



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
ESCUELA DE HÁBITAT, INGENIO Y CREATIVIDAD**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**PLATAFORMA WEB PARA LA DETECCIÓN DE EMOCIONES EN  
ADULTOS MAYORES MEDIANTE UNA RED NEURONAL  
CONVOLUCIONAL**

**BRYAN ISAIAS FARINANGO IPIALES**

**TUTOR: LAURA ROSA GUERRA TORREALBA**

**IBARRA – ECUADOR**

**AGOSTO, 2025**

Ibarra, 2025

## CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de BRYAN ISAIAS FARINANGO IPIALES titulado: Plataforma web para la detección de emociones en adultos mayores mediante una red neuronal convolucional, presentado por el estudiante BRYAN ISAIAS FARINANGO IPIALES con cédula de ciudadanía N° 1004213573, para obtener el Título de Ingeniero en Tecnologías de la información.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

17/7/25, 8:24 Turnitin - Informe de Originalidad - PLATAFORMA WEB PARA LA DETECCIÓN DE EMOCIONES EN ADULTOS MAYORES MEDIANTE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 17-jul-2025 08:03 -05  
Identificador: 271633813  
Número de palabras: 18202  
Entregado: 1

PLATAFORMA WEB PARA LA DETECCIÓN DE EMOCIONES EN ADULTOS MAYORES MEDIANTE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL Por BRYAN ISAIAS FARINANGO IPIALES

Índice de similitud	Similitud según fuente
6%	Fuentes de Internet: 4% Publicaciones: 1% Trabajos del estudiante: 3%

Coincidencia del 1% (Internet desde 16-jun-2025)  
<http://www.veranoregional.org/issn/2023.pdf>

Coincidencia del < 1% (Internet desde 09-jun-2020)  
<https://es.scribd.com/document/410220995/TFESIS-ROMERO-PALACIOS-AMAPARO-DE-JESUS-pdf>

Coincidencia del < 1% (trabajos de los estudiantes desde 19-may-2025)  
[Submitted to Universidad Internacional de la Rioja on 2025-05-19](#)

Coincidencia del < 1% (trabajos de los estudiantes desde 14-nov-2024)  
[Submitted to Universidad Internacional de la Rioja on 2024-11-14](#)

Coincidencia del < 1% (trabajos de los estudiantes desde 07-ene-2025)  
[Submitted to Universidad Europea Miguel de Cervantes on 2025-01-07](#)

Coincidencia del < 1% ()  
[Red de Universidades con Carreras en Informática, Finochietto, Jorge. "CACIC 2013 : XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Libro de actas", Fundación de Altos Estudios en Ciencias Exactas, 2013](#)

Coincidencia del < 1% (Internet desde 29-feb-2024)  
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28654/1/DennisAlejandro\\_RamirezOchoa.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28654/1/DennisAlejandro_RamirezOchoa.pdf)

Coincidencia del < 1% (trabajos de los estudiantes desde 09-ene-2025)  
[Submitted to UNIBA on 2025-01-09](#)

Coincidencia del < 1% (trabajos de los estudiantes desde 22-mar-2024)

[https://www.turnitin.com/newreport\\_printview.asp?eq=1&eb=1&esm=20&oid=271633813&sid=0&n=28&svr=34&r=98.4699866530827&lang=es](https://www.turnitin.com/newreport_printview.asp?eq=1&eb=1&esm=20&oid=271633813&sid=0&n=28&svr=34&r=98.4699866530827&lang=es)

1/30

Laura Guerra  
Torrealba

Firmado digitalmente por  
Laura Guerra Torrealba  
Fecha: 2025.08.14 08:47:29  
-05'00'

(f): \_\_\_\_\_  
Mgs. GUERRA TORREALBA LAURA ROSA  
**TUTOR DE TRABAJO**  
C.C.: 1757842784

## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

Laura Guerra  
Torrealba

Firmado digitalmente por  
Laura Guerra Torrealba  
Fecha: 2025.08.14 08:47:29  
-05'00'

(f): .....

PhD. Guerra Torrealba Laura Rosa

C.C.: 1757842784

Dulce Milagro  
Rivero  
Albarrán

Firmado digitalmente  
por Dulce Milagro  
Rivero Albarrán  
Fecha: 2025.08.14  
09:03:58 -05'00'

(f):.....

PhD. Rivero Albarrán Dulce Milagro

C.C.: 1757608961

FRANCKLIN IVAN  
RIVAS ECHEVERRIA

Digitally signed by FRANCKLIN  
IVAN RIVAS ECHEVERRIA  
Date: 2025.08.14 09:31:20  
-05'00'

(f):.....

PhD. Rivas Echeverria Francklin Ivan

C.C.: 175706379-5

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, *Bryan Isaias Farinango Ipiales*, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 12 de agosto del 2025

**Bryan Isaias  
Farinango** Firmado digitalmente por  
Bryan Isaias Farinango  
Fecha: 2025.08.14 08:43:16  
-05'00'

(f): \_\_\_\_\_

*Bryan Isaias Farinango Ipiales*

C.C.: 1004213573

## AUTORIA

Yo, *Bryan Isaias Farinango Ipiales*, portador de la cedula de ciudadanía N° 1004213573, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

Bryan Isaias Farinango  
Firmado digitalmente por  
Bryan Isaias Farinango  
Fecha: 2025.08.14 08:43:16  
-05'00'

(f): .....

*Bryan Isaias Farinango Ipiales*

C.C.: 1004213573

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar, en primer lugar, mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de vida y fortaleza, quien me ha concedido la salud, la perseverancia y las capacidades necesarias para culminar esta etapa académica. Su guía y protección han sido fundamentales en cada momento de este proceso.

De igual manera, deseo dedicar un especial reconocimiento a mis padres, cuyo apoyo incondicional, amor y sacrificio han sido pilares esenciales para alcanzar esta meta. Su confianza constante en mis habilidades y su ejemplo de dedicación han sido una inspiración permanente. A mis hermanos, agradezco también su compañía y respaldo, los cuales han enriquecido este camino de aprendizaje y crecimiento personal.

A mis amigos y compañeros de la universidad, expreso mi gratitud por su apoyo desinteresado y por las valiosas horas compartidas en estudio, colaboración y motivación mutua. Su amistad ha sido un elemento clave para superar los desafíos que se presentaron a lo largo de esta travesía.

Finalmente, quiero agradecer a los profesores y al cuerpo académico de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, quienes no solo han transmitido conocimientos con profesionalismo, sino que también han demostrado una cercanía humana que ha facilitado un ambiente propicio para el aprendizaje. Su disposición para compartir experiencias y brindar apoyo ha dejado una huella significativa en mi formación.

Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto de todas las personas mencionadas y de quienes, de alguna manera, han acompañado mi camino académico. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

## **ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>CERTIFICACIÓN TUTOR .....</b>	<b>II</b>
<b>PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....</b>	<b>III</b>
<b>ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>AUTORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>5</b>
<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>5</b>
1.1 Bases teóricas.....	5
1.1.1 Consideraciones Sobre Inteligencia Artificial .....	5
1.1.2 Definición científica de las emociones .....	8
1.1.3 Adultos mayores y expresión emocional.....	9
1.1.4 Fundamentos de reconocimiento facial .....	9
1.1.5 Redes Neuronales Convolucionales .....	13
1.6.1 .....	23
1.1.6 Arquitectura del Desarrollo Web .....	24
1.1.7 Seguridad Web .....	28
1.1.8 Metodologías de Desarrollo .....	29
1.2. Antecedentes .....	31
1.2.1 Técnicas Avanzadas de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) en FER .....	31
1.2.2 Aplicaciones específicas para adultos mayores.....	32
1.2.3 Integración de CNN en Plataformas Web.....	33
1.2.4 Desafíos Actuales y Soluciones Emergentes.....	33
1.2.5 Brecha entre investigación e implementación .....	34

<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>35</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
2.1 Generalidades de la investigación .....	35
2.1.1 Técnicas para la recolección de datos .....	36
2.2 Metodología para el desarrollo .....	37
2.2.1. Fase I - Desarrollo de la plataforma web .....	39
2.2.2 Fase II – Desarrollo del modelo de reconocimiento facial .....	55
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>70</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>70</b>
3.1 Resultados de la evaluación del modelo .....	70
3.2 Resultados de la Plataforma web .....	73
3.2.1 Interfaz del Usuario Final .....	73
3.2.2 Funcionalidades del Administrador .....	80
3.2.3 Resultados de pruebas funcionales .....	82
3.3 Validación de la plataforma web con usuario real .....	84
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Modelos de redes neuronales convolucionales más utilizados en 2025 y sus características principales</i> .....	14
<b>Tabla 2</b> <i>Tipos de Bases de Datos</i> .....	25
<b>Tabla 3</b> <i>Ficha de observación</i> .....	36
<b>Tabla 4</b> <i>Requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma propuesta</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Historia de usuario para la plataforma web</i> .....	41
<b>Tabla 6</b> <i>Tareas derivadas de las historias de usuario, organizadas por prioridad</i> .....	44
<b>Tabla 7</b> <i>Planificación de tareas distribuidas por Sprint</i> .....	48
<b>Tabla 8</b> <i>Casos de prueba: Autenticación de usuario</i> .....	53
<b>Tabla 9</b> <i>Casos de prueba: Registro de usuario</i> .....	53
<b>Tabla 10</b> <i>Casos de prueba: Detección de emociones</i> .....	54
<b>Tabla 11</b> <i>Casos de prueba: Visualización de resultados</i> .....	54
<b>Tabla 12</b> <i>Distribución de cantidades de imágenes en RAF-DB</i> .....	56
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados generales del modelo Mini-Xception en el conjunto de prueba</i> .....	71
<b>Tabla 14</b> <i>Desempeño del modelo Mini-Xception por clase de emoción</i> .....	72
<b>Tabla 15</b> <i>Tiempo promedio de procesamiento por imagen</i> .....	73
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados detallados: Autenticación de usuario</i> .....	83
<b>Tabla 17</b> <i>Resultados detallados: Registro de usuario</i> .....	82
<b>Tabla 18</b> <i>Resultados detallados: Detección de emociones</i> .....	83
<b>Tabla 19</b> <i>Resultados detallados: Visualización de resultados</i> .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Diagrama que ilustra cómo el algoritmo HOG transforma una imagen a escala de grises y analiza los gradientes para identificar los contornos clave del rostro.....	10
<b>Figura 2</b> Representación visual de los 68 puntos de referencia faciales en un rostro, utilizados para alinear y escalar la imagen para una comparación precisa .....	11
<b>Figura 3</b> Detección de características como bordes, contornos o texturas .....	16
<b>Figura 4</b> Método Max pooling .....	16
<b>Figura 5</b> Función Flattening, colocación de las características en un vector .....	17
<b>Figura 6</b> Capas completamente conectadas .....	18
<b>Figura 7</b> Funcionamiento de la función Softmax para clasificación multiclase .....	18
<b>Figura 8</b> Diagrama de actividades de la interacción con la plataforma .....	49
<b>Figura 9</b> Diagrama de la Arquitectura en capas de la plataforma web.....	50
<b>Figura 10</b> Modelo entidad-relación de la base de datos.....	51
<b>Figura 11</b> Código que implementa las transformaciones de preprocesamiento aplicadas al conjunto de entrenamiento, incluyendo aumento de datos .....	57
<b>Figura 12</b> Fragmento del código para la normalización del conjunto de validación, sin aplicar aumento de datos .....	58
<b>Figura 13</b> Código para la generación de imágenes desde directorios, indicando parámetros de tamaño, color, y codificación .....	59
<b>Figura 14</b> Arquitectura de la red neuronal Mini-Xception .....	60
<b>Figura 15</b> Código fuente de la función MiniXception() implementada en Keras .....	63
<b>Figura 16</b> Estructura del bloque residual utilizado en el modelo Mini-Xception .....	64
<b>Figura 17</b> Fragmento del código para la compilación del modelo, donde se configuran optimizador, función de pérdida y métricas Detalles:.....	65
<b>Figura 18</b> Fragmento del código que muestra el proceso de entrenamiento, con configuración de épocas, validación y generadores.....	66
<b>Figura 19</b> Configuración del callback ModelCheckpoint para guardar el mejor modelo durante el entrenamiento.....	67
<b>Figura 20</b> Configuración del callback EarlyStopping para prevenir sobre entrenamiento .....	68
<b>Figura 21</b> Configuración del callback ReduceLROnPlateau para ajustar la tasa de aprendizaje .....	68
<b>Figura 22</b> Matriz de confusión del modelo Mini-Xception en el conjunto de prueba .....	71
<b>Figura 23</b> Pantalla de login de la plataforma para el usuario final .....	73
<b>Figura 24</b> Verificación facial tras el login.....	74
<b>Figura 25</b> Formulario de registro para adultos mayores .....	75
<b>Figura 26</b> Vista de la plataforma del usuario final luego del ingreso exitoso .....	75
<b>Figura 27</b> Interfaz de selección de videos disponibles.....	76
<b>Figura 28</b> Vista del reproductor de video con análisis de emociones y lista lateral ordenada según emociones predominantes detectadas .....	76
<b>Figura 29</b> Análisis emocional en tiempo real .....	77
<b>Figura 30</b> Resultado del análisis emocional una vez finalizado el video .....	78
<b>Figura 31</b> Vista del historial de visualización .....	78
<b>Figura 32</b> Vista del historial del historial emocional por video .....	79
<b>Figura 33</b> Botón de "Cerrar sesión" en la parte superior derecha de la interfaz .....	79
<b>Figura 34</b> Dashboard principal del administrador con estadísticas globales .....	80
<b>Figura 35</b> Vista de administración de usuarios .....	81

<b>Figura 36</b> <i>Gráfica personalizada por usuario (emociones vs. fechas)</i> .....	81
<b>Figura 37</b> <i>Adulto mayor interactuando con la plataforma durante la prueba piloto</i> .....	84

## RESUMEN

La presente investigación propone el desarrollo de una plataforma web que permite detectar emociones en adultos mayores mediante el uso de una red neuronal convolucional (CNN), específicamente el modelo Mini-Xception. El proyecto nace como respuesta a la problemática emocional y social que enfrentan los adultos mayores de la comunidad de Chirihuasi, Ibarra – Ecuador, quienes presentan altos niveles de aislamiento y vulnerabilidad. La plataforma integra tecnologías de visión por computadora y desarrollo web, con el fin de identificar expresiones faciales en tiempo real mientras los usuarios observan contenidos audiovisuales personalizados. Para el desarrollo del sistema, se implementó una arquitectura en capas, organizada de forma modular dentro de una única plataforma. La capa de presentación fue desarrollada con Vue 3 para el frontend, mientras que la lógica de negocio y los endpoints RESTful fueron gestionados mediante FastAPI en el backend. Para el almacenamiento de datos se utilizó una base de datos MySQL. Además, el backend integra una red neuronal convolucional responsable de la detección de emociones. Todo el sistema se ejecuta en un único entorno local, lo que refuerza su carácter modular y estructurado bajo una arquitectura en capas. Se adoptó la metodología ágil Scrum para organizar el desarrollo en sprints, priorizando la usabilidad, eficiencia y precisión del sistema. La validación del modelo evidenció un desempeño del 82 % de precisión en la clasificación de siete emociones básicas. Este trabajo constituye un aporte significativo en el campo de la inteligencia artificial aplicada al cuidado geriátrico, facilitando la supervisión emocional y permitiendo intervenciones oportunas por parte de profesionales de la salud.

**Palabras claves:** red neuronal convolucional, visión por computadora, detección de emociones, adultos mayores, plataforma web, Mini-Xception, FastAPI.

## ABSTRACT

This research proposes the development of a web platform that allows detecting emotions in older adults through the use of a convolutional neural network (CNN), specifically the Mini-Xception model. The project was born as a response to the emotional and social problems faced by older adults in the Chirihuasi community, Ibarra, Ecuador, who present high levels of isolation and vulnerability. The platform integrates computer vision and web development technologies, with the aim of identifying facial expressions in real time while users watch personalized audiovisual content. For the development of the system, a layered architecture was implemented, organized in a modular way within a single platform. The presentation layer was developed with Vue 3 for the frontend, while the business logic and RESTful endpoints were managed through FastAPI in the backend. A MySQL database was used for data storage. In addition, the backend integrates a convolutional neural network responsible for emotion detection. The entire system runs in a single local environment, which reinforces its modular nature and structured under a layered architecture. The agile Scrum methodology was adopted to organize development into sprints, prioritizing system usability, efficiency, and accuracy. Model validation demonstrated 82% accuracy in classifying seven basic emotions. This work constitutes a significant contribution to the field of artificial intelligence applied to geriatric care, facilitating emotional monitoring and enabling timely interventions by healthcare professionals.

**Keywords:** convolutional neural network, computer vision, emotion detection, seniors, web platform, Mini-Xception, FastAPI.

