

2.3 Justificación

En Honduras, a diferencia de otros países más desarrollados, los planes de contingencia para combatir la pandemia del COVID-19 siguen siendo un tanto tradicionales de manera que el proceso de prevención y detección son muy lentos, lo que solamente incrementa la curva de propagación en el país. Es por ello, que se deben comenzar a implementar medidas que ayuden a la contención del virus en lugares donde hay más tránsito de personas como ser los supermercados, bancos, maquilas, escuelas, aeropuertos, entre otros. Con el avance de la tecnología y en pleno siglo XXI se puede hacer uso de la Inteligencia Artificial para lograr el desarrollo de sistemas en pro de la salud de la población, en especial en nuestro país donde la

mayoría de la población se encuentra expuesta en zonas vulnerables. Los métodos convencionales deben ser reemplazados por unos más efectivos y que en la medida de lo posible disminuyan la necesidad de romper con el distanciamiento social establecido por los protocolos de sanidad emitidos por el gobierno.

Debido a que uno de los principales síntomas que presentan las personas infectadas por el virus es la fiebre alta, se tiene especial interés en la detección temprana de la misma, puesto que posibilita la ejecución de métodos de prevención para evitar la propagación de este. Por el estado de emergencia que representa dicha enfermedad, es preciso impulsar el sistema de salud de tal modo que logre escalar a un alto nivel de eficiencia, por ende, es imprescindible el apoyo en avances tecnológicos basados en Inteligencia Artificial.

2.4 Preguntas de investigación

- ¿Qué tecnologías se están implementando en la actualidad para combatir el COVID-19?
- ¿Cuáles son las características de reconocimiento facial dentro del campo de la Visión Artificial?
- ¿Qué tipo de sensor es apto para la aplicación de medir la temperatura de las personas, pero a su vez, evitar el contagio entre personas por el COVID-19?
- ¿Cuáles son las características de los hardware que se pueden implementar para dicho sistema?
- ¿El software puede ser apto para aplicaciones médicas?

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo General

Diseñar un software para la creación de un sistema de reconocimiento facial y detección de temperatura para monitoreo de la fiebre como síntoma general del COVID-19.

2.5.2 Objetivos Específicos

- Detallar la importancia del uso de tecnologías basados en Inteligencia Artificial para combatir el COVID-19.

- Verificar las variantes que se toman en consideración para lograr precisión en los datos obtenidos por parte del sistema de reconocimiento facial.
- Establecer los factores externos que influyen en las mediciones obtenidas por el sensor de temperatura
- Realizar una evaluación del hardware para determinar las características de precisión y rapidez en el procesamiento de datos.
- Determinar la viabilidad del sistema para reconocer personas utilizando máscaras respiratorias.

III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expondrán de manera detallada los conceptos necesarios para comprender y sustentar los objetivos de la investigación para lograr interpretar y analizar los resultados obtenidos y poder comprender mejor la teoría que valida el proyecto. Para adentrar un poco en contexto es importante establecer la problemática actual ocasionada por el virus del Covid-19 en nuestro país y en el mundo, detallar la manera en la que la inteligencia artificial ha aportado soluciones con el fin de combatir la pandemia, explicar los distintos campos de la inteligencia artificial centrándonos principalmente en el área de visión artificial y reconocimiento y detección de rostros, los distintos métodos y algoritmos que se implementan para óptimo reconocimiento de rostros, así como los distintos programas que sirven para la creación del software y establecer las características principales los componentes físicos a utilizar en el desarrollo del proyecto de investigación.

3.1 COVID-19

Según la OMS, los coronavirus forman parte de un grupo diverso de virus característicos por provocar algunas enfermedades contagiosas similares a un resfriado común, que en el peor de los escenarios pueden provocar síntomas más severos como la neumonía. Consisten en material genético protegidos por una capa que contiene proteína en forma de coronas a su alrededor, a esta razón se debe su nombre "coronavirus", (Secretaría de Salud, s. f.). Existen diferentes tipos de coronavirus algunos de los más conocidos son el MERS-COV y el SARS-COV los cuales surgieron en el continente asiático en las últimas décadas transmitiéndose a la población de manera zoonótica, es decir, de animal a humano, (Cui et al., 2019)

El Covid-19 es una nueva cepa de coronavirus, se trata de una enfermedad infecciosa en la mayoría de los casos de carácter respiratorio que se ha esparcido rápidamente alrededor del mundo. Los antecedentes comprueban que este tipo de coronavirus no había sido encontrado en el ser humano antes. Los primeros casos de neumonía se comunicaron a la OMS en Wuhan, una ciudad situada en la provincia china de Hubei, el 31 de diciembre de 2019, (OPS/OMS, s. f.). El 11

de marzo, la OMS confirmó la evolución de la epidemia y declaró al COVID-19 como pandemia mundial.

Se estima que el período de incubación que presenta el COVID-19 es de aproximadamente 5 días, a partir de ahí dependiendo de cada caso puede desarrollar síntomas después de 14 días, (Linton et al., 2020)

3.1.1 Síntomas

La página oficial de la Organización Mundial de la Salud afirma que el virus afecta de diferente manera a cada persona, principalmente aquellas que presentan historial de enfermedades respiratorias o crónicas. La población que se encuentra más vulnerable a contraer este virus son las personas mayores a 60 años, ya que pueden contagiarse de la enfermedad presentando más complicaciones o incluso perder la vida.

Dentro del diagnóstico del Covid-19, los síntomas más comunes son: la fiebre alta, la tos seca y el cansancio, sin embargo, estos síntomas pueden relacionarse a otro tipo de virus o al resfriado común que ocasiona síntomas similares y en ocasiones puede resultar difícil de diagnosticar si no se ha realizado una prueba previamente.

Otro de los síntomas que se pueden desarrollar en el progreso de la enfermedad son la dificultad de respirar, dolor muscular, diarrea y dolor de garganta. También es posible que los infectados por esta nueva forma de coronavirus sean asintomáticos, es decir, que no presenten síntomas visibles pero que de igual forma son portadores y pueden transmitirlo a demás personas.

3.1.2 Propagación

La OMS, ha confirmado que las principales vías de propagación en la que una persona puede contraer el virus son por contacto de una persona infectada con otra, por medio de gotas que se desprenden de las vías respiratorias ya sea nariz o boca al momento de estornudar, toser e inclusive al hablar. Para evitar que esto suceda, se determinó el aislamiento como medida para

personas con un diagnóstico positivo, pero tomando en cuenta el caso de la cantidad de personas asintomáticas esto no ha resultado efectivo.

Igualmente se estableció mantener un distanciamiento de 3 metros de una persona con otra, pero dado su fácil contagio, esto no ha sido suficiente. Como consecuencia, se ha optado por la implementación obligatoria de medidas como la restricción de actividades y confinamiento que es a lo que se le conoce como cuarentena. Dentro de otras recomendaciones sanitarias sugeridas es importante el uso de agua y jabón para el lavado de manos o como alternativa desinfectarlas a base de alcohol. También es esencial que los profesionales al frente de la pandemia que brindan asistencia médica reciban un entrenamiento previo para evitar la infección mutua tanto de pacientes, compañero como del propio equipo médico. (Silva et al., 2020)

Su propagación se puede observar en un panorama mundial gracias a tecnologías de acceso público como la desarrollada por La Universidad de Johns Hopkins, que utiliza un mapa de seguimiento en tiempo real para establecer el avance de propagación enumerando los casos confirmados por el COVID-19 ubicándolos por país y ciudad como se muestra en la Ilustración 2. Debido a que estos datos están en constante cambio segundo tras segundo, el sistema se basa en la recopilación de datos estadísticos. Dichos datos son actualizados por la OMS, Comisión Nacional de Salud de China y otras entidades que manejan datos verídicos respecto a los sistemas de salud de cada país. (Andrew, 2020)

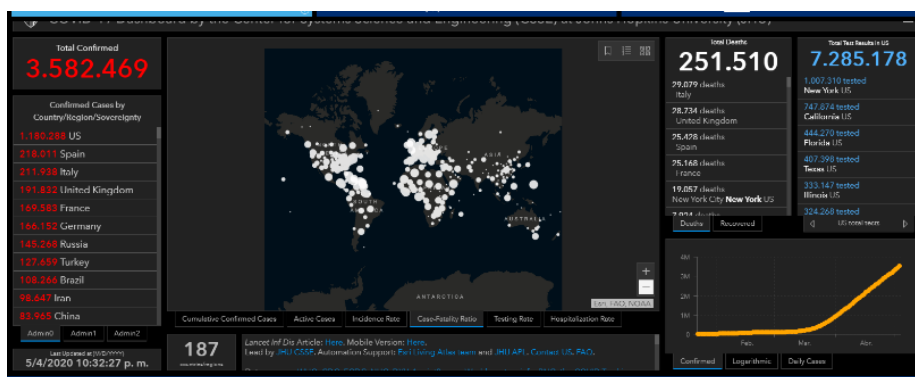


Ilustración 2. Interfaz de Mapeo de la Universidad John Hopkins con datos sobre el COVID-19 consultados el 4 de mayo 2020

Fuente: John Hopkins Resource Center

Según datos estadísticos de la Universidad de Johns Hopkins en el mapa mostrado en la Ilustración 2. Interfaz de Mapeo de la Universidad John Hopkins con datos sobre el COVID-19 consultados el 4 de mayo 2020 (JHU, 2020), el virus se ha propagado a nivel mundial de manera rápida en cuestión de tres meses provocando la muerte de miles de personas. Esta pandemia ha amenazado a los países del mundo entero y su trascendencia ha golpeado fuertemente en mayor escala a países como Italia, Francia, Estados Unidos, España y Reino Unido, en comparación con los demás, con índices alarmantes de infectados y muertes diarias.

Dichas estadísticas se pueden resumir en el gráfico de la Ilustración 3:



Ilustración 3. Número de Muertes por COVID-19 en los 10 países más afectados, consultados a principios de mayo 2020

Fuente: Propia

Dichos datos muestran que desafortunadamente, Italia lidera en el número de víctimas mortales a causa de la pandemia con un total de más de 29 mil muertes a nivel mundial, a principios de mayo del año 2020. Seguido del Reino Unido con más de 28,000 mil y Francia en conjunto con España presentan índices de más de 25 mil. En quinto lugar, encontramos el caso de Estados Unidos con más de 19,000 mil muertos, especialmente en la ciudad de Nueva York. Y seguidamente Bélgica, Brasil, Alemania, Irán y Países Bajos consecutivamente que conforman los 10 países más afectados por el COVID-19.

3.1.3 Diagnóstico

Actualmente, existen distintos tipos de pruebas que permiten detectar la presencia del coronavirus en una persona, unas más avanzadas que otras, pues queda claro que es una enfermedad desconocida y que requiere de estudios exhaustivos que han sido cambiantes a lo largo de estos meses. Algunas de estas pruebas son:

3.1.3.1 PCR

La técnica de PCR (reacción en cadena de polimerasa) es un procedimiento usado para aumentar segmentos de ADN de manera de localizar un patógeno, en este caso de ARN y verificar si contiene el virus, (Alliance & Screening Services, 2009). La prueba consiste en hacer múltiples copias de fragmentos del ADN de esta manera se puede visualizar el virus. Este método también permite cuantificar las copias de virus por mililitro, (López-Goñi, 2020). Para dicho análisis se toman muestras en partes claves de las vías respiratorias, las más comunes son tomadas con hisopos en la nariz y garganta, ya sea combinadas o examinadas por separado, (Patel et al., 2020)

3.1.3.2 Análisis de anticuerpos

Esta técnica pone a prueba el sistema inmunitario para detectar un posible contacto con la enfermedad. Para ello, se analiza una muestra de sangre en la que al estar expuesta al virus se pueda examinar la respuesta inmune generada. De ser positiva la reacción entre los anticuerpos y el virus, se observará como estos se adhieren a las proteínas del virus. Una vez que esto suceda, se confirma científicamente que el sistema inmune de la persona ha estado expuesto a la enfermedad anteriormente, y como mecanismo de defensa ha generado los anticuerpos para combatirlos. Posteriormente se pueden deducir tres posibles escenarios: ya sea que la persona actualmente esté infectada, que se haya recuperado o que probablemente presente un cuadro asintomático. Una de las desventajas que presenta este test es que los anticuerpos que se pueden detectar necesitan varios días para ser producidos por el organismo por lo que la enfermedad en etapa temprana puede no dar positivo en el examen, (López-Goñi, 2020).

3.1.3.3 Escáner CT

Este método es utilizado para diagnosticar posible neumonía en pacientes y determinar si los resultados son positivos del virus, muestra una precisión del 92% en comparación pruebas realizadas por PCR las cuales toman hasta una semana en analizarse, (Long et al., 2020). El análisis es capaz de demostrar anormalidades pulmonares de manera que se pueda brindar tratamiento y seguimiento médico a los pacientes afectados, (Cui et al., 2019). Las imágenes TC de tórax obtenidas resultan ser de gran utilidad para realizar estudios y comparaciones respecto a los tipos de coronavirus existentes y descartar la existencia de posibles enfermedades respiratorias que no forman parte del cuadro de síntomas relacionados al Covid-19.

El medico Kuan Chen afirma que los médicos ya no necesitan participar en el largo proceso de lectura manual de imágenes para identificar casos de alto riesgo, mientras que los pacientes se expongan a poder infectar a otras personas y personal médico. Estos medios de CT computarizada con IA reducen el tiempo de lectura y análisis, le brindan a un médico mayor rapidez para tomar una decisión precisa.

Actualmente no hay un medicamento o vacuna para combatir el COVID-19 y que esté clínicamente aprobada, si bien es cierto hay pocos medicamentos evaluados que han resultado en la recuperación clínica. (Shereen et al., 2020) Un tipo de vacuna con viabilidad comprobada son las que se componen a base de plantas con resultados prometedores en la evaluación de pacientes clínicos. Las vacunas a base de células vegetales son otra vía para el desarrollo de líneas productoras de antígenos por lo que su bajo costo, fácil adquisición e inducción de inmunidad de la mucosa son características que la hacen atractiva. (Rosales-Mendoza et al., 2020)

3.1.4 María Elena Botazzi

Una científica de renombre conocida por sus altos aportes al área de la medicina. Nacida en Italia, pero con descendencia hondureña por parte de su padre y fue criada en Honduras. Realizó sus primeros estudios de Licenciatura microbiología y química clínica en la Universidad Autónoma de Honduras. Posteriormente obtuvo su título de doctorado en la Universidad de Florida en

inmunología molecular y patología experimental, posteriormente concluyó sus estudios de Posdoctorado en las Universidades de Miami y Pensilvania.(Navas, 2020)



Ilustración 4. María Elena Botazzi

Fuente: (López Sánchez, 2020)

Entre su historial profesional, es Decano Asociado de la Escuela Nacional de Medicina Tropical, Codirectora del Centro de Desarrollo de Vacunas del Texas Children's Hospital en BCM y es profesora de pediatría, virología molecular y microbiología del Colegio Baylor de Medicina. Actualmente, forma parte del grupo del Covid-19 Clinical Research Coalition, como lo confirma el sitio web. Este grupo lo constituyen científicos de diferentes nacionalidades comprometidos con el desarrollo de la vacuna que ofrezca inmunidad para el coronavirus actual, científicamente conocido como SARS-CoV-2.

Cabe destacar que María Elena en asociación con Peter Horte, habían desarrollado avances significativos entre los años 2011 y 2016 en la búsqueda de vacunas en estudios científicos para el desarrollo del coronavirus del SARS que tuvo brote de epidemia en el 2003, que en su momento no fue objeto de interés para las farmacéuticas y si bien es cierto, presenta algunas diferencias moleculares con el coronavirus actual ven la oportunidad que dichos avances sirvan de apoyo para el surgimiento de una posible vacuna.

En una entrevista realizada por Gonzalo López Sánchez para ABC ciencia, Botazzi resalta la importancia de la vacunación para combatir enfermedad graves y prevenirlas.(López Sánchez, 2020) Sus avances científicos en asociación con Peter en el desarrollo de vacunas para enfermedades tropicales y que por lo general reciben poca atención, son investigaciones sin

ánimos de lucro para garantizar que puedan tener un acceso global en los lugares donde más se necesiten.

Relata que en el caso del COVID-19 la cosa cambia puesto que entran en juego los intereses de la industria privada que posee la potestad intelectual y que no asegura que realmente dichas tecnologías serán accesibles. También puede representar el riesgo de que nada garantiza que vayan a funcionar, al igual que se debe tomar en cuenta los efectos secundarios que ocasionarían con el tiempo o puede existir el caso que ninguna compañía tenga tecnología para producirlas a gran escala.

Expone a su vez, que entre los avances que se tienen por ahora, respecto al covid-19 se encuentra el hecho de conocer a ciencia cierta que el suero con anticuerpos de personas que han sido infectadas con el SARS tiene efectividad para la neutralización del SARS-CoV-2, lo que producirá a su vez el bloqueo de la célula receptora al que el virus se adhiere. A su vez, se habla de una protección cruzada dado que los anticuerpos para el SARS con respecto al otro virus. Dichos avances contribuyen de manera significativa el reto científico que representa el virus actual.

María Elena hace énfasis en el balanceo de ser hondureña e italiana a la vez y el hecho de trabajar en Estados Unidos no debe crear una percepción errónea que no le importa su país. (Navas, 2020) Siendo fuente de inspiración en nuestro país poniendo en alto sus raíces hondureñas.

3.1.5 Impacto económico y social

A medida las cifras van aumentando a través de los días existe el riesgo de colapso en el sistema de salud y es aquí donde radica la importancia de evitar su propagación a toda costa. En el caso de Honduras donde actualmente se presenta un número menor de casos mortales que de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística de Honduras, se han confirmado 82, es un país con menor desarrollo y un sistema de salud débil en comparación con los países mencionados anteriormente, por lo que la situación el país es más propenso a verse gravemente afectada si los casos siguen en aumento.

Y no solo en cuanto a salud, sino que también en aspectos económicos y sociales que se derivan de la situación de aislamiento y contención como ser el toque de queda decretado en todo el país

y el respectivo cierre de las fronteras nacionales. Por lo que la vida cotidiana de todos ha cambiado drásticamente estos últimos meses.

Los toques de queda se impusieron originalmente a mediados del mes de marzo como medida de prevención en el contagio de virus y evitar la saturación del sistema de salud siendo tan débil. Dado que los casos positivos siguen aumentando a través de los días, los toques de queda se han venido aplazando en 6 ocasiones por parte del gobierno actual liderado por Juan Orlando Hernández.

Las empresas se han visto en la necesidad de sufrir cambios temporales, realizando sus operaciones de forma virtual por lo que dicha situación ha representado un acelerador a la transformación digital en el mercado. (Kim, 2020) Y recuperar o aumentar las ventas posteriores a la pandemia dependerá de ello, puesto que existe incertidumbre si realmente estos cambios pueden ser permanentes. Estas medidas de distanciamiento social se han visto manifestadas también en el cierre de algunas empresas y comercios, como consecuencia, se incrementan los porcentajes de desempleo, que a largo plazo puede generar tasas de inseguridad muy alta, principalmente en Honduras donde los índices actuales de dicha problemática no son favorables.

Provocando de igual forma la reducción en el consumo como en la producción, así como también en el turismo, principales fuentes de ingreso y de trabajo en el país. Igualmente, esto representa un riesgo en el sector alimenticio y farmacéutico de inflar sus precios para obtener mayores ganancias. Otro de los sectores afectados a raíz de la pandemia ha sido el ámbito industrial por una creciente decadencia en la demanda del petróleo, puesto que el consumo de combustible ha disminuido de forma radical debido al confinamiento. (Pont, 2020)

En contraparte, existen nuevos sectores de economía que están emergiendo basados en el campo de la robótica y tecnologías de información para posibles soluciones y alternativas tecnológicas que ayudan al combate del COVID-19. (Beker, 2020)

En el aspecto social, una de las problemáticas que se ha acentuado es la desigualdad de género, incrementando los índices de violencia doméstica, dado que el aislamiento representa convivir con el agresor a diario. El gobierno de Honduras decretó el 15 de marzo el primer toque de queda

a raíz de la pandemia, éste fue el día que más denuncias se presentaron por violencia machista con un total de 522.(MG, 2020) Así como también la sobrecarga de trabajo en los hogares como resultado del cierre de escuelas.

Según Alicia Bárcena, secretaria ejecutiva de la CEPAL las estadísticas económicas para América Latina y el Caribe, (CEPAL, 2020) consultadas el 5 de mayo 2020, son las siguientes:

PIB: se estima un descenso del producto interno bruto regional, de -5.3% como consecuencia aumentarán los índices de desempleo que, a su vez, implica aumento en la pobreza de 29 millones de personas.

Exportaciones: se considera un decremento del 15% y ciertas economías dependen de otras, en el caso de las exportaciones en Centroamérica se verán afectadas por la disminución en la economía de Estados Unidos.

Desempleo: se anticipa un aumento en la tasa de desempleos del 11.5% de forma que la cantidad de desempleados llegarán a 37.7 millones, un porcentaje mayor al presentado en 2019 que fue del 8.1%. Los indicadores laborales ya están sufriendo deterioros de gran impacto en el presente año, por ejemplo, en el aspecto financiero se está fortaleciendo la aversión al riesgo del inversionista, también el caso de las empresas pymes que representan más del 50% de empleo formal, han sido las principales afectadas durante esta situación.

Pobreza: Debido a la decaída de -5.3% que se proyecta, la pobreza extrema crecería de 11,0% a 13,5%, lo que representa un aumento significativo de 16 millones de personas.

Según lo confirma el Fondo Monetario Internacional, Honduras ha adoptado medidas fiscales y monetarias en respuesta a la crisis y reducir el impacto en la población. Entre estas medidas se encuentra la emisión de un decreto para establecer un período de gracia obligatorio por parte de las instituciones financieras en la clasificación crediticia.(FMI, 2020)

Tal como se evidencia en un comunicado por parte de La Asociación Hondureña de Instituciones Bancarias (AHIBA) y sus Bancos Asociados, en donde se da a conocer la suspensión por cobro de intereses moratorios o penalizaciones en las cuotas de préstamos hasta que las medidas del

Gobierno lo determinen. Dicho período de gracia inició a partir del 15 de marzo y se extenderá hasta el 30 de junio 2020. (AHIBA, 2020) Esto con el objetivo de estabilizar la economía del país y buscar soluciones solidarias en pro de las personas o empresas, cuyos ingresos se han visto afectados lo que les imposibilita hacerles frente a las políticas crediticias a raíz del estado de emergencia del COVID-19.

3.2 Inteligencia Artificial

El término 'inteligencia' definido por la Real Academia de la Lengua Española se refiere como "Capacidad de percibir y controlar los propios sentimientos y saber interpretar los de los demás", (ASALE & RAE, s. f.).

La inteligencia artificial (IA) es una disciplina de la ciencia relacionada con programas computacionales, la cual tiene como objetivo emular facultades intelectuales propiamente humanas en sistemas artificiales, (Benítez et al., 2014). El término hace referencia a dos características especiales del cerebro humano: el razonamiento y la conducta. Algunas de estas habilidades humanas que se tratan de imitar a través de herramientas basadas en inteligencia artificial, son la visión, la percepción, la predicción, planificación y asociación que permiten al ser humano realizar sus actividades diarias. La inteligencia se trata de un espacio constituido por diversas capacidades con el propósito de procesar la información, (Boden, 2017).

3.2.1 Antecedentes

El punto de partida del concepto y aplicación de la IA se remonta entre los años 1945-1956, fundamentando sus bases en las áreas de la Lógica y la Matemática Discreta, apoyándose en los primeros avances de la computación digital. Si bien aún se desconoce la Inteligencia Artificial como un término general, estos campos convergieron con el propósito de relacionar la mente humana y la capacidad de una maquina en poder imitar los mecanismos de aprendizaje de la misma, (Galipienso et al., 2003).

Se reconoce al matemático británico Alan Turing como el teórico y uno de los precursores de la Inteligencia Artificial quien durante los años 50 con el surgimiento de la computación se planteaba la interrogante "¿Pueden la maquinas pensar?". con la cual creó el reconocido Test de Turing, el

cual busca emular el comportamiento humano a través del método llamado el juego de la imitación, (Galipienso et al., 2003). La Ilustración 5 sintetiza el planteamiento de la prueba:

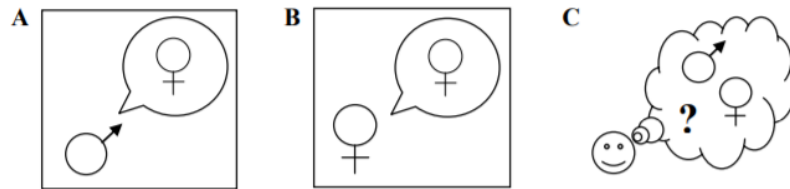


Ilustración 5. Esquema Test de Turing

Fuente: (González, 2007).

En el esquema presentado se dispone de 3 individuos A, B y C, donde C es el interrogador, A es un hombre que debe ser lo más convincente posible para engañar a C, mientras B quien si es una mujer responde las preguntas de manera normal, C debe ser capaz de identificar el género de cada individuo basado en las preguntas realizadas a ambos participantes. Con este test se pretende determinar la capacidad de la máquina de poder imitar el comportamiento del individuo A y lograr verificar la inteligencia de la maquina por medio de la imitación, (González, 2007).

Noel Sharkey, profesor de Inteligencia Artificial y Robótica de la Universidad de Sheffield, afirmo que hasta la fecha ninguna maquina ha sido capaz de pasar el Test Turing ni de imitar al 100% el comportamiento humano, (Mundo, s. f.)

A los científicos John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon se les atribuye la conceptualización del término inteligencia artificial en la Conferencia de Dartmouth de 1956 como: "todo aspecto de aprendizaje o cualquier otra característica de inteligencia puede ser definido de forma tan precisa que puede construirse una máquina para simularlo." A partir de ahí se desarrollaron tecnologías como LISP (1958) el primer lenguaje de programación inteligente artificial y el primer juego de ajedrez programado desarrollado por Greenblat (1966), (Galipienso et al., 2003).

IBM una compañía multinacional norteamericana líder en el desarrollo y diseño de nuevas tecnologías, se consagró a finales del siglo pasado con la creación de la supercomputadora Deep Blue (1997) alcanzando su éxito venciendo al campeón mundial de ajedrez de esa época Gari Kasparov. Otro éxito de la época fue la llegada de Watson otro sistema computacional de la compañía capaz de contestar preguntas automáticas. Este sistema puso a prueba a los dos campeones del programa de televisión Jeopardy, ha establecido las bases para nuevas investigaciones en el campo de la medicina y la economía, (Fraga, 2016). Estas máquinas lograron la interacción y almacenamiento de grandes cantidades de datos que para la memoria de un ser humano resulta imposible.

Los desarrolladores de Google en los últimos años buscan la implementación de la inteligencia artificial y machine learning a través de su biblioteca de Código abierto TensorFlow. Este sistema está basado en redes neuronales en donde le permiten a cualquier persona con acceso a sus servidores, la capacidad de auto programar y vincular datos de la red creando una plataforma usuario-interfaz eficiente, (Sasaki, 2019). Las aplicaciones como Google Translate incorporan el almacenamiento de datos y ahora le permite analizar texto y rótulos para traducción.

Mark Zuckerberg creador y desarrollador de la plataforma virtual Facebook se planteó en el 2016 la posibilidad de adentrarse al mundo de la inteligencia artificial con la puesta en marcha de su propio asistente personal inteligente 'Jarvis', una especie de mayordomo controlado desde un teléfono o computador que incluye reconocimiento facial y procesamiento de voz, para realizar acciones como el encendido y apagado de luces. La implementación de la Inteligencia Artificial representa un reto al momento de crear sistemas que no amenacen la seguridad de los usuarios. Compañías como Facebook se vio en la necesidad de apagar algunos de sus servidores ante lo que parecía una falla resultó ser una manera de las máquinas de comunicarse entre ellas creando un nuevo lenguaje de comunicación, (Alexander, 2018).

Por otra parte, destacadas figuras de la ciencia y la tecnología como el físico Stephen Hawking y el cofundador de Microsoft Bill Gates en diversas ocasiones proclamaron su desconformidad respecto a estas nuevas tecnologías inteligentes y que pueden representar el fin de la humanidad. En el año 2014 el empresario Elon Musk, fundador de Tesla y SpaceX afirmó que la inteligencia artificial "es probablemente nuestra mayor amenaza existencial", (Mitchell, 2019).

En 2017, el mismo Elon Musk crea uno de sus más recientes proyectos Neuralink en el que busca desarrollar interfaces neuronales entre tejidos humano y procesadores artificiales, (Turner, 2018). En una conferencia en Dubái afirmó "Con el tiempo, creo que veremos una convergencia entre la inteligencia biológica y la digital". Con el propósito de proteger las capacidades cognitivas del ser humano esta especie de capa lograra brindar protección a nuestra propia inteligencia. Neuralink propone utilizar los BMI o Brain Machine Interfaces para la restauración de la función sensorial y motora y el tratamiento de trastornos neurológicos. Es una interfaz capaz de proveer a un humano conectarse a cualquier máquina que sea capaz de leer las entradas del cerebro, (Musk & Neuralink, 2019). Neural Lace pretende implantar una malla en el cráneo a través de la formación de electrodos que permitan el control del cerebro de manera que se forme una especie de simbiosis entre el humano y la máquina, (Kulshreshth et al., 2019). Autopilot es el sistema de conducción autónoma de los autos de Tesla Motors, su director de inteligencia artificial y visión por ordenador Andrej Karpathy presento como Tesla utiliza el machine learning para el entrenamiento de redes neuronales a través del super computador FSD (Full Self Driving) desarrollado por la misma compañía que cuenta con el doble de CPU's y 144 Teras de rendimiento, independiente a los sensores Lidar. Tesla implementa cámaras externas controladas con visión por ordenador la cual permite el entrenamiento de la red aun si el coche se encuentra en movimiento, (Álvarez, 2019). El más reciente lanzamiento de Tesla consiste en un sistema que permite al automóvil navegar por un estacionamiento y llegue al destino de elección, siempre que el automóvil esté dentro de una línea de visión", (Tesla, 2019).

El computador de IBM Watson antes mencionado se ha entrenado en la actualidad con fines dentro del campo de la medicina para guiar a los médicos a determinar un posible diagnóstico y tratamiento de pacientes con enfermedades crónicas como el cáncer de pulmón y la leucemia. Watson se convirtió en un sistema inteligente que según datos de IBM analizo alrededor de 600,000 pruebas médicas con información de más de 25,000 casos, (Alexander, 2018).

Estos sistemas de inteligencia artificial desempeñan un rol muy importante en la industria y especialmente en la medicina, hacen que un análisis de información delicada sea muchísimo más sencillo gracias a la capacidad de almacenar datos y que el mismo sistema logre interpretarlos, incluso en cuestión de logística y control de pacientes, presentan un gran apoyo al sistema de

salud de manera que lo fortalecen y generan más confianza. Para el 2025, los sistemas de IA podrían estar involucrados en todo, desde la gestión de la salud de la población, hasta los avatares digitales capaces de responder consultas específicas de los pacientes, (Frost & Sullivan, 2016).

Para fines de nuestra investigación es importante destacar el alcance de la IA en temas como la medicina y la manera que representan un cambio drástico en la percepción actual de este campo, el futuro de la IA es muy prometedor para las próximas décadas, en la identificación temprana de enfermedades incluso antes de presentar síntomas y divisar a través de imágenes aspectos inalcanzables al ojo humano.