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha transformado diversos campos, siendo ampliamente utilizada en sistemas informáticos y automatización de procesos. Un ejemplo de ello es ChatGPT, que emplea IA para procesar texto, aprender de manera automática y generar respuestas en función de su análisis. Además, existen sistemas de inteligencia artificial basados en visión computacional que identifican patrones mediante el entrenamiento con grandes volúmenes de datos. Estas tecnologías utilizan redes neuronales para su aprendizaje, imitando el funcionamiento del cerebro humano y optimizando la toma de decisiones.

Uno de los sectores en los que la IA ha demostrado un gran potencial es el de la salud, revolucionando la manera en que se realizan diagnósticos, se monitorean enfermedades y se mejora el bienestar de los pacientes. Actualmente, por ejemplo, se utilizan asistentes robóticos en cirugía que permiten a los profesionales realizar operaciones a distancia, actuando como una extensión de sus habilidades (Chung et al., 2025).

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son un componente clave de la inteligencia artificial (IA), perteneciente al ámbito del aprendizaje profundo (deep learning). Su diseño especializado las hace particularmente eficaces para interpretar patrones en datos visuales, como imágenes o vídeos. En el campo de la salud, por ejemplo, las CNN han demostrado ser altamente eficaces en el análisis de señales visuales, como expresiones faciales o movimientos corporales, permitiendo la detección automatizada de estados emocionales o condiciones clínicas en pacientes. Investigaciones han demostrado que esta tecnología puede detectar signos relacionados con trastornos neurológicos, depresión, dolor físico e incluso condiciones como el autismo o enfermedades oculares, gracias al uso de redes neuronales convolucionales entrenadas para reconocer patrones

sutiles en el rostro (Shintaro et al., 2022). Esta capacidad de la IA no solo agiliza diagnósticos, sino que también facilita intervenciones más oportunas y personalizadas por parte de los profesionales, mejorando significativamente la calidad de vida de los pacientes.

La IA en el cuidado de adultos mayores ha cobrado relevancia en los últimos años, ya que este grupo poblacional enfrenta diversos desafíos relacionados con el bienestar emocional y social. El monitoreo continuo de las emociones puede marcar una diferencia significativa en la calidad del servicio y en la detección temprana de problemas emocionales o cognitivos. Debido a esto, surge la necesidad de implementar la IA en el ámbito del cuidado de adultos mayores.

En la comunidad de Chirihuasi, ubicada en la parroquia La Esperanza, Ibarra – Ecuador, existe una gran población de adultos mayores en situación de vulnerabilidad, quienes, en muchas ocasiones, se aíslan y carecen de un círculo social en el cual puedan interactuar. Además, con frecuencia no cuentan con alguien que supervise su bienestar, analice su estado emocional y les brinde el cuidado necesario.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo se enmarca dentro de un estudio desarrollado por el grupo de investigación de Sistemas Inteligentes (GISI) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra (PUCE-I), organismo que promueve el desarrollo de proyectos innovadores orientados a la solución de necesidades sociales. Como propuesta, se planteó la integración de una plataforma web basada en inteligencia artificial, la cual no solo facilita la identificación temprana de cambios emocionales, sino que también optimiza el trabajo del personal de salud, permitiendo intervenciones más precisas y efectivas. Este avance tecnológico representa un paso significativo hacia una atención más humanizada, proactiva e innovadora en el sector de la salud. Para cumplir con este proyecto se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Desarrollar una plataforma web para la detección de emociones en adultos mayores mediante una red neuronal convolucional.

Objetivos específicos:

1. Analizar los requisitos técnicos y funcionales necesarios para desarrollar una plataforma web que permita la detección de emociones en adultos mayores.
2. Construir un modelo de clasificación aplicando algoritmos de aprendizaje automático con la finalidad de reconocer las emociones a partir de imágenes faciales capturadas por la cámara.
3. Diseñar una plataforma web que integre el modelo de clasificación de emociones y permita analizar el estado emocional de los adultos mayores mientras observan videos seleccionados.
4. Validar el desempeño de la plataforma mediante pruebas en un entorno controlado, evaluando la efectividad del análisis emocional y la experiencia del usuario.

El presente trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos.

En el capítulo uno, se presentan las bases teóricas que sustentan la investigación, incluyendo el estado del arte y marco teórico.

El capítulo dos aborda el diseño de la plataforma web, describiendo las herramientas tecnológicas utilizadas y la implementación del sistema. Se detalla la metodología empleada para la gestión del desarrollo de software, así como los requerimientos funcionales y no funcionales de la plataforma.

En el capítulo tres, se exponen los resultados obtenidos tras la implementación del sistema. Se analizan las pruebas realizadas, la efectividad del modelo de detección emocional y la experiencia del usuario. Finalmente, se presentan las conclusiones y

recomendaciones derivadas del estudio, junto con los anexos correspondientes que complementan la investigación.

# CAPÍTULO I

## ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos y avances tecnológicos que sustentan el desarrollo de la presente investigación. Se revisan conceptos clave como el reconocimiento de emociones, visión por computadora, redes neuronales convolucionales y plataformas web, así como estudios y sistemas previos relacionados con la detección de emociones en adultos mayores. Este análisis permite contextualizar el estado actual del conocimiento en el área y establecer los aportes y diferencias del presente trabajo frente a investigaciones anteriores.

### **1.1 Bases teóricas**

#### ***1.1.1 Consideraciones Sobre Inteligencia Artificial***

La Inteligencia Artificial (IA) abarca una amplia gama de tecnologías diseñadas para simular la inteligencia humana en las máquinas. Estas tecnologías permiten a las máquinas realizar tareas que normalmente requieren cognición humana, como la toma de decisiones, la comprensión del lenguaje y el reconocimiento visual (AWS, s.f.; Telefónica Tech, s.f.).

Existen diversas categorías o sub campos en los que se puede dividir el estudio y la aplicación de la inteligencia artificial. Estas ramas abarcan diferentes áreas y enfoques, como, por ejemplo:

- **Aprendizaje Automático (Machine Learning):** Se centra en la creación de algoritmos que permiten a las máquinas aprender de los datos. Entre ellos se tiene el aprendizaje supervisado, no supervisado, y por refuerzo.

- Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP): Se ocupa de la interacción entre computadoras y el lenguaje humano, incluyendo la interpretación y generación de texto.
- Visión por Computadora: Se centra en cómo las computadoras pueden ser entrenadas para interpretar y comprender el contenido de imágenes y videos.
- Robótica: Involucra la creación y diseño de robots capaces de realizar tareas físicas en el mundo real.
- Sistemas Expertos: Se refiere a sistemas que toman decisiones en áreas especializadas al imitar el proceso de razonamiento humano.
- IA Generativa: Se refiere a técnicas que generan contenido nuevo, como texto, imágenes o música, a partir de datos de entrada.

### **Técnicas de la Inteligencia Artificial**

Las técnicas de inteligencia artificial, por otro lado, son los métodos específicos utilizados dentro de las ramas de la IA para resolver problemas o realizar tareas. Estas técnicas pueden variar ampliamente según el enfoque y la rama (Revista ASRI, 2023).

Algunas técnicas incluyen:

- Redes Neuronales: Modelos matemáticos inspirados en el cerebro humano que se utilizan para tareas de clasificación, regresión y mucho más.
- Árboles de Decisión: Métodos de modelado que utilizan una estructura de árbol para tomar decisiones basadas en condiciones.
- Máquinas de Soporte Vectorial (SVM): Una técnica de clasificación que busca determinar el mejor margen de separación entre diferentes clases de datos.

- Algoritmos Genéticos: Técnicas de optimización inspiradas en la evolución natural que utilizan mecanismos de selección, cruce y mutación.
- Clustering (Agrupamiento): Técnicas que agrupan datos similares sin etiquetas de clase, como K-means o agrupamiento jerárquico.
- Regresión: Métodos estadísticos para modelar y analizar la relación entre variables.

## **Redes neuronales**

Las redes neuronales son modelos matemáticos inspirados en el cerebro humano, diseñados para reconocer patrones y aprender de los datos a través de un proceso llamado aprendizaje supervisado, aunque también pueden aplicarse en contextos no supervisados y por refuerzo (AWS, 2022).

### **Estructura de una red neuronal**

Neuronas: La unidad básica de una red neuronal es la neurona, que recibe entradas (features), aplica una función de activación y produce una salida.

Además, se conforma de las siguientes capas:

Capa de entrada: Recibe las características del conjunto de datos.

Capas ocultas: Realizan transformaciones de las entradas a través de pesos y sesgos. Pueden ser múltiples y su número influye en la capacidad de la red.

Capa de salida: Produce la salida final, que puede ser una probabilidad en problemas de clasificación o un valor continuo en la regresión.

### **Tipos de Redes Neuronales**

Redes Neuronales Artificiales (ANN): La forma más básica, adecuada para una amplia gama de problemas.

Redes Neuronales Convolucionales (CNN): Especialmente diseñadas para tareas de procesamiento de imágenes, aprovechan la correlación espacial.

Redes Neuronales Recurrentes (RNN): Adecuadas para datos secuenciales (ej., series temporales, texto), ya que tienen conexiones que permiten mantener el estado a lo largo del tiempo.

Redes Generativas Antagónicas (GAN): Componen dos redes (generador y discriminador) que compiten entre sí, útiles para generar nuevos datos a partir de un conjunto existente.

### ***1.1.2 Definición científica de las emociones***

Las emociones son reacciones físicas y mentales que permiten a los seres humanos adaptarse a situaciones importantes, ya sea al experimentar o al percibir un estímulo.

Paul Ekman, un psicólogo estadounidense, clasifica seis emociones básicas, las cuales son: felicidad, tristeza, enojo, miedo, sorpresa y asco (Pedersen, 2023). Estas emociones no solo se experimentan internamente, sino que también se manifiestan externamente a través de expresiones faciales y, en algunos casos, mediante expresiones corporales; por ejemplo, la sorpresa puede reflejarse en ojos abiertos, boca entreabierta y cejas elevadas. En este contexto, según Huang et al. (2023), las expresiones faciales contienen información no verbal crítica que aporta pistas y significados adicionales a la comunicación verbal. Algunos estudios sugieren que entre el 60 % y el 80 % de la comunicación es no verbal, e incluye expresiones faciales, contacto visual, tonos de voz, gestos de las manos y la distancia física

Muchas veces se tiende a confundir las emociones con los sentimientos. Sin embargo, las emociones son reacciones breves e intensas que duran solo segundos o minutos y se producen de manera automática e inconsciente ante estímulos internos o externos, generando respuestas psicofisiológicas inmediatas (Unicarl Rogers, 2024). Además, las emociones no solo constituyen experiencias psicológicas, sino que también involucran procesos cerebrales y biológicos muy concretos. Diversas áreas del cerebro, neurotransmisores y sistemas hormonales participan activamente en la generación y regulación de las emociones humanas.

### ***1.1.3 Adultos mayores y expresión emocional***

El envejecimiento no solo afecta la apariencia estética, sino también la capacidad de los individuos para comunicar emociones de manera eficaz y además la aparición de otras enfermedades tales como: como la demencia, la enfermedad de Alzheimer y otras enfermedades relacionadas con la edad. De acuerdo con Napoleone y Laborde López (2022), los cambios en el esqueleto facial, los músculos y los tejidos de soporte disminuyen la flexibilidad y la amplitud de los movimientos faciales. Esto se traduce en una reducción de la expresión emocional, lo que puede influir en la percepción de las emociones en los adultos mayores.

### ***1.1.4 Fundamentos de reconocimiento facial***

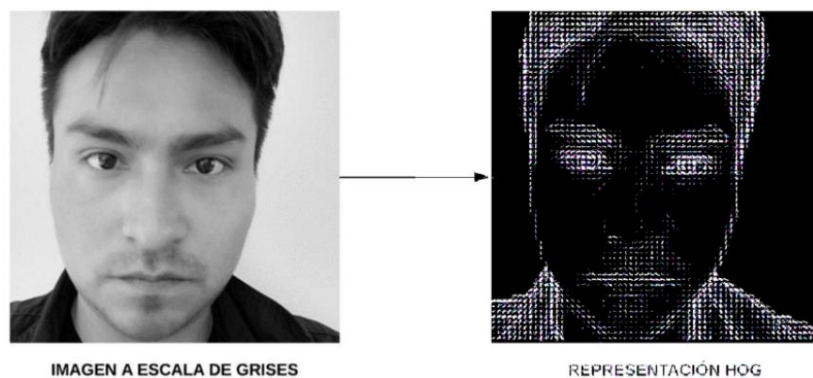
El reconocimiento facial es una tecnología de biometría que identifica o verifica la identidad de un ser vivo mediante el análisis de características faciales extraídas de imágenes o videos. Esta tecnología se utiliza en diversas áreas como la seguridad aeroportuaria, desbloqueo de dispositivos y vigilancia policial. Según Glover (2024), hoy en día resulta casi imposible evitar ser captado por sistemas de reconocimiento facial, especialmente para quienes viven en zonas urbanas, donde simplemente salir a la calle ya implica ser detectado.

Funciona midiendo rasgos faciales únicos, como la forma de la nariz, la línea de la mandíbula o la distancia entre los ojos. Para lograr esto, es fundamental utilizar puntos de referencia faciales, también conocidos como *landmarks*, que son ubicaciones clave en el rostro que permiten mapear y comparar las características faciales de manera precisa. Estos puntos de referencia se colocan en lugares específicos como los ojos, la nariz y la boca, y son esenciales para la alineación y normalización de las imágenes faciales, lo que facilita la tarea de reconocer patrones únicos de cada rostro.

El proceso de reconocimiento facial comienza con la localización de las caras en una imagen mediante el algoritmo HOG (Histograma de Gradientes Orientados), que transforma la imagen a escala de grises y analiza las direcciones de los píxeles oscuros para identificar patrones de luz y sombra correspondientes al rostro. Esto ayuda a que el sistema sea resistente a las variaciones de iluminación (Ver Figura 1).

### Figura 1

*Diagrama que ilustra cómo el algoritmo HOG transforma una imagen a escala de grises y analiza los gradientes para identificar los contornos clave del rostro*



**Nota:** Tomado de Arellano, L. (2021).

Una vez detectada la cara, el siguiente paso es alinear el rostro usando puntos de referencia faciales (*landmarks*). Estos puntos clave, como los ojos, la nariz, la boca y la

mandíbula, permiten alinear y escalar el rostro para una comparación precisa, incluso si está en diferentes posiciones o ángulos (Ver Figura 2).

## Figura 2

*Representación visual de los 68 puntos de referencia faciales en un rostro, utilizados para alinear y escalar la imagen para una comparación precisa*



**Nota:** Tomado de Gallo, A. (2022.)

En esta línea, se han desarrollado múltiples arquitecturas basadas en CNN, cada una optimizada para distintos objetivos como precisión, eficiencia o rendimiento en tiempo real. Entre los modelos más destacados se encuentra DeepFace, desarrollado por Facebook, pionero en la utilización de deep learning para identificar rostros con precisión similar a la humana. FaceNet, propuesto por Google, genera vectores de 128 dimensiones únicos por rostro, utilizando una técnica de entrenamiento llamada Triplet Loss, que permite distinguir rostros incluso con variaciones leves. Por su parte, ArcFace mejora la discriminación entre identidades faciales muy similares mediante una función de pérdida angular. Finalmente, Mini-Xception es una versión reducida y optimizada del modelo

Xception, ideal para tareas de reconocimiento facial ligero, como la detección de emociones en tiempo real.

Estos modelos requieren grandes volúmenes de datos para su entrenamiento y evaluación, por lo que el uso de bases de datos especializadas es esencial en el desarrollo de sistemas de reconocimiento facial. Por ejemplo, VGGFace2, con más de 3 millones de imágenes etiquetadas de 9.131 identidades, es ampliamente utilizada para entrenar modelos como ArcFace y FaceNet por su robustez ante variaciones de edad, pose e iluminación (Cao et al., 2018). Otro conjunto muy utilizado es CelebA, que proporciona más de 200.000 imágenes con 40 atributos faciales anotados, lo que facilita tareas de clasificación y detección de rasgos (Liu et al., 2022). En el caso particular de Mini-Xception, al estar orientado al reconocimiento de emociones, se utiliza comúnmente con un subconjunto de la base de datos RAF-DB, que contiene cerca de 15,000 imágenes faciales anotadas en siete expresiones básicas, con diversidad en edad, género, etnia y condiciones de captura, lo que la hace especialmente adecuada para evaluar modelos ligeros en contextos reales de expresión facial (ExpLLM, 2025).

Diversos estudios han demostrado que la efectividad de los modelos de reconocimiento de expresiones faciales basados en aprendizaje profundo depende en gran medida de la calidad, diversidad y balance de los conjuntos de datos utilizados. En este contexto, RAF-DB ha sido objeto de análisis comparativos junto a bases como FER2013, AffectNet, CK+ y JAFFE, evaluando su dificultad, capacidad de generalización y similitud mediante métricas avanzadas. La evidencia reciente indica que bases de datos a gran escala y con alta diversidad, como RAF-DB, ofrecen una mayor capacidad de generalización para el entrenamiento de redes neuronales profundas y representan mejores las condiciones reales de uso, aunque presentan retos como el balance de clases y la variabilidad en las condiciones de captura (Tutuianu et al., 2023).