El objetivo de la inteligencia artificial (IA) radica en proporcionar un medio de razonamiento o software de manera que reciba la información para luego obtener un resultado. Con la inteligencia artificial se pretende implementar software capaz de emular actividades similares a las del comportamiento y comprensión de los humanos. Los retos a los cuales conlleva la puesta en marcha de la IA, genera inquietudes y desconfianza debido a la competitividad en el campo laboral debido a la implementación de estas nuevas tecnologías, (Houlin Zhao, 2018). Estos sistemas presentan ventajas en su capacidad aumentada de documentar información y de la misma manera transferirla, lo que le otorga una competencia superior a la humana. Aunque de igual manera presentan desventajas ya que el sentido común y la creatividad son características carentes por parte de dichos sistemas, (Díez et al., 2001). En comparación con las personas, las tecnologías basadas en IA requieren de menos tiempo para realizar tareas específicas y procesar volúmenes elevados de información al mismo tiempo, el margen de error por lo general es mínimo, (Rouhiainen, 2018).

Hoy en día la inteligencia artificial es un campo con soluciones prácticas en la ciencia y la medicina, ya existen diversas maneras en las que se puede ver reflejado en la automatización de múltiples procesos, que ya no requieren de la intervención humana que permiten a las personas beneficiarse y obtener eficiencia en cualquier ámbito o rubro.

Entonces se puede decir que la IA es la ciencia que incorpora el conocimiento de distintos procesos y actividades de manera que vuelvan éxitos, (Galipienso et al., 2003).

3.2.2 IA frente a la problemática del Covid-19

La industria de la medicina se encuentra en una lucha constante para hacer frente a esta pandemia, por lo que el interés de implementar la Inteligencia Artificial como medio para combatirla, es cada vez mayor y a su vez, necesaria.

El Director Ejecutivo del Grupo de Enfermedades Transmisibles de la OMS, David Heymann, afirma que hay varios factores importantes que influyen para que una solución sea exitosa como respuesta a combatir el virus y son: entender la forma de transmisión y riesgo dentro de la población, conocer el periodo de incubación y la tasa de mortalidad, identificar el organismo causante y contar con un modelo epidemiológico para su prevención y control.

Velislava Petrova viróloga de la Universidad de Cambridge explica que el valor de la Inteligencia Artificial como medio de ayuda para combatir la pandemia, radica en que se vuelve un arma en pro de los médicos debido al escenario en el cual la propagación ha cobrado la vida de muchos especialistas y con estos sistemas se logra proteger al personal de salud y evitar su exposición a pacientes infectados.

Las aplicaciones actuales de IA son muy diversas, pero con el objetivo en común de luchar contra el COVID-19, se encuentran en la Ilustración 6:

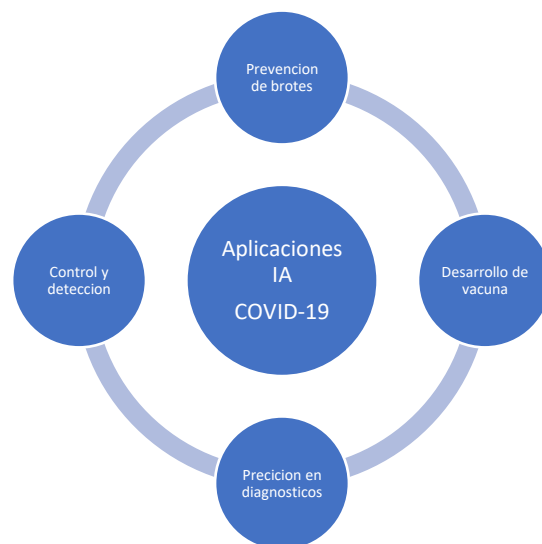


Ilustración 6. Aplicaciones de IA en pro de la lucha contra el COVID-19

Fuente: Elaboración propia.

China se posiciona como el país con mayores avances tecnológicos respecto a la Inteligencia Artificial, en el intento de combatir la emergencia sanitaria que implica el actual virus.

3.2.2.1 Prevención de posibles brotes

Un ejemplo de ello, es la compañía canadiense BlueDot, que se registró como la primera organización en detectar y revelar noticias sobre el virus a finales del mes de diciembre del 2019, (Knight, s. f.). BlueDot cuenta con un software que analiza datos sobre personas para mapear y determinar la posibilidad de exposición a riesgos de brote de diferentes enfermedades infecciosas que amenazan la salud humana.

El epidemiólogo de la Universidad de Oxford, Moritz Kraemer, está efectuando investigaciones para el rastreo de la rapidez con la que se propaga el virus, proyectándolos en una plataforma virtual, en la cual representa según varios datos: el lugar, tiempo y síntomas, de tal forma que se ha logrado predecir posibles ciudades como epicentro y medio de propagación del virus en relación con los vuelos provenientes del continente asiático.

3.2.2.2 Desarrollo de posible vacuna

Por otra parte Insilico Medicine con sede en Hong Kong anunció recientemente que sus algoritmos de IA habían diseñado seis nuevas moléculas que podrían detener la replicación viral, (McCall, 2020). Estas técnicas moleculares implementadas pueden extraer de forma automática información de alta dimensión de un fragmento sin la necesidad de características formales de diseño y aprender mapeo no lineal entre estructuras moleculares y sus propiedades biológicas y farmacológicas, (Zhavoronkov et al., 2020).

3.2.2.3 Precisión de diagnóstico

Infervision, una compañía de Inteligencia Artificial con sede en Beijing. Cuenta con alta tecnología en conjunto con datos médicos, y desarrollaron un algoritmo que permite el análisis de imágenes pulmonares mediante un escaneo CT (Tomografías Computarizadas) como se muestra en la Ilustración 7 para detectar posibles casos de neumonía asociados con el COVID-19, debido a su

similitud con otras enfermedades respiratorias. Los resultados son extremadamente importantes para los médicos encargados, debido a que agilizan el proceso para detener su contagio y su rápido diagnóstico. Un escáner normal toma de 15-20 min en analizarse mientras que el modelo realizado por Infervision está diseñado para que los doctores realicen sus diagnósticos de forma más precisa en cuestión de segundos. Entre más escáneres de imágenes se realicen más rápido y más eficiente se vuelve el algoritmo para mejorar su exactitud, se habla de poder implementar esta tecnología de Infervision en aeropuertos de manera que se puedan reanudar vuelos y abrir fronteras en diferentes países. Actualmente cuenta con aproximadamente 53,000 casos diarios de diagnósticos asistidos en las diferentes ciudades.



Ilustración 7. Interfaz de InferRead TM CT Lung

Fuente: Beijing Infervision Technology Co., Ltd.

También se encuentra el caso del Hospital de la Universidad de San Diego, California (UC San Diego Health) que ha implementado la IA como parte importante en el proceso de acelerar la detección precisa de neumonía causada por el COVID-19. Con anterioridad, se habían logrado avances en el desarrollo de un algoritmo de machine learning para detectar neumonía en radiografías de tórax, el cual fue entrenado con más de 22,000 imágenes.

Actualmente, los radiólogos de UC están utilizando el mismo sistema con investigación clínica para orientarlo al COVID-19 como se muestra en la Ilustración 8 y ésta nueva capacidad de IA les ha proporcionado una visión exclusiva de más de 2,000 imágenes. Los resultados han sido impresionantes, tal es el caso, de un paciente en el Departamento de Emergencia, quien fue

sometido a una radiografía de tórax sin tener ningún síntoma relacionado al virus, pero lo que reflejó la lectura de IA fueron indicios de neumonía en etapa temprana. Posteriormente, fue examinado y a través de las pruebas correspondientes y la validación del radiólogo se confirmó el hecho de que el paciente era positivo para la enfermedad. Lo que permitirá la precisión en futuros casos en cuestión de minutos, (UC San Diego, s. f.).

Incluso, Albert Hsia, radiólogo en UC San Diego realizó la comparación con dicho algoritmo, de 10 radiografías de tórax de pacientes tratados por COVID-19, cinco obtenidas de China y cinco de Estados Unidos obtenidas de diferentes fuentes médicas como revistas y publicaciones epidemiológicas. Los resultados fueron favorables, puesto que el algoritmo efectuó de forma precisa la localización consistente y verídica de las áreas donde se detectaba la neumonía, a pesar de que las imágenes diferían en factores como la resolución, contraste o el hecho de ser tomadas en diferentes hospitales.

Cabe destacar que los expertos en la materia de UC San Diego hacen énfasis en que el diagnóstico no se da por sí solo, la atención médica brindada aún se rige por la interpretación y confirmación formal de los radiólogos, por lo que el uso de este algoritmo todavía se considera como tema de investigación.



Ilustración 8. Comparación entre radiografías de tórax de un paciente con COVID-19 (derecha) con una radiografía (izquierda)

Fuente: UC San Diego Health (UC San Diego, s. f.)

3.2.2.4 Control y detección

Empresas Chinas líderes en el campo de la Inteligencia Artificial que aplican la biometría como SenseTime, Megvii y Baidu han adaptado sus algoritmos de Machine Learning para tratar con este nuevo coronavirus, (Carlaw, 2020). Dichos sistemas de reconocimiento facial se basan en softwares para detectar individuos que no porten el equipo de bioseguridad (mascarillas) siendo una herramienta útil en los puntos de vigilancia y control. También han diseñado equipo, instrumentos portables como los termómetros y vestimenta, como el ejemplo de los cascos capaces de detectar altas temperaturas a una distancia de 3-5 metros. Estos avances se han convertido en sistemas de atención médica aplicados a la detección temprana del virus, por lo que, a su vez, ha provocado un impacto positivo para su combate. Dado que, estas tecnologías no requieren del contacto o de la exposición del personal para tomar medidas de control. Los puntos donde se está implementando esta tecnología son para vigilancia, control de fronteras en aeropuertos y aduanas, centros de salud como protocolos de control y prevención.

JD.com Inc. una empresa dedicada al e-commerce con sede en Beijing, se ha especializado en el desarrollo de robots para la entrega autónoma a través de Inteligencia Artificial con la capacidad de transportarse en calles ver Ilustración 9. Realizó su primera entrega exitosa en Wuhan el 6 de febrero 2020, llevó a cabo su trayecto desde la estación de entrega Renhe de JD hasta llegar al Noveno Hospital de Wuhan para el transporte de suministros médicos, (Yang & Liu, 2020). Dicha tecnología no es nueva, a partir del año 2019 ya comenzaban a circular robots JD con este sistema en ciudades como Changsha y Huhhot.

Pero actualmente, este tipo de tecnologías de vehículos autónomos, se han implementado con mayor interés en respuesta a la situación de emergencia que ha representado el brote del Covid-19, en donde miles de personas dependen de estos servicios de entrega para sus compras de alimentos. En busca de resultados óptimos se están tomando en consideración diversas modificaciones como, por ejemplo, el aumento de los flujos de entrega y el transporte de cargas pesadas, dado que el tamaño de algunos productos médicos comprados es de gran tamaño.

Qi Kong, jefe de conducción autónoma en JD Logistics, afirmó que hay de 10 a 20 pedidos del Noveno Hospital de Wuhan todos los días, y del 50% al 70% de ellos son entregados por vehículos autónomos, (Hu, 2020).



Ilustración 9. Vehículo autónomo de JD Logistics transitando durante la pandemia del COVID-19.

Fuente: (Synced, 2020)

La capacidad de dicha tecnología para reducir en gran magnitud el contacto social en búsqueda de detener la propagación del virus, ha llevado al desarrollo de tecnologías similares como el caso de Keenon, presentado a continuación.

Otra compañía es Keenon con sede en Shanghái, fundada en 2010, se ha enfocado en el desarrollo de este tipo de robots con el mismo objetivo: la entrega sin contacto. Esta serie de robots, se denominan dentro del servicio Peanut que constituyen diferentes modelos utilizados como vehículos de entrega sin conductor para diferentes aplicaciones dependiendo del lugar ya sea en restaurantes, hospitales, bancos, aeropuertos, hoteles, entre otros.

Como parte de la gama de Peanut se encuentra el modelo de delivery, tal es el caso del robot para la entrega de comida en un hotel de Hangzhou, donde se encuentran personas aisladas por la cuarentena. Mediante el uso de la visión artificial y aprendizaje automático, así como también sensores infrarrojos y pantallas táctiles que permite la interacción robot-humano, la interfaz incluye reconocimiento de voz y la detección de las bandejas que transporta.

Dentro de sus características se encuentra una altura de 1.2 metros con un peso de 50 kg, con una duración de 10 horas y tiene una vida útil de aproximadamente 5 años o más. Según lo publicado en Keenon Robotics, este año han tenido ventas de más de 6,000 y más de 10,000 son utilizados internacionalmente, (Demaitre, 2019).

Actualmente hizo una donación de una gran cantidad de robots en casi 100 hospitales entre los cuales se encuentra el Hospital Wuhan Union, para apoyar con el sistema de salud en el transporte

de fármacos e implementos médicos, así como también comida para los médicos y pacientes evitando una infección cruzada. (Ilustración 10)



Ilustración 10. Robot Keenon para transportar utensilios médicos en hospitales.

Fuente: Keenon Robotics Co, Ltd.

Probablemente esta industria se mantendrá incluso después de la pandemia, pero enfrenta desafíos para maximizar la eficiencia. Factores como el tránsito en carreteras, que a diferencia de la situación actual las calles no estarán vacías. Por otra parte, es necesario tomar en consideración aspectos como las condiciones climáticas y los peligros que estas pueden representar al sistema de sensores y señales de red, al igual que es preciso especificar las áreas aptas para entrega dependiendo del desenvolvimiento del robot.

La Inteligencia Artificial se constituye a partir de algoritmos que permiten la interacción de variables de salida y entrada, lo que da origen a múltiples métodos o subcampos, entre ellos se encuentran:

3.2.3 Visión Artificial

A través de nuestros sentidos, la percepción visual juega un rol importante en el análisis del mundo que nos rodea, (Ayache, 1991).

La visión artificial también conocida como visión por ordenador es un campo de la inteligencia artificial que permite entrenar un computador, para lograr interpretar y comprender el mundo visual utilizando imágenes digitales, videos o modelos de Deep Learning antes mencionados, que

le proporcionan a la máquina identificar y clasificar objetos a través de métodos precisos y reaccionar ante lo que se interpreta. Según el científico de datos de Software y Soluciones de Analítica (SAS) Wayne Thompson: "La visión por computadora es una de las cosas más notables del mundo del Deep Learning y la inteligencia artificial. Los avances que el Deep Learning ha contribuido al campo de la visión artificial realmente han diferenciado este campo."

Los humanos obtienen la información a través del ojo, los sistemas de visión artificial a través de un dispositivo electrónico programable procuran crear un efecto parecido obteniendo datos de imágenes o video que realice un control automático, (Garcés Núñez, 2017) .Los sistemas de visión artificial realizan tareas de inspección repetitivamente altamente flexibles, nunca existe cansancio, aburrimiento y distracción se logra trabajar en ambientes donde las condiciones visuales son más exigentes y riesgosas.

En comparación a la capacidad del ojo humano en cuestión de precisión y calidad de imagen resulta imposible que estos sistemas logren asemejarse, sin embargo, con los años se ha mejorado la calidad de resolución de las cámaras, de igual manera resultan más seguras cuando las actividades resultan peligrosas para la visión humana. La manera de interpretar imágenes de colores de los seres humanos es distinta a la de sistemas de visión artificial que utilizan rango de colores grises debido al consumo de datos a procesar, (Garcés Núñez, 2017)

En la actualidad el campo de la inteligencia artificial es muy amplio siendo capaz de implementarse en áreas como la visión artificial que a su vez se utiliza de distintas maneras: para la segmentación de imagen, detección de objetos, reconocimiento facial, detección de patrones, clasificación de imagen y muchas otras técnicas más avanzadas como las utilizadas hoy en día para los automóviles autónomos.

3.2.3.1 Elementos de un sistema de Visión Artificial

De manera ordenada y enlistada los componentes básicos necesarios para la implementación de un sistema de visión artificial son:

- 1) Un sensor óptico, el cual puede ser una cámara o un scanner capaz de producir imágenes a color o en blanco y negro. Se implementa para el disparo de capturas de imágenes del objetivo

que se sitúa en frente de la misma, en posiciones requeridas y posteriormente poder transferirla a un formato digital. Sus características de resolución, sensibilidad y nitidez juegan un papel importante en el éxito o fracaso del sistema.

2) Una tarjeta de adquisición de imagen, la cual tiene el fin de digitalizar las imágenes obtenidas previamente. Para ello su diseño debe ser óptimo para ser integrado en el sistema con capacidad de operar con imágenes digitales de alta velocidad y resolución para posteriormente enviarlas a la memoria del ordenador con el fin de procesarlas, analizarlas y visualizarlas. Es preferible el uso de una tarjeta en la que los hubs permitan la adquisición de imagen desde muchas más cámaras.

3) Un computador, para guardar los datos en una memoria, el mismo debe ser capaz de analizar y procesar la información. Se utiliza como medio para permitir ejecutar los programas para la creación y desarrollo del sistema.

4) Un monitor de video, para visualizar los resultados obtenidos, (Ordieres-Meré et al., 2006).

3.2.3.2 Etapas de un proceso de Visión Artificial

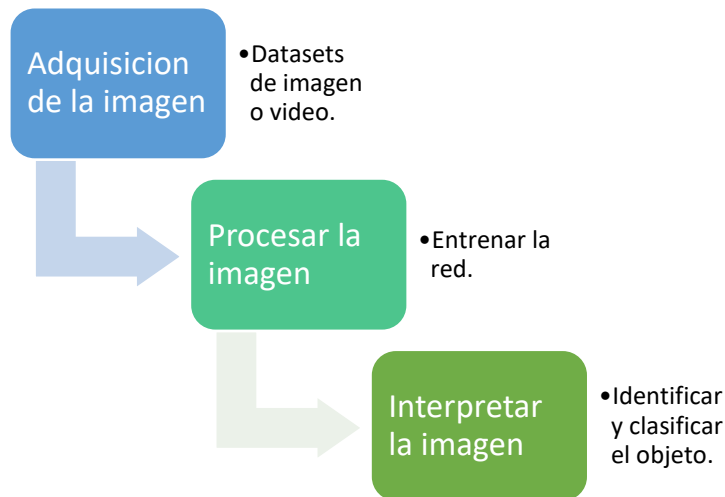


Ilustración 11. Etapas que conforman un sistema de visión artificial.

Fuente: Elaboración propia.

En la adquisición de imágenes se debe seleccionar el tipo de cámara a utilizar teniendo en cuenta las imágenes a ser procesadas, si es a color requerirá de mayor tiempo de procesamiento y análisis, una monocromática resulta ser más efectiva en la velocidad de cálculo. También se toman en cuenta factores externos como la iluminación que no logren inferir creando sombras ni reflejos innecesarios.

La segunda etapa es el procesamiento de la imagen donde se busca deshacerse de cualquier aspecto que evite su óptimo análisis, eliminando ruido o incluso adaptándola para el proceso de segmentación, (Porrás, s. f.). El fin del pre procesado es reparar la imagen de posibles defectos, de manera que la modifiquen y permitan alterarla para corregirla, a través de los algoritmos del sistema que requieren de gran cantidad de tiempo para procesarlas.

La última etapa consiste en el análisis de las imágenes previamente seleccionadas en un proceso de segmentación, donde se identifica el tipo de imágenes en base a parámetros establecidos que diferencian un grupo de otro, (Bustamante, 2014).

3.2.4 Machine Learning

Conocido también como aprendizaje automático basado en máquina y como su nombre lo indica, es una disciplina que abarca la programación de datos para que el sistema pueda aprender automáticamente y a su vez, mejorar con la experiencia, (Ibáñez, 2015).

Para lograr su funcionamiento utiliza como base los data sets, es decir, un conjunto de datos que la máquina procesa por sí sola, a través del reconocimiento de patrones secuenciales y a partir de éstos toma decisiones de forma autónoma.

Los algoritmos representan el marco de referencia de todas las posibles decisiones, a partir de todas las posibles variables de entrada, en el que los datos están integrados de forma estadística o computacional. El machine learning utiliza experiencias pasadas o los antes mencionados data sets para optimizar la interpretación ya que el sistema puede ser predictivo; de tomar propias decisiones futuras o descriptivo; para ganar conocimiento, o ambos, (Alpaydin, 2020).

La visión artificial es una de las ramas más explotadas en el campo de la inteligencia artificial, aplicando el machine learning para la recopilación de datos e información permiten a los ordenadores aprender a través de un entrenamiento previo. Es por ello por lo que más adelante en la investigación introduciremos algunas herramientas útiles para la creación de sistemas innovadores con aplicación en deep learning y redes neuronales.

El campo del machine learning se subdivide en 3 categorías según el tipo de aprendizaje, supervisado, no supervisado y reforzado.

- Aprendizaje supervisado

Esta categoría consiste en etiquetar las imágenes que pertenezcan a un conjunto en específico, de manera que se creen divisiones y se pueda identificar cada imagen dentro de la red. Su objetivo es analizar la mayor cantidad posibles de etiquetas dentro del entorno de manera que se puedan clasificar y obtener redes de entrenamiento y prueba. Se puede dividir en dos categorías: aprendizaje estructurado y aprendizaje temporal. El primero codifica una óptima asociación a la matriz principal. La segunda codifica lineamientos secuencial con el fin de obtener el resultado final, (Fonseca, 2016)

- Aprendizaje no supervisado

Este algoritmo permite que la información que resulte más difícil de dividir en categorías pueda ser expresada de forma más simple organizando los datos por racimos o clúster. En este tipo de aprendizaje no se conoce el nombre de la categoría en la que se dividen los agrupamientos y se debe elegir un determinado patrón entre las divisiones.

- Aprendizaje reforzado

Con el fin de alcanzar el nivel más óptimo, este algoritmo está diseñado para que el programa tome la decisión del siguiente paso a tomar, muchas veces utilizado para la robótica y el internet de las cosas, donde los dispositivos siguen una serie de instrucciones y saben que paso tomar en el futuro.

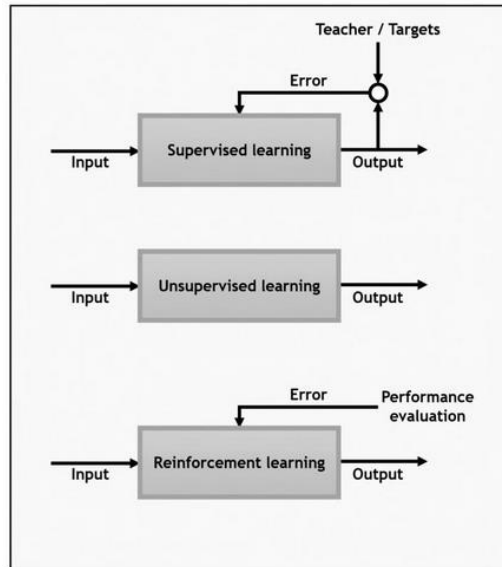


Ilustración 12. Principales categorías del machine learning.

Fuente: (Beyeler, 2017)

El aprendizaje es la primera etapa de todo sistema de visión artificial que pretende establecer los parámetros iniciales para entrenar la red, una vez se realiza este paso se procede a testear la red, en donde se introducen nuevos valores en las entradas, que deben generar resultados acertados y reconocer dentro de las muestras el objetivo buscado para el cual se entrenó la red.

3.2.5 Deep Learning

Dentro de los subcampos del aprendizaje automático se encuentra el Deep Learning, este tipo de tecnología se utiliza para el procesamiento de volúmenes alto de datos. También conocido como aprendizaje profundo, se lleva a cabo mediante redes neuronales que se forman en capas para reconocer patrones de datos complejos y la relación entre ellos, (M. Gómez, 2006). La red neuronal, es un tipo de sistema inspirado en el cerebro en representación a los tejidos nerviosos biológicos que interactúan entre sí, para el procesamiento de información, (Ibáñez, 2015)

Las denominadas "neuronas" funcionan a través del entrenamiento de estímulos, formando un sistema de aprendizaje a través de las experiencias.

Una neurona artificial es un procesador que a partir de la adición de una serie de entradas con ponderaciones diferentes, provocará un nivel de excitación y al aplicar una función de activación

proporciona una salida, (M. Gómez, 2006). Las denominadas ponderaciones hacen referencia a la conexión entre las unidades, las cuales se entrelazan entre sí, cada neurona de los datos de entrada con cada neurona de la siguiente capa que al final resulta en una capa de salida. Actualmente tiene numerosas aplicaciones como ser los reconocimientos faciales, de voz, números, objetos, etc.

El deep learning minimiza la necesidad de implementar características propias de la ingeniería que consumen mucho tiempo debido a su capacidad de extrapolar nuevos aspectos del conjunto de entrenamiento, (SAS, 2019). Los sistemas basados en el aprendizaje profundo se relacionan y tienen aspectos en común con los sistemas computarizados, utilizan más de un GPU por nodo, para establecer el rendimiento computacional logrando acelerar los algoritmos de aprendizaje sin requerir de tanta capacidad de procesamiento.

Tiene una forma jerárquica en la cual cada termino viene en función de otro, por ejemplo, en la imagen de una persona combina conceptos más simples como los bordes y contornos de la cara. Cada capa representada se puede visualizar como el estado de memoria de la computadora después de ejecutar una serie de instrucciones, entre mayor sea la red más instrucciones puede ejecutar en secuencia, (Goodfellow et al., 2016).

3.3 Biometría

El ser humano es capaz de observar y analizar rostro de manera casi instantánea sin esfuerzo alguno más que apoyándose de la memoria, estos sistemas llevan a cabo tareas de detección más complicadas debido a la variabilidad en las imágenes, (Garcés Núñez, 2017). La biometría se define como la ciencia que incluye la detección autónoma de la identidad de un individuo a partir de características y rasgos físicos, incluso del comportamiento biológico de cada uno de ellos, (Gamboa, 2006).

El funcionamiento del sistema está determinado desde una base de datos, en la que por medio de la información almacenada genera patrones biométricos que representan la identidad de cada persona o usuario, (Bustamante, 2014)

En cuanto al reconocimiento, el sistema de forma automática verifica que tanto el patrón que se accede con el almacenado coincida y posteriormente tomar decisiones en base a ello. Este tipo

de sistema de autenticación proporciona mayores niveles de fiabilidad, puesto que los rasgos de identidad de cada persona son únicos y no pueden ser compartidos o robados.

Dichas características fisiológicas se conocen como indicadores biométricos, y de ellos depende la precisión con la que el sistema funcionará. La elección de estos rasgos que debe tener sistema biométrico para una mayor eficiencia y precisión se realiza solo si cumple propiedades como: los rasgos deben ser únicos, permanecer a través del tiempo, medible y universales, es decir que exista para todos. Entre ellos, se encuentran: la cara, huella dactilar, patrones en el iris, voz, entre otros. Siendo la primera la más utilizada dada su unicidad lo que ha dado paso a diferentes avances tecnológicos en cuanto a los softwares de reconocimiento facial.

Todos estos sistemas basados en el reconocimiento de personas se han desarrollado de manera positiva en los últimos años resultante ser muy prometedora. sin embargo, es importante destacar que a pesar de los beneficios que representan en la sociedad como medio de control y vigilancia, muchas usuarios consideran que es una falta ante su privacidad e integridad, (Jain et al., 2016)

3.4 Reconocimiento Facial

El reconocimiento facial es una disciplina dentro del campo de la visión artificial con la cual, a través de un patrón de imágenes, las personas o máquinas son capaces de identificar un rostro en específico. Esto se logra gracias al análisis de patrones previamente ingresados estudiados por el sistema, (Domínguez, 2010). Este término remonta de finales de los años 60's cuando se comenzó a utilizar imágenes para definir características específicas de un rostro para seguidamente reconocerlo, aunque su utilización masiva ha comenzado a incrementar en las últimas décadas.

Tecnologías como el reconocimiento facial es algo que sólo se utiliza de forma privada o con fines de investigación por parte de muchos gobiernos y países más desarrollados con el fin de mantener un sistema de vigilancia y seguridad en el tránsito de personas.

Este método se ha clasificados en 2 categorías: en base a las características y la holística. El primero se centra en analizar rasgos distintivos del rostro como la nariz, boca, ojos, y la segunda hace un

escáner más completo del rostro guardando descripciones de las imágenes, (Bravo et al., 2018). De igual forma según (Sinsinwar & Dwivedi, 2014) existen dos tipos de reconocimiento: el intrusivo en donde el usuario o persona evaluada es consciente de que está siendo reconocida y el no intrusivo donde la persona sin saberlo, brinda la información requerida.

Actualmente las crecientes investigaciones respecto a los sistemas de reconocimiento facial avanzan en pro de los beneficios de las personas, creando algoritmos mucho más rápidos y eficaces, (García-Rios et al., 2014).

Por ejemplo, la combinación de cámaras infrarrojas y el sistema de reconocimiento facial es capaz de detectar a cualquier persona con temperatura alta y si la persona usa o no una máscara.¹⁷ En general, la eficacia del sistema de reconocimiento facial se reduce a 30 % cuando se usa una máscara. El sistema mejorado de reconocimiento facial permite un mejor rastreo y rastreo del movimiento de una persona COVID-19 bajo investigación.

El reconocimiento facial es un campo de la biometría muy amplio y que se ha ido desarrollando exponencialmente en los últimos años, para fines de esta investigación se pretende implementar un software capaz de detectar rostros y a su vez medir la temperatura de las personas en espacios abiertos, como medida de prevención a la propagación de la pandemia actual del Covid-19. Siendo un campo de la biometría. Es importante destacar algunos métodos y algoritmos que se utilizan para implementar este tipo de tecnologías en la actualidad, aunque en ocasiones se puedan ver afectados por factores externos como la iluminación, el movimiento y el contexto.

3.4.1 Reconocimiento facial en video

A diferencia del reconocimiento facial en imágenes, esta área aun presenta ciertas complicaciones al momento de realizar una precisión adecuado, debido a que es un campo no tan explotado dentro de la visión artificial, se ve afectada por diversas causas. Entre los puntos en contra de esta técnica de reconocimiento podemos encontrar que en situaciones la iluminación del ambiente en donde se encuentra ubicada la cámara que sirve como objeto de recopilación de imágenes, muchas veces el medio no es favorable para su ejecución. Igualmente resulta más complicado la obtención de imágenes a partir de video, porque las personas no siempre se encuentran en el ángulo, posición y lugar adecuado, Sus rostros pueden o no estar alineados con el punto de

grabación y complica el mismo procesamiento de la imagen, (Vega & Eduardo, 2012). Existe una técnica llamada variabilidad intraclase y consiste en la variación que puede existir en un rostro debido a la plasticidad de este y la manera en la que puede cambiar con el pasar de los años. En espacios con alto flujo de personas resulta complicado algunas veces este tipo de reconocimiento con relación a los gestos y accesorios como gorras, gafas, sombreros que pueden portar algunas personas al pasar enfrente de un escáner o punto de vigilancia. Esta técnica resulta desafiante y más en la situación actual en la que nos encontramos en la que la mayoría de personas hacen uso de mascarillas y diversos tipos de equipo de bioseguridad que pueden llegar a complicar el análisis, (Eslava, 2013).