### ***1.1.5 Redes Neuronales Convolucionales***

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son un conjunto de algoritmos de aprendizaje profundo que sirve para detectar patrones y características en imágenes, audio o texto. Han demostrado un desempeño sobresaliente en tareas de reconocimiento de imágenes debido a su capacidad para extraer automáticamente características relevantes a distintos niveles de abstracción (IBM, 2021).

En la actualidad, se dispone de múltiples arquitecturas CNN adaptadas a diferentes necesidades, desde precisión extrema hasta rendimiento en tiempo real. La Tabla 1 resume los modelos más utilizados en 2025 y destaca sus diferencias claves.

El desarrollo de redes neuronales convolucionales (CNN) puede abordarse mediante distintas metodologías, dependiendo del objetivo, los recursos disponibles y la complejidad del problema. Entre las metodologías más comunes se encuentran:

- **Diseño desde cero (scratch):** Consiste en construir una arquitectura personalizada desde el inicio. Este enfoque requiere definir manualmente el número de capas, tipos de convolución, funciones de activación, etc. Se utiliza principalmente en investigaciones o problemas muy específicos donde no existen modelos preentrenados adecuados.
- **Uso de modelos preentrenados (transfer learning):** Se basa en reutilizar modelos ya entrenados en grandes bases de datos (como ImageNet) y adaptarlos a una nueva tarea. Este enfoque es eficiente cuando se dispone de pocos datos o recursos computacionales limitados.
- **Adaptación de arquitecturas existentes:** Similar al aprendizaje por transferencia, esta metodología implica tomar una arquitectura ya publicada (por ejemplo, desde repositorios como GitHub) y modificarla para ajustarse a un nuevo

entorno, lenguaje de programación o tipo de datos. Puede incluir cambios en las capas de entrada/salida, funciones de activación o parámetros internos.

**Tabla 1**

*Modelos de redes neuronales convolucionales más utilizados en 2025 y sus características principales*

<b>Modelo</b>	<b>Características clave</b>	<b>Parámetros (millones)</b>	<b>Aplicaciones principales</b>	<b>Ventajas</b>
Mini Xception	Versión ligera de Xception con bloques de convoluciones separables en profundidad.	0.8 (depende de la implementación)	Reconocimiento de expresiones faciales (FER), edge computing.	Eficiente en recursos, ideal para dispositivos móviles y aplicaciones en tiempo real.
ResNet-152	Bloques residuales para entrenar redes profundas.	60	Diagnóstico médico, reconocimiento facial.	Evita el problema de gradientes vanishing.
EfficientNet-B7	Escalado compuesto (ancho, profundidad, resolución).	66	Clasificación de imágenes en dispositivos móviles.	Eficiencia computacional y alta precisión.
MobileNetV4	Convoluciones separables en profundidad.	5	Aplicaciones móviles, IoT, realidad aumentada.	Bajo consumo de recursos y latencia.
Vision Transformer Vit	Combina atención multi-cabeza con capas convolucionales.	86 (ViT-Large)	Análisis de video, generación de imágenes.	Captura dependencias globales en imágenes.

---

ConvNeXt- XL	Diseño en Transformers.	inspirado Swin	350	Segmentación semántica, vehículos autónomos.	Precisión superior en tareas complejas.
-----------------	-------------------------------	-------------------	-----	---	--

---

*Nota.* Elaboración propia basada en los datos de Merchan y Merchan (2025), OpenGenus (s.f.), Korkmaz et al. (2025), Dosovitskiy, A., et al. (2020), Liu, Z., et al. (2022) y Tan, M., & Le, Q. (2021).

### **Diseño y desarrollo de una red neuronal**

El diseño y desarrollo de una red neuronal convolucional implica una secuencia estructurada de etapas, iniciando desde la preparación del conjunto de datos hasta la validación del modelo entrenado.

Paso 1: Inicialmente, se define la entrada al modelo, que suele estar compuesta por imágenes digitalizadas representadas como matrices de valores numéricos que corresponden a la intensidad de los píxeles.

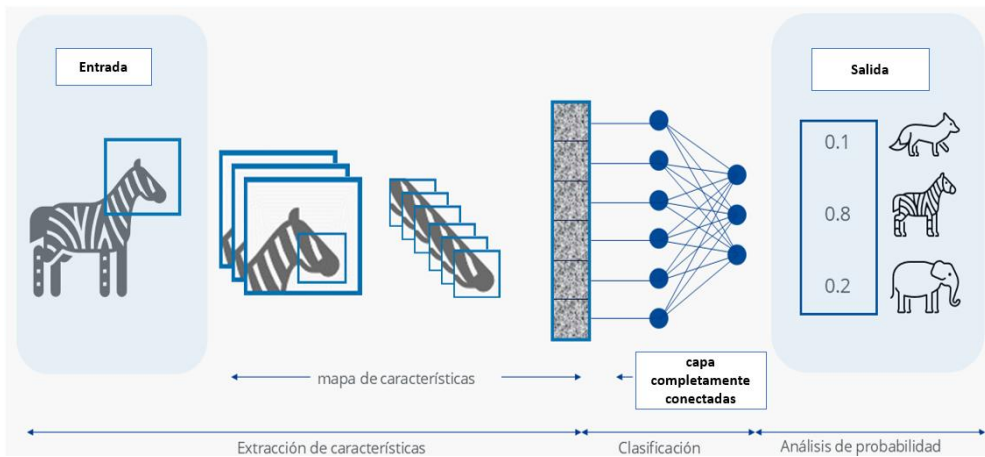
Paso 2: Posteriormente, las imágenes son procesadas por una o varias capas de convolución, en las cuales se aplican filtros o kernels que recorren la imagen para detectar características locales, tales como bordes, contornos o texturas (ver Figura 3). Estos filtros son matrices cuyos parámetros se aprenden durante el entrenamiento. El resultado de esta operación es un conjunto de mapas de características que preservan la información espacial relevante de la imagen (Kim, 2021).

Paso 3: A continuación, se aplican capas de agrupamiento o pooling, que tienen como objetivo reducir la dimensionalidad de los mapas de características, disminuyendo así la carga computacional y mejorando la capacidad de generalización del modelo. Uno de los métodos más utilizados es el MaxPooling, que selecciona el valor máximo en

regiones definidas de los mapas de características (Ver Figura 4), destacando las zonas más representativas de la imagen.

**Figura 3**

*Detección de características como bordes, contornos o texturas*



**Nota:** Imagen adaptada de Convolutional Neural Network: ¿qué es una red neuronal convolucional (CNN)? por IONOS, 2024.

**Figura 4**

*Método Max pooling*

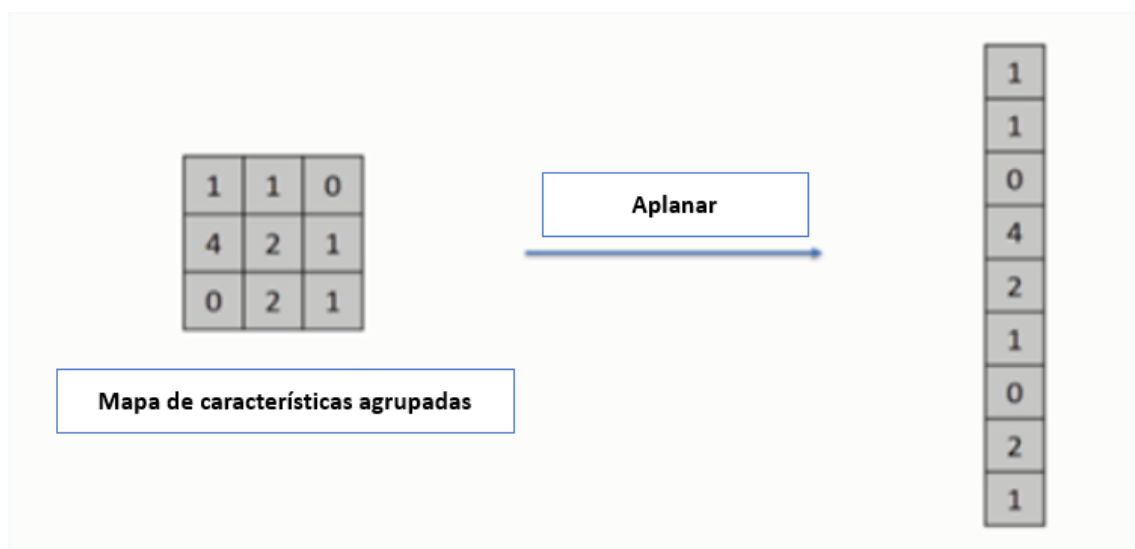


**Nota:** Adaptado de DhanushKumar (2023).

Paso 4: Luego, los mapas de características pasan por una etapa conocida como aplanamiento (*flattening*), en la cual las matrices bidimensionales generadas por las capas anteriores se transforman en un vector unidimensional (Ver Figura 5). Este vector constituye la entrada a las capas completamente conectadas (*fully connected layers*), similares a las de una red neuronal clásica, donde cada neurona se conecta con todas las neuronas de la capa anterior y la siguiente (Ver Figura 6). Esta interconexión permite la combinación de las características aprendidas para generar una representación más abstracta de los datos Gomila, J. G. (2020).

### Figura 5

*Función Flattening, colocación de las características en un vector*

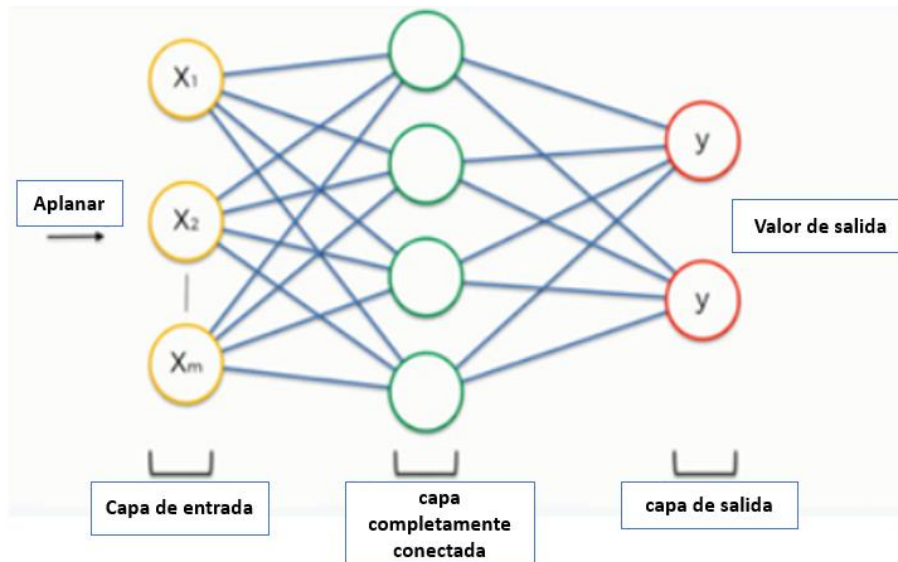


**Nota:** Adaptado de Gomila, J. G. (2020).

En la etapa final, se incluye una capa de salida que utiliza la función de activación Softmax, la cual convierte los valores obtenidos en probabilidades que representan la pertenencia del dato de entrada a una clase específica (Ver Figura 7). Esta función es especialmente útil en problemas de clasificación multiclase (Goodfellow et al., 2022).

**Figura 6**

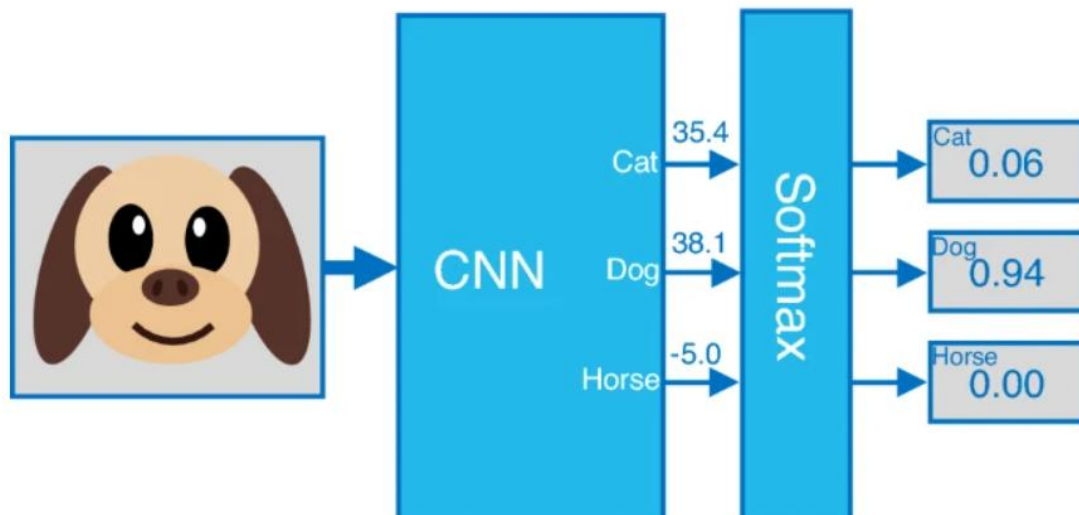
*Capas completamente conectadas*



**Nota:** Adaptado de Gomila, J. G. (2020).

**Figura 7**

*Funcionamiento de la función Softmax para clasificación multiclase*



**Nota:** Tomado de (Cardarilli et al., 2021).

El entrenamiento de una CNN se lleva a cabo mediante algoritmos de optimización como el descenso del gradiente estocástico (SGD) o el optimizador Adam, que ajustan los pesos de la red en función de una función de pérdida (por ejemplo, categorical cross-entropy) evaluada sobre un conjunto de datos etiquetado. Además, es común utilizar técnicas como la normalización por lotes (batch normalization), la regularización mediante dropout, y la aumentación de datos (data augmentation) para mejorar el rendimiento del modelo y prevenir el sobreajuste.

Durante el desarrollo práctico, el uso de frameworks de alto nivel como TensorFlow y Keras ha simplificado la implementación de redes neuronales convolucionales, permitiendo a los investigadores enfocarse en la arquitectura del modelo y en la experimentación con diferentes configuraciones. Del mismo modo, entornos colaborativos como Google Colab facilitan el acceso a recursos computacionales como GPUs y TPUs, acelerando significativamente los procesos de entrenamiento.

Cada una de estas metodologías puede ser utilizada de forma independiente o combinada, según el caso de uso.

## **Entrenamiento de una CNN**

El entrenamiento de una red neuronal convolucional (CNN) implica la optimización de ciertos parámetros y la selección de hiperparámetros que influyen directamente en el desempeño del modelo. Es importante entender la diferencia entre ambos, ya que cumplen funciones distintas en el proceso de aprendizaje:

### **Parámetros (se aprenden durante el entrenamiento)**

- **Pesos (Weights):** Son los valores que se asignan a las conexiones entre neuronas en las distintas capas. Cada peso determina la importancia de la señal que una

neurona transmite a otra y se ajusta automáticamente durante el entrenamiento para que el modelo aprenda a reconocer patrones (Patiño-Pérez et al., 2025) .

- **Sesgos (Biases):** Valores adicionales que se suman a la entrada ponderada antes de aplicar la función de activación. Permiten que la neurona se active incluso cuando la entrada es cero, ayudando a ajustar mejor la salida (CodificandoBits, s.f.).

### **Hiperparámetros (se definen antes del entrenamiento y afectan el proceso de aprendizaje)**

- **Tasa de aprendizaje (Learning Rate):** Controla el tamaño del paso que da el modelo para ajustar los pesos en cada iteración. Un valor demasiado alto puede causar que el modelo no converja, mientras que uno muy bajo hace que el entrenamiento sea lento (AWS, 2024; Viso.ai, 2024).
- **Número de épocas (Epochs):** Indica cuántas veces el modelo procesa todo el conjunto de datos. Más épocas pueden mejorar el aprendizaje, pero también pueden provocar sobreajuste (DataCamp, 2025).
- **Tamaño del batch (Batch Size):** Número de ejemplos que el modelo procesa antes de actualizar los pesos. Un batch grande acelera el entrenamiento, pero consume más memoria, mientras que uno pequeño puede mejorar la generalización (DataCamp, 2025; Carpentries Incubator, 2024).
- **Número de capas de convolución:** Define cuántas capas convolucionales tendrá la red para extraer características de diferentes niveles de abstracción (Patiño-Pérez et al., 2025).