Igualmente son múltiples sus ventajas en comparación a los análisis de imágenes que no son en tiempo real, como la obtención inmediata de un resultado y el reconocimiento de una persona. Para nuestra investigación este es un factor de suma importancia ya que en esta parte recae la parte de poder detectar con rapidez a una persona portadora del virus a través de un segundo análisis como el de la temperatura, de esta manera se logra asociar al infectado con un rostro. Este tipo de sistemas de reconocimiento resultan útiles en aplicaciones como el control de personas en un punto de acceso y para la seguridad de ambientes. De igual manera los videos obtenidos sirven como datos para ingresar al sistema en forma de imágenes estáticas y se utilizan para posteriores clasificaciones, realizar seguimiento de rostros y mejorar el entrenamiento, (Eslava, 2013).

3.4.2 Etapas del reconocimiento facial

Existen diferentes métodos utilizados para implementar el reconocimiento facial, los cuales estaremos presentando y explicando más adelante en la investigación. Independientemente la técnica que se utiliza es importante destacar que todas comparten dos conjuntos de datos, la etapa de aprendizaje o entrenamiento que consiste en obtener la mayor cantidad de datos diferentes entre sí para crear la base de datos. La segunda es obtener patrones que será implementados en la etapa de reconocimiento al final de las pruebas, (Gamboa, 2006).

Para llevar a cabo el reconocimiento facial es necesario realizar:



Ilustración 13. Etapas del proceso de reconocimiento facial.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2.1 Preprocesamiento de la imagen

En esta parte se realizan múltiples capturas del rostro de una persona en diferentes poses y ángulos, para esto se debe establecer el mismo tamaño de imagen y eliminar cualquier factor irrelevante con el fin de extraer características innecesarias del rostro y enfocarse en los ojos, la nariz y boca. Con el fin de poder entrenar la red neuronal es necesario que las capturas contengan el factor que se busca y difieran entre sí para poder obtener un margen de error mínimo en la etapa de reconocimiento, (Gamboa, 2006).

3.4.2.2 Extracción de características

Aquí se pretende deshacerse de cualquier aspecto que sea irrelevante para el análisis y entrenamiento de la imagen, esta parte se enfoque en datos más relevantes como la distancia entre ojos nariz y boca.

3.4.2.3 Entrenamiento

Se pretende que sistema logre aprender a reconocer los rostros mediante una metodología de entrenamiento ya se a través de redes neuronales puede ser supervisada de manera que el algoritmo se ajuste para que la salida sea lo más parecida a la entrada. Por el lado contrario puede ser no supervisada, donde se entrena para que la propia red busque algún tipo de estructura en los datos ingresados, (Salas, s. f.)

3.4.2.4 Reconocimiento

Tiene como objetivo comparar imágenes de rostros nuevas que se ingresan al sistema con las ya establecidas durante el entrenamiento para que logre determinar qué tipo de imagen se está presentando.

Algunos algoritmos y métodos para la implementación de reconocimiento facial en imágenes, específicamente para la detección de rostros se puede observar en la siguiente Ilustración 14 :

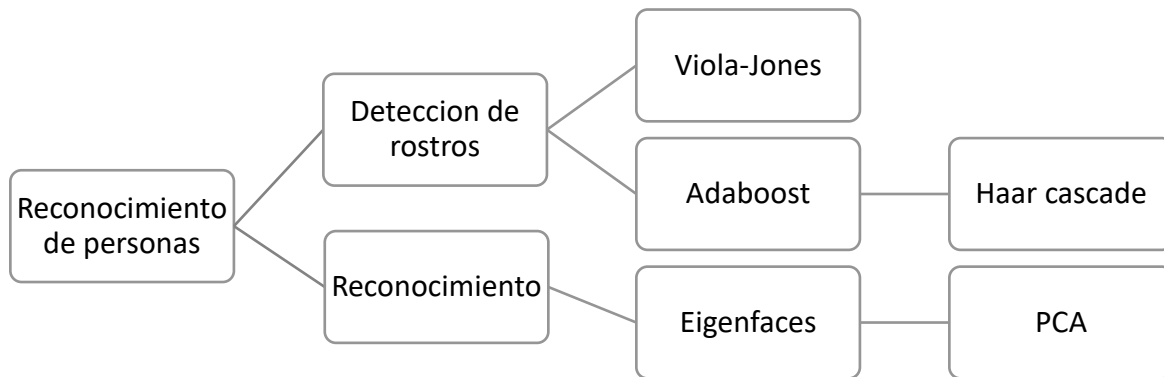


Ilustración 14. Conceptos, algoritmos y técnicas para el reconocimiento y detección de rostros.

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Algoritmo de Viola-Jones

Técnica de detección propuesta por Paul Viola y Michael Jones en un taller de visión computacional en el año 2001. Representa uno de los grandes avances técnicos en la ingeniería de este campo, se puede implementar para el reconocimiento de diferentes objetos, pero su principal aplicación ha sido la detección de rostros. Se basa en el uso de una serie de clasificadores que determinan la presencia de un rostro en la imagen mediante la respuesta a un conjunto de rasgos que permiten su detección, (E. del T. Hernández et al., 2012). Este algoritmo de clasificación permite su uso en la detección de caras para aplicaciones de tiempo real. Dicho detector tiene la capacidad de correr 15 veces más rápido que los algoritmos anteriormente conocidos hasta ese momento, que deja por fuera el apoyo de técnicas para la detección de diferencias en la imagen o color de piel, (Andrea & Fernandez, s. f.). Y en el caso de adicionar fuentes alternativas de información puede aumentar estas velocidades a un nivel mucho más alto. Sus tres conceptos fundamentales incluyen: la creación de la imagen integral, la construcción de clasificador basado

en el algoritmo de aprendizaje automático Adaboost y la combinación de clasificadores de cascada, (Barroso, s. f.).

3.4.3.1 Características Haar

Como primer paso requiere de una imagen de entrada en escala de grises, posteriormente las características Haar son usadas para detectar los rasgos más relevantes de un rostro a través de rectángulos adyacentes blancos y negros. Y como se puede ver en la imagen existen características de borde, de línea y de 4 rectángulos:

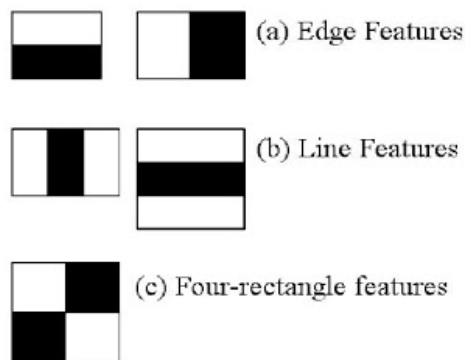


Ilustración 15. Características Haar

Fuente: (Berger, 2018)

Esto se traduce en que por ejemplo en un borde hay pixeles blancos y pixeles negros. O que para detectar una línea se pueden tener pixeles claros seguido de pixeles oscuros y pixeles claros otra vez. Ambas con versión horizontal y vertical incluso pueden tener colores contrarios que en lugar de blanco negro blanco sea negro blanco negro, con pixeles oscuros y claros respectivamente.

En este proceso la suma de los pixeles dentro de la figura geométrica puede posicionarse en cualquier región de la imagen de manera que interprete un rasgo o área específica del rostro en una escala menor, (Papageorgiou et al., 1998). Como se observa en la Ilustración 16 la extracción de características provoca el surgimiento de patrones en el cuál las medidas u observaciones son procesadas para encontrar rasgos que puedan ser usados para asignar los objetos a determinado grupo, (Guevara et al., 2008a). Dicha Ilustración se centra en el hecho que la región de los ojos a menudo contiene pixeles más oscuros y la región debajo que es la parte de las mejillas contiene

pixeles más claros, reconociendo una característica de borde. La segunda característica detectada se enfoca en que la región de los ojos es igualmente más oscura que el puente de la nariz, identificando una característica de línea con los pixeles claros y oscuros.

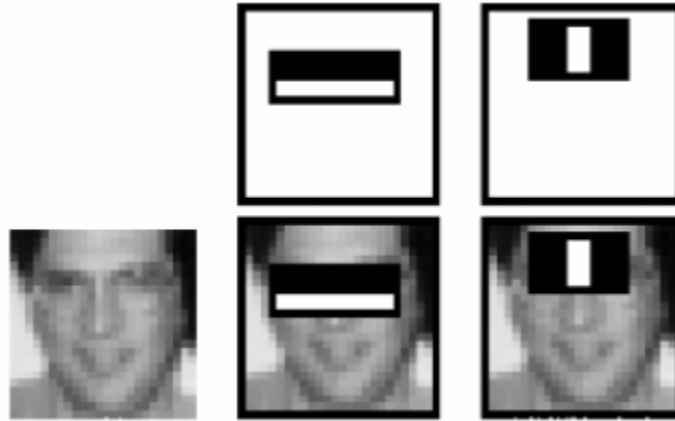


Ilustración 16. Características rectangulares tipo Haar aplicadas a un rostro.

Fuente: (Barriga, 2017).

Estas características pueden ser representadas como valores que posteriormente serán calculadas para determinar su relevancia. Para la intensidad de pixeles ideal de características Haar, los pixeles blancos se representan por un 0 y los pixeles negros con un 1. Pero, en una imagen en escala de grises los valores reales no son solo 0's y 1's, sino que hay variaciones dentro de estos. Como por ejemplo 0.1 siendo un píxel claro, 0.3 un poco más oscuro, 0.6 más oscuro todavía y 0.9 casi negro. Igualmente siguiendo con el patrón de las características Haar se identifican al lado izquierdo los pixeles más claros y a la derecha los pixeles más oscuros.

Para determinar la presencia de una característica Haar, el algoritmo de Viola-Jones compara mediante la siguiente ecuación, qué tan cercano es el valor de la imagen real con el caso ideal, es decir la comparación de la región de pixeles oscura en ambos casos y de igual forma la región de píxeles claras. Para ello, se utiliza la siguiente ecuación donde delta se representa a partir de la suma de todos los pixeles oscuros entre la cantidad de pixeles en esa región, determinando así el promedio. Y la diferencia entre el resultado y el promedio de la región clara, establecerá si produjo o no una característica Haar relevante. Entre más se acerque el valor de delta a 1, es más probable haber encontrado una característica Haar.

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{oscuro}^n I(x) - \frac{1}{n} \sum_{claro}^n I(x)$$

Ecuación 1. Cálculo de una característica Haar.

Fuente: Autor, A. A.

Pero una característica Haar no solo contiene 8 píxeles en realidad son miles de píxeles por lo que el cálculo es enorme, se dificulta y es más complejo. Para ello, Viola-Jones introdujeron una representación de imagen llamada Imagen Integral.

1.1.1.1 Imagen Integral

No utiliza directamente la imagen, sino que utiliza una representación de la imagen llamada imagen integral. La imagen integral está determinada para acelerar el cálculo de los píxeles de un área. Para ello, en una imagen integral cada punto será el resultado de los valores sumados, de los puntos que se encuentren por encima y a su izquierda de la imagen original.

Igualmente, una imagen integral facilita el cálculo de puntos en un tiempo constante, utilizando una agrupación de 4 valores para obtener la suma de todos los puntos contenidos en un rectángulo de la imagen a procesar y se muestra en la Ilustración 17:

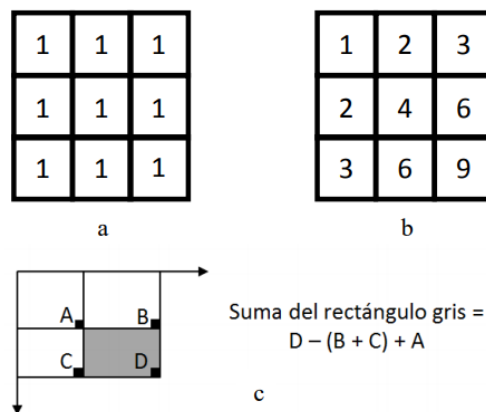


Ilustración 17. Cálculo de la imagen integral. (a) imagen original, (b) imagen integral, (c) Cálculo de la suma en una imagen integral.

Fuente: (E. del T. Hernández et al., 2012).

Esto permite el cálculo de la suma de todos los píxeles dentro de cualquier rectángulo usando solamente 4 valores, mediante la ecuación de variables $D-(B+C) +A$. Estos valores son los píxeles que en la imagen integral que coinciden con las esquinas del rectángulo en la imagen de entrada.

1.1.1.2 AdaBoost

Las primeras formulaciones de este algoritmo las realizaron (Schapire, 2013) Schapire y Freund, aumentando de forma analítica el algoritmo se logra realizar un número fijo de posiciones y clasificaciones base, de esta manera se asigna un peso a cada evento. Se utiliza dado que, el algoritmo trabaja con sub-ventanas de 24x24 por lo que es posible detectar aproximadamente 160,000 características diferentes, que cumplen con las intensidades propias Haar en sus píxeles y NO todas resultan útiles. Para poder descartar todas estas características que no sirven, Viola-Jones realizaron un entrenamiento con imágenes positivas y negativas. Es decir, con 4,916 imágenes que contienen rostros (sumado a las imágenes espejo con un total de 9832) y 9544 imágenes que no contenían rostros. (Viola & Jones, 2001) Como consecuencia, se obtenían características relevantes para posteriormente ser comparadas, por lo que para lograr la eficiencia de detección finalmente incluyeron la Clasificación en Cascada. Este método proporciona un tipo de aprendizaje para la detección de objetos, con este se logra la interpretación rápida de imágenes y logra obtener un procesamiento real de la misma el cual presenta una forma de combinar los datos, clasificándolos de manera incremental de cascada.

1.1.1.3 Clasificador en Cascada

El clasificador en cascada agrupa las características en diferentes etapas y cada etapa está entrenada para eliminar el patrón no facial. Como se muestra en la *Ilustración 18*. Proceso realizado por el clasificador en cascada. de acuerdo con las imágenes entrenadas descarta las no coincidentes y acepta las coincidentes para posteriormente ser analizadas por la siguiente etapa. Continúa el proceso y finalmente la ventana que pasa todas las etapas de análisis previas y que cumple con una característica clave del rostro humano el algoritmo determina que es una región de la cara, como resultado se produce una detección exitosa del rostro.

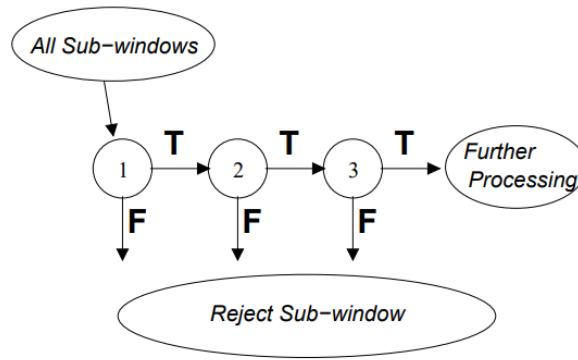


Ilustración 18. Proceso realizado por el clasificador en cascada.

Fuente : (Viola & Jones, 2001)

1.1.2 Eigenfaces

El término 'eigen' significa propio en holandés y en términos de visión artificial y reconocimiento de rostros son el grupo de imágenes que a partir de unas más pequeñas logran formar la original, en base a vectores. Esta técnica fue empleada en 1987 por Sirovich y Kirby con el fin de proporcionar una representación de imágenes de rostros a partir de una matriz de covarianza que establece el espacio vectorial de la imagen, estos vectores son llamados 'eigenface', (GarcésNúñez, 2017). Con el fin de mantener la eficiencia del ordenador por cuestiones de espacio se establece que entre menos eigenfaces, mejor resulta para el sistema, en este caso menos, es más. Esto da como resultado utilizar los mejores eigenfaces obtenidos en la etapa de entrenamiento y representarlos de manera lineal y a partir de ellos obtener la mayor parte de varianzas para formar el rostro. La misma cantidad de eigenfaces que se obtengan son los mismos ingresados en la parte del entrenamiento, (Calli Olvea, 2015). Los rostros originales se reconstruyen en base a la linealidad del conjunto y solo se separa la información valiosa de la imagen para luego codificarla. La mayoría de estos eigenfaces siguen patrones, los cuales resultan ser unos más fáciles de identificar y mostrar, dependiendo de las características resaltadas, en ocasiones incluso la imagen puede no parecer un rostro, (Julián et al., 2018).

Este método no es exclusivo para implementarse en reconocimiento facial, en muchas investigaciones se ha utilizado para reconocimiento de voz, para interpretar gestos, estructuras físicas del cuerpo humano como los labios y la cara, la lectura de signos y en el análisis e interpretación de imágenes médicas.

Básicamente este método lo que hace es que a partir de imágenes más pequeñas en donde recopila información de rasgos físicos característicos del rostro como la boca, nariz y ojos, logra reconstruir la imagen por medio de la herramienta matemática: Análisis de Componentes Principales (PCA). Ya que el método por sí mismo se caracteriza por el gran consumo de espacio debido a la cantidad de imágenes resultantes del resultado vectorial generando un alto costo se aplica la herramienta mencionada.

1.1.2.1 Análisis de componentes principales (PCA)

Se toman la menor cantidad de los vectores covariantes antes mencionados resultantes después del análisis de las imágenes en la base de datos que cuenten únicamente con la información más importante y a partir de ahí realizar la reconstrucción de rostro. Los eigenfaces de mayor valor en el conjunto de imágenes son seleccionados para formar el posible subespacio de los rostros que conformaran las imágenes, (Franco et al., 2017).

Este algoritmo divide las imágenes referentes a una persona de la siguiente manera, representando los rasgos principales de cada rostro y los agrupa de manera que las imágenes más parecidas están cerca entre sí, en relación con las que difieren un poco. Se forma a partir de matrices de covarianza la cual toma los valores más significativos representados en el sistema vectorial y los agrupa, partir de estos autovalores se forma una matriz de transformación 'd'. Los autovalores que no formen parte del análisis son considerados como ruido y se descartan para la etapa del reconocimiento, (R. G. Hernández, s. f.)

Estas matrices resultan del diferencial de los vectores en que resulta de la selección de las imágenes a conformar el subespacio en la primera etapa del proceso que es la del entrenamiento. Para corregir el gran tamaño de la matriz que se obtiene generalmente se simplifica el cálculo de los vectores fundamentándose en que el número de imágenes en el entrenamiento debe ser menor al número de píxeles de la imagen, (Vega & Eduardo, 2012).

Este método de análisis por componentes sigue los siguientes pasos:

- Adquisición de imágenes de rostros
- Cálculo el grupo de imágenes que conformaran el entrenamiento, seleccionando únicamente los de mayor valor dentro del conjunto.

- Cálculo los pesos basados en la imagen de entrada.
- Determinar si el rostro pertenece al conjunto de entrenamiento.

1.2 Redes Neuronales

Robert Hecht-Nielsen define una red neuronal como: " Un sistema informático compuesto por un número de elementos de procesamientos simples, altamente interconectados, en donde el proceso informativo, por su estado dinámico, responde a entradas externas".

Las redes neuronales en las últimas décadas han transformado el método de procesamiento de información en los cuales a través de instrucciones específicas almacenadas en la memoria son capaces de tomar decisión a partir de las mismas. Son capaces de implementar técnicas de aprendizaje y organización para detectar ciertos patrones, márgenes e incluso adaptarse a los cambios generados en el sistema, (Díez et al., 2001).

1.2.1 Neurona biológica

Las neuronas están compuestas por dendritas, las cuales están conectadas entre sí por los axones, mediante un proceso llamado sinapsis a través de neurotransmisores generando el efecto de reacción en cadena llamado potencial de acción provoca la transferencia de información, (Kulshreshth et al., 2019).

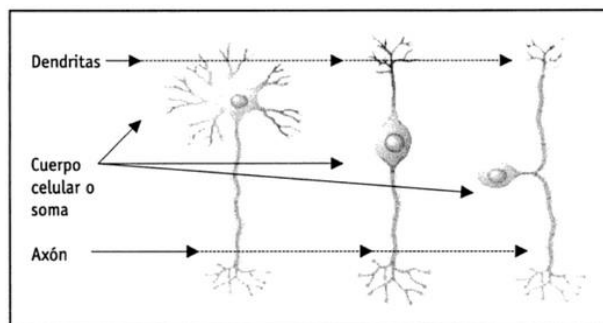


Ilustración 19. Estructura de la neurona biológica humana.

Fuente: (R. F. López & Fernández, 2008).

Las redes neuronales tratan de imitar el funcionamiento biológico de un cerebro humano mediante la simulación de softwares, la emulación del procesamiento de información y datos, o

mediante la implementación de hardware para la parte física de los sistemas, (R. F. López & Fernández, 2008).

En comparación con una red biológica Ilustración 19, las dendritas se comportan como los canales de entrada de los datos. La sinapsis es la parte de activación de la red donde se transforma el dato de entrada en valor de activo o inactivo. Los axones son la salida de datos del valor resultante en el proceso de activación, (Ruiz et al., s. f.). Las señales de entrada son controladas por un medio modulador llamado pesos, las entradas en una red neuronal pueden estar conectadas a otra o proceder del exterior y las salidas se transmiten hacia el exterior. En resumen una neurona es funciona como un tipo de procesador en el cual su capacidad de guardar datos es limitada en cuanto al almacenamiento de pesos, (Ruiz et al., s. f.).

1.2.2 Neurona artificial

Una neurona artificial es un tipo de neurona computarizada que permiten el cálculo matemático de vectores a través de datos de entradas procedentes del exterior. Estos datos lo son procesados para producir un tipo de impulso determinado por los pesos de manera que devuelven un valor de salida, (R. F. López & Fernández, 2008).

Una red neuronal artificial consta de tres características principales: el aprendizaje, es decir su capacidad de almacenamiento a través del entrenamiento de la red. La generalización, obtener resultados positivos ingresando datos diferentes a los utilizados en el proceso de entrenamiento. La adaptabilidad es la característica que tiene una red de funcionar aun si en su entorno se realicen cambios y pueda adaptarse a ellos, (Gamboa, 2006).

La creación de redes neuronales consiste en utilizar múltiples grupos de entrenamiento al igual que el modelado de parámetros para establecer un frameworks que sirvan para la etapa del entrenamiento de algún algoritmo, los cuales se expondrán más adelante.

Como se observa en la Ilustración 20 según (L. H. López, 2006) las neuronas artificiales se dividen en tres tipos según su arquitectura:

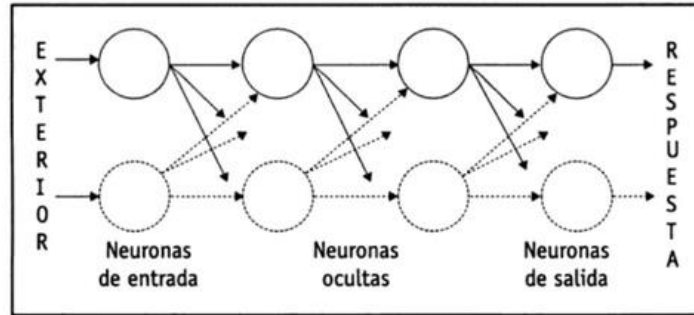


Ilustración 20. Capas que conforman una RNA.

Fuente: (L. H. López, 2006).

- La capa de entrada que recibe las señales del medio.
- La capa de salida es la que envía las señales al final del entrenamiento.
- La capa oculta se encuentra en el centro y no tienen ningún enlace con el exterior, se encargan de procesar la información recibida.

Las redes neuronales también se dividen según la forma en que se transmite la señal:

- Feedbackward, la señal se mueve hacia adelante en un solo sentido sin poder regresar.
- Feedforward, la señal se puede mover hacia delante o hacia atrás, en cualquier sentido.

Según el número de capas las redes neuronales artificiales se dividen en:

1.2.2.1 Red monocapa

Una red monocapa representada en la solo cuenta con una entrada y una salida, las cuales se comunican con el medio ya sea para recibir la información (entrada) o entregarla (salida). Las capas están conectadas entre sí y son aptas para realizar aplicaciones de reconocimiento de patrones, (L. H. López, 2006).

En este tipo de red se establece un criterio auto asociativo ya que ingresar un dato este busca la respuesta más parecida dentro del espacio, con ello se entrena a la red a reconocer las imágenes más inmediatas dentro del almacenamiento. Como se puede observar en la Ilustración 21 la representación de una red neuronal monocapa.

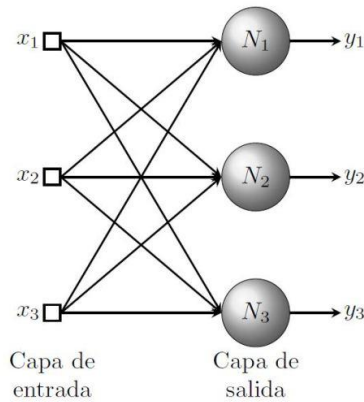


Ilustración 21. Red neuronal monocapa.

Fuente: (Basogain, s. f.).

1.2.2.2 Red multicapa

Están compuestas por una entrada, una salida y una o múltiples capas ocultas. Se emplean de tal manera que la red aprenda a formar pares, si entra un dato A debe ser capaz de asociarlo con la respectiva respuesta B, (Pol & Moreno, s. f.). Las redes multicapa mostrada en la Ilustración 22, son capaces de estar interconectadas unas con otras, en el sentido de que la salida de una es la entrada del siguiente nodo, y así sucesivamente. Este tipo de redes son útiles para realizar trabajos que requieren de mayor entrenamiento bajo superficies más complejas, (L. H. López, 2006).

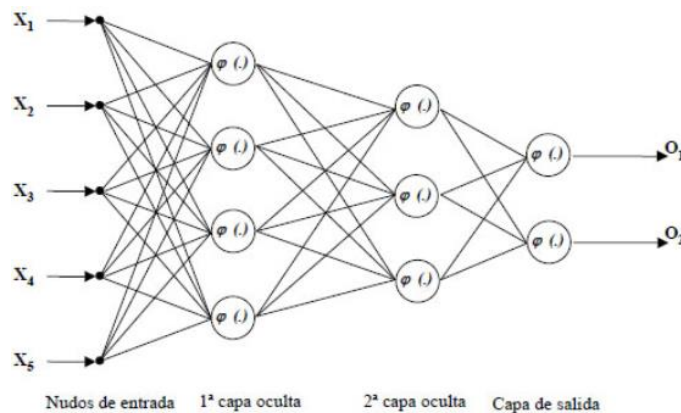


Ilustración 22.Red neuronal multicapa.

Fuente: (Villada et al., 2016).

1.2.2.3 Red convolucional

CNN (Convolutional Neural Networks) por sus siglas en inglés, las redes neuronales convolucionales fueron pensada para el diseño de redes que involucran reconocimiento facial. Durante la primera capa del entrenamiento estas son capaces de detectar características específicas del rostro, para la segunda capa se agrupa toda la información necesaria y se adjunta para realizar un reconocimiento de este. Por ejemplo, durante la capa 1 es posible reconocer rasgos específicos como la cara, los ojos, las cejas y la boca, lo que sucede en la capa 2 es que se unen para tener como resultado final un rostro en específico. De igual forma presenta la desventaja que no logra determinar estos rasgos si se encuentran ubicados en cualquier otra posición dentro de la imagen. Este proceso se logra gracias al aprendizaje del grupo de pesos conectados a la red neuronal, (Kelleher, 2019).

1.3 Comunicación por radiofrecuencia

Las telecomunicaciones son una rama de la tecnología que permite al ser humano comunicarse con el fin de facilitar el intercambio de información. El concepto de radiocomunicación se ha venido desarrollando desde antes del siglo pasado. Entre los precursores del electromagnetismo se encuentran los científicos James Maxwell y Heinrich Hertz, el primero Maxwell, quien formulo las ecuaciones que representan las leyes de la electricidad y el magnetismo, años más tarde Hertz expuso en uno de sus trabajos la forma de propagación, polarización y reflexión de las ondas. En el siglo XX al igual que en muchas tecnologías, los avances fueron apareciendo de forma más acelerada, se logró transmitir señal intercontinental por aire, se desarrolla el primer radio-receptor electrónico. Alan Turing realiza algunos aportes referentes a la creación del primer ordenador, se introduce el concepto de fibra óptica para finales del siglo y se crea el primer microcontrolador por la compañía INTEL, surgiendo los mensajes por correo electrónico, (Moya, 2011).

Los componentes principales dentro de un sistema de comunicación son: el transmisor, el medio de transmisión y un receptor. La función principal de transmisor es convertir la información de entrada en una señal capaz de atravesar el medio de transmisión el cual se encarga de transportar

dicha señal hasta el receptor. El medio para transportar una señal puede ser a través de ondas o mediante cableado físico.

Existen dos tipos de comunicación, analógicas y digitales. La primera en la cual la información y la portadora se transmiten y se reciben de manera analógica por medio de señales continuas. Caso contrario ocurre en las señales digitales donde la señal se recibe y se envía a través de pulsos, en este tipo de comunicación no existe portadora y la información puede ser de cualquiera de las dos formas. En el caso de que sea analógica se debe convertir previamente en un pulso digital para luego poder transmitirla, (Villada et al., 2016).

Como se puede observar en la Ilustración 23 el diagrama de bloques del sistema de comunicación, con las tres áreas principales mencionadas anteriormente, transmisor, canal y receptor. En la primera parte al combinar la señal moduladora con la portadora se produce la onda modulada, y tanto en el transmisor como en el receptor se realizar una conversión de frecuencia ya sea para altas o bajas, la señal se transporta por medio del canal y al llegar al receptor se demodula para obtener la información que fue enviada.

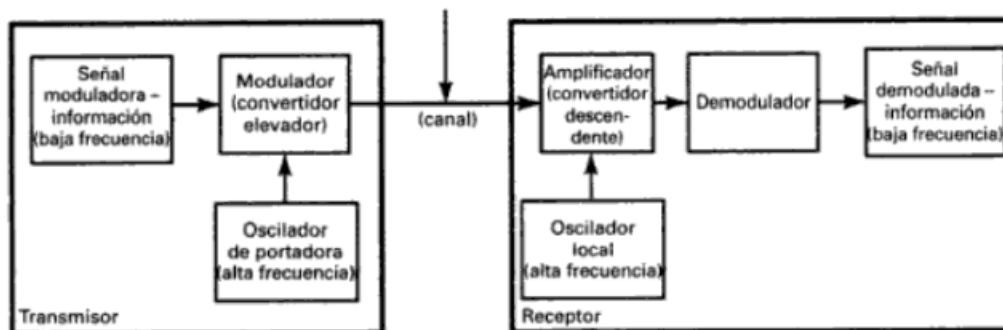


Ilustración 23. Diagrama de bloques de un sistema de comunicación.

Fuente: (Villada et al., 2016).

La comunicación a partir de radiofrecuencia se da por medio de un espectro electromagnético que propaga ondas mediante un conductor en forma de voltaje o corriente, o en forma de ondas en el espacio. Generalmente la frecuencia a la que estos sistemas trabajan oscila entre 300MHz hasta los 3000MHz. Estas señales son emitidas o recibidas a través de una antena, las cuales su tamaño varía dependiendo de la longitud de onda de la señal RF, entre mayor sea la frecuencia

menor resulta ser el tamaño de la antena. La antena es el dispositivo de acoplamiento por el cual se envía la onda modulada.

El espectro de radiofrecuencias se puede dividir dependiendo de los intervalos y el tamaño de banda, dependiendo del dispositivo y la aplicación. Dependiendo de cada país se rigen una serie de designaciones que van desde la más alta frecuencia (EHF) hasta las extremadamente bajas llamadas (ELF). La amplitud modulada AM trabaja con frecuencia de media banda, las FM o frecuencia modulada con altas frecuencias, (Pérez & Merino, 2013).

Puede que surjan múltiples señales de interferencia al momento de transmitir la señal, ocasionadas por el ruido y rebotes externos del medio. Según el tipo de comunicación, ancho de banda, frecuencia, entre otros se establece una relación mínima entre la potencia de la señal y el ruido generado por alteraciones externas que surgen conocidas como interferencias.

1.4 Software

La importancia de implementar software en un proyecto de inteligencia artificial radica en que este se encarga de la parte de análisis y procesamiento de los datos. Existe una gran variedad de aplicaciones que se pueden utilizar dentro del campo de detección de objetos y reconocimiento facial como Visual Studio y OpenCv entre otros a través de lenguajes de programación como C#, C++, Python, Ruby y Matlab; además de las múltiples herramientas y librerías dentro de sus configuraciones que facilitan la programación de un sistema.

Para el desarrollo de nuestra investigación, es importante mencionar algunos aspectos relevantes sobre el software seleccionado e implementado para el óptimo funcionamiento de nuestro sistema, al igual que las herramientas incorporadas en nuestro trabajo.

1.4.1 Python

Este lenguaje ofrece un código de alto rendimiento en algunos casos se recomienda utilizar el lenguaje de programación de Python que proporciona una mejor opción en términos de mayor rendimiento y no requiere de tanto código, y el usuario se ahorra largas horas de convertir los tipos de datos dependiendo del formato que se esté utilizando, Python se vuelve una herramienta clave para realizar el trabajo de manera más sencilla y rápida.

Python es un lenguaje de programación portable, compatible, fácil de usar y de interpretar, compila con todos los sistemas operativos, sus librerías corren de la misma forma en cualquier plataforma, lo que permite que se pueda programar en múltiples entornos sin que afecte la transferencia de datos. Permite programar de forma más estructurada y dinámica sin escribir muchas líneas de programación, lo que lo vuelve más sencillo para aquellos que no tienen experiencia con lenguajes de programación. La gran ventaja es que permite a cualquier investigador y desarrollador de proyectos concentrarse en la problemática de su investigación que al código, proporciona un mejor rendimiento y mejores resultados, ofrece librerías gratuitas de alto nivel, (Chazallet, 2016).

Entre las mejores y más destacadas librerías con las que cuenta Python se encuentran NumPy y SciPy, útiles gracias a su capacidad de analizar y manejar datos hacen la etapa de programación aún más fácil.

1.4.1.1 Librería NumPy

La librería NumPy pertenece a Python se especializa en procesar datos numéricos y permite trabajar en base a matrices a arrays de algebra lineal de N-dimensiones, funciones sofisticadas, brinda herramientas para interpretar código C y C++, también se puede utilizar como un contenedor eficiente multidimensional de datos genéricos. Se pueden definir tipos de datos arbitrarios. Esto permite que NumPy se integre sin problemas y rápidamente con una amplia variedad de bases de datos, (Numpy Org, s. f.).

1.4.1.2 Librería SciPy

Esta librería se construye sobre el framework de NumPy y lleva a otro nivel las capacidades matemáticas del programa de resolver problemas de derivación e integración en un nivel más complejo, (Bressert, 2012).

1.4.2 OpenCv

Para poder llevar a cabo funciones de visión artificial es necesario contar con un software que brinde la opción de procesar datos, especialmente imágenes. Por esa razón OpenCv se vuelve

fundamental ya que cuenta con estructuras para manipular imagen y matrices, en su composición incorpora memoria avanzada que facilita el desarrollo de aplicaciones, (Laganière, 2014).

Esta aplicación es un programa de código abierto escrita en lenguaje de programación C# y C++ compatible con la mayoría de los sistemas operativos de los ordenadores más utilizados como Linux, MAC y Windows. Cuenta con alrededor de 500 funciones dentro de sus librerías, y se utiliza para el desarrollo de aplicaciones en un tiempo limitado y altamente sofisticado, (Bustamante, 2014).

Una ventaja de OpenCv es que provee la lectura de una gran variedad de tipos de imágenes de cámara y video, como los formatos JPG, JPE, PNG, PGM, entre otros. De la misma manera tiene funciones específicas para implementar dentro del campo de Machine Learning a través de patrones de reconocimiento y agrupamiento. OpenCv es utilizado por muchos científicos e investigadores alrededor del mundo, grandes compañías como Google, IBM, Intel y Microsoft forman parte de la comunidad de usuarios del programa, así como centros de investigación como Standford y el MIT. Este programa surgió de una investigación desarrollada por Intel con el fin de mejorar las aplicaciones de CPU hasta convertirse en lo que hoy conocemos como un programa abierto y gratis. Está estructurado a partir de 5 componentes principales que permiten el rápido procesamiento de datos y elevan su nivel de algoritmos los cuales brindan librerías de aprendizaje para la detección de contornos. También permiten la detección de rostros conocidos como eigenfaces, el contorneado de imágenes, visión estéreo, detección de gestos y rastreo en 3D, (Bradski & Kaehler, 2008).

Como se mencionó anteriormente, OpenCv cuenta con herramientas para la interpretación de imagen al igual que con librerías específicamente en función de calibración de sensores o cámaras a utilizar, detección de rasgos físicos del rostro, analiza figuras y formas geométricas, a partir de técnicas de contorno y también puede analizar movimiento. La función más importante y de principal interés para esta investigación es que con OpenCv se puede implementar los dos pasos más importantes del reconocimiento facial, la segmentación y el reconocimiento de objetos, (Garcés Núñez, 2017).

1.4.2.1 Librería EmguCV

Es una librería de procesamiento de imágenes perteneciente a OpenCv compatible con diferentes lenguajes de programación, su principal objetivo es permitir que las funciones del programa puedan ser llamadas desde cualquier entorno de programación. Es un envoltorio tipo .NET de procesamiento de imágenes para Intel donde se logra trabajar con un medio gráfico, lo que lo hace ideal para trabajar con espacios como Windows Forms de Visual Studio, (Garcés Núñez, 2017).

Estructuralmente Emgu CV tiene dos capas establecidas como capa 1 y capa 2 respectivamente: la primera contiene las funciones estructuras y numeración de asignaciones pertenecientes a OpenCv. La segunda capa brindan las ventajas del envoltorio .NET, (Ortega Bueno, 2014).

Uno de los principales objetivos de EmguCv es proporcionar al programador una infraestructura de programación mucho más fácil que les permita crear aplicaciones de visión artificial más fácilmente. Esta librería se extiende a múltiples áreas como el análisis de imágenes médicas para su posterior análisis, interfaces, la calibración y la robótica, (Shi, 2013).

Un aspecto importante que considerar para la presente investigación es la compatibilidad que tiene OpenCv con programas como Visual Studio, en la cual se pueden exportar las librerías desde el Nuget Package Manager y descargar las distintas versiones que ofrece cada librería según la aplicación y las funciones que se requieran.

1.4.3 Visual Studio

Microsoft Visual Studio es un software de programación perteneciente a Microsoft para el desarrollo de aplicaciones mediante interfaces gráficas, diseñar sistemas, trabajar con librerías para visión por ordenador, permite trabajar con frameworks y soporta diversos lenguajes de programación como: C#, C++, Python. Java y .NET. Permite al usuario crear, filtrar y desplegar aplicaciones web, de escritorio y móviles con gran facilidad

Visual Studio .Net permite utilizar diferentes lenguajes de programación en un mismo entorno, su objetivo es que cualquier aplicación esté disponible en un dispositivo. Es una multiplataforma

capaz de disminuir el tiempo de desarrollo de un proyecto, utiliza múltiples funciones, reduce costes y simplifica el mantenimiento.

A través de la librería.Net los desarrolladores trabajan con todos los servicios de la plataforma con un nivel de abstracción mayor. Visual Basic les permite a los programadores a trabajar en un espacio donde no se requiere ser experto o comprender el funcionamiento de Windows en niveles más bajos. Como se mencionó antes la razón de que sea compatible con todos los lenguajes de programación, le permite usar el mismo formulario API para acceder a las plataformas, (Adams Griffiths). Windows Forms permite el diseño de aplicaciones capaces de interactuar con otros computadores a través del internet utilizando servidores locales.

La interfaz de .NET es un código diseñado para alcanzar cualquier plataforma que use CLR (Common Language Runtime). Estas ayudan en la ejecución de los programas, esta interfaz permite que todos los objetos dentro de ella pertenezcan a la misma a partir del mismo nombre en común, (Dunaway, 2002).

1.4.3.2 Lenguaje C#

Este lenguaje de programación es perteneciente a Microsoft el cual pertenece a Microsoft.Net, se trata de un lenguaje orientado a objetos utilizando interacciones para diseñar y programar aplicaciones. Es utilizado para la creación de aplicaciones web ASP.NET, formularios de Windows y WPF(Dimes, 2016).

Es un lenguaje que combina aspectos de C, asociados con C++ y Java con características para soportar programación basada en componentes. Está diseñado para construir aplicaciones rentables y con componentes duraderos para implementarse en el mundo real. C# cumple con los requerimientos de ser un lenguaje sencillo y flexible, fácil de escribir y programar, haciéndolo moderno, consistente, simple y seguro(Balagurusamy, 2008).

1.4.3.1 Librería AForge.NET

AForge.NET es una librería de Visual Studio para sistemas de redes neuronales que sirve para diseñar algoritmos, procesamiento de imágenes, robótica y otros campos de la visión artificial. Dentro de su framework se pueden encontrar distintas aplicaciones pueden ser útiles para la aplicación

de nuestro proyecto como: AForge.Imaging para el procesamiento de imágenes, AForge.Video para el procesamiento de video, AForge.Neuro para redes neuronales, AForge.MachineLearning para librerías de aprendizaje.

1.4.4 Microsoft Access

En nuestro proyecto a medida que se ingresen nuevos datos de personas, o el sistema reconozca un rostro nuevo, es necesario implementar un software que permita enlazar los datos y guardarlos y que de la misma manera sea fácil de acceder a ellos. Microsoft Access ofrece a sus usuarios abrir y visualizar la base de datos de distintas maneras, una ventaja por sobre los otros programas de bases de datos, ya que al ser compatible con Visual Studio y Windows Forms para la búsqueda y manipulación de datos, es una manera segura de utilizar .NET. Esta librería resulta aún más fácil de utilizar en comparación a Microsoft SQL.

1.5 Hardware

1.5.1 ATmega

ATmega es una empresa que abarca ecosistemas de hardware y software con plataforma de código abierto. Se desarrolló a principios de la década de los 2000 por estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, Italia, con el fin de facilitar y difundir el acceso y uso de la electrónica y la programación, sin tener una experiencia previa sobre ello por lo que representa una de las ventajas de este siendo fácil de usar para cualquier principiante de la electrónica. El sistema de hardware y software de código abierto permite que sean de acceso público para que cualquier persona pueda utilizarlo, modificarlo y replicarlos, (Yúbal, 2018). A su vez, ofrece las bases para que una persona o empresa pueda crear sus propias placas, tomando como pauta la diseñada por fábrica. Actualmente, se ha convertido en una herramienta tanto educativa como a nivel industrial para la elaboración de diferentes prototipos.

A nivel físico es un microcontrolador impreso en una placa PCB con circuitería interna. Actualmente se han fabricado diferentes tipos de esta familia de microcontroladores entre los oficiales se encuentran: El Nano, Mega, Leonardo, Uno y Yun que varían en números de pines, tamaño y modelos dependiendo las necesidades del proyecto a realizar.

Dentro de sus propiedades físicas cuenta con una serie de pines tanto de entrada como de salida, así como también digitales y analógicos por lo que sus aplicaciones pueden ser muy variadas. Sus interfaces logran comunicación en serie e incluye un bus serial universal (USB) en algunos de sus modelos, por lo que puede ser alimentado y programado desde un ordenador y posteriormente funciona de forma independiente con el programa subido.

En cuanto a la programación utiliza lenguajes de C y C++ mediante el entorno de desarrollo integrado (IDE) a través del entorno de Processing, lenguaje utilizado en la codificación dentro del contexto de las artes visuales.

Los pines componen una interfaz de entrada y de salida. La interfaz de entrada es el conjunto de conexiones que se pueden efectuar a través de diferentes tipos de periféricos, los cuales transmitirán la información a la placa y posteriormente el microcontrolador procesará los datos que reciba a través de ellos. Los denominados periféricos pueden ser diferentes tipos de componentes como ser cámaras, sensores, pulsadores y cualquier otro tipo de componente electrónico capaz de enviar señales. La interfaz de salida se compone de periféricos a los cuales el microcontrolador le enviará la información procesada anteriormente y pueden ser pantallas LCD, leds e incluso otras placas, capaces de recibir señales y ejecutar acciones respecto a los datos recibidos. Como ejemplo de lo mencionado se puede incluir el encendido y apagado de leds, mediante una interfaz de entrada que puede ser la conexión de botones.

Por otra parte, las librerías son parte importante para la ejecución del programa y ésta representa otra de sus ventajas. Como librería se entiende que es una serie de instrucciones agrupadas de manera secuencial para la programación de determinados componentes. En otras palabras, muchos de ellos componentes electrónicos o hardware tienen una programación determinada sobre su manejo básico, por lo que la librería ahorra la necesidad de reescribir las mismas instrucciones facilitando de esta forma el desarrollo del proyecto. Es aquí donde se manifiesta otra de las ventajas, puesto que proporciona una serie de librerías oficiales de libre acceso. Muchas veces estas instrucciones básicas varían o pueden sufrir modificaciones o aumentos en las líneas de programación dependiendo de las aplicaciones que se le pretende dar al hardware. Como consecuencia, la empresa fabricante también brinda la posibilidad de utilizar librerías

creadas por terceros, que amplían la funcionalidad del propio lenguaje y permite que la placa sea capaz de adaptarse una multitud de escenarios diferentes, (Artero, 2013).

Otra de sus características más resaltables es su precio accesible o bajo costo, su precio se encuentra alrededor de Lps.500 actualmente. Su fácil uso, su carácter libre y accesible lo hace una herramienta que se puede utilizar prácticamente para cualquier aplicación, desde proyectos educativos y sencillos, hasta robots y aplicaciones más complejas como uso en el desarrollo de soluciones de IoT e inteligencia artificial. Puede ser instalado y ejecutado en sistemas operativos como Windows, Linus y Mac OS.

1.5.2 Raspberry Pi

Es una placa computadora desarrollada en 2012 por la Raspberry Pi Foundation en Reino Unido originalmente surgió con fines didácticos, para incentivar la enseñanza de ciencias de computación en las escuelas. Siendo el objetivo una placa educacional es de bajo costo, esto con la idea de llegar máximo número de usuarios y cumplir el objetivo de enseñanza. Usa lenguajes de alto nivel como Python, C++ y Java, (Casco, s. f.). Su precio ronda entre 25-60 \$ por unidad en sus modelos más nuevos. Su estructura es compacta, con un tamaño similar al de una tarjeta de crédito.

Siendo un ordenador de tamaño reducido, a diferencia de uno convencional, es más lento, pero incluye un sistema operativo Linux completo y puede realizar cualquier tarea que se necesite como ordenador y con un bajo consumo de energía. Se requiere una tarjeta SD con un tamaño mínimo de 8 GB, para el almacenamiento permanente puesto que no incluye un disco duro, tampoco fuente de alimentación ni carcasa, (GarcésNúñez, 2017). Al igual que el Arduino permite la conexión de periféricos tanto de entrada como de salida, lo que permite sus múltiples aplicaciones desde el uso de un sensor de temperatura, presión o una pantalla lcd, leds, entre otras, así como también en aplicaciones mayor complejidad como lo es el reconocimiento facial o visión artificial.

Según el modelo de Raspberry Pi, sus características varían en la cantidad de pines GPIO con 26 o 40 pines. Dichos pines se pueden utilizar en el software como pines de entrada o salida para

diferentes propósitos y se distribuyen a lo largo del borde superior de la placa como se muestra en la siguiente Ilustración 24:

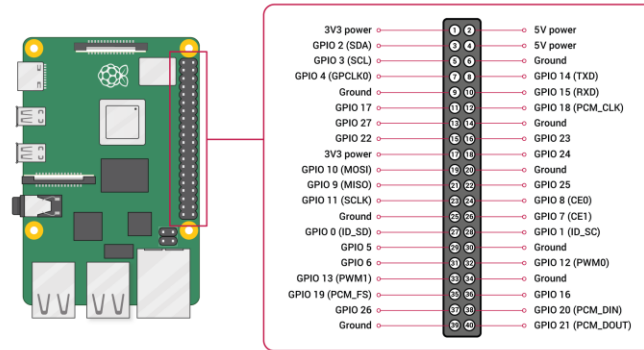


Ilustración 24.Enumeración de Pines GPIO

Fuente: (Raspberry Inc., s. f.).

Igualmente se cuenta con la librería con el mismo nombre GPIO que nos permitirá codificar y manipular dichos pines dependiendo la configuración necesaria para el proyecto, (Stasi, 2020).

En todos los modelos incluyen un transmisor asíncrono universal UART, un bus con protocolo I2C, un bus con interfaz periférica serial SPI con dos selecciones de chip, audio I2S, 3V3, 5V y tierra, (Raspberry Inc., s. f.). A su vez, puede utilizar un método de expansión utilizando el bus I2C o SPI para aumentar el número máximo de GPIO. Raspberry Pi Modelo B tiene dimensiones de aproximadamente 85,60 mm x 56 mm x 21 mm, y un peso de 45 g, (Roig Coves, 2015). La Raspberry Pi Zero y la Raspberry Pi Zero W miden 65 mm x 30 mm x 5,4 mm (o aproximadamente 2,56 "x 1,18" x 0,20 ") y pesan 9 g. Dependiendo de los modelos la cantidad de memoria RAM es cambiante, desde los 512 MB hasta los 4 GB. Pueden trabajar con frecuencias dentro del rango de 700MHz hasta los 1500 MHz. La Raspberry Pi cuenta a su vez cuenta con un módulo de cámara que se conectan al puerto de cámara SCI-2 y es capaz de grabar videos a una resolución de hasta 1080p30 y fotos de hasta 5 megapíxeles con formatos JPEG, PNG, GIF y BMP, *YUV* y *RGB sin comprimir*. Para su alimentación utiliza una corriente de por lo menos 750 mA que s era su alimentación podemos usar un cargador con conexión micro USB que pueda dar una corriente de al menos 750 mA, (Raspberry Inc., s. f.).

En el caso de la Raspberry Pi Modelo B el desglose de sus características es el siguiente:

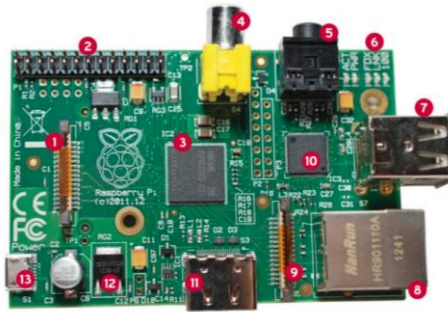


Ilustración 25. Vista Frontal de la Raspberry Pi Modelo B

Fuente: (Warner, 2013).

Sus puertos de acuerdo con la ubicación en la Imagen son los siguientes:

- 1- DSI video 2- GPIO 3-CPU/GPU/RAM 4-RCA video 5-Stereo audio 6-Status LEDs
- 7- USB 8-Ethernet 9- Camera 10- USB/Ethernet controller 11-HDMI
- 12-Regulador de voltaje 13- Micro USB

Entre sus características internas se encuentran las siguientes en comparación al modelo A se representa a continuación en la siguiente **Tabla 1** :

Tabla 1. Comparación de dos modelos Raspberry

Raspberry Pi	Modelo B	Modelo A
RAM	512 MB	256 MB
Velocidad	700 MHz	700 MHz
SoC	Broadcom BCM 2835	Broadcom BCM 2835
GPU	Broadcom Video Core Iv	Broadcom Video Core Iv
Potencia	700 Ma a 5V	300 mA a 5v
USB	2 x USB 2.0	1xUSB 2.0
Salida de Video	RCA; HDMI 1.3/1.4	RCA; HDMI 1.3/1.4
Salida de Audio	3.5 mm analógico; HDMI	3.5 mm analógico; HDMI
Redes	10/100 Mbps Ethernet	No tiene
GPIO	26	26

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente, cada característica varía de acuerdo con los tipos específicos de Modelo A y Modelo B.

5.2.1.1 Programas para la Interacción de Raspberry Pi

El sistema operativo basado en Linux de Raspberry Pi requiere de otros sistemas operativos que sean capaces de ejecutar de forma fluida con la cantidad de Gigabytes y memoria RAM. Para ello, se pueden instalar los siguientes programas a emplear:

Raspbian: Es el Sistema operativo oficial y gratuito para todos los modelos de Raspberry Pi. Está basado en el sistema operativo Debian optimizado para el mejor rendimiento de la Raspberry Pi, con un conjunto de programas básicos y utilidades que ofrece al usuario un entorno de cualquier ordenador moderno. Proporciona más de 35,000 paquetes y software precompilado con una fácil instalación para el hardware. Propuesto en el año 2012, y no por la Fundación sino que por un equipo de desarrolladores fanáticos del hardware y del sistema Debian, actualmente sigue en desarrollo activo para incrementar su nivel de rendimiento, (Raspberry Inc., s. f.).

Windows IoT: Es una edición de Windows adaptada para los miniordenadores, entre ellas la Raspberry Pi. Ofrece una plataforma con el objetivo de crear un entorno para desarrolladores o makers que puedan innovar en diferentes tipos de soluciones adaptadas al Internet de las Cosas y no orientada al segmento de PCs ni portátiles tradicionales, (Pastor, s. f.). En otras palabras, no cumplirá con el funcionamiento popular del Windows como abrir un navegador ligero o editar documentos de Office, sino que es meramente orientado a proyectos de IoT.

Open Source Media Center: Fundado en el año 2014 es un programa más orientado a la parte visual y reproductor de multimedia, proporcionando un centro de código abierto basado en Linux para la Raspberry Pi, (OSMC, 2020). Permite la reproducción de medios de red local, que incluye la visualización de películas, imágenes, música, así como también almacenamiento adjunto e Internet. No necesariamente se requiere de una experiencia previa en el manejo de Linux para ponerlo en funcionamiento por lo que esto facilita su uso. Dentro de sus desarrolladores se encuentran las contribuciones por parte del Team Kodi y el proyecto Debian.

Combinando la Raspberry Pi con Wi-Fi puede comunicarse de forma remota y mediante el nodo de procesamiento en Wireless Sensor Networks (WSN), el procesamiento de datos y toma de decisiones puede basarse en Inteligencia Artificial.

1.5.3 Sensores

Según la definición de la Real Academia Española, un sensor se define como un dispositivo que a través de una acción externa ya sea de temperatura, presión u otra la detecta y la transmite adecuadamente. (ASALE & RAE, 2020) Es un componente electrónico que, mediante una magnitud física generada por agentes externos conocidos como señales de entrada, es capaz de transformarla a una magnitud eléctrica. Dependiendo de los valores de lectura los sensores se pueden clasificar en analógicos o digitales.

En el caso de los sensores digitales solo obtiene dos valores de lectura que se denominan estado bajo (LOW) y estado alto (HIGH) y se representan con 0's y 1's. En cuanto a los sensores analógicos, éstos son capaces de recibir datos con valores decimales y son interpretados según el voltaje detectado que puede ser dentro del rango de -0.5 a 5+ Volts.

Las características de un sensor, para establecer la calidad de un sensor, las cuales varían de acuerdo con el tipo y modelo, por lo que es importante tomar en cuenta las siguientes según (Serna Ruiz et al., 2010):

Resolución: es una mínima alteración de la medida de entrada que se puede reflejar a la salida.

Sensibilidad: es la relación que existe entre la variación de magnitud de salida en comparación con la de entrada. Interesa que los sensores cuenten con una sensibilidad alta.

Error: se representa en porcentaje (%) y se entiende como la desviación entre la medida que proporciona el sensor respecto de la real.

Precisión: es el error de medida máximo que se espera. Es el grado de repetitividad de una medida. (Ramírez et al., 2014)

Repetitividad: es el error que se espera al hacer repeticiones de la misma medida varias veces.

Exactitud: Es la característica en un instrumento de medida de proporcionar valores aproximados a la magnitud de medida real. (Areny, 2005)

Otro de los aspectos a tomar en cuenta es el rango: conocido como el valor mínimo y máximo que puede medir el sensor.

Existen diferentes tipos de sensores clasificados dependiendo del tipo de aplicación ya sea de iluminación, temperatura, humedad, posición, distancia, presión, entre otros. Dentro de los sensores de distancia se encuentran los sensores infrarrojos. (Serna Ruiz et al., 2010)

1.5.3.1 Sensores infrarrojos

Un sensor infrarrojo es un componente electrónico con la capacidad de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos que se encuentren dentro de su campo de visión, que resulta imposible de ver para el ojo humano.(Escobar & Mindiola, 2009) Internamente, está compuesto por un diodo LED como emisor y un fototransistor con la función de receptor.

Su principio de funcionamiento se basa en la radiación proveniente del reflejo de luz emitida por el LED con respecto al objeto que se encuentra dentro de su campo de visión, dicha radiación es captada por el receptor en este caso, el fototransistor que a partir de los valores recibidos realiza la medición. Pero es importante destacar que la luz reflejada requiere de un filtrado de señal que como ventaja dicho sensor viene con uno incorporado. Se entiende como filtro a todo dispositivo con capacidad para separar señales de frecuencia u otros criterios con el fin de evitar errores en la lectura.

1.5.3.2 Sensores de temperatura

Un sensor de temperatura como su nombre lo indica tiene la función de detectar variaciones de las mediciones de temperatura en el aire, agua, incluso en personas y es capaz de transformarla en una señal eléctrica. Existen 3 clasificaciones para estos sensores, a partir de su funcionamiento y transformación de señal:

Termopares, están constituidos por la unión en un extremo de dos hilos metálicos que al existir una variación en su temperatura, provoca la proporción de tensión de la temperatura del sistema.(Lizán Ortiz, 2014) Según el metal utilizado, rangos de temperatura y su aplicación están los tipo J,K,T y E.

Sensor de temperatura Resistivo (RTD), este sensor funciona a partir de los cambios en la resistencia a la temperatura del material. Se forma a partir de un alambre que puede ser de diferentes materiales como ser hierro, cobre, platino entre otros, que varían su resistencia a partir de los grados de temperatura que sean detectados. Es conocido principalmente por su referencia con la PT100 que forma parte de esta familia de sensores por lo que su funcionamiento consiste en que al aumentar la temperatura intensifica su resistencia eléctrica con un rango de medición entre -250 °C a 120 °C. Y físicamente se compone de un alambre de platino que a una temperatura de 0 grados centígrados tiene 100 ohmios.(Guativa et al., 2016) Existen otros tipos según la cantidad de ohmios de resistencia y dependiendo del material del que estén conformados.

Termistores, tienen el mismo funcionamiento que los anteriores variando su resistencia en proporción a la temperatura. Este tipo de sensores son mucho más sensible que los RTD aumentando su resistencia hasta 10 veces más por cada grado de temperatura detectado. El rango de medición que son capaces de alcanzar se encuentra entre los 80°C a 120 °C. (Rincón Aristizabal & Vargas Chavarro, 2019) Entre los materiales en los que pueden estar compuestos se encuentran el óxido de níquel, cobalto, hierro, cobre o titanio y se pueden configurar a 2 o 3 hilos.

1.5.3.2.1 SENSOR MLX90614

Forma parte de la familia de sensores temperatura e infrarrojos, por lo que es un componente sensible a la radiación reflejada por cualquier objeto a la distancia, constituido por un chip de silicio. En cuanto a su composición interna, integra un circuito de filtrado de ruido y cuenta con un conversor analógico a la digital de 17 bits, (Nylamp Mechatronics, n.d.). Dentro de sus ventajas, ofrece una alta precisión y resolución con comunicación en protocolo I2C a través de un procesador de señal DSP, y solo se necesita realizar la conexión respectiva a un Arduino o cualquier otro microcontrolador. (SANDOROBOTICS, 2019) Este termómetro con su funcionamiento como sensor infrarrojo, es capaz de tomar la temperatura sin la necesidad de

tener contacto alguno, al igual que su bajo costo y tamaño reducido. Sus dimensiones son de 16 x 11 x 5 mm, cuenta con una interfaz compatible con SMBus y una salida PWM para la lectura continua.

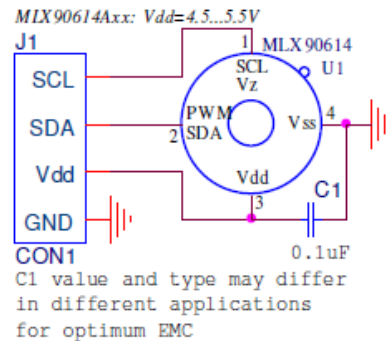
Sus características técnicas según su respectivo Datasheet proporcionado por la empresa fabricante Melexis Inspired Engineering (Melexis, 2019) se resumen en la siguiente **Tabla 2**:

Tabla 2. Características internas del sensor mlx90614

Características	Descripción
Alta Precisión:	±0.5°C
Rangos de Temperatura con calibrado de fábrica:	-40 a +85 °C temperatura ambiente
	-70 a 380 °C temperatura del objeto
Voltaje de Operación:	3v-5v
Adaptaciones de voltaje:	8v-16v
Resolución de la medida	0.01 °C.
Protocolo de comunicación:	SMBus (I2C)
Interfaz compatible con serie SMBus con resolución:	0.02 °C.
Rango de Frecuencia:	10KHz- 100KHz

Fuente: Propia

Y entre sus entradas y salidas se encuentran las siguientes mostradas en la Ilustración 26:



MLX90614 connection to SMBus

Ilustración 26. Circuito esquemático del sensor

Fuente: (Melexis, 2019)

SCL (Serial Clock Line): Es una entrada digital, empleada como reloj para establecer una comunicación compatible con SMBus. La interfaz SMBus está basado en el protocolo I2C, conocido como protocolo de 2 hilos, que hace posible la comunicación entre un dispositivo maestro (MD) que realiza la transferencia de datos y uno o más dispositivos esclavos (SD), que reciben los datos proporcionados por el maestro, incluso puede transmitir datos al maestro. Este proceso, proporciona las señales de reloj. Solo puede existir un maestro en el sistema para que no interfiera con la transferencia de datos. (Melexis Inspired Engineering, 2008) MLX90614 solo se puede utilizar como un dispositivo esclavo. Este pin también cuenta con una función auxiliar como regulador de voltaje, es decir, una vez que el regulador de la fuente de alimentación esté sobrecargado, y el regulador de voltaje se esté utilizando, el protocolo de 2 hilos estará disponible.

PWM / SDA (Serial Data Line): se puede utilizar para entrada / salida digital, tanto para la salida PWM de temperatura como para el SMBus dependiendo de la configuración programada en EEPROM con modos de operación Push/Pull, se puede restaurar la configuración al valor predeterminado de fábrica mediante el comando especial del NMOS.

Se ha decidido hacer uso de este sensor para la elaboración del proyecto por múltiples razones, una de ellas es la característica de no requerir contacto alguno para realizar sus mediciones por lo que encaja perfecto con el objetivo del proyecto relacionado al COVID-19 que proporcionará una medida sin necesidad que el personal sanitario interrumpa con el distanciamiento social recomendado para la toma de temperatura. Como segundo punto, su facilidad de adquisición y el hecho de que los rangos de medición de encuentran dentro de las variaciones que se necesitan para la medición de temperatura corporal de una persona. Según la OMS, (Oxandabarat, 2020) la temperatura corporal de una persona ronda entre los 36,5 y 37 grados al superar dichas cifras se considera que tiene fiebre, incluso pueden haber variaciones de grado hacia arriba o hacia abajo. Igualmente, su compatibilidad con los miniordenadores como la Raspberry o microcontroladores como ATmega forma parte de las ventajas tomadas en cuenta para su elección.