- **Tamaño de los filtros (kernels):** Tamaño de las ventanas que recorren la imagen para detectar patrones. Comúnmente se usan 3x3 o 5x5 (Li et al., 2023).
- **Número de filtros:** Cuántos filtros se aplican en cada capa, afectando la cantidad y variedad de características aprendidas (Géron, 2024).
- **Batch Normalization:** Normaliza las salidas de las capas para mejorar la estabilidad y velocidad del entrenamiento.
- **Método de pooling:** Reduce la dimensión de las características extraídas, usando max-pooling o average-pooling para mantener la información más relevante (Géron, 2024).
- **Número de neuronas en capas fully connected (FC):** En redes que las incluyen, define la capacidad de representación final (Li et al., 2023).
- **Tamaño de la imagen de entrada:** Influye en la resolución y detalle de las características que la red puede aprender (Li et al., 2023).

## Evaluación de un modelo CNN

Para saber qué tan bien funciona el modelo, se usan varias métricas:

1. **Precisión general (*accuracy*):** Representa el porcentaje total de ejemplos correctamente clasificados sobre el total de muestras evaluadas. Esta métrica proporciona una visión global del desempeño del modelo. No obstante, en conjuntos de datos desbalanceados como RAF-DB, donde emociones como happy o neutral tienen más muestras que fear o disgust— puede resultar insuficiente para evaluar la calidad del modelo, ya que un alto valor de *accuracy* puede deberse al buen rendimiento en las clases mayoritarias, ocultando un bajo desempeño en las clases minoritarias.

2. **Precisión por clase (*precision*):** Mide la proporción de verdaderos positivos sobre el total de predicciones positivas realizadas para una clase específica. Es decir, indica qué tan precisas son las predicciones del modelo al afirmar que una imagen pertenece a una emoción determinada. Esta métrica es especialmente importante cuando se desea minimizar los falsos positivos, por ejemplo, evitar que el modelo clasifique incorrectamente una emoción neutra como enojo (*anger*).
3. **Sensibilidad o exhaustividad (*recall*):** También conocida como *recall*, esta métrica calcula la proporción de verdaderos positivos sobre el total de ejemplos reales de una clase. En otras palabras, muestra la capacidad del modelo para identificar correctamente todas las instancias de una emoción específica. Es útil para detectar si el modelo omite frecuentemente ciertas clases, lo cual puede afectar el objetivo de la aplicación, especialmente si se busca detectar emociones menos frecuentes pero significativas, como el miedo (*fear*) o el disgusto (*disgust*).
4. **Medida F1 (*F1-score*):** Es la media armónica entre la *precision* y el *recall*, y proporciona una medida equilibrada del rendimiento del modelo. Se considera una métrica más robusta en escenarios donde las clases están desbalanceadas, ya que penaliza tanto los falsos positivos como los falsos negativos. Un valor alto de *F1-score* indica que el modelo logra un buen equilibrio entre reconocer correctamente las emociones y no confundirlas con otras.
5. **Matriz de confusión:** Es una herramienta visual que permite observar detalladamente las predicciones correctas e incorrectas para cada clase. Cada fila de la matriz representa las instancias reales de una clase, mientras que cada columna representa las predicciones del modelo. Esta matriz facilita la identificación de patrones de error, por ejemplo, si emociones similares como *sad*

y *neutral* son comúnmente confundidas, lo cual podría indicar la necesidad de mejorar el preprocesamiento de imágenes o ajustar la arquitectura del modelo.

## **1.6. Fundamentos del Desarrollo Web.**

El desarrollo web puede compararse con un proceso de exploración en el que los desarrolladores utilizan herramientas esenciales de diseño y lenguajes de programación para dar vida a sus ideas digitales.

### **1.6.1. Tecnologías base del desarrollo web**

El desarrollo web se estructura en tres capas principales que interactúan para crear plataformas funcionales y escalables (ECCI, 2022):

#### **1. Frontend (cliente):**

- **HTML5:** Lenguaje de marcado para estructurar contenido (encabezados, párrafos, imágenes). Introduce elementos semánticos como <header>, <article> y <nav> para mejorar accesibilidad y SEO (ECCI, 2022).
- **CSS3:** Define estilos visuales (colores, diseños responsivos, animaciones) mediante reglas como Flexbox y Grid. Permite crear interfaces adaptables a dispositivos móviles (W3C, 2023).
- **JavaScript:** Lenguaje de programación para interactividad (validación de formularios, actualizaciones dinámicas). Soporta frameworks como React y Vue.js para aplicaciones complejas (MDN Web Docs, 2024).

#### **2. Backend (servidor):**

- **Lenguajes:** Python, PHP, Node.js. Ejecutan lógica de negocio y gestionan peticiones HTTP.

- **Servidores web:** Apache, Nginx. Reciben solicitudes y envían respuestas al cliente (ECCI, 2022).

### 3. Protocolos de comunicación:

- **HTTP/HTTPS:** 97% de las webs usan HTTPS en 2025 para cifrado TLS.
- **APIs REST:** Interfaz para conectar frontend y backend mediante endpoints (ej: /api/users).

#### *1.1.6 Arquitectura del Desarrollo Web*

La arquitectura web describe la estructura técnica y lógica de una aplicación, detallando cómo se organizan y comunican sus componentes para funcionar correctamente (MobiDev, 2024). En este proyecto, se implementó una arquitectura en capas, que consiste en separar la aplicación en capas funcionales independientes para facilitar el mantenimiento, la escalabilidad y la organización del código.

Las capas principales en este desarrollo son:

- Capa de presentación (frontend): desarrollada con Vue.js, se encarga de la interfaz de usuario, captura de datos y presentación de resultados.
- Capa de lógica de negocio (backend): implementada con FastAPI (Python), procesa las peticiones, ejecuta la red neuronal Mini-Xception para el análisis emocional y gestiona la comunicación con la base de datos.
- Capa de acceso a datos: maneja el almacenamiento y recuperación de información necesaria para la plataforma.

La comunicación entre frontend y backend se realiza mediante endpoints RESTful, que permiten el intercambio de información a través de solicitudes HTTP

(como POST para enviar imágenes) y respuestas con los resultados de la predicción. Por ejemplo, el frontend envía una imagen al endpoint /análisis del backend, que procesa la imagen, ejecuta la red neuronal y devuelve el resultado al usuario.

Aunque todo el proyecto se ejecuta localmente en una misma computadora, la separación en capas mantiene una arquitectura modular y escalable que facilita futuras mejoras y mantenimiento.

## Bases de Datos

Una base de datos es un sistema organizado para almacenar, gestionar y recuperar datos de manera eficiente. En el desarrollo web, las bases de datos son fundamentales para manejar contenido dinámico, desde información de usuarios hasta transacciones y configuraciones (PhoenixNAP, 2024).

La tabla 2 Resume los tipos de Base de datos con sus diferencias.

**Tabla 2**

*Tipos de Bases de Datos*

<b>Tipo</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Ventajas principales</b>	<b>Casos de uso típicos</b>
Relacionales	MySQL, PostgreSQL, Oracle	Cumplen con propiedades ACID que garantizan integridad y consistencia. Soportan consultas SQL complejas.	Sistemas bancarios, ERP, comercio electrónico.
No relacionales (NoSQL)	MongoDB, Redis, Cassandra	Escalabilidad horizontal, esquemas flexibles, alto rendimiento para volúmenes de datos.	Big Data, aplicaciones en tiempo real, redes sociales.
Orientadas documentos	MongoDB, CouchDB	Almacenan datos en documentos JSON/BSON, facilitando modelos flexibles.	CMS, comercio electrónico, aplicaciones móviles.

De grafos	Neo4j, Amazon Neptune	Modelan relaciones complejas entre datos mediante nodos y aristas.	Redes sociales, motores de recomendación.
En memoria	Redis, Memcached	Acceso ultra rápido a datos almacenados en RAM.	Caché, sesiones, aplicaciones con alta demanda de velocidad.
Columnares	Cassandra, HBase	Optimización de lectura/escritura para columnas específicas.	Big Data, análisis de datos.
Distribuidas	CockroachDB, Cassandra	Replicación y consistencia de datos en múltiples nodos geográficos.	Aplicaciones globales con alta disponibilidad.
Series temporales	InfluxDB, TimescaleDB	Especializadas en secuencias a lo largo del tiempo.	IoT, monitoreo de redes, análisis financiero.

Nota. Elaboración propia basada en los datos de PhoenixNAP (2024), Axarnet (2024), GoDaddy (2024), Hiberus (2023) y OWASP (2023).

## Bases de datos relacionales

Son las más usadas en la industria y organizan la información en tablas con filas y columnas relacionadas mediante claves primarias y foráneas (Hiberus, 2023). Utilizan SQL (Structured Query Language) para consultas y manipulación de datos.

- **Ejemplos populares:**
  - **MySQL:** Ampliamente usado en hosting web y sistemas como WordPress y PrestaShop.
  - **PostgreSQL:** Destacado por su soporte avanzado para datos complejos y extensibilidad.
- **Ventajas:**

- Garantizan integridad y consistencia (ACID).
- Soportan transacciones complejas.
- Amplio soporte comunitario y herramientas.

## **Bases de datos NoSQL**

Diseñadas para manejar grandes volúmenes de datos no estructurados o semi-estructurados con esquemas flexibles (Axarnet, 2024). No usan SQL tradicional y se dividen en varias categorías:

- **Documentales:** MongoDB almacena datos en documentos JSON/BSON.
- **Clave-valor:** Redis almacena pares clave-valor para acceso rápido.
- **Grafos:** Neo4j para relaciones complejas.
- **Columnares:** Cassandra para análisis masivos.
- **Ventajas:**
  - Escalabilidad horizontal sencilla.
  - Flexibilidad para cambios rápidos en el esquema.
  - Alto rendimiento para aplicaciones en tiempo real.

## **Comunicación backend - base de datos**

### **ORMs (Object-Relational Mappers)**

Herramientas que permiten manipular bases de datos usando código orientado a objetos, traduciendo automáticamente a consultas SQL. Mejoran la seguridad al prevenir inyecciones SQL y facilitan el desarrollo.

- Ejemplos:
  - **SQLAlchemy** para Python.
  - **TypeORM** para TypeScript/Node.js.

### **Casos de uso según tipo de base de datos**

- **Relacionales:** Aplicaciones financieras, sistemas ERP, comercio electrónico con transacciones complejas.
- **NoSQL:** Plataformas sociales, sistemas de mensajería, análisis de grandes volúmenes de datos, IoT.
- **En memoria:** Caché para acelerar consultas frecuentes, gestión de sesiones web.
- **Grafos:** Recomendadores personalizados, análisis de redes sociales.

### ***1.1.7 Seguridad Web***

#### **Amenazas críticas**

##### **1. Inyección SQL:**

La inyección SQL es una vulnerabilidad que permite a un atacante insertar o manipular código SQL malicioso en campos de entrada de una aplicación web para alterar las consultas que se ejecutan en la base de datos. Esto puede resultar en acceso no autorizado, modificación o eliminación de datos, e incluso control total sobre la base de datos (Kaspersky, 2025; Cloudflare, 2024).

- **Ejemplo:** ' OR 1=1; -- en formulario de login.
- **Prevención:** Consultas parametrizadas y ORMs (OWASP, 2023).

## 2. **XSS (Cross-Site Scripting):**

El Cross-Site Scripting (XSS) es una vulnerabilidad que permite a un atacante inyectar scripts maliciosos en páginas web vistas por otros usuarios. Esto puede usarse para robar cookies, secuestrar sesiones o redirigir a sitios maliciosos (Tuatara, 2024).

- **Tipos:** Almacenado (ej: comentarios maliciosos) y reflejado (URLs manipuladas).
- **Mitigación:** Sanitizar inputs con DOMPurify (Tuatara, 2024).

## 3. **CSRF (Cross-Site Request Forgery):**

El CSRF es un ataque que induce a un usuario autenticado a ejecutar acciones no deseadas en una aplicación web, como transferencias o cambios de configuración, sin su consentimiento (Mozilla MDN, 2024).

- **Ejemplo:** Transferencia bancaria no autorizada mediante iframe oculto.
- **Defensa:** Tokens CSRF únicos por sesión (Mozilla MDN, 2024).

### **Buenas prácticas**

- **Validación de entradas:** Usar expresiones regulares para emails y contraseñas.
- **Almacenamiento seguro:** Hashing de contraseñas.
- **Procedimientos almacenados (Stored Procedures):** Funciones precompiladas en la base de datos que reciben parámetros y ejecutan consultas seguras, minimizando riesgos (LACNIC, 2025).

#### ***1.1.8 Metodologías de Desarrollo***

Las metodologías de desarrollo de software son enfoques estructurados que guían la planificación, ejecución y gestión de proyectos para asegurar que se cumplan los objetivos de calidad, tiempo y costo. Dos de los enfoques más difundidos son las metodologías tradicionales, como el modelo en cascada (waterfall), y las metodologías ágiles, siendo Scrum una de las más populares dentro de estas últimas.

El modelo tradicional, o cascada, se caracteriza por un proceso lineal y secuencial donde las fases de análisis, diseño, implementación, pruebas y mantenimiento se realizan una tras otra sin solapamientos. En este enfoque, los requisitos se definen completamente al inicio del proyecto y se mantienen fijos durante todo el ciclo de vida. Esto implica que cualquier cambio posterior puede ser costoso y difícil de implementar. Además, la documentación es extensa y detallada, y la gestión está centralizada en el gerente de proyecto, quien planifica y supervisa todas las actividades.

Por otro lado, las metodologías ágiles, como Scrum, adoptan un enfoque iterativo e incremental. El trabajo se divide en ciclos cortos llamados sprints, que generalmente duran entre dos y cuatro semanas. En cada sprint se entrega un incremento funcional del producto, lo que permite recibir retroalimentación continua del cliente y adaptar los requisitos conforme avanza el proyecto. La documentación es mínima y enfocada en lo esencial para mantener la flexibilidad y rapidez. La gestión es colaborativa, involucrando roles específicos como el Product Owner, responsable de priorizar el trabajo, y el Scrum Master, que facilita el proceso y elimina impedimentos (Armadillo Amarillo, 2022).

En Scrum, los elementos clave incluyen:

- **Roles:**
  - Product Owner: Define y prioriza las funcionalidades basándose en el valor para el cliente.

- Scrum Master: Facilita las reuniones, ayuda a resolver obstáculos y asegura que se sigan las prácticas ágiles.
- Equipo de desarrollo: Grupo multidisciplinario que implementa las funcionalidades.
- **Artefactos:**
  - Product Backlog: Lista priorizada de requisitos y funcionalidades.
  - Sprint Backlog: Tareas seleccionadas para el sprint actual.
  - Incremento: Producto funcional entregado al final de cada sprint.
- **Eventos:**
  - Sprint Planning: Planificación del trabajo a realizar en el sprint.
  - Daily Scrum: Reuniones diarias cortas para sincronizar al equipo.
  - Sprint Review: Demostración del incremento al cliente.
  - Sprint Retrospective: Reflexión del equipo para mejorar procesos (Armadillo Amarillo, 2022).

## **1.2. Antecedentes**

En esta sección, se analizan las investigaciones más recientes para la detección de emociones, datasets especializados y desafíos de implementación web, lo que en conjunto establece las bases técnicas y justificativas para el desarrollo de la plataforma propuesta en esta investigación.

### ***1.2.1 Técnicas Avanzadas de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) en FER***

Las CNN siguen siendo la arquitectura predominante en reconocimiento de expresiones faciales (FER por sus siglas en inglés). Gaya-Morey et al (2024) realizaron una revisión sistemática de 31 estudios y confirmaron que el 89% de los sistemas FER para adultos mayores utilizan CNN, destacando su capacidad para extraer características jerárquicas de rostros envejecidos, como arrugas y cambios en la tonicidad muscular.

Park et al. (2025) propusieron una variante de ResNet-50 adaptada a rostros ancianos, que incorpora capas de atención para focalizarse en regiones faciales clave (ej: cejas, comisuras de los labios), mejorando la precisión en un 15% en condiciones de iluminación variable. Este modelo se implementó en un backend Django con React.js, demostrando latencias inferiores a 200 ms en pruebas reales.

Además, en el estudio de Jose Hernández (2023), se implementó una red Mini-Xception para detectar siete clases de emociones básicas, alcanzando altos niveles de precisión en datasets públicos. La arquitectura, basada en convoluciones separables en profundidad, reduce el número de parámetros sin sacrificar la capacidad de aprendizaje, lo que la hace ideal para plataformas web que requieren procesamiento rápido y eficiente (Hernández, 2023).

### ***1.2.2 Aplicaciones específicas para adultos mayores***

Según Gaya-Morey et al. (2025), algunos estudios como los de Jannat y Canavan han implementado un sistema de monitoreo emocional para ancianos usando una CNN entrenada en el dataset ElderReact, logrando un 85% de precisión en la detección de emociones básicas (alegría, tristeza, enfado). Este estudio integró un módulo de alertas que notifica a cuidadores cuando se detectan emociones negativas persistentes, aunque evidenció limitaciones en entornos con iluminación variable.

Un avance significativo fue el trabajo de Park et al. (2025), quienes diseñaron una plataforma web usando Django y React.js que combina CNN con datos biométricos (ritmo cardíaco, voz) para mejorar la precisión en adultos mayores. Su modelo, basado en ResNet-50 modificada, alcanzó un 89% de precisión en condiciones reales.

Ramos-Zacarías et al. (2025) reportaron una precisión de clasificación del 97% en la base de datos FER-2013 y del 93% en un banco privado de imágenes de adultos mayores, validando la robustez del modelo para esta población. Este trabajo destaca la importancia de adaptar y validar modelos CNN en conjuntos de datos representativos para adultos mayores, mejorando la confiabilidad de la detección emocional en entornos reales.

### ***1.2.3 Integración de CNN en Plataformas Web***

El desarrollo de arquitecturas web escalables para FER ha ganado relevancia. García et al. (2023) presentaron un sistema MVC usando Flask y TensorFlow.js que permite el análisis de emociones en navegadores, reduciendo la latencia en un 40% frente a servidores centralizados. Paralelamente, IJARCCCE (2024) propuso una aplicación Android conectada a un backend en Django, donde una CNN procesa imágenes faciales y envía alertas a cuidadores vía SMS, demostrando la viabilidad de soluciones multiplataforma.

Investigaciones recientes han desarrollado arquitecturas web que combinan frameworks frontend (React, Vue.js) con backends ligeros (Flask, Django) para implementar inferencias en tiempo real (Explorando el reconocimiento de emociones, 2023).

### ***1.2.4 Desafíos Actuales y Soluciones Emergentes***

- **Sesgo en datasets:** El 80% de los datasets públicos (ej: CK+, FER-2013) carecen de representación de adultos mayores, como señaló la revisión sistemática de Gaya Morey et al. (2025). Para abordarlo, Sönmez (2023) generó un dataset sintético de 10,000 rostros ancianos usando GANs, mejorando la precisión de los modelos en un 18%.
- **Explicabilidad: Grondhuis et al. (2024)** integraron mapas de calor en su plataforma web para visualizar regiones faciales clave usadas por la CNN, aumentando la confianza de los usuarios finales en un 30%.

### ***1.2.5 Brecha entre investigación e implementación***

Aunque los avances técnicos son prometedores, solo el 15% de los proyectos se implementan clínicamente, según O'Mahony et al. (2024). La falta de interoperabilidad con historiales médicos electrónicos y la resistencia al cambio en centros geriátricos son barreras críticas.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

En este capítulo se describen los materiales y métodos utilizados para el desarrollo de la plataforma web diseñada para la detección de emociones en adultos mayores mediante un modelo de inteligencia artificial basado en una red neuronal convolucional Mini-Xception. Esta sección aborda los componentes tecnológicos y las herramientas de software seleccionadas, así como la justificación de su elección, asegurando una integración efectiva para el análisis de emociones. Además, se detalla el proceso de recolección y preprocesamiento de datos, así como la metodología empleada para entrenar y evaluar el modelo de aprendizaje profundo. A través de esta plataforma, se busca no solo contribuir al avance en el campo de la inteligencia artificial, sino también ofrecer una solución viable que promueva el bienestar emocional de la población adulta mayor.

#### **2.1 Generalidades de la investigación**

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque aplicado y de desarrollo tecnológico. El proyecto responde a la necesidad de contar con herramientas accesibles y precisas que permitan monitorear el bienestar emocional de esta población, contribuyendo así a mejorar su calidad de vida y facilitar la labor de cuidadores y profesionales de la salud. Se emplea un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos para evaluar el desempeño técnico del modelo de reconocimiento facial y métodos cualitativos para analizar la experiencia de usuario y la usabilidad de la plataforma. El alcance es proyectivo, ya que se propone el diseño, desarrollo e implementación de una plataforma funcional que pueda ser utilizada en contextos reales y sentar las bases para futuras aplicaciones en el ámbito del cuidado geriátrico.

### **2.1.1 Técnicas para la recolección de datos**

Para la identificación de las necesidades y requisitos funcionales de la plataforma, se emplearon técnicas como la revisión documental, entrevistas semiestructuradas grupo de investigación de Sistemas Inteligentes (GISI) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra (PUCE-I), y la observación directa de la interacción de adultos mayores en la comunidad de Chirihuasi. Toda la información obtenida a través de dichos medios permitió comprender las características y limitaciones propias del grupo objetivo, así como identificar los factores que influyen en la percepción y expresión emocional en adultos mayores. Asimismo, se realizó una revisión de bases de datos públicas y literatura científica para seleccionar y validar los conjuntos de datos de imágenes faciales más adecuados para el entrenamiento del modelo Mini-Xception.

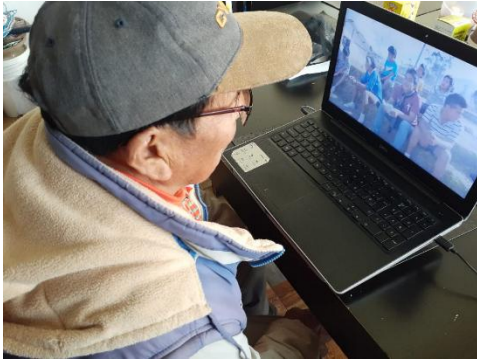
**2.1.1.1. Observación Directa.** La observación directa se utilizó para analizar cómo los adultos mayores interactúan con dispositivos tecnológicos y aplicaciones web, identificando barreras de accesibilidad, patrones de uso y reacciones emocionales ante distintos estímulos visuales. Este proceso permitió ajustar el diseño de la interfaz de usuario y los flujos de interacción de la plataforma, priorizando la simplicidad de la navegación y facilidad de uso de los botones e íconos.

La Tabla 3 muestra la ficha de observación correspondiente a la interacción de un adulto mayor con una computadora.

**Tabla 3**

*Ficha de observación*

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Fecha:	29 de junio del 2025	Nº1
Lugar:	La Esperanza - Chirihuasi	

Descripción:	Adulto Mayor interactuando con una laptop	
		
<p>Descripción:</p> <p>Durante la observación, el adulto mayor se mostró inicialmente inseguro al manipular el dispositivo, principalmente al momento de utilizar el mouse y reconocer los elementos visuales en pantalla. Sin embargo, con instrucciones verbales breves y elementos visuales bien destacados (botones grandes, colores contrastantes, tipografía legible), logró adaptarse rápidamente a las acciones básicas. Se evidenció la necesidad de mantener la interfaz limpia y con navegación guiada.</p>		

**2.1.1.2. Entrevista semiestructurada.** La entrevista semiestructurada fue aplicada a la directora del grupo de investigación de Sistemas Inteligentes (GISI) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra (PUCE-I), para recolectar información fundamental sobre requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma web. El guion de la entrevista se presenta en el Anexo I.

## 2.2 Metodología para el desarrollo

El desarrollo del proyecto se organizó en dos fases principales, en la fase 1 se enfocó en la implementación de la plataforma web y la fase 2 abordó la construcción del

modelo de red neuronal convolucional para el reconocimiento de emociones. Finalmente se integró el modelo CNN en la plataforma web para la detección emocional.

Se considera conveniente enfatizar dos aspectos claves:

### **Propósito del estudio**

Construir una plataforma web con la inclusión de un modelo de inteligencia artificial para el reconocimiento automático de emociones faciales. Ambos componentes fueron diseñados para trabajar de forma integrada, de modo que la plataforma web proporcione una interfaz amigable y funcional, mientras que el modelo de IA realice el procesamiento emocional en segundo plano, generando una experiencia interactiva y adaptativa para el usuario. Este enfoque busca combinar la utilidad de una plataforma accesible con el potencial de la inteligencia artificial para interpretar estados emocionales en tiempo real.

### **Alcance**

Este trabajo abarcó el análisis, diseño, desarrollo e integración de dos componentes principales: una plataforma web interactiva y un modelo de reconocimiento de emociones. La plataforma web ofrece a los usuarios la funcionalidad de capturar sus expresiones faciales mientras observan videos personalizados y visualizar reportes sobre su estado emocional. También incluye funcionalidades administrativas como la gestión de usuarios, vídeos y la revisión de resultados. Por otro lado, el modelo de reconocimiento de emociones fue desarrollado para procesar imágenes faciales y clasificar expresiones en siete categorías emocionales (Enfado, Disgusto, Miedo, Feliz, Triste, Sorpresa, Neutral), integrándose con la plataforma para ofrecer análisis en tiempo real a partir de las imágenes capturadas por los usuarios.

### ***2.2.1. Fase I - Desarrollo de la plataforma web***

Para el desarrollo de la plataforma web se adoptó un enfoque ágil basado en la metodología Scrum. Esta metodología facilitó la planificación, organización y seguimiento del avance del proyecto mediante iteraciones llamadas sprints, en las cuales se establecieron objetivos concretos y alcanzables a corto plazo. Al finalizar cada sprint, se revisaban los avances y se ajustaban los requerimientos de ser necesario, permitiendo una evolución progresiva de la plataforma.

El primer paso de la metodología Scrum tiene como objetivo establecer las bases del proyecto antes de iniciar el desarrollo iterativo. En esta fase se definen los objetivos generales, los roles del equipo, los requisitos funcionales y no funcionales y el Product Backlog inicial.

#### **Roles**

En el sistema propuesto se consideran los siguientes roles:

- **Adulto mayor:** El adulto mayor accede a la plataforma para visualizar los estímulos audiovisuales y participar en las sesiones de análisis emocional. Tiene acceso a sus propios resultados.
- **Administrador:** Encargado de gestionar la plataforma. Puede crear, editar o eliminar usuarios, crear, editar o eliminar videos, acceder a todos los resultados recopilados, generar reportes y supervisar el funcionamiento general de la plataforma.

**2.2.1.1 Planificación de las funcionalidades de la plataforma.** A través de las entrevistas realizadas a la líder del grupo de investigación GISI de la PUCE-I, se

identificaron los módulos necesarios y las funcionalidades que debía incluir el sistema, tales como el registro de usuarios, visualización de videos y almacenamiento de datos recolectados. Esta información permitió construir las historias de usuario, organizar las tareas en sprints, estructurando el desarrollo en ciclos iterativos que permitieran avanzar de forma ordenada y progresiva.

Los requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma web se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Requisitos funcionales y no funcionales de la plataforma propuesta*

<b>Código</b>	<b>Requisito</b>
<b>REQUISITOS FUNCIONALES</b>	
RF-1	La plataforma web debe permitir registrarse a los adultos mayores con o sin ayuda de un cuidador.
RF-2	La plataforma web debe permitir iniciar sesión a los adultos mayores.
RF-3	La plataforma web debe permitir reproducir videos personalizados.
RF-4	La plataforma web debe activar la cámara para capturar las imágenes faciales del adulto mayor y enviarlas al modelo CNN.
RF-5	El modelo debe procesar imágenes en tiempo real o en un tiempo razonable.
RF-6	El modelo debe clasificar las 7 emociones básicas (ej. felicidad, tristeza, sorpresa, etc.).
RF-7	La plataforma web debe almacenar los datos emocionales.
RF-8	La plataforma web debe permitir al administrador gestionar los usuarios y videos.
RF-9	La plataforma web debe permitir al administrador visualizar el reporte emocional de los adultos mayores.

---

## REQUISITOS NO FUNCIONALES

---

Usabilidad	La plataforma debe ser fácil de usar por adultos mayores, con interfaz clara y navegación sencilla.
Seguridad	El sistema debe contar con autenticación de doble factor para los usuarios registrados.
Seguridad	Solo el administrador podrá acceder a la gestión de usuarios.
Eficiencia	La plataforma no debe demorarse en registrar, iniciar sesión o cargar la plataforma más de 3 segundos.
Precisión	El modelo debe alcanzar al menos un mínimo de 80 % de precisión en pruebas con conjuntos de validación.
Rendimiento	El sistema debe analizar el tipo de emoción en menos de 2 segundos por imagen.
Interoperabilidad	El modelo de red neuronal debe ser integrable con la plataforma web a través de una API.

---

### Historia de usuario

A partir de los requisitos definidos, se elaboraron las historias de usuario facilitando así la identificación de tareas específicas (Ver Tabla 5).

**Tabla 5**

*Historia de usuario para la plataforma web*

ID	Nombre breve	Estimación de esfuerzo (horas)	Importancia	Descripción de historia de usuario	Criterios de aceptación	Dependencias
HU 1	Registro de adulto mayor	10 h	600	Como adulto mayor, quiero registrarme para acceder a la plataforma.	El sistema debe permitir completar el registro, mostrando mensajes claros y accesibles.	

---

HU 2	Inicio de sesión	10 h	500	Como adulto mayor, quiero iniciar sesión de forma segura para acceder a mis contenidos y datos.	El sistema debe validar credenciales, usar autenticación de doble factor y garantizar el acceso restringido a cada perfil.
HU 3	Reproducción personalizada de videos	12 h	400	Como adulto mayor, deseo ver videos personalizados para mejorar mi experiencia en la plataforma.	El sistema debe mostrar videos personalizados para el usuario.
HU 4	Captura y envío de imagen	16 h	700	La plataforma debe activar la cámara y enviar la imagen facial del adulto mayor al modelo CNN para su posterior análisis.	La cámara se activa automáticamente, captura el rostro correctamente y la imagen se transfiere mediante una API al modelo CNN.
HU 5	Procesamiento en tiempo real	14 h	800	Como administrador, deseo que el modelo procese imágenes en tiempo razonable para obtener resultados inmediatos.	El sistema debe entregar resultados de clasificación en menos de 2 segundos por imagen.
HU 6	Clasificación emocional	12 h	900	Como administrador, quiero que el modelo clasifique las 7 emociones	El modelo debe identificar emociones como felicidad,

				básicas para evaluar el estado emocional.	tristeza, enojo, miedo, sorpresa, asco y neutral con al menos un 80 % de precisión en validación.
HU 7	Almacenamiento de datos emocionales	8 h	300	La plataforma debe almacenar automáticamente los resultados emocionales analizados por el modelo.	Los datos emocionales deben guardarse de forma segura, identificando usuario, emoción, fecha/hora del análisis, etc.
HU 8	Gestión de usuarios y videos	12 h	100	Como administrador, quiero gestionar usuarios y videos.	Debe poder crear, editar, eliminar y asignar videos a los adultos mayores
HU 9	Visualización de reportes emocionales	12 h	200	Como administrador, deseo visualizar los reportes emocionales de los adultos mayores.	Los reportes deben mostrar el historial emocional por usuario.

Seguidamente, se procedió a determinar las tareas requeridas para cumplir con cada historia de usuario, información que se muestra en la Tabla 6 detallando sus tareas asociadas y las correspondientes condiciones de DONE, las cuales permiten verificar si cada tarea ha sido completada correctamente conforme a los criterios de aceptación.

**Tabla 6***Tareas derivadas de las historias de usuario, organizadas por prioridad*

<b>Prioridad</b>	<b>N.º HU</b>	<b>ID de Tarea</b>	<b>Tarea</b>	<b>Horas</b>	<b>Condición de DONE</b>
900	HU6	T6-1	Diseño y entrenamiento del modelo CNN	15 h	Modelo entrenado con dataset definido y sin errores en ejecución.
		T6-2	Validación del modelo con datos de prueba	5 h	Resultados validados con dataset de prueba y métricas registradas.
		T6-3	Evaluación del modelo (precisión y exactitud)	4 h	Informe de evaluación con precisión $\geq 80\%$ .
800	HU5	T5-1	Optimización del modelo para procesamiento en tiempo real	6 h	Modelo optimizado con latencia $\leq 2$ segundos por imagen.
		T5-2	Pruebas de rendimiento y ajustes de latencia	5 h	Resultados documentados que muestran mejoras en latencia.

		T5-3	Integración del modelo CNN dentro de la plataforma web	3 h	Modelo funcional desde la plataforma con respuestas correctas.
700	HU4	T4-1	Activación automática de la cámara y captura de imágenes faciales	7 h	Cámara activada automáticamente y captura validada en prueba.
		T4-2	Envío de imágenes faciales a la API del modelo CNN	5 h	Imágenes transmitidas exitosamente y respuesta del modelo recibida.
		T4-3	Validación de transmisión de datos hacia el modelo CNN	4 h	Validación confirmada mediante logs o pruebas funcionales.
600	HU1	T1-1	Diseño y desarrollo del formulario de registro	5 h	Formulario visible, funcional y accesible desde navegador.
		T1-2	Validación de campos del formulario y accesibilidad	5 h	Validación de campos exitosa y prueba de accesibilidad superada.