1.5.4 Cámaras FPV

También conocidas como visores de realidad virtual en primera persona, permite la integración de un sistema de transmisión y recepción de video en tiempo real, supervisando en cada momento lo que está captando la cámara. (Reuter & Pedenovi, 2019) Este sistema de first person view por sus siglas en inglés, se utiliza para pilotaje de drones con una perspectiva visual de primera persona a través de una cámara, con la sensación como si se estuviera pilotando a bordo. (Calleja, 2016)

Su calidad dependerá del tipo de sensor del que se compone entre ellos se encuentran los CCD (Charged Couple Device) y CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Su principio de funcionamiento de basa en acumular cargas eléctricas en sus píxeles dependiendo la cantidad de luz incidente, que entre mayor sea, mayor será la carga adquirida.(Ananenko, 2016)

Los dispositivos de carga acoplada (CCD) han sido los más utilizados en las últimas dos décadas por su alta capacidad de desempeñarse sobre grandes áreas y su medición con poco ruido, de forma eficiente, (Magnan, 2003). Una de las comparativas que indica (Ananenko, 2016) es que transmite una señal analógica en su salida a partir de las cargas de píxeles en voltaje y posteriormente es digitalizada por la cámara. Asimismo, requiere de un chip adicional que como ventaja produce un menor ruido en comparación con los CMOS, creando imágenes con mayor calidad y como desventaja representa un gasto mayor a la adquisición de dicho chip. En cambio, el CMOS, realiza el proceso de señal dentro del mismo sensor, lo que lo hace más propenso a sufrir fallos.

El rango dinámico (WDR) permite ver áreas claras y oscuras y el CCD supera al CMOS en un rango de 2 en este sentido. Dentro de sus aplicaciones se encuentra su uso en campos de investigación científica, como la ciencia espacial o como sensores remotos en la Tierra y planetas igualmente en mercados industriales y de consumo, (Huber et al., 2013). Los CCD en cuanto a calidad de imagen ofrece un nivel superior y flexibilidad, es adecuada para tecnologías que se necesiten imágenes de alta gama como televisión abierta, imágenes industriales de alto rendimiento, aplicaciones científicas y médicas, (Litwiller, 2001).

En cuanto a los sensores CMOS, según (Litwiller, 2001) existen diferentes características que lo definen como el hecho de que estos sensores funcionan con voltajes menores a los de CCD entre un rango de 1.8v – 5v. A su vez, representan un bajo costo de producción y contienen una batería de larga duración. Sus aplicaciones varían, se han implementado en instrumentación de bus satelital, un ejemplo de ello son las cámaras de inspección, así como también aplicaciones de gran volumen y espacio limitado donde los requisitos de calidad de imagen son bajos, ideales para cámaras de seguridad, escáneres, biometría, entre otros. Otra de sus ventajas en comparación con el CCD es su baja potencia, se forma compacta y sus generadores de imágenes son superiores.

Dichas características mencionadas se resumen en la siguiente **Tabla 3**:

Tabla 3. Comparación entre CCD y CMOS

No	CCD	CMOS
1	Crear alta calidad de bajo ruido	Más susceptible al ruido
2	Mayor sensibilidad a la luz	La sensibilidad a la luz es menor
3	Más consumo de energía	Bajo consumo de energía
4	Requiere de manufactura especializada	Fácil de fabricar
5	Costoso	Barato
6	Rango dinámico alto	Rango dinámico moderado
7	Rápida velocidad	Velocidad lenta

Fuente: (Mehta et al., 2015) Traducido al español.

IV. METODOLOGÍA

En este capítulo se detallará la metodología de investigación a utilizar explicando cada una de las etapas y fases del proyecto para el óptimo desarrollo del proceso de investigación, de igual manera se presentará el enfoque que se desea seguir, establecer las variables dependientes e independientes, los materiales, técnicas a implementar y el cronograma de actividades a realizar para la creación de un sistema de reconocimiento facial y detección de temperatura.

4.1 Enfoque

El enfoque del presente trabajo de investigación es de carácter experimental y cuantitativo, debido a que se implementara la recolección de datos y posteriormente el análisis de estos, a través de una secuencia de pasos. El carácter experimental se llevará a cabo para determinar las variables dependientes e independientes y la manipulación de estas durante el proceso, establecer los instrumentos y el método a utilizar. El análisis cuantitativo según (M. M. Gómez, 2006) surge a partir de una idea, la cual se trabaja y se establecen ciertas preguntas de investigación las cuales a lo largo del trabajo deben ser respondidas. De igual forma este modelo establece las variables y se obtiene como resultado una serie de estadísticas y conclusiones con los datos obtenidos.

En la presente investigación se obtendrán datos cuantitativos tanto como de distancia respecto a la persona detectada y los datos de temperatura que se recibirán por parte del sensor a utilizar, de forma que estos datos puedan ser analizados y demostrar la efectividad del proyecto.

4.2 Variables de investigación

Las variables de investigación conforman una parte importante dentro del proceso del proyecto de investigación, según (Martínez Coll, s. f.) se puede dividir las variables en dependientes e independientes y debe existir una relación entre las mismas. Las variables dependiente es la razón de la investigación, lo que se busca evaluar y determinar. Las variables independientes son aquellas que se pueden medir y sus alteraciones pueden repercutir en la variable dependiente. Para nuestro proyecto se establecieron las siguientes variables:



Ilustración 27. Diagrama de variables dependiente e independientes

Fuente: Elaboración propia.

Para nuestra investigación como se observa en la Ilustración 27, establecimos como variable dependiente la precisión en la detección de contagiados, ya que en esta es la razón principal de la investigación y en ella recae la importancia del proyecto. Se establecieron cuatro variables independientes las cuales de no ser precisas alterarían el resultado que se obtiene al momento de la detección provocando cambios significativos dentro de la variable dependiente.

4.3 Técnicas e instrumentación

Para el óptimo desarrollo del sistema de reconocimiento facial y detección de temperatura en una persona, en este caso un posible infectado de Covid-19, es importante mencionar algunas técnicas e instrumentos de gran utilidad que ayudaran en la implementación del proyecto. La información se ha adquirido a través de artículos y una gran variedad de papers científicos, libros y documentos online relacionados al tema de esta forma se sustenta nuestra investigación.

El software que se utilizara es Visual Studio, antes mencionado en la investigación, este brinda una cantidad de librerías útiles para el proceso de reconocimiento y detección de rostros, gracias a que es compatible con cualquier lenguaje de programación, su fácil y rápido aprendizaje, se ha decidido utilizarlo como software principal para la recopilación de imágenes y la respectiva

programación. Las librerías Emgu.Cv y AForge.Net utilizadas dentro del campo de la visión artificial se implementarán gracias a su compatibilidad con Visual Studio para la etapa del reconocimiento de rostros. Para la parte de control de usuarios y el registro de personas se desarrollará una base de datos en Microsoft Access con el fin de poder ingresar el nombre y detectar a la persona.

4.4 Materiales

A continuación, se presentará un listado de los materiales básicos esenciales que se utilizaron en el desarrollo y proceso de funcionamiento del proyecto. Cabe destacar que a raíz de la situación actual debido a la pandemia global del Covid-19 algunos de estos materiales fueron seleccionados de manera que se adaptaran al proyecto y a las circunstancias.

- Cámaras: este dispositivo se encargará de la obtención de las imágenes a utilizar para la etapa del reconocimiento y detección de personas.
- Sensor de temperatura: este componente es clave para la obtención y lectura de la temperatura de cada individuo que se analizara.
- Microprocesador: utilizado por la cantidad de datos a utilizar y analizar, y su amplia capacidad de memoria y procesamiento de datos.
- Microcontrolador: se implementará el uso de un microcontrolador ATmega para realizar un análisis similar al realizado por el microprocesador, para fines comparativos de la investigación.

4.5 Metodología de Estudio

La metodología incremental se define según Escuredo (2009) :

“Es un modelo donde se realiza análisis, diseño, se construye una primera versión, con lo esencial del sistema, se prueba y se entrega. Luego se repite: se analiza, se diseñan las mismas funciones más completas, se construye y se entrega una nueva versión, y se repite hasta tener un sistema lo más completo posible.”(p. 49)

Siendo la idea principal la interacción con el usuario que permita su aporte para los próximos incrementos. En un sistema, se basa en la sustitución de un módulo que es sustituido posteriormente por uno más potente que implemente nuevas características. (Cailotto et al., 2002)

En otras palabras, como su nombre lo indica se irán haciendo anexos funcionales que incrementen el nivel de complejidad del proyecto con el fin de distribuir las tareas y obtener resultados de forma progresiva y conseguir el desarrollo del sistema completo. De acuerdo con esto, se establecieron las diferentes prioridades de cada incremento en las que se basará nuestro proyecto:

4.5.1 ETAPA I: DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE



Ilustración 28. Modelo Incremental. Nivel 1

ETAPA I.1 Análisis

La selección de componentes, tanto de la cámara como del sensor se realizará en base a sus funcionalidades específicas, como por ejemplo los rangos de medición del sensor y el modelo de la cámara que mejor se adapte al tipo de aplicación. Otra parte importante para tomar en consideración es la disponibilidad de estos, que se puede ver afectada por la situación actual. Igualmente se definirá el software a utilizar que permita el procesamiento de imágenes para el reconocimiento facial requerido.

ETAPA I.2 Diseño

A partir de los componentes seleccionados se elaborará un diagrama esquemático que permita la comunicación eficiente con el software a través de las respectivas conexiones. Se hará uso del software Visual Studio, dicha interfaz nos permitirá la integración de los hardwares de forma

simulada, y a partir de ello, se incluirán los datasets que permitirán el reconocimiento de rostros a través de los microcontroladores y microprocesadores, verificando el correcto funcionamiento de cada uno de ellos por medio de la programación que se ejecute.

ETAPA I.3 Programación

Se pretende ejecutar los comandos correctos que permitan el análisis y la detección de rostros a través de las herramientas ofrecidas por Visual Studio, entre ellas sus librerías siendo una de ellas Windows Forms la cual a través del marco C# de Aforge.Net, especializada para el desarrollo de inteligencia artificial, hará posible la creación de la red neuronal correspondiente. Otra parte que se debe incluir es la comunicación por medio de radiofrecuencia de envío y recibimiento de imágenes y video que serán la base para lograr dicho reconocimiento.

ETAPA I.4 Pruebas

En esta etapa evaluaremos la correcta transmisión de datos, así como también la detección por parte del software designado al análisis de rostros humanos, diferenciando éstos de cualquier otro objeto que detecte la cámara, corrigiendo de esta manera cualquier cambio que se crea conveniente para optimizar dicho proceso.

En este primer incremento se busca desarrollar la esencia de nuestro proyecto, que consiste en la detección y reconocimiento de rostros, el cual podrá ser adaptada a las demás funcionalidades en los siguientes incrementos.

4.5.2 ETAPA II: IMPLEMENTACIÓN DE BASE DE DATOS

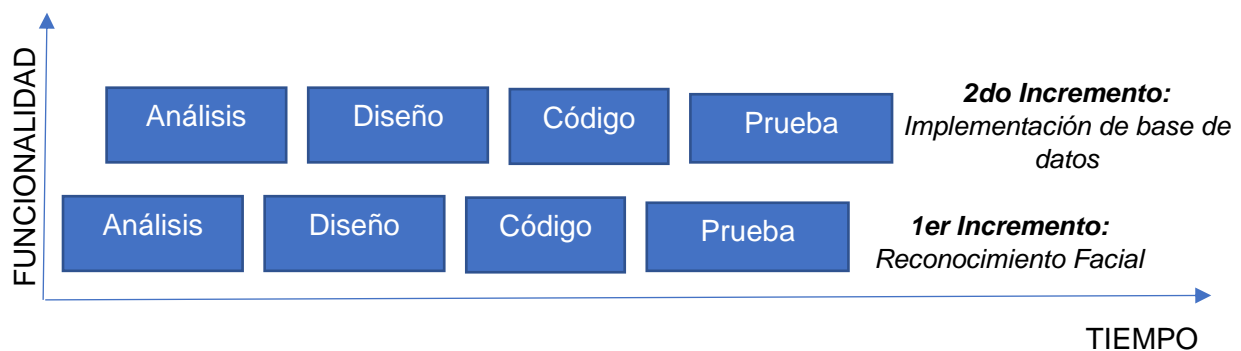


Ilustración 29. Modelo Incremental. Nivel 2

ETAPA I.1 Análisis

Se requiere tener un control de las personas detectadas por el sistema, con el objetivo de evitar posibles contagios lo que, a su vez, forma parte del proceso de prevención. Para ello, se debe implementar una base de datos que contenga la información adecuada para su posterior análisis.

ETAPA I.2 Diseño

Diseñar una interfaz que permita la interacción con el usuario para la visualización de datos personales de cada individuo detectado por la cámara e identificada por el software. Se incluirá el historial médico del paciente, la hora de su medición, nombre y el día en que se ingresó.

ETAPA I.3 Programación

En esta etapa el software desarrollado deberá enlazarse con la base de datos que se implemente para tener acceso a dicha información la cual debe ser precisa y actualizada. Dicho enlace se producirá a partir de las líneas de programación ejecutadas, adicionado a los datos del primer incremento.

ETAPA I.4 Pruebas

Se realizarán las pruebas de tal forma que exista coherencia entre las personas detectadas y la base de datos implementada para garantizar el desempeño del sistema sea el esperado y que cualquier error de este incremento sea corregido.

4.5.3 ETAPA III: DETECCIÓN DE TEMPERATURA

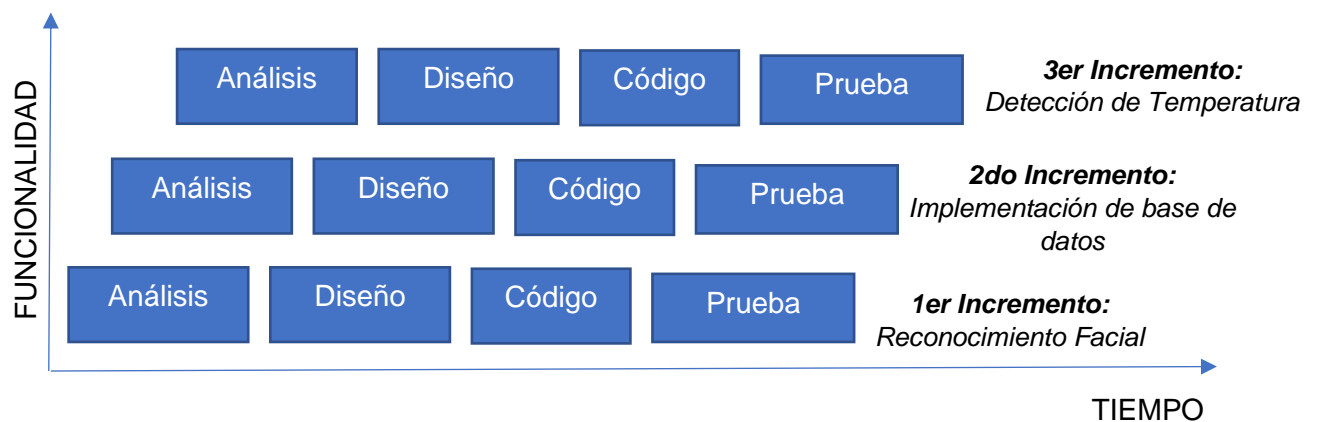


Ilustración 30. Modelo Incremental. Nivel 3

ETAPA I.1 Análisis

Se debe determinar el tipo de sensor que se utilizará, asegurándose que cumpla con el objetivo del proyecto: evitar la propagación del virus. Para lograrlo, se necesita de un sensor que sea capaz de obtener las mediciones respectivas sin tener contacto alguno con las personas. De igual forma se debe analizar el rango de medición necesario que varía de 35-40 grados aproximadamente siendo temperatura corporal el objeto de estudio en esta etapa.

ETAPA I.2 Diseño

Se elaborará un diagrama esquemático para las conexiones correspondientes al sensor determinado, realizando el accionamiento de los diferentes puertos para el recibimiento de señales por parte de este.

ETAPA I.3 Programación

A través de la programación ejecutada se logrará la interpretación de datos por parte de los microcontroladores y microprocesadores. Es en esta etapa donde radica la importancia de establecer una temperatura de referencia en la que el sistema dependiendo de los datos obtenidos, sea capaz de determinar cuando una persona tenga indicios de fiebre o no, ya sea que se encuentre arriba del nivel de referencia o por debajo de este.

ETAPA I.4 Pruebas

Teniendo tanto el software como la base de datos, realizaremos de forma experimental las pruebas para verificar que se reciben los datos obtenidos por el sensor y que éstos a su vez, sean precisos y se ajusten al valor real.

4.6 Cronograma

En la siguiente Ilustración 31 se detalla de forma organizada las actividades a realizar durante el periodo de investigación, el cual consta de aproximadamente tres meses, donde se ha dividido el trabajo en 10 semanas, dentro de las cuales se desarrollarán partes fundamentales del proyecto

y cada uno de los capítulos presentados en nuestro informe. También se reflejan las fechas establecidas y la secuencia a seguir después de finalizada cada actividad de forma cronológica.

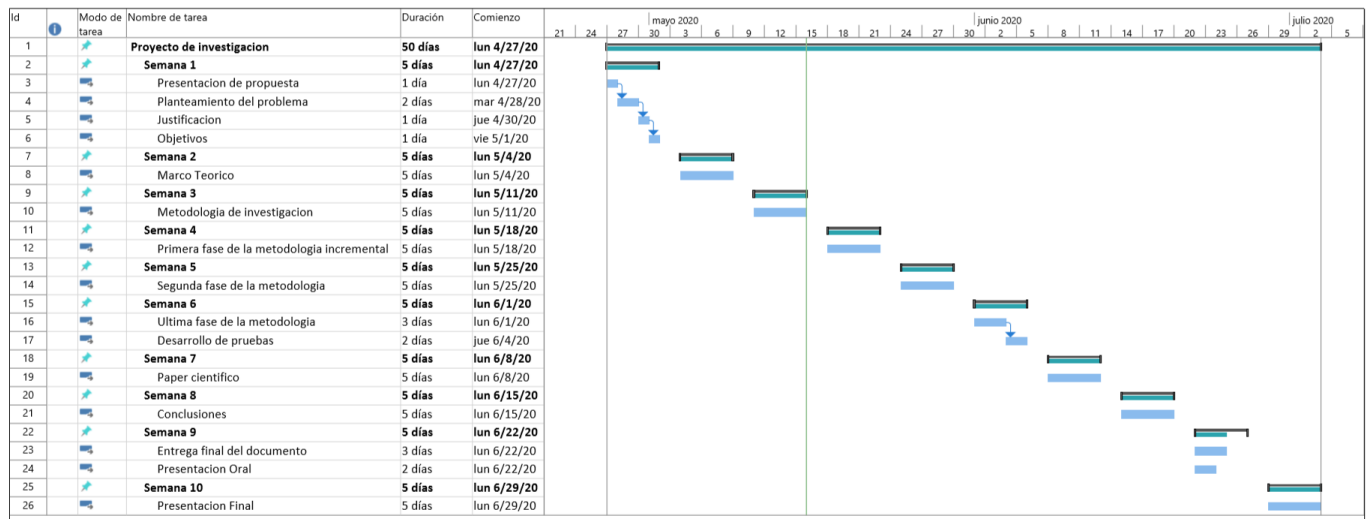


Ilustración 31. Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración propia.

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 Primer Incremento: Reconocimiento Facial

Los resultados que se pretenden obtener en este incremento es que el sistema sea capaz de obtener las imágenes y a partir de éstas, identificar un rostro dentro de su campo de visión haciendo uso del software Visual Studio y las librerías de Emgu Cv, para el procesamiento de imágenes y Aforge para el recibimiento de imágenes.

5.1.1 Análisis NIVEL 1:

Para que el sistema fuera capaz de ejecutar el reconocimiento facial era indispensable tomar en cuenta tanto el software a utilizar como también los componentes visuales. En esta etapa es donde se tomó en consideración la disponibilidad de dichos componentes y a su vez, que su funcionalidad se adaptara a lo requerido, tomando en cuenta la calidad de la imagen obtenida siendo éste un factor de vital importancia dado que, puede interferir directamente en la respectiva detección de rostros, produciendo errores en la misma. Por lo que cumpliendo con estas características las cámaras que se determinaron usar fueron la Cámara Web 1 MP Fixed Focus CMOS Camera(720p) y como otra opción la Cámara Web HD de 720p integrada, debido a que su funcionalidad efectivamente se adaptaba al cumplimiento de este primer incremento, el cual representa la base de nuestro proyecto. Por otra parte, el software que se decidió utilizar fue Visual Studio en la versión 2019 por su amplia variedad de librerías que permitirían tanto el reconocimiento facial como el entrenamiento de la red neuronal para la base de datos posteriormente.

5.1.2 Diseño NIVEL 1:

Dado que, las cámaras utilizadas fueron las WebCam no fue requerido una conexión externa. En cuanto al diseño de la Interfaz se realizaron dos interfaces, una de Login y otra propia del Reconocimiento Facial. Para el desarrollo de la primera, se determinó que el acceso iba a ser autorizado previamente para que el programa no estuviera expuesto a cualquier persona que pudiera manipular erróneamente el sistema, por lo que la interfaz que se desarrolló permitirá el ingreso de usuario y contraseña que una vez ingresados, se analizarán y en el caso de resultar

coincidentes con los datos autorizados previamente, permitirán el acceso a la interfaz de Reconocimiento como se muestra en la siguiente imagen:



Login

ut | **unitec**[®]
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES



Usuario

Contraseña

Visualizar

INGRESAR

Ilustración 32. Interfaz de Login que permite el ingreso de usuario-contraseña.

Fuente: Propia.

Una vez, autenticada la identidad del usuario se abre el formulario correspondiente al reconocimiento y para esta parte se desarrolló una interfaz sencilla y fácil de entender, que no solo detectará los rostros, sino que también está diseñada para que el sistema fuera capaz de realizar un conteo de la cantidad de rostros detectados. De igual forma se incluyeron botones para registro y desconexión del sistema que posteriormente se accionarán en el segundo incremento. Dicha interfaz resultante se muestra a continuación en la Ilustración 33:

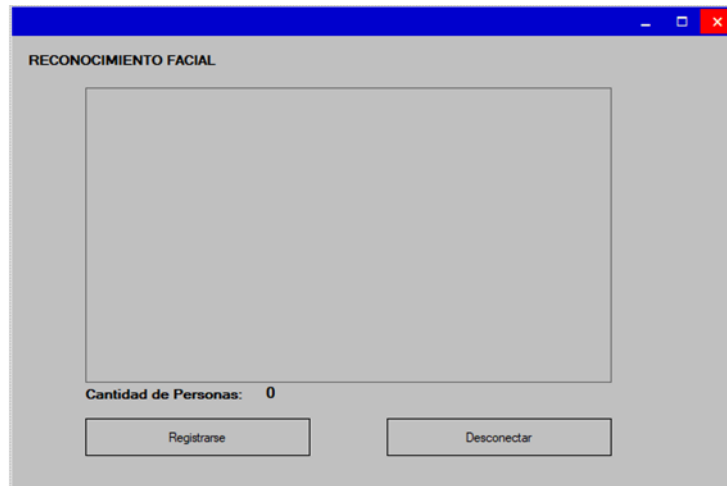


Ilustración 33. Interfaz de Visual Studio para el Reconocimiento Facial.

Fuente: Propia.

5.1.3 Programación NIVEL 1:

Para esta parte, se trabajó en el entorno de programación de Visual Studio como se mencionó anteriormente. Antes de proceder a la creación del programa fue necesario determinar un marco de trabajo en el que se desarrollaría dicho sistema, por lo que, a partir de lo investigado, se estableció el uso del framework .NET. Dicho framework que es un entorno para el desarrollo y la ejecución de programas para Internet facilitando su creación mediante diferentes componentes. (Sierra, 2011)

A su vez, contiene librerías como EmguCv y Aforge.NET, así como también otros componentes para la ejecución y compilación de programas, que aun siendo óptimo para detección de objetos también es conocido por su aplicabilidad en el desarrollo de sistemas para reconocimientos de rasgos biométricos. En el caso de EmguCv es una librería que permite extraer las funciones de una biblioteca de procesamiento de imágenes conocida como OpenCv, a través de los distintos lenguajes como C# y C++, entre otros. Por otra parte, el Aforge.NET también fue incluido en esta etapa, siendo un framework compatible con lenguaje C# diseñado para desarrollar Inteligencia Artificial a partir del procesamiento de imágenes y video mediante las bibliotecas AForge.Video y AForge.Video. DirectShow. Por lo que, el lenguaje utilizado como se mencionó fue el lenguaje C#. Este es un lenguaje de programación seguro, y es utilizada para el desarrollo de aplicaciones web referentes a Windows Forms. (Dimes, 2016) Se determinó no solo por su compatibilidad con las

librerías requeridas sino que también es una versión mejorada del lenguaje C++ lo que lo convierte en un lenguaje más potente y también es fácil de usar. Las líneas de programación ejecutadas van desde el respectivo Login, hacia la obtención de las imágenes y a partir del uso del clasificador en cascada Haar realiza el respectivo reconocimiento realizando a su vez el conteo requerido. Dicho clasificador utiliza la codificación de diferencia de intensidades en la imagen, con capturas de contraste entre regiones para la extracción respectiva de las características de una persona.(Guevara et al., 2008b)

El procedimiento utilizado se resume en el siguiente diagrama:

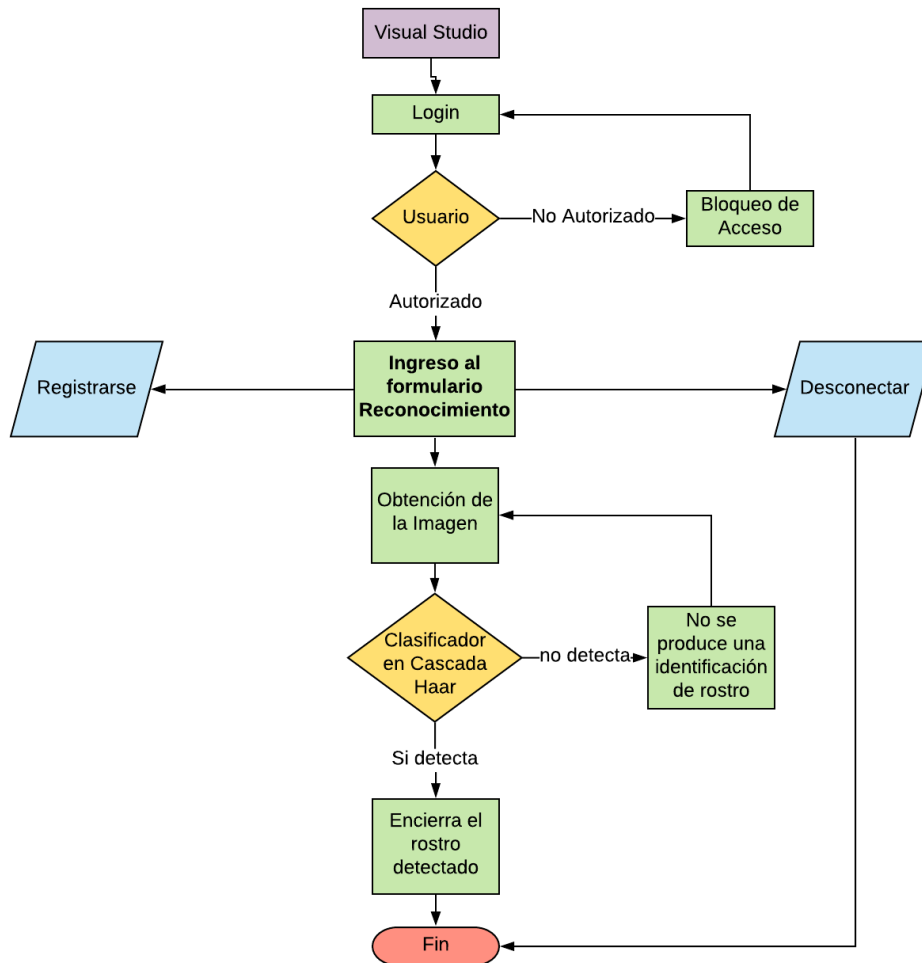


Ilustración 34. Diagrama de Flujo del Reconocimiento Facial.

Fuente: Propia.

5.1.4 Pruebas NIVEL 1:

En esta etapa se realizaron una serie de pruebas, primero para determinar la incidencia a los cambios de iluminación al momento de detectar, se realizó una prueba con una iluminación media, y en este caso si logro reconocer el rostro adecuadamente como se muestra en la Ilustración 35:



Ilustración 35. Detección de rostro exitoso en un lugar con iluminación media.

Fuente: Propia (2020)

Posteriormente se realizaron pruebas en un lugar con mayor claridad y el reconocimiento fue adecuado al detectar el rostro correspondiente como se muestra en la Ilustración 36:

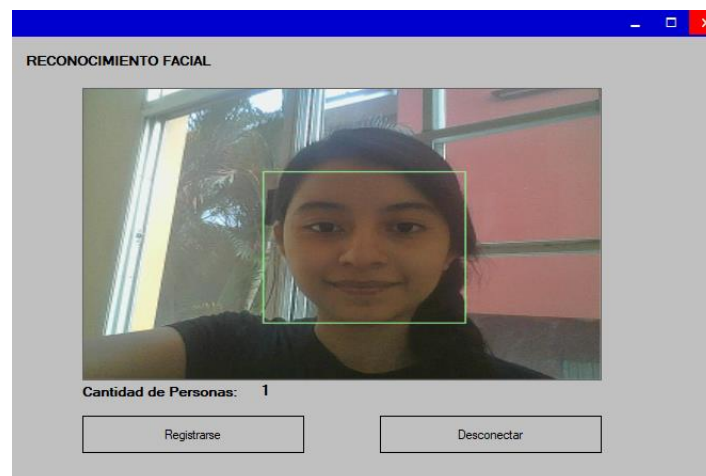


Ilustración 36. Detección de rostro exitoso en un lugar con claridad.

Fuente: Propia (2020)

Igualmente, otro de los factores puestos a prueba fue el rango de distancia en el que era capaz de detectar los rostros, para ello se realizaron pruebas como las mostradas anteriormente con aproximadamente de 0.4 metros obteniendo una detección óptima.