500	HU2	T2-1	Diseño e implementación del inicio de sesión	5 h	Inicio de sesión funcional y sin errores.
		T2-2	Implementación de autenticación de doble factor	5 h	Doble factor operativo y probado con distintos usuarios.
400	HU3	T3-1	Desarrollo del panel de reproducción de videos personalizados	6 h	Panel implementado y reproduciendo videos correctamente.
		T3-2	Pruebas y correcciones del módulo de reproducción de videos	6 h	Reproducción fluida validada por usuario sin errores.
300	HU7	T7-1	Desarrollo del almacenamiento automático de emociones	6 h	Datos emocionales almacenados automáticamente en base de datos.
		T7-2	Vinculación con modelo CNN y la base de datos	2 h	Datos del modelo llegan correctamente a la base de datos.
200	HU9	T9-1	Desarrollo de la interfaz para visualizar	7 h	Reportes emocionales visibles con datos reales.

			reportes emocionales		
		T9-2	Validación y corrección del módulo de reportes emocionales	5 h	Visualización correcta y validada con pruebas funcionales.
100	HU8	T8-1	Creación del panel de administración de usuarios	7 h	Panel funcional con opciones para gestionar usuarios.
		T8-2	Módulo para gestión de videos (subida, edición, asignación)	3 h	Módulo permite subir, editar y asignar videos correctamente.

En el marco de la metodología SCRUM, se estableció un cronograma de actividades estructurado en Sprints, definidos como ciclos de desarrollo iterativos, cortos y de duración fija. Cada Sprint tuvo una duración de dos semanas, lo que permitió mantener un ritmo constante de trabajo y facilitar la planificación del esfuerzo requerido para cada conjunto de tareas priorizadas. Esta planificación permitió organizar el trabajo de forma progresiva y controlada, garantizando avances constantes hacia la implementación de la plataforma web (Ver Tabla 7).

**Tabla 7**

*Planificación de tareas distribuidas por Sprint*

<b>Sprint</b>	<b>Tareas asignadas</b>
1	T6-1, T6-2, T6-3
2	T5-1, T5-2, T5-3
3	T4-1, T4-2, T4-3
4	T1-1, T1-2, T2-1, T2-2
5	T3-1, T3-2
6	T7-1, T7-2
7	T9-1, T9-2
8	T9-1, T9-2

**2.2.1.2. Fase de Diseño.** El diseño del sistema es fundamental para anticipar la estructura funcional y técnica del software antes de iniciar la codificación. En esta fase, se detallan los principales diagramas que describen el comportamiento, la interacción de los actores con el sistema, los flujos de actividad, la arquitectura del software y la base de datos.

Dado que las Historias de Usuario están bien definidas, se priorizó su uso para especificar las funcionalidades y requerimientos desde la perspectiva de los usuarios y roles del sistema.

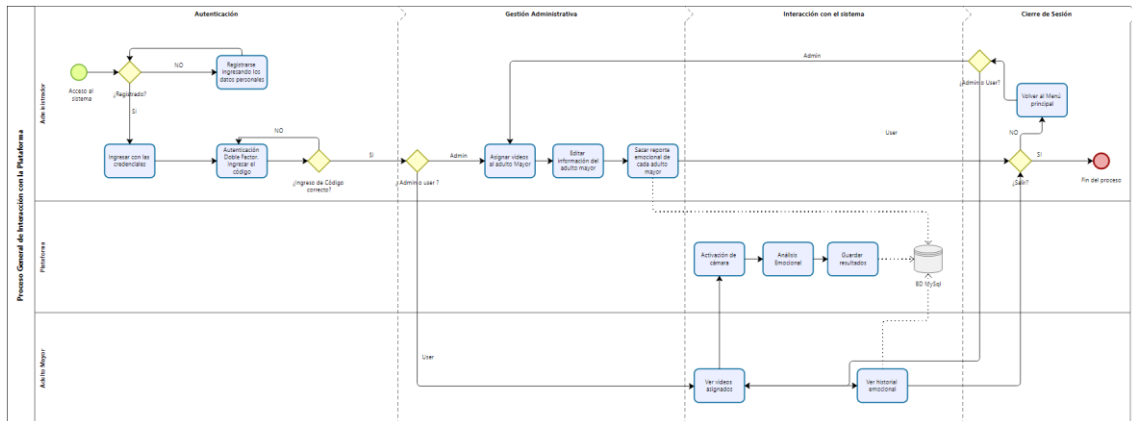
### **Diagrama de actividades**

El diagrama de actividades es una herramienta visual que representa de manera detallada las tareas, decisiones y flujos operativos dentro de la plataforma, organizados por roles (adulto mayor, administrador y plataforma). Este diagrama facilita la comprensión de la secuencia de acciones y la interacción entre los diferentes actores involucrados.

El diagrama desarrollado muestra cómo los usuarios (adulto mayor y administrador) interactúan con la plataforma desde el inicio de sesión hasta la gestión y análisis emocional de los videos (ver Figura 8).

**Figura 8**

*Diagrama de actividades de la interacción con la plataforma*



### Diagrama de arquitectura en capas

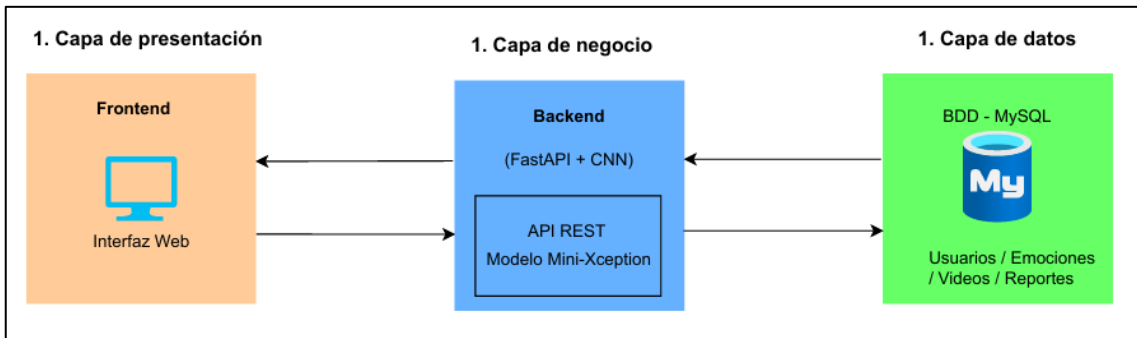
La arquitectura de la plataforma web se basa en un modelo en capas, lo que permite una separación clara de responsabilidades y facilita tanto el mantenimiento como la escalabilidad del sistema. Está compuesta por tres capas principales:

- **Capa de presentación**, implementada en Vue 3, donde los usuarios interactúan con la plataforma a través del navegador.
- **Capa de lógica de negocio**, desarrollada en FastAPI, que gestiona los procesos funcionales del sistema y contiene el modelo de análisis emocional entrenado con CNN (formato. keras).
- **Capa de datos**, conformada por una base de datos MySQL, encargada de almacenar la información de usuarios, emociones detectadas, reportes y demás datos relevantes.

Esta estructura modular mejora la organización interna del sistema y permite futuras ampliaciones de forma ordenada y eficiente (Ver Figura 9).

### Figura 9

Diagrama de la Arquitectura en capas de la plataforma web

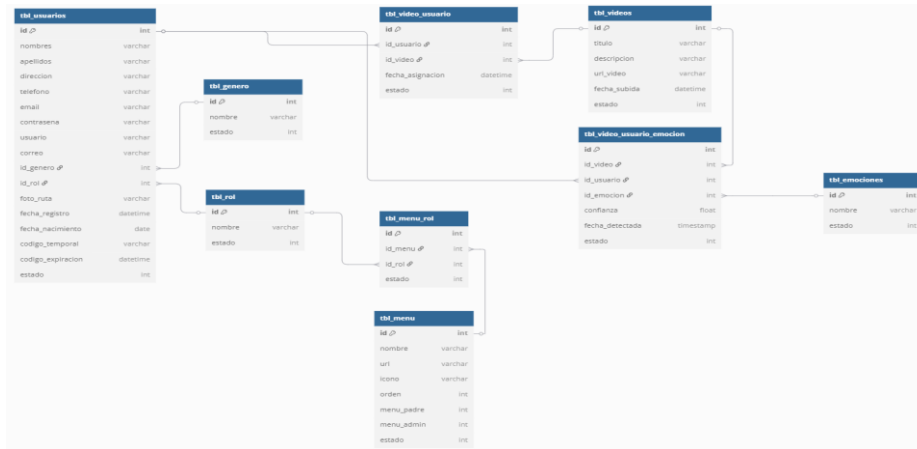


### Modelo de la Base de Datos

El modelo de la base de datos representa la estructura lógica que soporta el almacenamiento y gestión de la información de la plataforma. Está compuesto por diversas tablas que reflejan las entidades principales como usuarios, roles, videos, emociones y sus relaciones. Este diseño permite mantener la integridad de los datos, facilitar las consultas y asegurar la trazabilidad de las emociones detectadas durante la interacción del adulto mayor con los videos asignados. En la Figura 10, se presenta el diagrama entidad-relación que ilustra las tablas, sus campos principales y las relaciones entre ellas.

**Figura 10**

*Modelo entidad-relación de la base de datos*



**2.2.1.3. Codificación.** Durante la fase de codificación de la plataforma web, se implementó una arquitectura basada en tecnologías modernas tanto en el frontend como en el backend. Para la construcción de la interfaz de usuario se utilizó Vue 3, un framework progresivo de JavaScript que permite desarrollar componentes reutilizables y altamente reactivos. Se optó por TypeScript como lenguaje principal en el cliente, debido a su tipado estático que facilita la escalabilidad del proyecto, mejora la mantenibilidad del código y permite una detección temprana de errores durante el desarrollo.

El manejo del estado de la aplicación se realizó mediante *Pinia*, la librería oficial de Vue para la gestión de estados. Esta herramienta permitió almacenar, modificar y persistir datos globales de la plataforma en el navegador del usuario de manera eficiente. Para la comunicación con el backend y el manejo de consultas, se integró *TanStack Query*, una librería moderna que optimiza las operaciones de lectura y escritura mediante *queries* y *mutations*. Las *queries* permiten obtener (leer) datos del backend de forma eficiente, mientras que las *mutations* permiten enviar cambios (crear, actualizar o eliminar datos). Aunque la aplicación no cuenta con un servidor desplegado externamente, estas operaciones se realizaron contra el backend local desarrollado en FastAPI. Esta solución facilitó el control del estado de los datos, el manejo de errores y la revalidación automática

de información durante el desarrollo. Esta solución facilitó el control del estado del servidor, el manejo de errores y la revalidación automática de datos.

En el lado del servidor, se utilizó FastAPI, un framework web desarrollado en Python, diseñado para construir interfaces de programación de aplicaciones (APIs) de manera rápida y eficiente. FastAPI permitió exponer los endpoints necesarios para la comunicación entre el cliente y el servidor. Además, se incorporó *Alembic*, una herramienta de migración de bases de datos que facilitó la gestión de cambios estructurales en el modelo relacional, sincronizando automáticamente los cambios realizados en los modelos de datos hacia la base de datos MySQL.

El desarrollo se apoyó también en herramientas como *Axios* para realizar peticiones HTTP desde la interfaz web, *Vue Router* para la navegación entre rutas y vistas de la aplicación, y *Vite* como entorno de desarrollo y empaquetador moderno. Este conjunto de tecnologías y librerías permitió construir una plataforma robusta, eficiente y fácilmente escalable.

**2.2.1.4. Pruebas.** Durante esta fase se realizaron pruebas funcionales con el objetivo de validar el correcto funcionamiento de los módulos principales de la plataforma. Se diseñaron casos de prueba de tipo integración, como el inicio de sesión, que involucraban la interacción entre el frontend, el backend y la base de datos.

Asimismo, se realizaron pruebas funcionales de sistema, verificando el comportamiento completo de la plataforma desde el registro del usuario hasta el análisis emocional y la generación de reportes.

Finalmente, se realizó una prueba de aceptación con el grupo de investigación GISI, validando que la plataforma cumplía con los requerimientos funcionales. El acta de aceptación emitida por el grupo GISI se encuentra en el Anexo 2.

Cada caso de prueba fue documentado especificando el escenario, los datos de entrada, el resultado esperado y el resultado obtenido.

**Tabla 8**

*Casos de prueba: Autenticación de usuario*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>
CP-AUTH-01	Ingreso correcto	Usuario: admin Contraseña: 123456	Acceso y redirección al dashboard
CP-AUTH-02	Contraseña incorrecta	Usuario: admin Contraseña: errónea	Mensaje: “Credenciales incorrectas”
CP-AUTH-03	Usuario no registrado	Usuario: admin2 Contraseña: 123456	Mensaje: “Usuario no registrado”
CP-AUTH-04	Campos vacíos	Usuario: vacío Contraseña: vacío	Mensaje de validación por campos requeridos
CP-AUTH-05	Usuario inactivo	Usuario: admin Contraseña: 123456	Mensaje: “Cuenta inactiva”

**Tabla 9**

*Casos de prueba: Registro de usuario*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>
CP-REG-01	Registro exitoso	Todos los campos completos y válidos	Usuario registrado correctamente
CP-REG-02	Usuario ya registrado	Usuario duplicado	Mensaje de error: “Usuario ya registrado”
CP-REG-04	Campos obligatorios vacíos	Nombres, apellidos, correo,	Validación y mensaje de error

usuario, contraseña vacíos
----------------------------------

**Tabla 10**

*Casos de prueba: Detección de emociones*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>
CP-EMO-01	Imagen con rostro válido	Imagen clara	Emoción detectada correctamente
CP-EMO-02	Imagen sin rostro	Imagen sin personas	Mensaje: “No se detectó rostro”

**Tabla 11**

*Casos de prueba: Visualización de resultados*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>
CP-RES-01	Consulta correcta de reporte emocional	Usuario con videos asignados	Mostrar tabla de historial de emociones por video
CP-RES-02	Consulta de reporte emocional sin emociones detectadas	Usuario sin registros aún	Mensaje: “No hay resultados disponibles”

**2.2.1.5 Validación con usuario real.** Con el fin de evaluar la plataforma web, se planificó una validación con un usuario adulto mayor de la comunidad de Chirihuasi. La prueba consistió en que el participante interactúe con el sistema de manera guiada, desde el inicio de sesión hasta la generación de reportes de análisis emocional. Durante la sesión, se observaron las interacciones, y las dificultades encontradas, así como el estado emocional antes y después de la prueba.

Esta validación permitió obtener retroalimentación directa sobre la interfaz, la facilidad de uso y la efectividad del sistema para detectar emociones en un entorno real.

### ***2.2.2 Fase II – Desarrollo del modelo de reconocimiento facial***

La fase II correspondió al diseño, entrenamiento y evaluación de un modelo de red neuronal convolucional (CNN) para el reconocimiento de emociones faciales. Se seleccionó el modelo Mini-Xception por su eficiencia computacional y buen rendimiento en tareas de clasificación de emociones, especialmente sobre un subconjunto de la base de datos RAF-DB, que contiene cerca de 15,000 imágenes anotadas en siete emociones básicas, con diversidad en edad, género y condiciones de captura, lo que permite una evaluación más representativa en escenarios reales (ExpLLM, 2025). Esta metodología permitió un enfoque sistemático en el desarrollo del modelo de inteligencia artificial, garantizando resultados medibles y comparables. Se contemplaron 5 etapas principales: Selección del conjunto de datos, preprocesamiento y detección facial, construcción del modelo CNN, entrenamiento del modelo y evaluación del rendimiento del modelo Mini-Xception, las cuales fueron implementadas mediante técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo, integrándose secuencialmente para permitir que el modelo Mini-Xception identifique expresiones faciales y las clasifique en emociones básicas.

**2.2.2.1. Selección del conjunto de datos.** Para el entrenamiento y evaluación del modelo de reconocimiento de emociones faciales, se seleccionó el subconjunto de emociones básicas del conjunto de datos RAF-DB (Real-world Affective Faces Database), que contiene aproximadamente 15 000 imágenes etiquetadas por múltiples anotadores independientes. Este dataset ha sido ampliamente utilizado en investigaciones recientes debido a su realismo, anotaciones precisas y diversidad en condiciones del mundo real (Li, Deng, & Du, 2017).

La distribución del conjunto es la siguiente:

Entrenamiento: 12,271 imágenes / Pruebas (Test): 3,068 imágenes

Cada imagen está etiquetada con una de las siete emociones básicas definidas por Ekman:

1. Enojo (Anger)
2. Disgusto (Disgust)
3. Miedo (Fear)
4. Alegría (Happy)
5. Tristeza (Sad)
6. Sorpresa (Surprise)
7. Neutral (Neutral)

La distribución aproximada de imágenes por emoción en ambos subconjuntos se muestra en la Tabla 12:

**Tabla 12**

*Distribución de cantidades de imágenes en RAF-DB*

Emoción	Entrenamiento	Prueba (Test)	Total aproximado
Enojo	640	162	802
Disgusto	636	160	796
Miedo	295	74	369
Alegría	4,740	1,185	5,925
Tristeza	1,912	478	2,390
Sorpresa	1,315	329	1,644
Neutral	2,733	680	3,413

Esta distribución refleja el desequilibrio típico del dataset, con una mayor representación de emociones como alegría y neutral, y menor presencia de miedo y disgusto.