Seguidamente se realizaron pruebas en un campo de visión de aproximadamente de 2 metros y como resultado se le imposibilitó dicha detección como se muestra en la Ilustración 37:

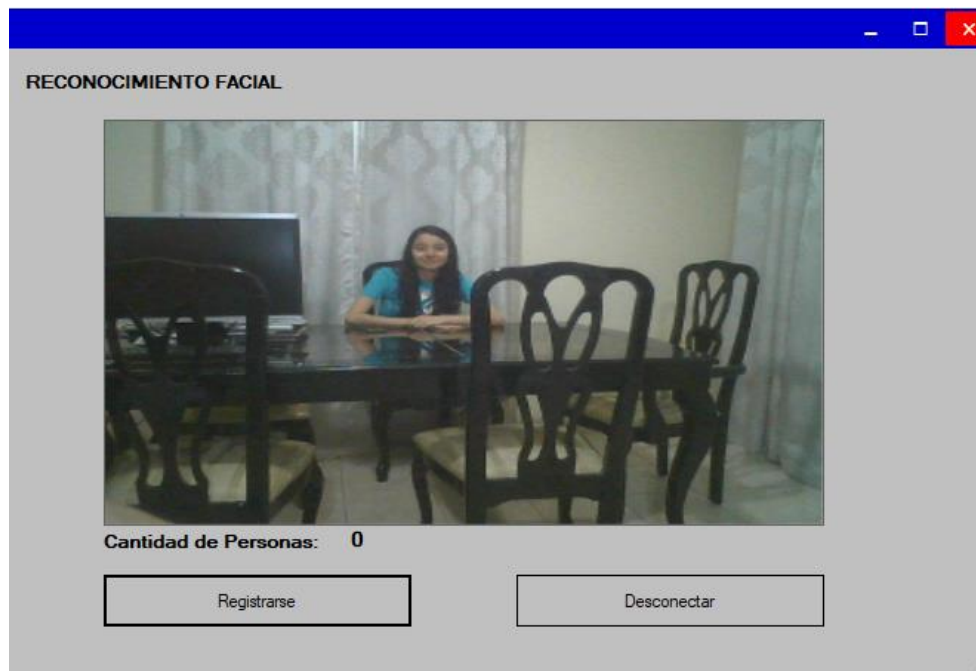


Ilustración 37. Detección nula a una distancia de aprox. 2 metros.

Fuente: Propia (2020)

Posteriormente se realizaron pruebas a distintas distancias para evaluar y a partir de la detección efectuada se puede concluir que la distancia máxima en la que puede detectar los rostros sin problema es a 1.4 metros de distancia puesto que al superar o al ser mayor a esta referencia no acciona correctamente. La Ilustración 38 muestra la detección sin interferencia alguna a una distancia aproximada de 1.4 metros como evidencia a lo mencionado anteriormente:



Ilustración 38. Detección exitosa a una distancia de aprox. de 1.4 metros

Fuente: Propia (2020)

Por lo que se puede concluir que el programa elaborado en Visual Studio fue capaz tanto de percibir la imagen de la cámara web como asimilar y detectar la presencia de un rostro. Por tanto, el funcionamiento del primer incremento fue exitoso con parámetros de alcance de 1.4 metros de distancia y una luminosidad media-alta, siendo éstas las condiciones necesarias para que no se produzcan interferencias o errores dentro del sistema.

5.2 Segundo Incremento: Implementación de Base de Datos

En este segundo incremento se busca poder enlazar los datos personales (Nombre, Apellido, Identidad, Fecha de nacimiento y Edad) y médicos (Temperatura y Síntomas) creados dentro de un segundo formulario para posteriormente poder agregarlos dentro de una base de datos que lleve registro del perfil de paciente ingresado.

5.2.1 Análisis NIVEL 2:

Para cuestión de orden se logró crear un tercer WindowsForm llamado "Registrar" con el propósito de evitar la aglomeración de información en el segundo form expuesto en el primer

incremento, de manera que permitiera al registrador obtener una imagen más clara y ordenada, se creó una ficha estilo medico donde se incluyeran los campos necesarios para luego almacenarlos.

Con la programación del primer incremento, se logra implementar la parte de reconocimiento para entrenar al sistema y registrar los datos personales y médicos respectivamente asociados a cada uno de los rostros. Se decidió crear un formulario para facilitarle a un médico o enfermera llevar un registro ordenado de cada paciente y poder acceder fácilmente a cualquier información importante del mismo. El programa Visual Basic gracias a la librería System.Data. OleDb permitió el acceso al formulario de base de datos creado en Microsoft Access bajo la carpeta 'UsersFace' en la cual se va guardando los datos agregados previamente en la hoja de registro, con el mismo posteriormente se creó una vista Formulario la cual se proyectará como imagen más adelante en el documento.

Al principio solo se consideró ingresar datos personales del paciente, y tras varias pruebas de diseño se concluyó que se podía agregar un richTextBox con la capacidad de almacenar más información dentro del campo para facilitarle al registrador la opción de ingresar información adicional y de valor, así como es la casilla de "Síntomas".

Se analizo la opción de agregar lo que es la base de datos en el formulario de Visual Studio considerando la posibilidad de obtener la información de manera más rápida, pero no logro cumplir con las expectativas deseadas y se estableció que era mejor tener la carpeta con los registros por aparte ya que desde la aplicación de Microsoft Access se puede buscar y manipular los datos más fácilmente, que creando el Datagrid desde la aplicación donde se trabajó.

5.2.2 Diseño NIVEL 2:

Para este diseño se tuvo que crear una nueva plataforma como se mencionó anteriormente, la cual permitiera un fácil uso para la persona encargada de registrar un nuevo paciente, ya que el sistema está pensado y diseñado para servir como herramienta en clínicas y hospitales. Dentro del registro el primer paso consiste en seleccionar el botón detectar el cual automáticamente encenderá la cámara conectada y proyectará la imagen en vivo dentro del recuadro grande, de

igual manera este está diseñado para que encierre en un recuadro el rostro de la persona a entrenar.

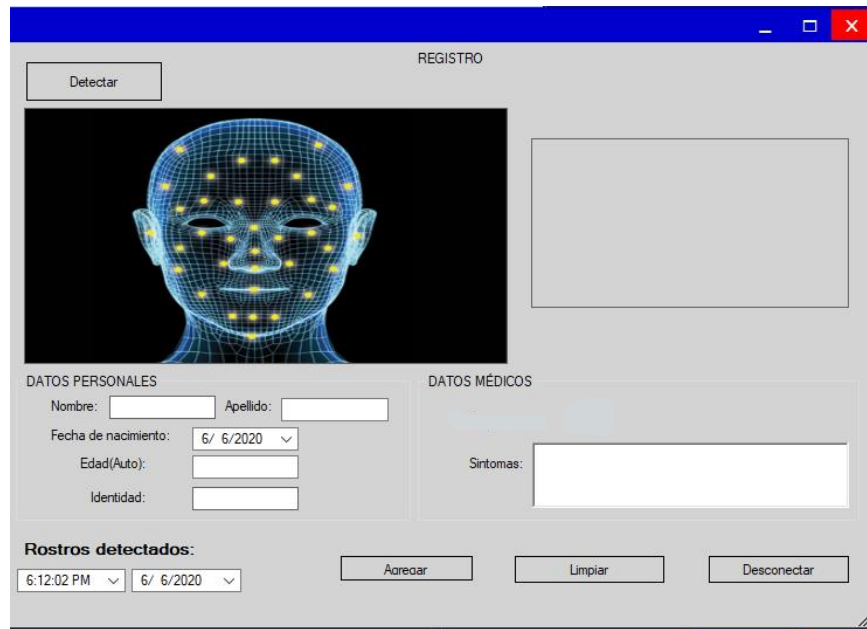


Ilustración 39. Interfaz de Registro de pacientes.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Ilustración 39 se procede a tomar datos como el nombre, apellido, fecha de nacimiento, se registra la edad, identidad, hora y fecha al momento del registro. En la parte derecha se consideró crear una casilla para los datos de temperatura y síntomas que presente en ese momento el paciente. De igual manera se crearon botones para 'Limpiar' la información y poder registrar una nueva persona, el botón de 'Desconectar' detiene el programa y permite cerrar el formulario y volver al mencionado en el incremento 2.

En la Ilustración 40 se muestra el formato tipo ficha del formulario que se crea automáticamente al momento de agregar una nueva persona en la interfaz de Visual Studio. Para esta parte como se mencionó anteriormente se consideró crear una carpeta por aparte en Access para el control y registro de pacientes de manera que se pueda acceder a ella y modificar cualquier dato que pueda ir cambiando. Se trato de que ambas interfaces fueron los amigables posibles con el usuario que registra y que de igual forma brindara la información más importante y relevante de cada caso clínico.

UserFaces	
IdImage	78
Name	Andrea
Apellido	Sorto
FechaNacimiento	6/17/1997
Edad	22
Code	0501199707051
Hora	6:23:41 PM
Fecha	6/6/2020
Temperatura	
Sintomas	La paciente presenta fuerte dolor de cabeza y mareos. Se le tomo la temperatura y presenta alta fiebre y dolor muscular.
Face	

Ilustración 40. Formulario de paciente en Microsoft Access.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que el tipo de dato de la imagen se registra como un binario largo de tal manera que no sale proyectada en el formulario, pero si enlaza la información de cada paciente asociándolo con la captura de imagen que se toma en el formulario de Visual Studio.

5.2.3 Programación NIVEL 2:

En esta etapa se procedió a realizar la respectiva programación en Visual Studio, en donde se establecieron los respectivos códigos de programación para los botones y texto utilizado en el formulario, aquí se pretende establecer la conexión del software con el archivo de base de datos en el cual se ha mencionado anteriormente será el encargado de llevar el determinado registro de pacientes.

En la programación del software se utilizaron las librerías System.Data. OleDb para crear un enlace entre Visual Studio y la base de datos a implementar, de esta manera se puede exportar la información ingresada en el registro y pueda ser almacenada en el archivo de Microsoft Access.

A diferencia de la programación de reconocimiento, en este segundo incremento se logró utilizar parte de ese código para implementarlo en lo que es el registro de nuevos rostros, de la siguiente manera, haciendo uso del algoritmo de Cascada Haar para la detección de rostros con las librerías de Emgu.Cv definidas en el marco teórico, con las cuales se pretende entrenar la red con la mayor cantidad de imágenes posibles, las mismas que después el sistema extrae los rasgos físico característicos de cada rostro para posteriormente compararlo y realizar la detección.

Como primer paso se declararon las librerías y variables a utilizar para generar la base de datos, luego se extrae el archivo XML con el algoritmo HaarCascade con el fin de realizar el entrenamiento, se crea el código de manera que el programa realice una búsqueda a través de los nombres y rostros ingresados.

El botón detectar inicia la captura de un nuevo rostro ubicando un recuadro verde al momento de detectar el mismo, utilizando el tipo de colores BGR soportado por Emgu.cv. En esta parte de registro se logró confirmar que entre más imágenes se ingresen a la red de entrenamiento, menor es el margen de error, ya que en las primeras muestras el sistema confundía rostros similares y les colocaba un nombre que no pertenece.

Bajo la estructura DateTime se inserta la fecha de nacimiento de la persona con formato short que permite visualizar el día, mes y año, posteriormente se creó el código y un label para la edad en la cual una resta generaba la cantidad de años del individuo registrado según la fecha de su nacimiento. Bajo esa misma estructura se ingresó la lectura de la fecha y hora del sistema para también proceder a registrar el momento exacto de la captura. Dentro del ImageBox2 se almacenan los datos tomados del paciente y se guardan bajo un campo db (data base) el cual convierte el tipo de dato a binario y despliega un mensaje de que se ha agregado correctamente al paciente.

En conjunto se crea un archivo para programar en si lo que es la base de datos, de manera que se procedió a declarar todas las variables dentro del archivo en Access (nombre, apellido, identidad, fecha nacimiento, edad, fecha y hora) nuevamente utilizando la librería System.OleDb seleccionando la ruta en donde queríamos se guardaran nuestros datos, creamos una carpeta bajo el nombre 'UserFace' y guardamos cada uno de los datos.

Como se mencionó anteriormente el tipo de dato de la imagen dentro de EmguCv se trabaja como bitmap lo que requirió que convirtiéramos el tipo de dato a binario para poder ser almacenado en la base de datos.

Básicamente el código consistió en programar cada uno de los botones con las instrucciones a realizar, se hizo uso de las herramientas de Visual Studio como los labels, los textbox, imagebox, los datetimpickers y los richtextbox. Por último, se insertó un botón de limpiar con el cual se logra borrar los datos de todos los textbox para volver a comenzar el proceso de llenado, de igual forma al desconectar podemos volver al form de reconocimiento.

El siguiente diagrama de flujo de la Ilustración 41 representa la manera en la que se logró enlazar el código de la etapa de reconocimiento para también entrenar y registrar las nuevas imágenes que sirven como análisis al momento de realizar la detección de una persona en específico, con el respectivo algoritmo y sus librerías para cuestiones de escala de imagen y enumeración.

La OledDb como se mencionó anteriormente permitió el acceso a la información dentro del programa de Microsoft Access, el cual al finalizar el llenado del formulario planteado en el segundo form permitía a través del botón agregar, ingresar toda la información requerida dentro de la base de datos. OLE DB está diseñado para la interacción con interfaces para bases de datos, capaz de responder a cadenas de datos respectivamente. (Netz et al., 2001)

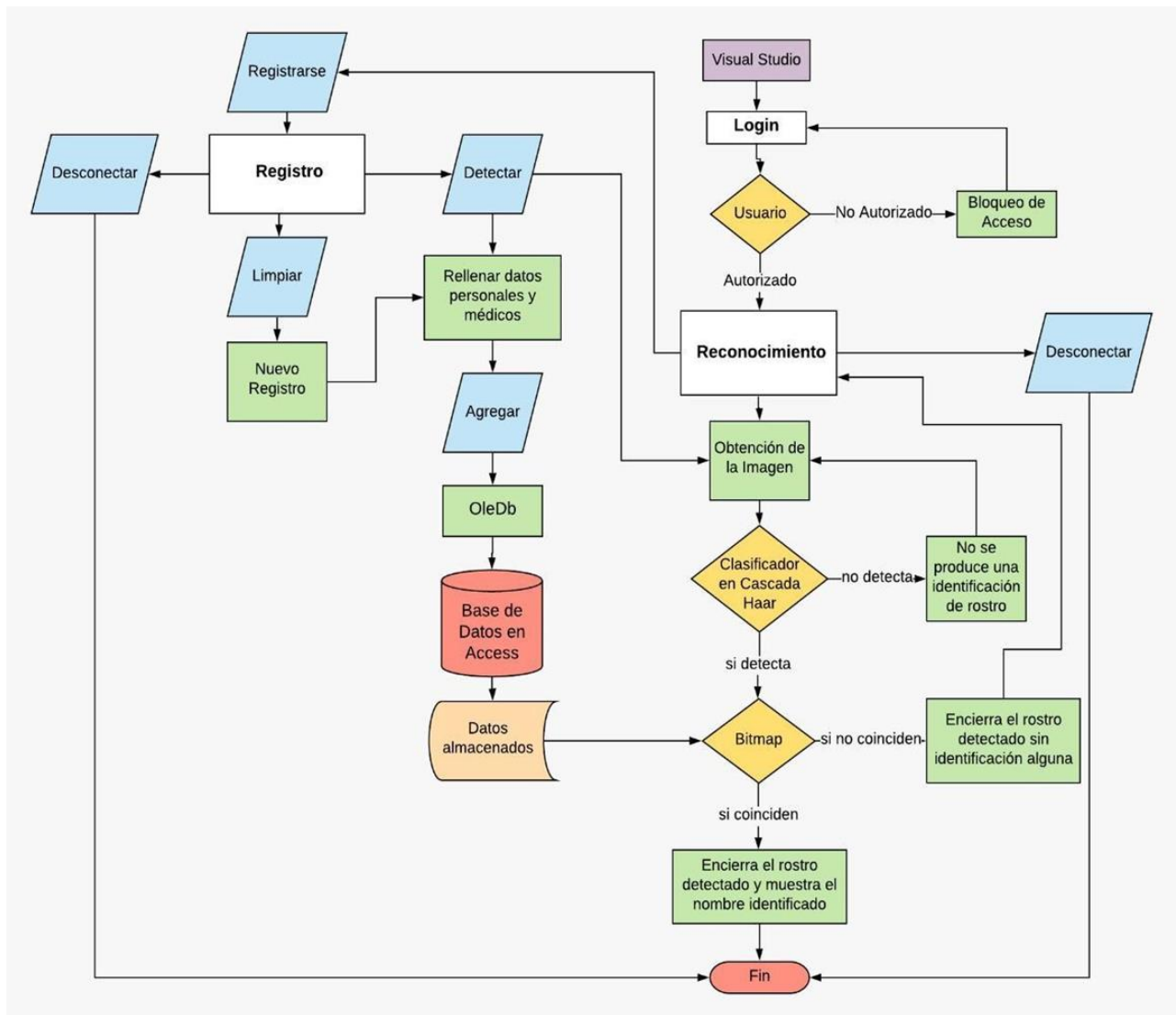


Ilustración 41. Diagrama de flujo Incremental 2.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Pruebas NIVEL 2:

Con la parte de pruebas se obtuvieron resultados favorables, ya que cada botón realizaba las instrucciones programadas de manera satisfactoria, se logró realizar el registro de más de 100 datos y se logró entrenar la red con múltiples imágenes de un solo rostro, comprobando que la capacidad de reconocimiento era precisa.

Como podemos observar en las siguientes Ilustración 42 e Ilustración 43 se muestra el programa ya corriendo, sabiendo de que factores como la iluminación del lugar en el que nos encontremos

pueden afectar al momento de realizar una buena captura. Si la iluminación es baja y muy oscura el programa no va a ser capaz de detectar un rostro y no se podrá agregar la imagen a la base de datos. Podemos observar que se encierra en un recuadro verde el rostro de la persona detectada y los demás pasos son sencillos ya que solo constan de rellenar con la información personal y automáticamente se va agregando los usuarios a la base de datos creada.

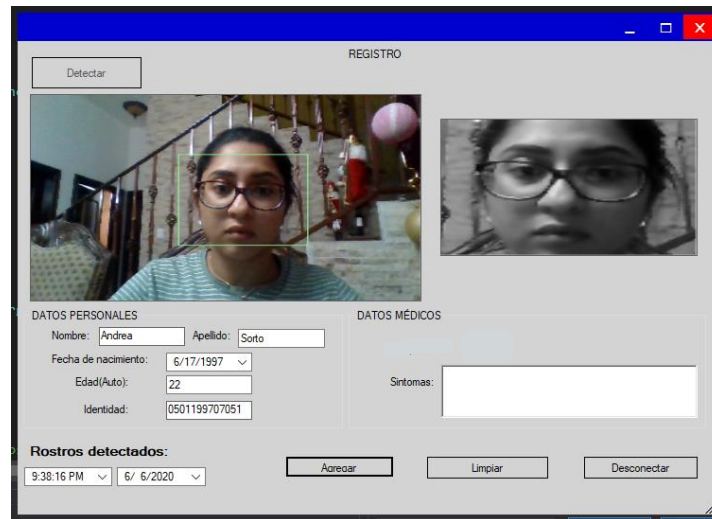


Ilustración 42. Interfaz de formulario de registro en Visual Studio con baja iluminación.

Fuente: Propia (2020).

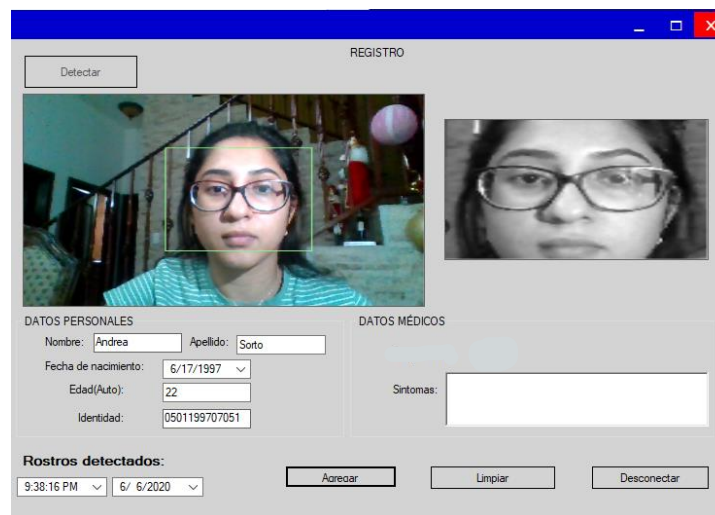


Ilustración 43. Interfaz formulario de registro en Visual Studio con alta iluminación.

Fuente: Propia (2020).

De igual manera si se presenta algún tipo de error el programa dejará de correr y se deberá volver a comenzar, esto puede suceder debido a factores externos como se mencionó antes como la iluminación. Cabe recalcar que de igual manera para fines de nuestra investigación también es posible entrenar la red con pacientes intubados o con máscaras respiratorias como se muestra en la siguiente ilustración, esto no aplica para personas que porten mascarillas KN95, N95 o el resto de las mascarillas quirúrgicas y comerciales. Para lograr esta parte no se agregaron otras librerías ni ningún código en específico, igualmente se trató de entrenar con las mascarillas mencionadas, pero aplicaría dentro de otro campo de la biometría a través de captura de ojo, en donde se analiza el iris para obtener un reconocimiento bajo estas condiciones.

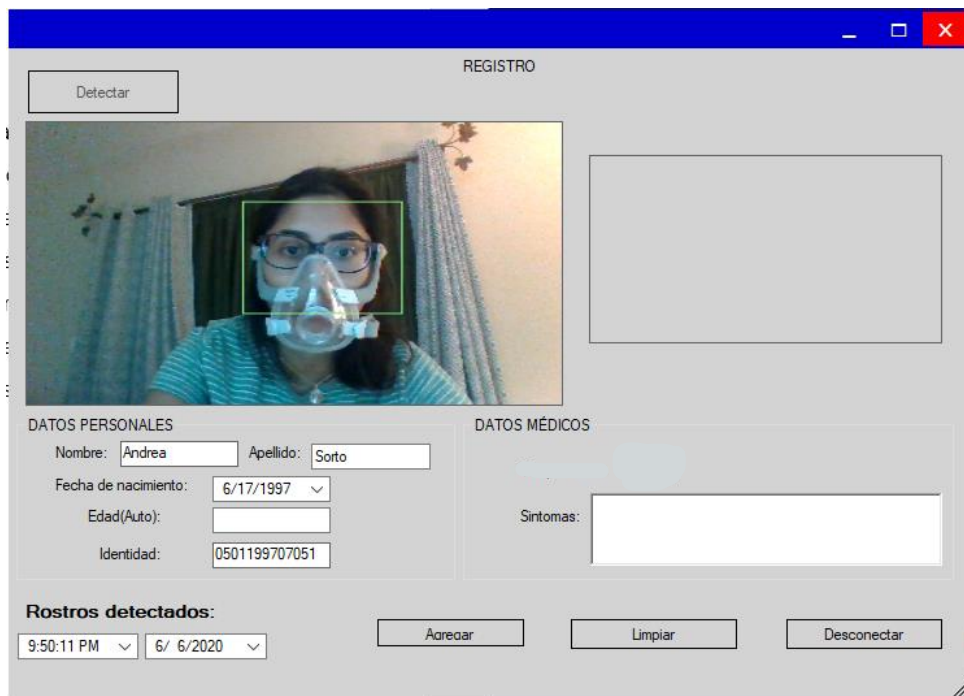


Ilustración 44. Interfaz de registro de persona con máscara respiratoria

Fuente: Propia (2020).

En esta siguiente prueba podemos observar que, a partir del registro de datos ingresados sobre la persona, se obtiene que el sistema reconozca con éxito quien esta delante de la cámara en ese momento. Es importante mencionar que de igual manera el sistema reconoce si hay más de una persona delante de la cámara, y por efectos de nuestra investigación se probaba solo con un rostro, ya que al momento de que un médico pueda manipular la estructura en la que este

instalada la cámara le permita analizar paciente por paciente. Podemos observar que al detectar el rostro efectivamente lo encierra dentro de un recuadro verde y en la parte superior derecha se refleja el nombre de la persona, así como la cantidad de personas que lleguen a situarse frente a la cámara. También es posible visualizar el nombre en la parte superior derecha del ImageBox así obtenemos la información en ambos lados.



Ilustración 45. Interfaz de Reconocimiento

Fuente: Propia (2020).

La funcionalidad del software al realizar el entrenamiento de 1 persona es del 100% por lo que este incremento se completó. Por otra parte, se pudo probar con distintos rostros los cuales fueron entrenados y almacenados dentro de la base de datos como propósito final de esta etapa de nuestra investigación.

De igual manera se procedió a realizar una comparativa con el trabajo realizado por los chilenos Espinoza & Jorquera (2015) en su tesis de Reconocimiento Facial en la cual obtuvieron resultados por arriba del 80% en precisión al momento de detectar rostros entrenados. Su investigación consistió en 3 estudios, para fines comparativos tomamos como referencia el último estudio el cual se utilizó el algoritmo de LBP (Local Binary Pattern) en la cual se entrenaron 11 personas de

las cuales se entrenó la red con 3 imágenes de cada individuo en diferentes ángulos, de manera que se obtuvo un reconocimiento éxito de 7 de las 11 personas ingresadas, ósea un 63.63% de la población. De las otras 4 personas 2 nunca fueron reconocidas por su nombre, 1 no fue reconocida en lo absoluto y 1 no participo.

Para esta investigación, se consideró capacitar a la red una muestra de 80 participantes, los fueron capturados con 5 imágenes por cara. Al realizar el análisis de los resultados, se obtuvo un porcentaje de precisión para determinar el nivel de aceptación representando el porcentaje de datos positivos, calculado a partir de la Ecuación 2:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Ecuación 2. Cálculo de precisión de los resultados. (Rivera & Duke, 2020)

TP: Resultados Positivos.

FP: Resultados Falsos Positivos.

La muestra estaba limitada por la situación actual de cuarentena debido a COVID-19. Idealmente, las pruebas deberían realizarse con un mayor número de participantes para determinar un porcentaje más preciso del sistema. La **Tabla 4** muestra el total de participantes de la muestra que conforme esta investigación con su respectivo resultado al momento de reconocer el rostro.

Tabla 4. *Desglose de resultados del sistema*

Participante	Capturas	Positivos	Falsos Positivos
1	5	1	0
2	5	1	0
3	5	0	1
4	5	1	0
5	5	0	1
6	5	1	0
7	5	1	0
8	5	1	0
9	5	0	1
10	5	1	0
11	5	1	0

12	5	1	0
13	5	1	0
14	5	1	0
15	5	1	0
16	5	0	1
17	5	0	1
18	5	1	0
19	5	0	1
20	5	1	0
21	5	1	0
22	5	1	0
23	5	1	0
24	5	0	1
25	5	1	0
26	5	1	0
27	5	0	1
28	5	1	0
29	5	1	0
30	5	1	0
31	5	1	0
32	5	1	0
33	5	1	0
34	5	0	1
35	5	1	0
36	5	1	0
37	5	0	1
38	5	1	0
39	5	1	0
40	5	1	0
41	5	1	0
42	5	1	0
43	5	1	0
44	5	1	0
45	5	1	0
46	5	1	0
47	5	1	0
48	5	0	1
49	5	1	0
50	5	1	0

51	5	1	0
52	5	1	0
53	5	0	1
54	5	1	0
55	5	1	0
56	5	1	0
57	5	1	0
58	5	0	1
59	5	0	1
60	5	1	0
61	5	0	1
62	5	1	0
63	5	1	0
64	5	1	0
65	5	1	0
66	5	0	1
67	5	1	0
68	5	1	0
69	5	0	1
70	5	1	0
71	5	0	1
72	5	1	0
73	5	0	1
74	5	0	1
75	5	1	0
76	5	1	0
77	5	0	1
78	5	1	0
79	5	1	0
80	5	0	1

Tabla 5. *Resumen de Resultados.*

Resultados		
	Positivos	Falsos Positivos
Total	58	22

A partir de los datos obtenidos en la **Tabla 5** se insertaron en la Ecuación 2 se obtuvo lo siguiente:

$$Precision = \frac{58}{58 + 22} = 72.5\%$$

Ecuación 3. Resultados de precisión de la muestra.

Se pueden representar los resultados como valores porcentuales en la siguiente gráfica, la cual a partir de los datos positivos y falsos positivos muestra un porcentaje de precisión del 72% y un margen de error del 28%.

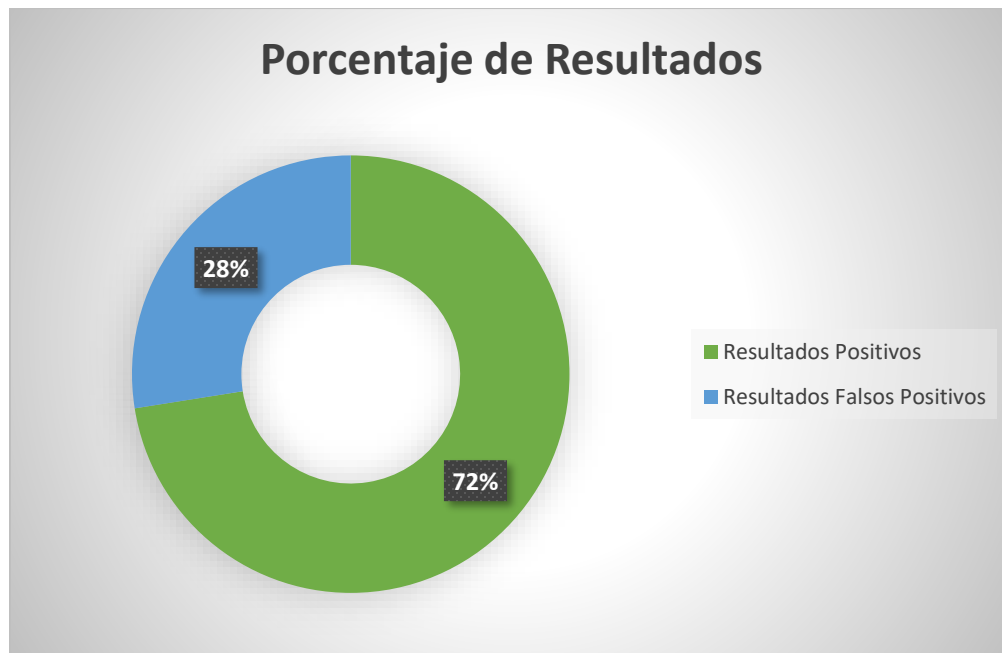


Ilustración 46. Grafica de resultados: Precisión en el reconocimiento facial de participantes.

Fuente: Propia (2020).

Como prueba para este incremento, se realizó una prueba de detección en la cual se verificó la identificación correcta por el sistema de la persona registrada como Fernanda Paz, y esta vez con una máscara respiratoria que resultó en un reconocimiento exitoso. En el cual, el sistema mostró el nombre correcto de la persona identificada y como evidencia se muestra la Ilustración 47:



Ilustración 47. Interfaz de Reconocimiento con mascara respiratoria.

Fuente: Propia (2020).

5.3 Tercer Incremento: Detección de Temperatura

Una vez realizada la parte de biometría en los incrementos anteriores, como continuación en esta última etapa se pretendió incorporar la detección de temperatura puesto que es uno de los factores de interés del proyecto, igualmente que dicha temperatura pueda ser registrada en la base de datos correspondiente. Para este incremento se pensó una forma de adaptar al software un sensor de temperatura infrarrojo, cuyas especificaciones se mencionaron anteriormente, con el objetivo de que, al momento de rellenar los formularios de registro, no se estuviera expuesto al contagio.

5.3.1 Análisis NIVEL 3:

Para realizar las lecturas de temperatura se debe seleccionar el tipo de sensor a utilizar, en este caso, se decidió hacer uso del sensor MLX 90614 puesto que cumple con una de las características cruciales y es que cuenta con la funcionalidad de detección sin contacto, la cual es indispensable al orientar el proyecto a la situación actual del COVID-19 para evitar su propagación. Igualmente, el rango de medición es de -70 a 380 C, y tomando en cuenta las temperaturas corporales de las personas que rondan entre 35-40 C aproximadamente, lo convierte en una excelente opción, sumándole la disponibilidad para adquirirlo. Fue necesario incluir un microcontrolador que permitiera la transmisión de datos digitales hacia el sistema mediante el puerto Serial de la CPU.

La disponibilidad de componentes jugó un rol importante al momento de determinar el tipo de microcontrolador, asimismo sus funcionalidades individuales que permitieran dicha transmisión por lo que se decidió hacer uso del ATmega.

5.3.2 Diseño NIVEL 1:

Las lecturas realizadas se incluirán en el formulario de Registro del incremento anterior, debido a que es importante visualizar en tiempo real dicha lectura en cada persona identificada, así como también realizar un registro de temperatura al momento de ser incluida en la base de datos para llevar un mejor control de estos.

Con el propósito de generar un acceso más fácil entre interfaces, también se procedió a insertar un botón de HOME que permite el retorno a la interfaz anterior de Reconocimiento, el cual podemos observar en la imagen.

El diseño y conexiones en el microcontrolador se realizaron siguiendo el esquema de conexión original del sensor, el cual cuenta con una entrada de 5v, un pin a tierra, dos pines análogos A4 y A5, para las entradas de comunicación del protocolo I2C del sensor, SDA (lectura de datos) y SCL (reloj) respectivamente.

Como se puede observar en la siguiente Ilustración 48, se muestra la respectiva interfaz con la casilla de medición de temperatura, el cual se insertó como un label en el cual posteriormente se irán viendo reflejadas las temperaturas tomadas por el sensor, con el propósito de que al realizar la captura y registro estas automáticamente queden registradas dentro de la base de datos creada en el segundo incremento de la investigación.

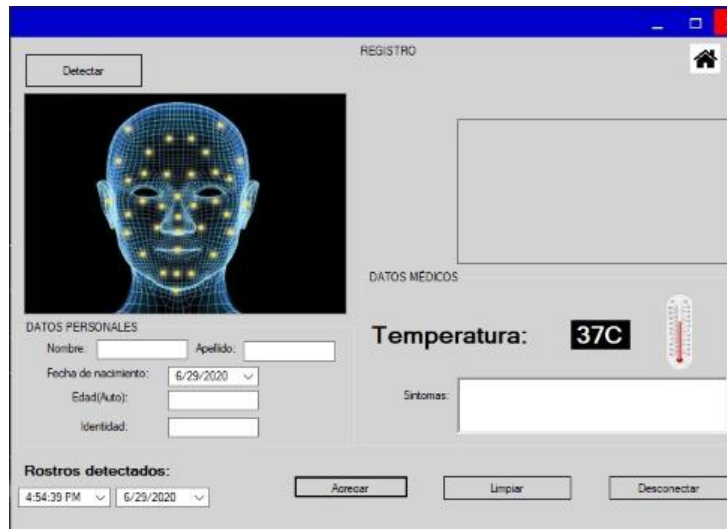


Ilustración 48. Anexo del registro de Temperatura en la Interfaz de Registro.

Fuente: Propia.

5.3.3 Programación NIVEL 3:

Una de las ventajas del sensor utilizado MLX90614 es que transforma los datos analógicos en digitales listos para ser procesados por el microcontrolador, seguidamente se procedió a realizar el envío de datos a la PC mediante el puerto Serial a través del COM5, en nuestro caso. En conjunto se elaboró la programación correspondiente en el software Arduino para el recibimiento de dichos datos, que consiste desde la declaración de variable de tipo entero hasta la visualización de datos obtenidos, esto se obtiene gracias a que se instaló la librería correspondiente del sensor, Adafruit_MLX90614.h, en el siguiente diagrama de flujo se puede observar la secuencia de pasos mencionadas anteriormente, para el óptimo funcionamiento y la aplicación establecida del sensor dentro de este proyecto.

De igual forma en Visual Studio se agregaron líneas de programación que permitirían la transmisión de los datos del sensor extraídos del Puerto Serial para ser mostrados en la casilla correspondientes del formulario. La programación consistió en insertar las librerías System.IO y System.IO.Ports la cual permite la conexión serial del sistema, luego se declara la variable del puerto serial, la cual en nuestro caso la definimos como SerialPort1, de igual manera se establece el puerto COM sobre el cual se realiza la conexión con el microcontrolador y el BaudRate de la señal obtenida. Luego se procedió a realizar la lectura a través de una línea la cual convertía la

información leída en el puerto y se iguala al label de la temperatura, de esta manera se mantiene la lectura recibida del sensor.

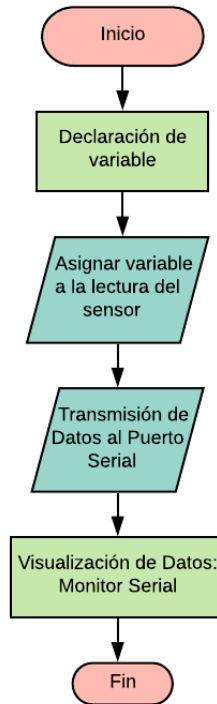


Ilustración 49. Diagrama de Flujo para el accionamiento del sensor.

Fuente: Propia.

Al igual que con los datos de registro en el segundo incremento, se agregó la variable de temperatura de tal manera que se enlazara el dato obtenido y se almacenara dentro de la base de datos, el sistema funciona de tal manera que cada vez que se realiza una captura de imagen automáticamente se guarda la información y permite volver a comenzar o editar el formulario. Cabe mencionar que estas lecturas se realizan en tiempo real y con un buen nivel de precisión, el sensor se activa inmediatamente se ingresa al formulario de Registro.

Como resultado el siguiente diagrama de la Ilustración 50 refleja la adición del proceso de detección de temperatura al sistema.

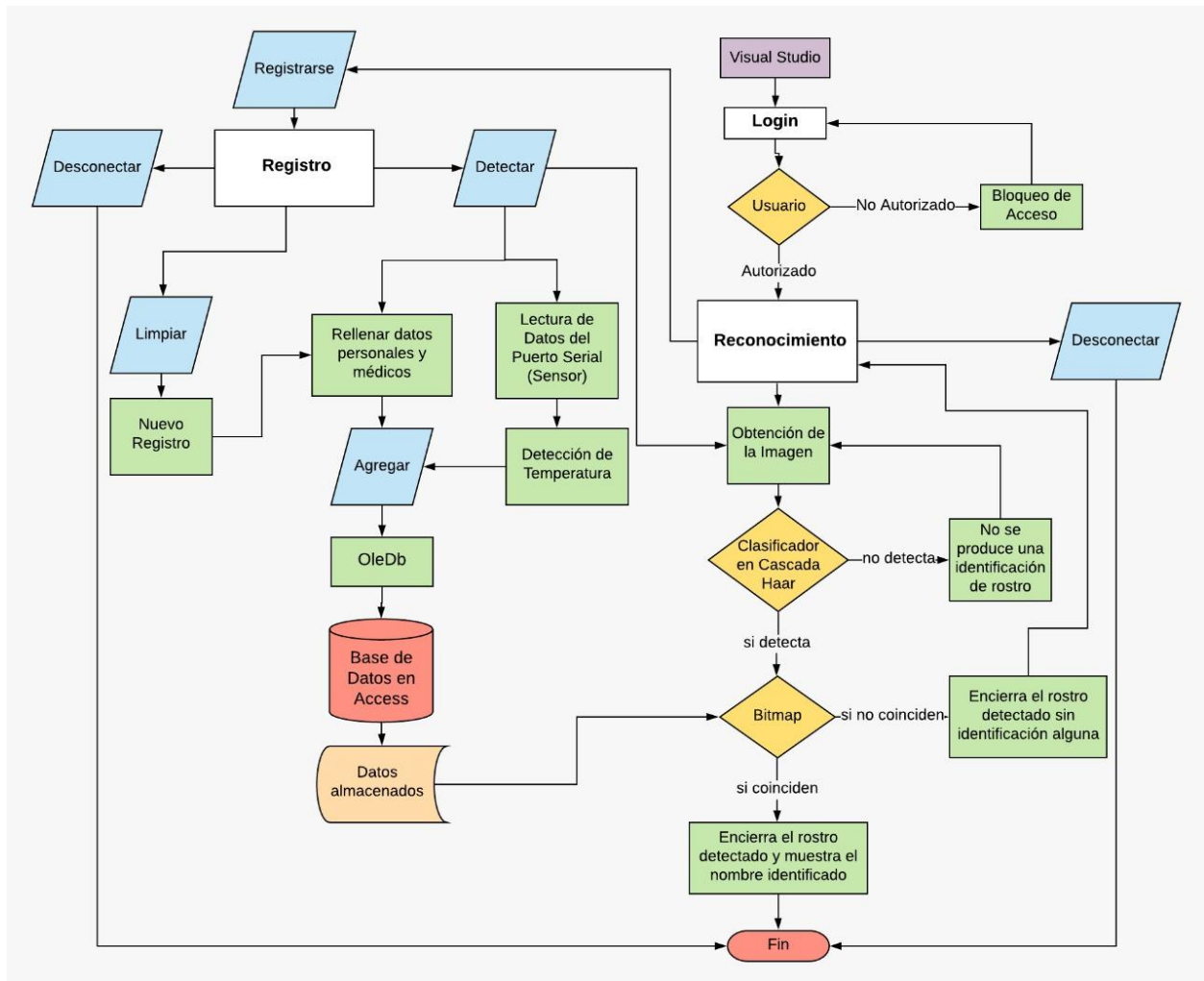


Ilustración 50. Diagrama de Flujo con la detección de Temperatura incorporado.

Fuente: Propia.

5.3.4 Pruebas NIVEL 3:

En esta etapa final de pruebas, se logró establecer exitosamente la comunicación del puerto serial dentro del formulario de Visual Studio, como se mencionó anteriormente se demostró que se realiza la lectura del sensor dentro del label correspondiente el cual permite agregarle valor a la investigación y permite tomar la temperatura de un paciente sin necesidad de estar en contacto con el mismo.

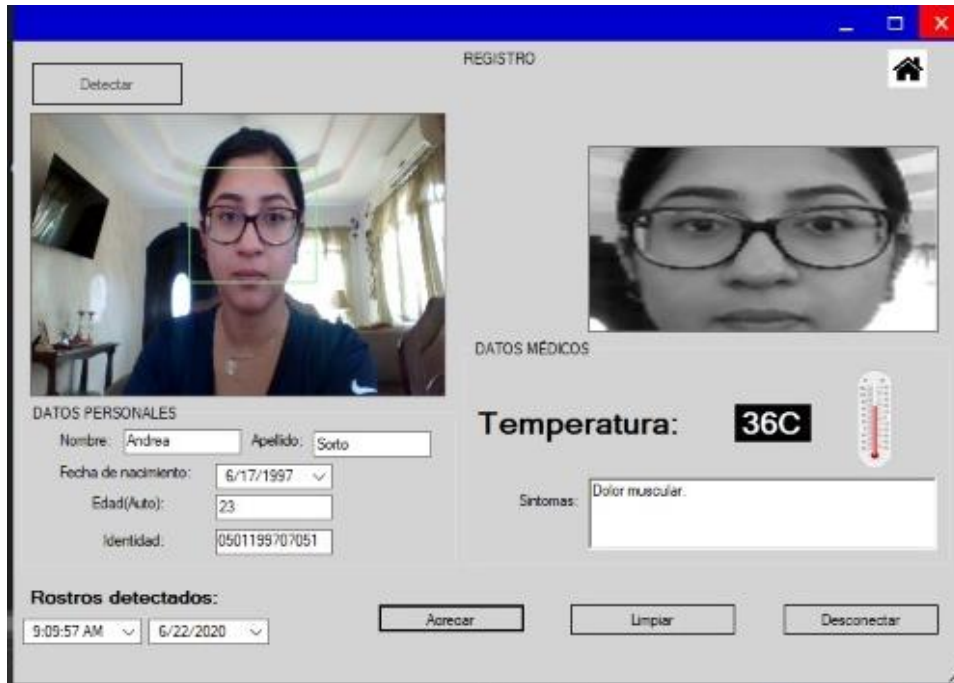


Ilustración 51. Interfaz completada con medición de temperatura.

Fuente: Propia.

Como se puede visualizar en la Ilustración 51, el sensor marca una temperatura de 36°C la cual se encuentra dentro del rango normal, esto se traduce a que la persona detectada en ese momento no presentaba el síntoma de fiebre alta. Esto comprueba que esta aplicación es efectiva y cumple con la facilidad de evitar el contacto. Un aspecto que considerar es que el sensor debe situarse en una superficie estable y evitar su movimiento brusco ya que puede provocar la inestabilidad de las lecturas, también es importante que no se cambie drásticamente los niveles de temperatura del ambiente ya que este puede ser otro factor que ocasione complicaciones o muestre lectura de datos erróneos. Este sensor no presenta la misma precisión que un termómetro médico los cuales requieren del contacto con la piel del paciente, y muestra resultados más verídicos, de igual manera se considera que sería necesario con fines de comparación probar el código con otros tipos de sensores de temperatura de tal modo que se pueda obtener resultados más viables.

En la tesis de Lizán (2018) se realiza la detección de temperatura en los pies de pacientes con Diabetes Mellitus para la cual se conectan 12 sensores MLX90614 con el fin de que el sistema decida sobre que pie va a tomar la temperatura de tal manera que la precisión sea aún mayor, la

decisión de usar este sensor surge a partir de que se pretende evitar el contacto por motivos de higiene y comodidad del paciente. En el trabajo investigativo planteado en este documento solo se utilizó un sensor MLX90614 por lo que se ha determinado que se podrían conectar en cadena más sensores de este tipo, ya que su protocolo de comunicación lo permite, de tal manera se obtendrían datos aún más acertados y así como el autor de la investigación de Rafael Lizán se puede considerar determinar puntos específicos del rostro o cuerpo del paciente con Covid-19 con el propósito de realizar un promedio de la temperatura detectada.

Para incorporar la conexión de dichos sensores en cadena en la tesis de Tosetti et al.(2018) la detección de temperatura se realiza con varios modelos de la misma familia del sensor MLX90614 por tanto las resoluciones varían y a raíz de esto es imprescindible realizar calibraciones para que las mediciones sean uniformes dependiendo de la aplicación, en este caso, fue el campo. Por tanto, podemos afirmar que el sistema de detección de temperatura del proyecto con dicho sensor también puede ser aplicado al campo, pero en este caso es necesario tomar en consideración lo que mencionan los autores, que estos sensores toman la temperatura de su encapsulado como referencia para obtener una medición del objeto calibrada por lo que, al estar en una superficie metálica expuesta al sol, podría verse afectada. Igualmente, esto aplica al ser introducidos en ambientes médicos dependiendo del entorno en el que se requiera censar se deben tomar en cuenta las calibraciones correspondientes en caso de ser necesario. Como resultados finales obtuvimos que nuestro proyecto es viable y puede ser utilizado para fines de control y detección del Covid-19, o para registro medico de pacientes. El reconocimiento facial, el registro en la base de datos y la medición de temperatura, se realizaron con éxito en cada una de las pruebas logrando tener precisión al momento de la detección en cada uno de los incrementos.

VI. CONCLUSIONES

Finalizada la investigación se puede concluir que:

1. Se detalló la importancia del uso de tecnologías basadas en Inteligencia Artificial para el control del COVID-19 y de igual manera se desarrolló con éxito el diseño del software que basado en Inteligencia Artificial es capaz de efectuar el reconocimiento facial de las personas y simultáneamente realizar las mediciones sin contacto, de temperatura como síntoma general del COVID-19.
2. Se definieron las características más importantes del reconocimiento facial dentro del campo de visión artificial, las distintas etapas, procesos y algoritmo. Así como también las variantes de distancia y cantidad de capturas de rostros por persona que juegan un papel esencial para un óptimo reconocimiento de personas.
3. Se logró establecer el tipo de sensor adecuado para cumplir con el objetivo de evitar el contagio por COVID-19 seleccionando un tipo de sensor infrarrojo sin contacto MLX90614, y analizando los factores externos que influyen al momento de realizar las lecturas, como al estar expuestos al aire acondicionado o ventiladores por lo que requiere de una respectiva calibración dependiendo de la aplicación.
4. Se evaluó el hardware que es apto para el procesamiento de datos requerido por el sensor de temperatura siendo el ATMEGA el seleccionado.
5. Se determinó que este sistema al ser capaz de reconocer personas con máscaras respiratorias y medición de temperatura sin contacto proporciona una herramienta para poder implementarse en áreas de salud como laboratorios, hospitales y clínicas, de modo que evita una infección cruzada entre pacientes y médicos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Implementar este software de reconocimiento en un robot tele operado para su aplicación física en hospitales, clínicas y laboratorios.
2. Se debe considerar que el sensor se encuentre en un lugar fijo, ya que el movimiento y el ambiente externo interfieren con su medición, por lo que se recomienda realizar calibraciones según el espacio de aplicación. Como sugerencia se puede usar la alternativa del termómetro infrarrojo sin contacto TIR-1 proporcionado por la empresa Masimo (empresa global de tecnología médica con una amplia gama de dispositivos médicos y tecnológicos) y está diseñado con un grado clínico capaz de automatizar la transferencia de datos con una conexión Bluetooth.
3. Para investigaciones futuras, considerar un numero de muestra mucho mayor al utilizado en esta investigación, de manera que se logre validar un porcentaje de eficiencia óptimo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

AHIBA. (2020, Abril). *Comunicado—C-19 No. 05 080420—AHIBA*. <https://ahiba.hn/comunicado-c-19-no-05-080420/>

Alexander, I. G. (2018). *Inteligencia aumentada*. Editorial Verbum.

Alliance, G., & ScreeningServices, T. N. Y.-M.-A. C. for G. and N. (2009). MÉTODOLÓGÍAS DE PRUEBAS GENÉTICAS. En *Cómo entender la genética: Una guía para pacientes y profesionales médicos en la región de Nueva York y el Atlántico Medio*. Genetic Alliance.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK132206/>

Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning*. MIT Press.

Álvarez, R. (2019, noviembre 12). *El director de inteligencia artificial de Tesla nos explica en vídeo cómo entrenan sus redes neuronales para el uso de Autopilot*. Xataka.
<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/director-inteligencia-artificial-tesla-nos-explica-video-como-entrenan-sus-redes-neuronales-para-uso-autopilot>

Ananenko, Y. A. (2016). *La cámara fotográfica y la cámara móvil. Comparación de características y prestaciones. Análisis de parámetros de calidad*. 73.

Andrea, P. V., & Fernandez, J. C. (s. f.). *Aplicación para Detección y Reconocimiento Facial en Interiores*. 18.

Andrew, S. (2020, de Abril). *Este mapa te muestra la situación del coronavirus en el mundo en tiempo real | CNN*. <https://cnnespanol.cnn.com/2020/04/27/este-mapa-te-muestra-la-situacion-del-coronavirus-en-el-mundo-en-tiempo-real/>

- Areny, R. P. (2005). *Sensores y Acondicionadores de Señal 4a*. Marcombo.
- Artero, Ó. T. (2013). *ARDUINO. Curso práctico de formación*. RC Libros.
- ASALE, R.-, & RAE. (s. f.). *Inteligencia | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 2 de mayo de 2020, de <https://dle.rae.es/inteligencia>
- ASALE, R.-, & RAE. (2020). *Sensor | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/sensor>
- Ayache, N. (1991). *Artificial Vision for Mobile Robots: Stereo Vision and Multisensory Perception*. MIT Press.
- Balagurusamy. (2008). *Programming In C#*. Tata McGraw-Hill Education.
- Barriga, E. R. C. (2017). *APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL RECONOCIMIENTO DE ROSTROS EN UNA IMAGEN*. 60.
- Barroso, C. (s. f.). *IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN DE CARAS DE VIOLA Y JONES SOBRE UNA FPGA [UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID]*. <https://core.ac.uk/download/pdf/29406759.pdf>
- Basogain, X. (s. f.). *Redes neuronales y sus aplicaciones*. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/9047/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf
- Beker, V. (2020). *EL IMPACTO DEL COVID-19 EN LA ECONOMÍA GLOBAL*. 9.
- Benítez, R., Escudero, G., Kanaan, S., & Rodó, D. M. (2014). *Inteligencia artificial avanzada*. Editorial UOC.
- Berger, W. (2018, enero 14). Deep Learning Haar Cascade Explained. *Will Berger*. <http://www.willberger.org/cascade-haar-explained/>
- Beyeler, M. (2017). *Machine Learning for OpenCV*. Packt Publishing Ltd.

- Boden, M. A. (2017). *Inteligencia Artificial*. Turner.
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media, Inc.
- Bravo, C. J., Ramírez, P. E., Arenas, J., Bravo, C. J., Ramírez, P. E., & Arenas, J. (2018). Aceptación del Reconocimiento Facial Como Medida de Vigilancia y Seguridad: Un Estudio Empírico en Chile. *Información tecnológica*, 29(2), 115-122. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200115>
- Bressert, E. (2012). *SciPy and NumPy*. O'Reilly Media, Inc.
- Bustamante, S.-H. Y. (2014). *ALGORITMOS DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN APLICADOS A LA DETECCIÓN DE FIGURAS GEOMETRICAS Y SUS PROPIEDADES ESPACIALES*. 45.
- Cailotto, S., Fin, A., & Fummi, F. (2002). *A fault tolerant incremental design methodology*. 2002 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Proceedings (Cat. No.02CH37353). <http://ieeexplore.ieee.org/document/1010185/>
- Calleja, P. N. (2016). *COMPARATIVA DE SOFTWARE PARA LA REALIZACIÓN DE ORTOFOTOS A PARTIR DE IMÁGENES OBTENIDAS POR DRONES*. 59.
- Calli Olvea, J. (2015). Reconocimiento facial basado en el Algoritmo Eigenface. *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/342>
- Carlaw, S. (2020). Impact on biometrics of Covid-19. *Biometric Technology Today*, 2020(4), 8-9. [https://doi.org/10.1016/S0969-4765\(20\)30050-3](https://doi.org/10.1016/S0969-4765(20)30050-3)
- Casco, S. M. (s. f.). *Raspberry Pi, Arduino y Beaglebone Black Comparación y Aplicaciones*. 17.
- CEPAL. (2020, abril 20). *Pandemia del COVID-19 llevará a la mayor contracción de la actividad económica en la historia de la región: Caerá -5,3% en 2020*. <https://www.cepal.org/es/comunicados/pandemia-covid-19-lleva-la-mayor-contraccion-la-actividad-economica-la-historia-la>
- Chazallet, S. (2016). *Python 3: Los fundamentos del lenguaje*. Ediciones ENI.

Council, J. (2020, marzo 20). Hospitals Tap AI to Help Manage Coronavirus Outbreak. *Wall Street Journal*.

<https://www.wsj.com/articles/hospitals-tap-ai-to-help-manage-coronavirus-outbreak-11584696601>

COVID-19 Honduras—OFICIAL | Coronavirus en Honduras. (s. f.). Recuperado 30 de abril de 2020, de <https://covid19honduras.org/>

Cui, J., Li, F., & Shi, Z.-L. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Reviews Microbiology*, 17(3), 181-192. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>

Demaitre, E. (2019, diciembre 2). *Keenon Robotics rolls out Peanut service robots worldwide*.

<https://www.therobotreport.com/keenon-robotics-rolls-out-peanut-service-robots-worldwide/>

Diario La Prensa. (s. f.). *El coronavirus está en más de 100 barrios y colonias de San Pedro Sula—Diario La Prensa*. Recuperado 30 de abril de 2020, de

<https://www.laprensa.hn/especiales/coronavirus/1374213-410/coronavirus-barrios-colonias-regional-salud-san-pedro-sula>

Díez, R. P., Gómez, A. G., & Martínez, N. de A. (2001). *Introducción a la inteligencia artificial: Sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Universidad de Oviedo.

Dimes, T. (2016). *Programación en C# para Principiantes*. Babelcube Inc.

Domínguez, J. S. S. (2010). *Reconocimiento facial robusto a oclusiones por medio de seccionamiento de imágenes*.

Dunaway, R. B. (2002). *The Book of Visual Studio .NET: A Guide for Developers*. No Starch Press.

Embajada de Estados Unidos en Honduras. (2020, mayo 1). *Información sobre el COVID-19*. Embajada de Estados Unidos en Honduras. <https://hn.usembassy.gov/es/informacion-covid19/>

Escobar, Z., & Mindiola, P. (2009). *APLICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN PROCESADORES DIGITALES DE SEÑALES: CARACTERIZACIÓN DE SENSORES INFRARROJOS*. 13.

Escuredo, S. M. (2009). *Metodología de Implantación del ERP Microsot Dynamics NAV*. Lulu.com.

- Eslava, J. (2013). *RECONOCIMIENTO FACIAL EN TIEMPO REAL* [Universidad Autónoma de Madrid].
https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/13893/65057_20130717JavierEslavaRios.pdf?sequence=1
- Espinoza, D., & Jorquera, P. (2015). *Reconocimiento Facial* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA].
http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1000/UCD1453_01.pdf#page=43&zoom=100,109,94
- FMI. (2020, mayo). *Policy Responses to COVID19*. IMF. <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Policy-Responses-to-COVID-19>
- Fonseca, M. R. (2016). *Simulación de redes neuronales como herramienta Big Data en el ámbito sanitario*. Lulu.com.
- Fraga, A. I. (2016, septiembre 15). La historia de la inteligencia artificial: Desde los orígenes... *TICbeat*.
<https://www.ticbeat.com/innovacion/la-historia-de-la-inteligencia-artificial-desde-los-origenes-hasta-hoy/>
- Franco, C. E., Ospina, C. T., Cuevas, E. S., & Capacho, D. V. (2017). RECONOCIMIENTO FACIAL BASADO EN EIGENFACES, LBHP Y FISHERFACES EN LA BEAGLEBOARD-xM. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(26), Article 26.
<https://doi.org/10.24054/16927257.v26.n26.2015.2387>
- Frost & Sullivan. (2016, enero 5). From \$600 M to \$6 Billion, Artificial Intelligence Systems Poised for Dramatic Market Expansion in Healthcare. *Frost & Sullivan*. <https://ww2.frost.com/news/press-releases/600-m-6-billion-artificial-intelligence-systems-poised-dramatic-market-expansion-healthcare/>
- Galapienso, M. I. A., Quevedo, M. A. C., Pardo, O. C., Ruiz, F. E., & Ortega, M. A. L. (2003). *Inteligencia artificial: Modelos, técnicas y áreas de aplicación*. Editorial Paraninfo.

Gamboa, J. R. V. (2006). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS EN IMÁGENES DIGITALES BIDIMENSIONALES*. 160.

GarcésNúñez, A. F. (2017). *SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA APOYAR AL ECU-911 CON LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS EN LA LISTA DE LOS MÁS BUSCADO* [::Procesamiento digital de señales e imágenes, Universidad Técnica de Ambato].
https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24490/3/Tesis_t1189ec.pdf

García-Ríos, E., Escamilla-Hernández, E., Nakano-Miyatake, M., & Pérez-Meana, H. (2014). Sistema de Reconocimiento de Rostros usando Visión Estéreo. *Información tecnológica*, 25(6), 117-130.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600015>

Gómez, M. (2006). *REDES NEURONALES APLICADAS A LOS NEGOCIOS: ANALISIS DE UN CASO* [Instituto Tecnológico de Buenos Aires].
<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1062/Tesis%20Manuel%20G%C3%B3mez%20de%20Lima.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas.

González, R. (2007). EL TEST DE TURING: DOS MITOS, UN DOGMA. *Revista de filosofía*, 63.
<https://doi.org/10.4067/S0718-43602007000100003>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

Guativa, J. A. V., León, C. J. A., & Castro, J. J. G. (2016). Sistema de instrumentación virtual utilizando un sensor RTD experimental. *Ingenium*, 17(34), 31-46.

Guevara, M. L., Echeverry, J. D., & Urueña, W. A. (2008a). Detección de rostros en imágenes digitales usando clasificadores en cascada. *Scientia et technica*, 1(38), Article 38.
<https://doi.org/10.22517/23447214.3679>

- Guevara, M. L., Echeverry, J. D., & Urueña, W. A. (2008b). Detección de rostros en imágenes digitales usando clasificadores en cascada. *Scientia et Technica*, 1(38), Article 38.
<https://doi.org/10.22517/23447214.3679>
- Hernández, E. del T., Cabrera, A., & Sánchez, S. (2012). *IMPLEMENTACIÓN HÍBRIDA HARDWARE SOFTWARE DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN DE ROSTROS DE VIOLA-JONES SOBRE FPGA*.
<https://pdfs.semanticscholar.org/d0c9/cb9cf1905d3f366f5d452011030aa278d063.pdf>
- Hernández, R. G. (s. f.). *ESTUDIO DE TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL*. 86.
- Houlin Zhao. (2018, enero). *Inteligencia artificial para el bien del mundo*.
https://www.itu.int/en/itu/news/Documents/2018/2018-01/2018_ITUNews01-es.pdf
- Hu, M. (2020, febrero 21). *China's ecommerce giants deploy robots to deliver orders amid coronavirus outbreak*. Tech in Asia. <https://www.techinasia.com/chinas-ecommerce-robots-delivery>
- Huber, M. C. E., Pauluhn, A., Culhane, J. L., Timothy, J. G., Wilhelm, K., & Zehnder, A. (Eds.). (2013). *Observing Photons in Space: A Guide to Experimental Space Astronomy*. Springer New York.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7804-1>
- Ibáñez, A. (2015). *Machine Learning in Scientometrics* (p. 1) [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=118145>
- Jain, A. K., Nandakumar, K., & Ross, A. (2016). 50 years of biometric research: Accomplishments, challenges, and opportunities. *Pattern Recognition Letters*, 79, 80-105.
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2015.12.013>
- Jakhar, P. P. (2020, marzo 4). Las innovadoras tecnologías que está utilizando China para combatir el coronavirus (y las preocupaciones que plantean). *BBC News Mundo*.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-51736635>
- JHU. (2020, mayo). *COVID-19 Map*. Johns Hopkins Coronavirus Resource Center.
<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

- Julián, F. G. C., Reyes, M. V., Sánchez, A. L., & Ríos, C. A. J. (2018). RECONOCIMIENTO FACIAL POR EL MÉTODO DE EIGENFACES. *Pistas Educativas*, 39(127), Article 127.
<http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1068>
- Keesara, S., Jonas, A., & Schulman, K. (2020). Covid-19 and Health Care's Digital Revolution. *New England Journal of Medicine*, 0(0), null. <https://doi.org/10.1056/NEJMp2005835>
- Kelleher, J. D. (2019). *Deep Learning*. MIT Press.
- Kim, R. Y. (2020). The Impact of COVID-19 on Consumers: Preparing for Digital Sales. *IEEE Engineering Management Review*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.2990115>
- Knight, W. (s. f.). How AI Is Tracking the Coronavirus Outbreak. *Wired*. Recuperado 2 de mayo de 2020, de <https://www.wired.com/story/how-ai-tracking-coronavirus-outbreak/>
- Kulshreshth, A., Anand, A., & Lakanpal, A. (2019). *Neuralink- An Elon Musk Start-up Achieve symbiosis with Artificial Intelligence*. 105-109. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS48478.2019.8974470>
- Kummitha, R. K. R. (2020). Smart technologies for fighting pandemics: The techno- and human- driven approaches in controlling the virus transmission. *Government Information Quarterly*, 101481. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101481>
- Laganière, R. (2014). *OpenCV Computer Vision Application Programming Cookbook Second Edition*. Packt Publishing Ltd.
- Linton, N. M., Kobayashi, T., Yang, Y., Hayashi, K., Akhmetzhanov, A. R., Jung, S., Yuan, B., Kinoshita, R., & Nishiura, H. (2020). Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 538. <https://doi.org/10.3390/jcm9020538>
- Litwiller, D. (2001). *CCD vs. CMOS: Facts and Fiction*. 4.
- Lizán Ortiz, R. (2014). Dispositivo de monitorización de temperatura. *Ingeniería del agua*, 18(1), 60. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>

- Lizán, R. (2018). *Dispositivo de monitorización de temperatura* [Universitat Politècnica de València].
<https://riunet.upv.es/handle/10251/109362>
- Long, C., Xu, H., Shen, Q., Zhang, X., Fan, B., Wang, C., Zeng, B., Li, Z., Li, X., & Li, H. (2020). Diagnosis of the Coronavirus disease (COVID-19): RRT-PCR or CT? *European Journal of Radiology*, 126, 108961. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108961>
- López, L. H. (2006). *Predicción y optimización de emisiones y consumo mediante redes neuronales*.
Reverte.
- López, R. F., & Fernández, J. M. F. (2008). *Las Redes Neuronales Artificiales*. Netbiblo.
- López Sánchez, G. (2020, mayo 2). «Detuvimos el desarrollo de nuestra vacuna porque el coronavirus dejó de ser una prioridad» [Entrevista]. https://www.abc.es/ciencia/abci-detuvimos-desarrollo-nuestra-vacuna-porque-coronavirus-dejo-prioridad-202005030127_noticia.html
- López-Goñi, I. (2020). *Los 3 test del coronavirus que juntos nos ayudarán a controlar la pandemia*.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-52214479>
- Magnan, P. (2003). Detection of visible photons in CCD and CMOS: A comparative view. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 504(1-3), 199-212. [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)00792-7](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)00792-7)
- Martínez Coll, J. C. (s. f.). *Introducción a la metodología de la investigación*. Juan Carlos Martínez Coll.
- McCall, B. (2020). COVID-19 and artificial intelligence: Protecting health-care workers and curbing the spread. *The Lancet. Digital Health*, 2(4), e166-e167. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30054-6](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30054-6)
- Mehta, S., Patel, A., & Mehta, J. (2015). CCD or CMOS Image sensor for photography. *2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*, 0291-0294.
<https://doi.org/10.1109/ICCSP.2015.7322890>

Melexis. (2019). *Datasheet for MLX90614—Free Download #Melexis*.