El RAF-DB destaca por su diversidad demográfica y ambiental, incluyendo variaciones en edad, género, etnia, iluminación, pose y oclusiones parciales, lo que favorece la generalización del modelo en escenarios reales. Además, la alta calidad del etiquetado mediante consenso de múltiples anotadores mejora la fiabilidad de los resultados.

Aunque el RAF-DB completo contiene cerca de 30,000 imágenes, el subconjunto de emociones básicas es el más utilizado en tareas estándar de reconocimiento de expresiones faciales, facilitando la comparación directa con otros modelos reportados en la literatura.

**2.2.2.2. Preprocesamiento y Detección Facial.** El preprocesamiento es fundamental para mejorar la generalización del modelo. Se aplicaron diversas transformaciones a las imágenes de entrenamiento para aumentar la diversidad de datos y normalizar sus valores. En la Figura 11 se puede observar el código que implementa estas transformaciones.

### **Figura 11**

*Código que implementa las transformaciones de preprocesamiento aplicadas al conjunto de entrenamiento, incluyendo aumento de datos*

```
train_datagen = ImageDataGenerator(  
    rescale=1./255,  
    rotation_range=25,  
    width_shift_range=0.2,  
    horizontal_flip=True,  
    zoom_range=0.2  
)
```

Detalles:

- **Rescaling (rescale=1./255):** Normaliza los valores de píxeles al rango [0, 1].
- **Rotación (rotation\_range=25):** Rota aleatoriamente las imágenes hasta  $\pm 25$  grados.
- **Desplazamiento horizontal (width\_shift\_range=0.2):** Desplaza imágenes horizontalmente hasta un 20%.
- **Inversión horizontal (horizontal\_flip=True):** Refleja aleatoriamente las imágenes.
- **Zoom (zoom\_range=0.2):** Aplica zoom aleatorio hasta un 20%.

### Normalización del conjunto de validación

A diferencia del conjunto de entrenamiento, el conjunto de validación solo fue normalizado para evaluar el rendimiento del modelo con datos sin alteraciones artificiales. La Figura 12 muestra cómo se configura esta normalización.

### Figura 12

*Fragmento del código para la normalización del conjunto de validación, sin aplicar aumento de datos*

```
val_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)
```

### Generadores de imágenes

Se utilizaron generadores para cargar y procesar imágenes directamente desde las carpetas organizadas por clases, facilitando el manejo eficiente de los datos durante el entrenamiento y la validación. El código que define estos generadores se presenta en la Figura 13.

Detalles:

- `flow_from_directory` permite generar lotes de imágenes directamente desde carpetas organizadas por clases (una subcarpeta por clase).
- Las imágenes se redimensionan a **64×64 píxeles** en escala de grises (`color_mode='grayscale'`).
- Se utiliza **codificación one-hot** (`class_mode='categorical'`) para las etiquetas.
- El tamaño de lote fue de **64 imágenes**.
- Para el entrenamiento se habilitó el barajado aleatorio (`shuffle=True`), mientras que para la validación no se aplicó (`shuffle=False`), manteniendo el orden original.

### Figura 13

*Código para la generación de imágenes desde directorios, indicando parámetros de tamaño, color, y codificación*

```
batch_size = 64
train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    '/content/RAF/train',
    target_size=(64,64),
    color_mode='grayscale',
    batch_size=batch_size,
    class_mode='categorical',
    shuffle=True
)
val_generator = val_datagen.flow_from_directory(
    '/content/RAF/test',
    target_size=(64,64),
    color_mode='grayscale',
    batch_size=batch_size,
    class_mode='categorical',
    shuffle=False
)
```

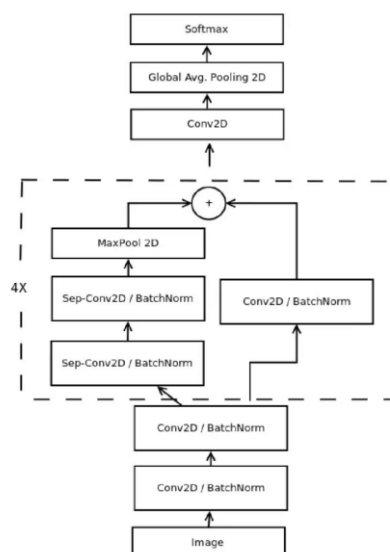
**2.2.2.3 Construcción del modelo CNN.** En este proyecto, se implementó un modelo de red neuronal convolucional (CNN) basado en la arquitectura Mini-Xception para la clasificación de emociones faciales. Las CNN son ampliamente utilizadas en el procesamiento de imágenes debido a su capacidad para aprender patrones espaciales y jerárquicos a partir de los datos de entrada. Su diseño permite que la red extraiga automáticamente características relevantes sin requerir una ingeniería manual de atributos. La red fue diseñada específicamente para operar con imágenes en escala de grises de dimensiones 48×48 píxeles, lo cual se adapta bien al problema de clasificación de expresiones faciales. Mini-Xception emplea convoluciones separables en profundidad (SeparableConv2D), reduciendo significativamente el número de parámetros del modelo sin sacrificar precisión.

Arquitectura de la red neuronal Mini-Xception

La arquitectura completa (Ver Figura 14), inspirada en el diagrama presentado por Salvador et al. (2020), se compone de las siguientes etapas:

**Figura 14**

*Arquitectura de la red neuronal Mini-Xception*



Nota: Adaptado de Salvador, I. E., Guerrero, G. O., & Salvador, G. V. (2020).

A continuación, se describe detalladamente la arquitectura del modelo de red neuronal convolucional propuesto, basado en la función Mini-Xception, cuyo diseño está inspirado en la arquitectura Xception, pero adaptado para ser más liviano y eficiente en tareas de clasificación de emociones faciales.

### 1. Capa de entrada

Define el tensor de entrada que será procesado por la red. Este tensor representa imágenes de tamaño 64x64 con un único canal de color (grises).

### 2. Etapa inicial de extracción de características

- Se aplican **dos convoluciones consecutivas** de 32 filtros con kernel  $3 \times 3$ , seguidas de normalización y activación ReLU.
- Estas capas permiten extraer patrones locales simples como bordes y esquinas.
- Luego se aplica **MaxPooling2D**, que reduce la resolución espacial, disminuyendo la cantidad de operaciones y conservando las características más relevantes.

### 3. Módulos residuales (Residual Blocks)

A continuación, se implementan cuatro bloques residuales, que permiten aumentar la profundidad del modelo sin degradar la señal. Cada bloque realiza un aprendizaje más abstracto de las características.

Desglose de cada módulo residual:

```
x = residual_module(x, 64)
```

- Entrada: (12, 12, 32) → Salida: (6, 6, 64)
- Se incrementan los filtros a 64.
- Se reduce la resolución para permitir mayor contexto espacial.
- Se empieza a capturar relaciones espaciales más complejas.

```
x = residual_module(x, 128)
```

- Entrada: (6, 6, 64) → Salida: (3, 3, 128)
- Se extraen patrones de mayor nivel como configuraciones faciales parciales.

`x = residual_module(x, 256)`

- Entrada: (3, 3, 128) → Salida: (1, 1, 256)
- Se aprende una representación altamente abstracta, muy útil para discriminación final.

`x = residual_module(x, 512)`

- Entrada: (1, 1, 256) → Salida: (1, 1, 512)
- Esta capa opera con la mínima resolución espacial y máxima profundidad de filtros.
- A estas alturas, cada activación representa una combinación compleja de características faciales, esenciales para identificar emociones.

#### 4.- Etapa final de clasificación

La parte final del modelo convierte las características extraídas en una predicción de clase mediante las siguientes operaciones:

- **Conv2D (256 filtros, 3×3, padding='same')**: Refuerza las representaciones abstractas extraídas en los bloques previos.
- **BatchNormalization**: Normaliza las activaciones, mejorando la estabilidad y acelerando la convergencia.
- **ReLU**: Introduce no linealidad.
- **GlobalAveragePooling2D**: Reduce cada mapa de activación a un único valor promedio. Esto disminuye el número de parámetros comparado con una capa densa tradicional y reduce el riesgo de sobreajuste.

- **Dense (num\_classes, activation='softmax')**: Capa de salida que produce una distribución de probabilidad sobre las clases emocionales, asegurando que la suma de salidas sea 1.

A continuación, en la figura 15 se presenta el fragmento de código que define la arquitectura del modelo:

### Figura 15

*Código fuente de la función MiniXception() implementada en Keras*

```
def MiniXception(input_shape=(64,64,1), num_classes=7):
    inputs = Input(shape=input_shape)

    x = Conv2D(32, (3,3), padding='same', use_bias=False)(inputs)
    x = BatchNormalization()(x); x = ReLU()(x)
    x = Conv2D(32, (3,3), padding='same', use_bias=False)(x)
    x = BatchNormalization()(x); x = ReLU()(x)
    x = MaxPooling2D((2,2), padding='same')(x)

    x = residual_module(x, 64)
    x = residual_module(x, 128)
    x = residual_module(x, 256)
    x = residual_module(x, 512)

    x = Conv2D(256, (3,3), padding='same', use_bias=False)(x)
    x = BatchNormalization()(x)
    x = ReLU()(x)
    x = GlobalAveragePooling2D()(x)

    outputs = Dense(num_classes, activation='softmax')(x)

    return Model(inputs, outputs)
```

## Descripción de la función residual\_module()

Cada bloque residual dentro del modelo tiene como objetivo reducir la resolución espacial mientras incrementa la profundidad (número de filtros), permitiendo a la red capturar características cada vez más abstractas. La función residual\_module() es invocada varias veces en la arquitectura, con valores de filtros crecientes: 64, 128, 256 y 512.

El bloque residual\_module(), inspirado en ResNet y adaptado del modelo Mini-Xception, permite a la red aprender transformaciones profundas sin perder información relevante. Está compuesto por dos rutas:

Camino residual (*shortcut*): aplica una convolución  $1 \times 1$  con  $\text{strides}=(2,2)$  y BatchNormalization para ajustar las dimensiones y reducir la resolución espacial.

Camino principal: consiste en dos capas SeparableConv2D seguidas de BatchNormalization y activación ReLU, lo que permite capturar patrones complejos de forma eficiente con menos parámetros que convoluciones tradicionales.

Posteriormente, se aplica una capa MaxPooling2D con ventana  $3 \times 3$  y  $\text{strides}=(2,2)$ , que reduce la resolución espacial de las activaciones, y ambas rutas se combinan mediante una suma (Add) para preservar la información original. Finalmente, se aplica una activación ReLU sobre la salida combinada. Esta estructura facilita el entrenamiento de redes profundas al mejorar el flujo del gradiente. La estructura completa de este bloque se ilustra en la Figura 16.

**Figura 16**

*Estructura del bloque residual utilizado en el modelo Mini-Xception*

```
def residual_module(x, filters, kernel_size=3, l2_reg=1e-5):
    # Shortcut path (Conv2D 1x1 para ajustar dimensiones)
    shortcut = conv2d(filters, (1,1), strides=(2,2), padding='same',
                      use_bias=False,
                      kernel_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(l2_reg))(x)
    shortcut = BatchNormalization()(shortcut)

    # Main path con SeparableConv2D (Mini-Xception)
    x = SeparableConv2D(filters, (kernel_size, kernel_size), padding='same',
                       use_bias=False,
                       depthwise_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(l2_reg),
                       pointwise_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(l2_reg))(x)
    x = BatchNormalization()(x)
    x = ReLU()(x)

    x = SeparableConv2D(filters, (kernel_size, kernel_size), padding='same',
                       use_bias=False,
                       depthwise_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(l2_reg),
                       pointwise_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(l2_reg))(x)
    x = BatchNormalization()(x)

    # Downsampling + residual connection
    x = MaxPooling2D((3,3), strides=(2,2), padding='same')(x)
    x = Add()(x, shortcut)
    x = ReLU()(x)

    return x
```

**2.2.2.4 Entrenamiento del modelo.** Para preparar el modelo para el entrenamiento, se configuraron el optimizador, la función de pérdida y las métricas que guiarán el proceso de aprendizaje y evaluación. La Figura 17 muestra el fragmento de código donde se realiza esta configuración.

**Figura 17**

*Fragmento del código para la compilación del modelo, donde se configuran optimizador, función de pérdida y métricas*

```
optimizer = Adam(learning_rate=0.001)
model.compile(optimizer=optimizer, loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
```

Detalles:

- **Optimización:** Se utiliza el optimizador Adam, eficiente y ampliamente usado, con tasa de aprendizaje fija.
- **Función de pérdida:** `categorical_crossentropy`, adecuada para clasificación multiclase.
- **Métrica:** Se evalúa la precisión (`accuracy`) durante entrenamiento y validación.

El modelo se entrenó utilizando los generadores configurados, definiendo parámetros clave como el número de épocas y el conjunto de validación para medir su desempeño. La Figura 18 ilustra el proceso de entrenamiento y los parámetros usados.

### Figura 18

*Fragmento del código que muestra el proceso de entrenamiento, con configuración de épocas, validación y generadores*

```
history = model.fit(  
    train_generator,  
    epochs=100,  
    validation_data=val_generator,  
    callbacks=[checkpoint, early_stop, reduce_lr]  
)
```

Detalles:

- **train\_generator:** generador con las imágenes de entrenamiento, incluyendo aumento de datos.
- **epochs=100:** el modelo se entrenó durante un máximo de 100 épocas.
- **validation\_data=val\_generator:** conjunto de validación usado para evaluar el rendimiento del modelo al final de cada época.
- **callbacks:** se emplearon tres funciones de *callback* para controlar el entrenamiento de forma dinámica:

### Parámetros utilizados

Para optimizar el entrenamiento y evitar sobreajuste, se implementaron funciones de callback que monitorean el rendimiento del modelo y ajustan dinámicamente el proceso.

## ModelCheckpoint

Guarda automáticamente el modelo con mejor rendimiento en validación (Ver Figura 19). Esto asegura que se conserva la mejor versión del modelo según la precisión de validación (`val_accuracy`).

### Figura 19

*Configuración del callback ModelCheckpoint para guardar el mejor modelo durante el entrenamiento*

```
checkpoint = ModelCheckpoint(  
    '/content/drive/MyDrive/Mini-Xception-RAF/mejor_modelo_RAF_G.keras',  
    monitor='val_accuracy',  
    save_best_only=True,  
    mode='max',  
    verbose=1  
)
```

Detalles:

- El entrenamiento evalúa `val_accuracy` al final de cada época.
- Si la precisión supera la mejor alcanzada hasta ese momento, se guarda el modelo en el archivo especificado.
- Esto asegura que, incluso si el modelo sobreentrena luego, se conserva la mejor versión.

## EarlyStopping

Detiene el entrenamiento si no hay mejora significativa en la pérdida de validación (`val_loss`) después de 25 épocas (Ver Figura 20):

## Figura 20

Configuración del callback *EarlyStopping* para prevenir sobre entrenamiento

```
early_stop = EarlyStopping(  
    monitor='val_loss',  
    patience=25,  
    min_delta=0.001,  
    restore_best_weights=True,  
    verbose=1  
)
```

Detalles:

- **monitor='val\_loss'**: observa la pérdida de validación.
- **patience=25**: permite hasta 25 épocas sin mejora antes de detenerse.
- **min\_delta=0.001**: considera que hay mejora si `val_loss` baja al menos 0.001.
- **restore\_best\_weights=True**: restaura los pesos del modelo de la mejor época antes de detenerse.

## ReduceLRonPlateau

Reduce automáticamente la tasa de aprendizaje si la pérdida de validación se estanca (Ver Figura 21).

## Figura 21

Configuración del callback *ReduceLRonPlateau* para ajustar la tasa de aprendizaje

```
reduce_lr = ReduceLRonPlateau(  
    monitor='val_loss',  
    factor=0.5,  
    patience=3,  
    min_lr=1e-6,  
    verbose=1  
)
```

Detalle:

- **monitor='val\_loss'**: vigila la pérdida de validación.
- **patience=3**: espera 3 épocas sin mejora antes de actuar.
- **factor=0.5**: reduce la tasa de aprendizaje a la mitad.
- **min\_lr=1e-6**: garantiza que no baje de un mínimo aceptable.

**2.2.2.5 Evaluación del rendimiento del modelo Mini-Xception.** Para evaluar el rendimiento del modelo propuesto en la clasificación de emociones, se emplearon métricas ampliamente aceptadas en problemas de clasificación multiclase, especialmente en el ámbito del reconocimiento facial de expresiones. Estas métricas permitieron analizar el desempeño general del modelo, así como su capacidad para reconocer correctamente cada clase de emoción de forma individual, considerando también la posible desproporción en la cantidad de ejemplos por clase en el conjunto de datos RAF-DB. Las métricas utilizadas fueron: Precisión general (*accuracy*), Precisión por clase (*precision*), Sensibilidad o exhaustividad (*recall*), Medida F1 (*F1-score*), Matriz de confusión.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Este capítulo presenta y analiza los resultados obtenidos durante la implementación y evaluación de la plataforma web desarrollada para la detección automática de emociones en adultos mayores. En primer lugar, se expone el desempeño del modelo Mini-Xception entrenado sobre el conjunto de datos RAF-DB, utilizando métricas comunes en tareas de clasificación multiclase, como precisión, recall, Matriz de confusión, F1-Score y latencia. Estos resultados permiten validar la capacidad del modelo para reconocer emociones como felicidad, tristeza, enojo, sorpresa, disgusto, miedo y neutralidad.