<https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>

Melexis Inspired Engineering. (2008). *SMBus communication with MLX90614*. Melexis.

<https://www.melexis.com/en/documents/documentation/application-notes/application-note-mlx90614-smbus-communication>

MG. (2020, Abril). *La cuarentena por coronavirus pone en peligro la vida de mujeres en Honduras –*

Diario La Tribuna. <https://www.latribuna.hn/2020/04/16/la-cuarentena-por-coronavirus-pone-en-peligro-la-vida-de-mujeres-en-honduras/>

Mitchell, M. (2019). *Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans*. Farrar, Straus and Giroux.

Moya, J. M. H. (2011). *Radiocomunicaciones*. Creaciones Copyright SL.

Mundo, R. B. (s. f.). *Turing, el hombre que abrió el camino a la inteligencia artificial*. BBC News Mundo.

Recuperado 4 de mayo de 2020, de

https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/06/120621_turing_inteligencia_artificial_lp

Musk, E., & Neuralink. (2019). An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels. *BioRxiv*, 703801. <https://doi.org/10.1101/703801>

Navas, M. E. (2020, abril 24). La científica hondureña en la carrera por crear una vacuna contra el coronavirus en Estados Unidos. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52243749>

Netz, A., Chaudhuri, S., Fayyad, U., & Bernhardt, J. (2001). Integrating data mining with SQL databases:

OLE DB for data mining. *Proceedings 17th International Conference on Data Engineering*, 379-387. <https://doi.org/10.1109/ICDE.2001.914850>

Numpy Org. (s. f.). *NumPy—NumPy*. Recuperado 6 de mayo de 2020, de <https://numpy.org/>

OPS/OMS. (s. f.). *OPS/OMS Honduras—COVID-19: Información actualizada sobre la nueva enfermedad por coronavirus*. Recuperado 29 de abril de 2020, de

- https://www.paho.org/hon/index.php?option=com_content&view=article&id=1877:covid-19-informacion-actualizada-sobre-la-nueva-enfermedad-por-coronavirus&Itemid=229
- Ordieres-Meré, J., Limas, M., Ascacibar, F. J., Alba-Elías, F., González-Marcos, A., Pernía-Espinoza, A., & Vergara, E. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial Recurso electrónico—En línea*.
- Ortega Bueno, J. (2014). *Vision-based autonomous landing system for aerial vehicles*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/26646>
- OSMC. (2020). *About*. OSMC. <https://osmc.tv/about/>
- Oxandabarat, A. (2020, marzo 31). *OPS/OMS Uruguay—Mitos más difundidos sobre COVID-19 | OPS/OMS*. Pan American Health Organization / World Health Organization. https://www.paho.org/uru/index.php?option=com_content&view=article&id=1513:mitos-mas-difundidos-sobre-covid-19&Itemid=451
- Papageorgiou, C. P., Oren, M., & Poggio, T. (1998). A general framework for object detection. *Sixth International Conference on Computer Vision (IEEE Cat. No.98CH36271)*, 555-562. <https://doi.org/10.1109/ICCV.1998.710772>
- Pastor, J. (s. f.). *Qué puedes y qué no puedes hacer con Windows 10 IoT Core en las Raspberry Pi 2*. Recuperado 7 de mayo de 2020, de <https://www.xataka.com/makers/que-puedes-y-que-no-puedes-hacer-con-windows-10-iot-core-en-las-raspberry-pi-2>
- Patel, R., Babady, E., Theel, E. S., Storch, G. A., Pinsky, B. A., St. George, K., Smith, T. C., & Bertuzzi, S. (2020). Report from the American Society for Microbiology COVID-19 International Summit, 23 March 2020: Value of Diagnostic Testing for SARS-CoV-2/COVID-19. *mBio*, 11(2). <https://doi.org/10.1128/mBio.00722-20>
- Pérez, J., & Merino, M. (2013). *Definición de radiofrecuencia—Definicion.de*. Definición.de. <https://definicion.de/radiofrecuencia/>

- Pol, P., & Moreno, M. (s. f.). *¿Qué son las redes neuronales artificiales? Aplicaciones realizadas en el ámbito de las adicciones*. 14.
- Pont, E. (2020, marzo). *¿Cómo afecta el Coronavirus a la economía mundial?*
<https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20200316/474199840484/coronavirus-economia-mundial.html>
- Porras, J. (s. f.). *CLASIFICATION SYSTEM BASED ON COMPUTER VISION*. 14.
- Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.
- Raspberry Inc. (s. f.). *GPIO - Raspberry Pi Documentation*. Recuperado 7 de mayo de 2020, de
<https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>
- Reuter, F., & Pedenovi, A. (2019, marzo). *Los Drones y sus aplicaciones a la Ingeniería*.
https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf
- Rincón Aristizabal, L. F., & Vargas Chavarro, D. A. (2019). *Sistema de detección y diagnóstico de fallas de un proceso térmico mediante inteligencia artificial*.
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15883>
- Rivera, D. F. N., & Duke, A. M. R. (2020). Work Safety Assessment through Contextual Analysis with Computer Vision. *2020 5th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE)*, 207-212. <https://doi.org/10.1109/ICCRE49379.2020.9096264>
- Roig Coves, A. (2015). *Diseño e implementación de una máquina Arcade con Raspberry Pi y Arduino*.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/53962>
- Rosales-Mendoza, S., Márquez-Escobar, V. A., González-Ortega, O., Nieto-Gómez, R., & Arévalo-Villalobos, J. I. (2020). What Does Plant-Based Vaccine Technology Offer to the Fight against COVID-19? *Vaccines*, 8(183), 183. <https://doi.org/10.3390/vaccines8020183>

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta.

Ruiz, C. A., Basualdo, M. S., & Matich, D. J. (s. f.). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*.

55.

Salas, R. (s. f.). *Redes Neuronales Artificiales*. 7.

SANDOROBOTICS. (2019). *Módulo Termómetro Infrarrojo MLX90614 | SANDOROBOTICS*.

<https://sadorobotics.com/producto/gy-906mlx/>

SAS. (2019). *How to Do Deep Learning With SAS*. SAS.

https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper1/deep-learning-with-sas-109610.pdf

Sasaki, K. (2019). *Hands-On Machine Learning with TensorFlow.js: A guide to building ML applications integrated with web technology using the TensorFlow.js library*. Packt Publishing Ltd.

Schapire, R. E. (2013). Explaining AdaBoost. En B. Schölkopf, Z. Luo, & V. Vovk (Eds.), *Empirical Inference: Festschrift in Honor of Vladimir N. Vapnik* (pp. 37-52). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41136-6_5

Secretaria de Salud, H. (s. f.). *COVID-19 Honduras—OFICIAL | Coronavirus en Honduras*. Recuperado 30 de abril de 2020, de <https://covid19honduras.org/>

Serna Ruiz, A., Ros Garcia, F. A., & Rico Noguera, J. C. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. Creaciones Copyright SL.

Shereen, M. A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., & Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*, 24, 91-98.

Shi, S. (2013). *Emgu CV Essentials*. Packt Publishing Ltd.

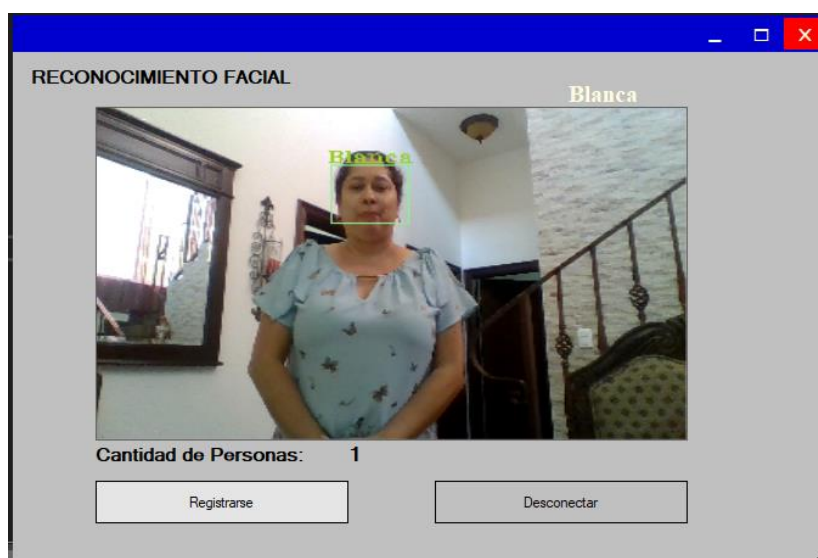
Sierra, F. J. C. (2011). *Microsoft C#. Curso de Programación. 2ª edición*. Grupo Editorial RA-MA.

- Silva, R. T. e, Cristante, A. F., Marcon, R. M., Barros-Filho, T. E. P. de, Silva, R. T. e, Cristante, A. F., Marcon, R. M., & Barros-Filho, T. E. P. de. (2020). Medical care for spinal diseases during the COVID-19 pandemic. *Clinics*, 75. <https://doi.org/10.6061/clinics/2020/e1954>
- Sinsinwar, T., & Dwivedi, P. K. (2014). *A survey on feature extraction method and dimension reduction techniques in face recognition*. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-survey-on-feature-extraction-method-and-dimension-Sinsinwar-Dwivedi/8a3d5153321ad7e086291498fbbd0caea82d14d1>
- Stasi, E. (2020). *Programación en Python III: Proyectos prácticos - Raspberry Pi - MicroPython*. RedUsers.
- Synced. (2020, marzo 21). *China's Autonomous Delivery Vehicles Navigate the Coronavirus Outbreak*. Synced. <https://syncedreview.com/2020/03/21/chinas-autonomous-delivery-vehicles-navigate-the-coronavirus-outbreak/>
- Tesla. (2019, septiembre 26). *Introducing Software Version 10.0*. <https://www.tesla.com/blog/introducing-software-version-10-0>
- Tosetti, S., Capraro, F., Soria, C., Aubone, E., & Mulet, J. (2018, septiembre). *Sistema de medición de temperatura foliar sin contacto y geo-referenciado*. X Congreso de AgroInformática (CAI) - JAIIO 47 (CABA, 2018). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71508>
- Turner, J. (2018). *Robot Rules: Regulating Artificial Intelligence*. Springer.
- UC San Diego. (s. f.). *Artificial Intelligence Enables Rapid COVID-19 Lung Imaging Analysis at UC San Diego Health*. UC Health - UC San Diego. Recuperado 3 de mayo de 2020, de <https://health.ucsd.edu/news/releases/Pages/2020-04-07-artificial-intelligence-enables-rapid-covid-19-lung-imaging-analysis.aspx>
- Vega, V. de la, & Eduardo, D. (2012). *Diseño e implementación de una plataforma de software para reconocimiento facial en video*. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112271>

- Villada, F., Muñoz, N., & García-Quintero, E. (2016). Redes Neuronales Artificiales aplicadas a la Predicción del Precio del Oro. *Información tecnológica*, 27(5), 143-150.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500016>
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001*, 1, 1-511-1-518. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2001.990517>
- Warner, T. L. (2013). *Hacking Raspberry Pi*. Que Publishing.
- Yang, T., & Liu, R. (2020, febrero 7). *JD's Robot Delivers First Order in Wuhan in Coronavirus Aid Support—JD Corporate Blog*. <https://jdcorporateblog.com/jds-robot-delivers-first-order-in-wuhan-in-coronavirus-aid-support/>
- Yúbal. (2018, agosto 3). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Xataka.
<https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Zhavoronkov, A., Aladinskiy, V., Zhebrak, A., Zagribelnyy, B., Terentiev, V., Bezrukov, D. S., Polykovskiy, D., Shayakhmetov, R., Filimonov, A., Orekhov, P., Yan, Y., Popova, O., Vanhaelen, Q., Aliper, A., & Ivanenkov, Y. (2020). *Potential 2019-nCoV 3C-like Protease Inhibitors Designed Using Generative Deep Learning Approaches* [Preprint]. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.11829102.v1>

ANEXOS

Anexo 1 Participante 1



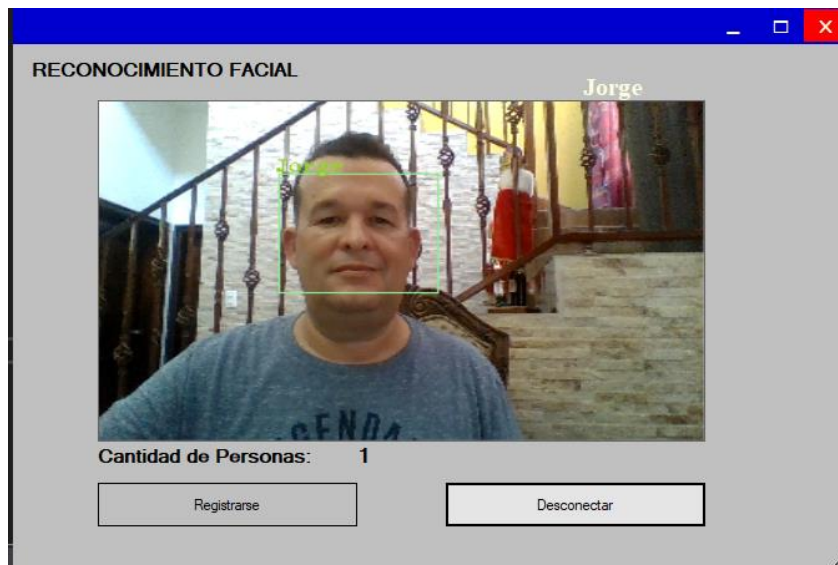
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2 Participante 2



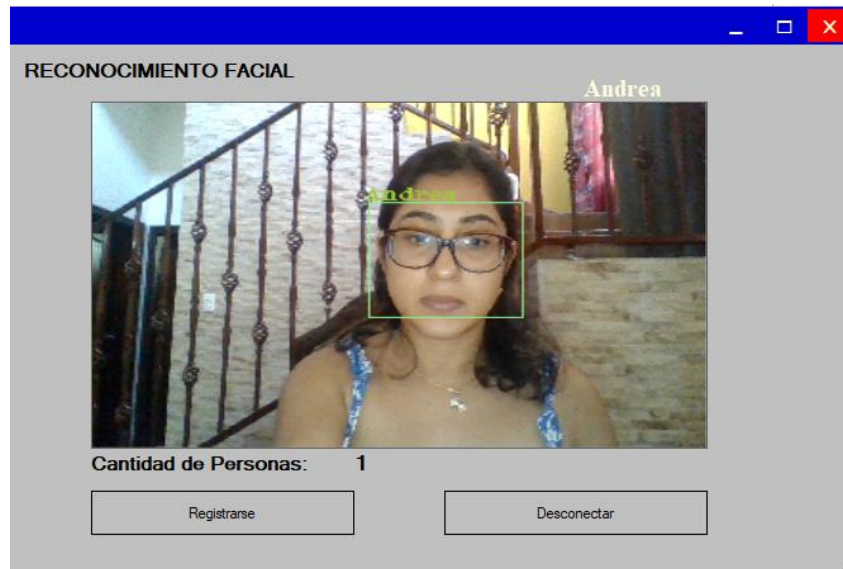
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3 Participante 3



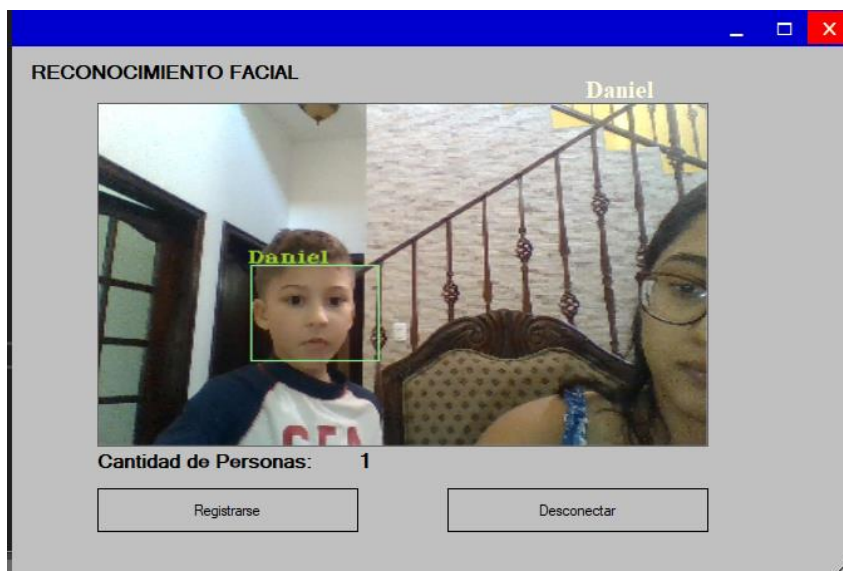
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4 Participante 4



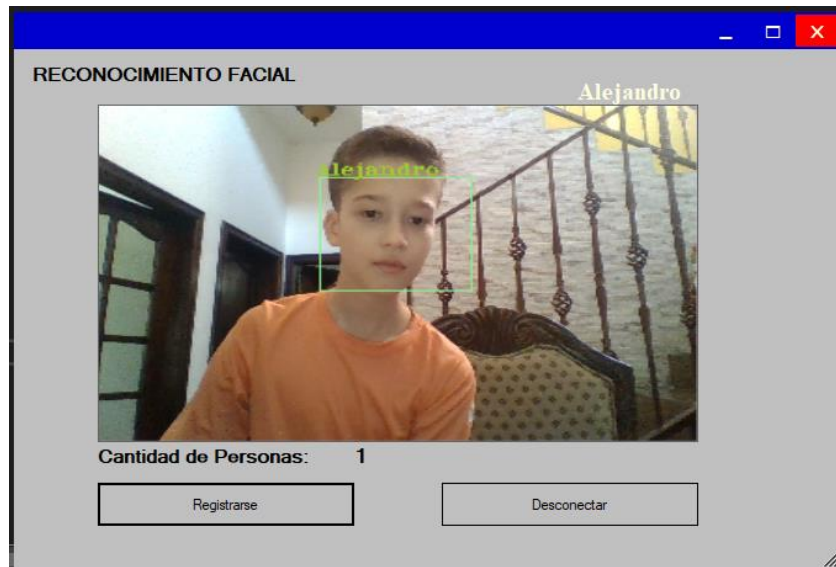
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5 Participante 5



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6 Participante 6



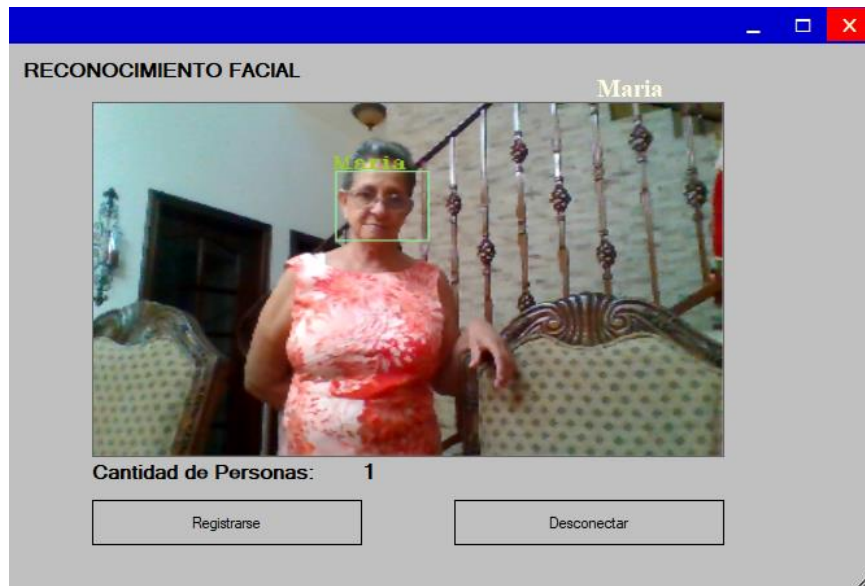
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7 Participante 7



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8 Participante 8



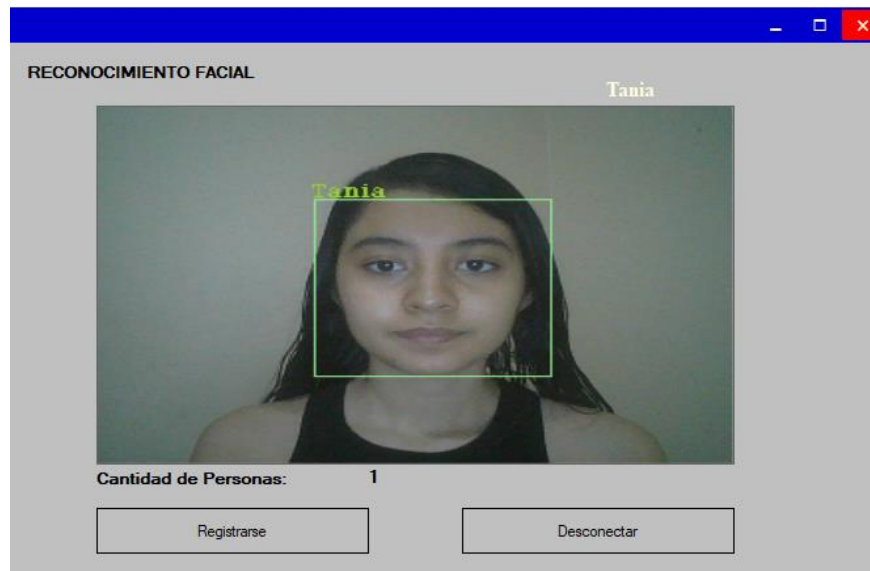
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9 Participante 9



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10 Participante 10



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10 Programación reconocimiento de rostro

```
try
{
    currentFrame = grabber.QueryFrame().Resize(320, 240, Emgu.CV.CvEnum.INTER.CV_INTER_CUBIC);
    //Convertir a escala de grises
    gray = currentFrame.Convert<Gray, Byte>();

    //Detector de Rostros
    MCvAvgComp[][] facesDetected = gray.DetectHaarCascade(face, 1.2, 10, Emgu.CV.CvEnum.HAAR_DETECTION_TYPE.DO_CANNY_PRUNING, new Size(

    //Acción para cada elemento detectado
    foreach (MCvAvgComp f in facesDetected[0])
    {
        t = t + 1;
        result = currentFrame.Copy(f.rect).Convert<Gray, byte>().Resize(100, 100, INTER.CV_INTER_CUBIC);
        //Dibujar el cuadro para el rostro
        currentFrame.Draw(f.rect, new Bgr(Color.LightGreen), 1);

        if (trainingImages.ToArray().Length != 0)
        {
            //Clase para reconocimiento con el número de imagenes
            MCvTermCriteria termCrit = new MCvTermCriteria(ContTrain, 0.001);

            //Clase Eigen para reconocimiento de rostro
            EigenObjectRecognizer recognizer = new EigenObjectRecognizer(trainingImages.ToArray(), labels.ToArray(), ref termCrit);
            var fa = new Image<Gray, byte>[trainingImages.Count]; //currentFrame.Convert<Bitmap>();

            name = recognizer.Recognize(result);
            //Dibujar el nombre para cada rostro detectado y reconocido
            currentFrame.Draw(name, ref font, new Point(f.rect.X - 2, f.rect.Y - 2), new Bgr(Color.YellowGreen));
        }
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11 Programación conexión a la base de datos

```
public class DBCon
{
    private OleDbConnection conn;
    public string[] Name;
    public string[] Apellido;
    public static string[] FechaNacimiento;
    public static string[] Edad;
    public static string[] Hora;
    public static string[] Fecha;
    public static string[] Temperatura;
    public string[] Sintomas;
    private byte[] face;
    public List<byte[]> Face = new List<byte[]>();
    public int TotalUsen;

    2 references
    public DBCon()
    {
        conn = new OleDbConnection("Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; Data Source = UsersFace.mdb");
        conn.Open();
    }

    1 reference
    public bool GuardarImagen(string Name, string Apellido, string FechaNacimiento, string Edad, string Code, string Hora, string Fecha, string
    {
        conn.Open();
        OleDbCommand comm = new OleDbCommand("INSERT INTO UserFaces (Name,Apellido,FechaNacimiento,Edad,Code,Hora,Fecha,Temperatura,Sintomas,Fa
        OleDbParameter parImagen = new OleDbParameter("@Face", DbType.VarBinary, abImagen.Length);
        parImagen.Value = abImagen;
        comm.Parameters.Add(parImagen);
        int iResultado = comm.ExecuteNonQuery();
        conn.Close();
        return Convert.ToBoolean(iResultado);
    }
}
```

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12 Programación Login

```
1 reference
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if ((User.Text != "") && (Password.Text != ""))
    {
        if(((User.Text == "Andrea") && (Password.Text == "Admin2020"))|((User.Text == "Tania") && (Password.Text == "Admin20"))|((User.Text ==
        {
            logeo = new Reconocimiento();
            logeo.Show();
            this.Hide();
        }
        else
        {
            MessageBox.Show("Usuario No Encontrado");
        }
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("error");
    }
}

1 reference
private void checkBox1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
{
    if( checkBox1.Checked == true)
    {
        if(Password.PasswordChar== '*')
        {

```

Fuente: Elaboración propia.

MANUAL DE USUARIO

Funcionamiento del sistema

1. Abrir el archivo ejecutable *Reconocimiento facial v2.0.sln*.
2. Inicializar el programa a través del botón de **Start**.

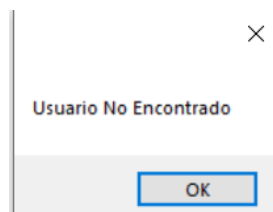
Primer Formulario

3. El primer formulario es el *Login* para permitir el acceso solamente a usuarios autorizados.
4. Se debe rellenar las casillas de *Usuario* y *Contraseña*.

*Nota: Marcar la casilla **Visualizar** para verificar la contraseña ingresada.*

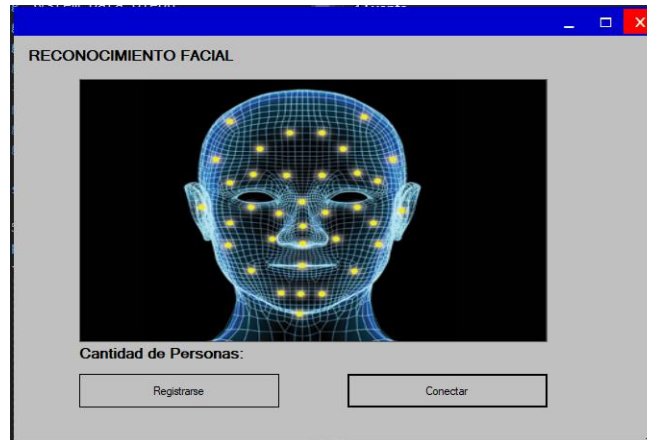


5. Presión el botón **Ingresar** para continuar al siguiente formulario.
6. Si el usuario o contraseña no son correctos aparecerá el siguiente mensaje:



Segundo Formulario

7. Una vez realizado el *Login*, se abre automáticamente el formulario de Reconocimiento Facial, en cual cuenta con dos opciones: **Registrar** y **Conectar**.
La opción **Registrarse** permite acceder al tercer formulario de *Registro* de personas.

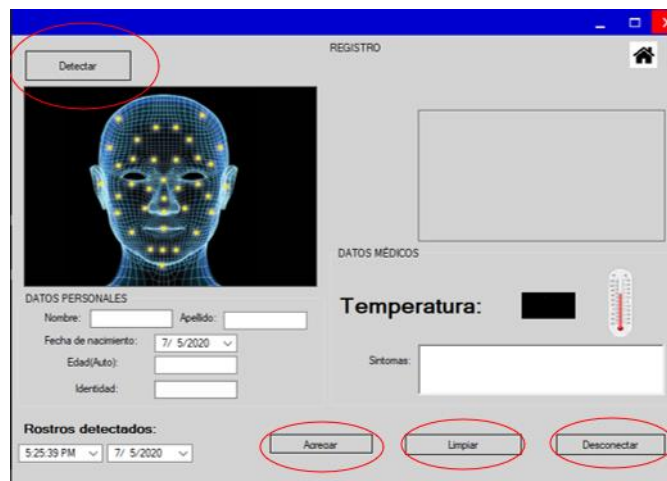


El botón de **Conectar** permite comenzar el proceso de reconocimiento, de igual manera un botón de **Desconectar** que detiene el programa.



Tercer Formulario

- Una vez se accede al formulario de *Registro*, el usuario debe llenar los espacios con la información personal y datos médicos de cada persona a ingresar.

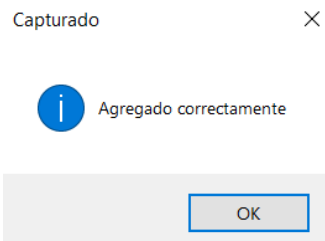


- Rellenar los espacios de Nombre, Apellido, Fecha de Nacimiento, Identidad, Síntomas. El programa registra el momento exacto de la captura accediendo a la información de *Fecha y Hora* del sistema.
Nota: La casilla de Edad se genera automáticamente a partir de la fecha de nacimiento ingresada.
- El botón **Detectar** encenderá la cámara y un recuadro verde encierra el rostro detectado.




11. El botón **Agregar** automáticamente almacena la información a la base de datos conectada con Microsoft Access.

12. Cuando un registro se realiza de manera exitosa aparece el siguiente mensaje:



13. El botón **Limpiar** permite borrar la información de cada casilla.

14. El botón **Desconectar** apaga la cámara para volver a iniciar el proceso de registro.

15. El botón de  permite volver al formulario de *Reconocimiento*.