Posteriormente, se describen los resultados funcionales de la plataforma web, la cual integra el modelo de reconocimiento emocional y permite su uso en tiempo real. Se presentan capturas de pantalla que ilustran el flujo de navegación para los diferentes perfiles de usuario, incluyendo tanto al usuario final (Adulto Mayor) como al administrador. Esta sección destaca funcionalidades clave como el registro y verificación facial, la visualización de videos con análisis emocional, la presentación de resultados, y la gestión de usuarios y reportes.

#### **3.1 Resultados de la evaluación del modelo**

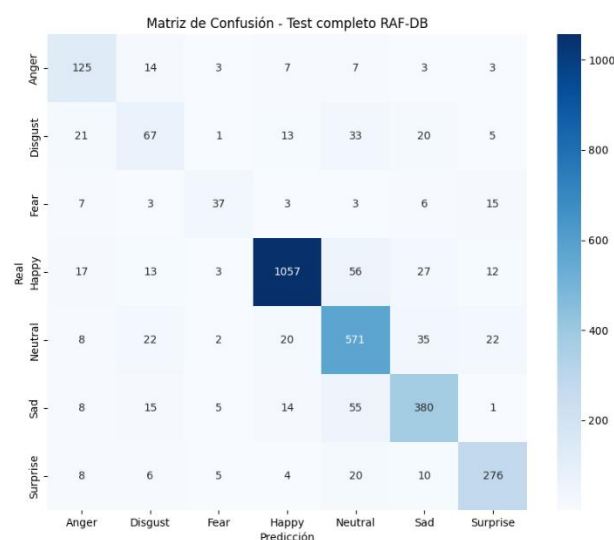
Para validar el rendimiento del modelo Mini-Xception en la tarea de clasificación de emociones faciales, se aplicaron las métricas descritas en el capítulo anterior. El conjunto de prueba del dataset RAF-DB fue utilizado para obtener estos resultados, con un enfoque en la clasificación multiclase de emociones: felicidad, tristeza, enojo, sorpresa, disgusto, miedo y neutralidad (Ver Tabla 13).

**Tabla 13***Resultados generales del modelo Mini-Xception en el conjunto de prueba*

Métrica	Valor (%)
Precisión general (accuracy)	81.91
Promedio de precisión por clase	73.03
Recall promedio por clase (macro)	72.23
F1-Score promedio por clase (macro)	72.32

**Matriz de confusión**

En la Figura 22 se presenta la matriz de confusión correspondiente a la evaluación del modelo. Esta visualización permite analizar los aciertos y errores específicos por clase. Se observa un alto nivel de precisión en clases como Felicidad (Happy) y Neutral (Neutral), mientras que se evidencia cierta confusión en clases como Disgusto (Disgust) y Miedo (Fear), posiblemente debido a la menor cantidad de muestras o a la similitud visual entre expresiones.

**Figura 22***Matriz de confusión del modelo Mini-Xception en el conjunto de prueba*

*Nota: Resultados obtenidos con el dataset RAF-DB.*

### **Análisis detallado por clase de emoción**

La Tabla 14 presenta las métricas de evaluación por clase de emoción, lo cual permite analizar con mayor profundidad el comportamiento del modelo Mini-Xception frente a cada una de las expresiones faciales evaluadas.

**Tabla 14**

*Desempeño del modelo Mini-Xception por clase de emoción*

<b>Emoción</b>	<b>Precisión (%)</b>	<b>Recall (%)</b>	<b>F1-Score (%)</b>	<b>Soporte</b>
Anger (Enojo)	64.43	77.16	70.22	162
Disgust (Disgusto)	47.86	41.88	44.67	160
Fear (Miedo)	66.07	50.00	56.92	74
Happy (Felicidad)	94.54	89.20	91.79	1185
Neutral (Neutral)	76.64	83.97	80.14	680
Sad (Tristeza)	79.00	79.50	79.25	478
Surprise (Sorpresa)	82.63	83.89	83.26	329

### **Latencia del modelo en tiempo de ejecución**

Además del rendimiento en términos de precisión y clasificación, se evaluó la latencia del modelo Mini-Xception, entendida como el tiempo que tarda en procesar una imagen desde su ingreso hasta la generación de una clasificación.

Esta métrica resulta especialmente relevante para aplicaciones en tiempo real, como la plataforma web desarrollada para adultos mayores, donde una respuesta rápida mejora significativamente la experiencia del usuario.

La medición se realizó en un entorno local con recursos limitados (procesador Intel Core i5, 16 GB de RAM y sin aceleración por GPU), simulando el comportamiento de la plataforma en condiciones reales de uso. Para ello, se utilizaron imágenes de rostros, se aplicó el preprocesamiento correspondiente (detección, recorte y normalización) y se ejecutó la inferencia con el modelo entrenado. Se repitió el proceso con varias imágenes y se calculó el tiempo promedio de ejecución (Ver Tabla15).

**Tabla 15**

*Tiempo promedio de procesamiento por imagen*

<b>Métrica</b>	<b>Tiempo (ms)</b>
Tiempo promedio por imagen	91.0 ± 1.0

Este resultado indica que el modelo puede operar en tiempo real con una latencia suficientemente baja para mantener una experiencia fluida en la plataforma.

### **3.2 Resultados de la Plataforma web**

La plataforma web desarrollada permite la interacción tanto de usuarios finales como del administrador, ofreciendo una experiencia personalizada y funcional en torno a la detección automática de emociones mediante reconocimiento facial.

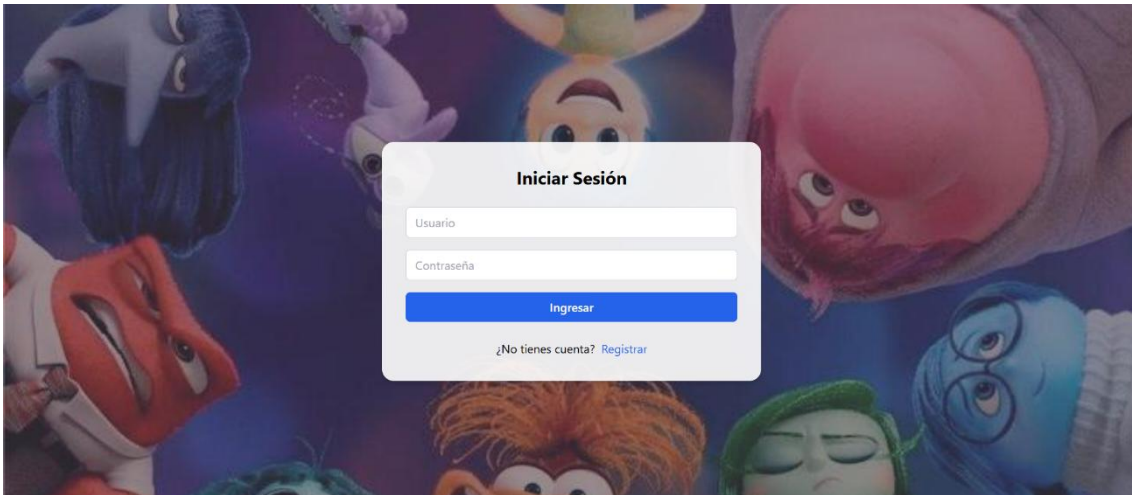
A continuación, se describen las funcionalidades clave, ilustradas con capturas representativas de cada flujo de navegación.

#### **3.2.1 Interfaz del Usuario Final**

El adulto mayor o cuidador inicia su experiencia desde la pantalla de inicio de sesión (login) (Ver Figura 23). Tras autenticarse, se realiza una verificación facial para validar que el rostro corresponde con el usuario registrado (Ver Figura 24). Si la verificación es exitosa, la plataforma permite el acceso a las funcionalidades disponibles para el perfil.

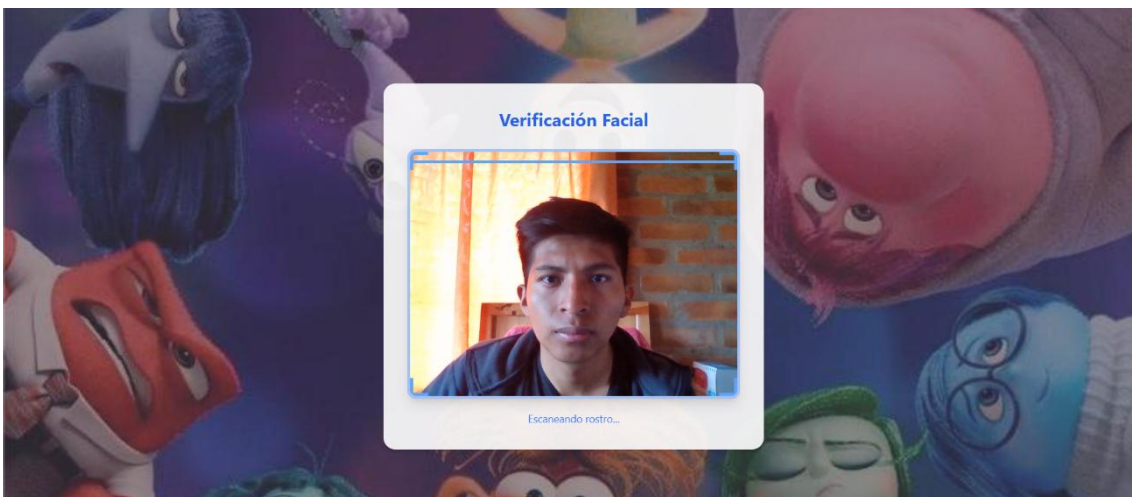
**Figura 23**

*Pantalla de login de la plataforma para el usuario final*



**Figura 24**

*Verificación facial tras el login*



En caso de no tener las credenciales para iniciar sesión, la plataforma facilita registrarse a un adulto mayor. La plataforma permite registrar a nuevos adultos mayores mediante un formulario intuitivo que solicita información personal básica como nombres, apellidos, dirección, teléfono, género, correo electrónico, y datos de inicio de sesión. Además, se incluye la funcionalidad de captura de foto de perfil como parte del proceso de enrolamiento facial (Ver Figura 25).

## Figura 25

*Formulario de registro para adultos mayores*



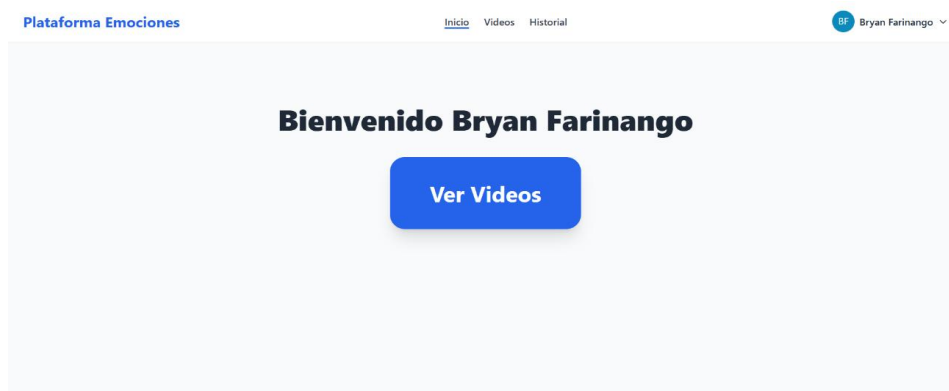
El formulario de registro para adultos mayores se muestra sobre un fondo con personajes de Pixar. El formulario tiene el título "Registrar Adulto Mayor" y los siguientes campos:

- Nombre (campo de texto)
- Apellido (campo de texto)
- Dirección (campo de texto)
- Teléfono (campo de texto)
- Edad/sexo/años (campo de texto con ícono de calendario)
- Seleccionar Género (menú desplegable)
- Botón "Tomar foto de perfil" (botón azul)
- Cuenta electrónica (campo de texto)
- Nombre de usuario (campo de texto)
- Contraseña (campo de texto)
- Botón "Registrar" (botón azul)
- Enlace "¿Ya tienes cuenta? Iniciar sesión" (enlace azul)

Una vez dentro de la plataforma, el usuario puede acceder a los contenidos audiovisuales a través del botón “Ver Videos” (Ver Figura 26) o al dar clic en la parte superior del menú en “Videos” (Ver Figura 27).

## Figura 26

*Vista de la plataforma del usuario final luego del ingreso exitoso*



## Figura 27

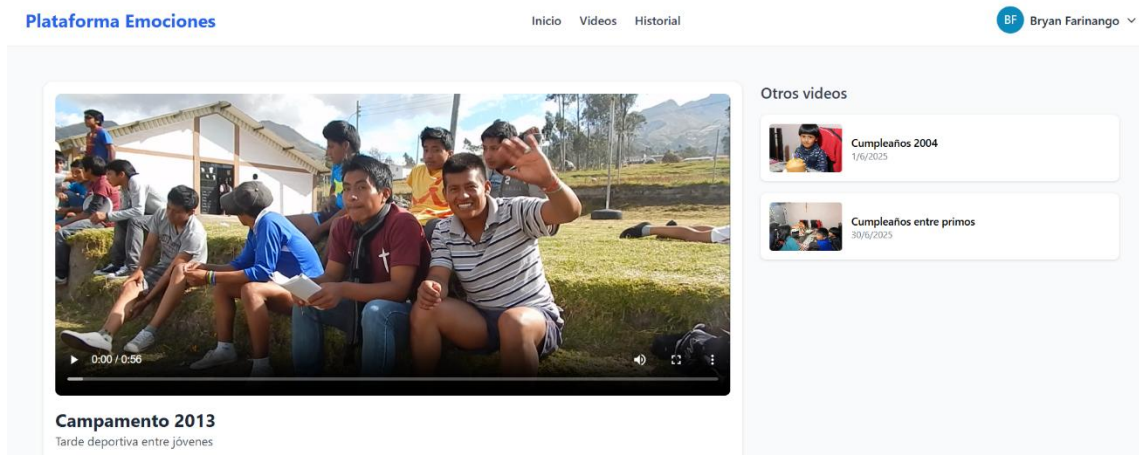
*Interfaz de selección de videos disponibles*



Al seleccionar la opción “Ver Video”, la plataforma dirige al usuario a la vista de reproducción de videos (similar a YouTube), donde se muestra el video seleccionado en el centro de la pantalla (Ver Figura 28).

## Figura 28

*Vista del reproductor de video con análisis de emociones y lista lateral ordenada según emociones predominantes detectadas*



A la derecha se muestra una lista de videos ordenados automáticamente según la emoción predominante detectada en sus reproducciones, priorizando las emociones más frecuentes y considerando la cantidad de visualizaciones. Este orden prioriza aquellos

videos que han generado mayores niveles de Felicidad, seguidos por los que predominan en emociones como Disgusto, Neutral, Enojo, Sorpresa, Miedo y Tristeza. Esta organización personalizada facilita que el usuario explore primero los contenidos que han producido respuestas emocionales más positivas.

Al iniciar el video se activa la cámara y se realiza el análisis emocional utilizando la red neuronal entrenada Mini-Xception para detectar la emoción predominante; Cada dos segundos, la cámara captura la imagen del rostro del adulto mayor y detecta la emoción reflejada (Ver Figura 29).

Una vez finalizada la reproducción del video, la plataforma calcula la emoción global del video ponderada a partir de todas las detecciones realizadas con su respectivo nivel de confianza, y se ofrecen opciones para continuar navegando: ver más videos o regresar al listado (Ver Figura 30).

## Figura 29

### *Análisis emocional en tiempo real*



Otros videos

**Cumpleaños 2004**  
1/6/2025

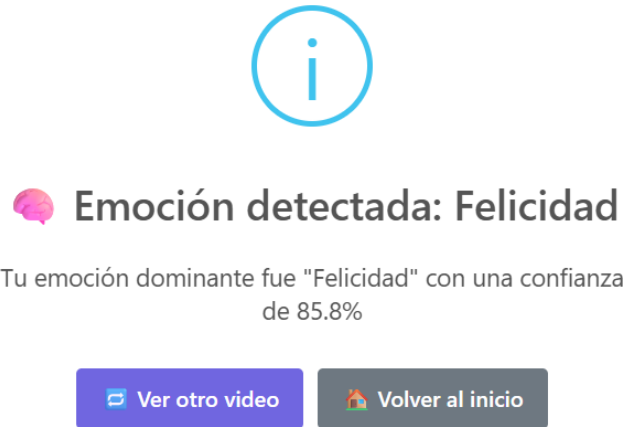
**Cumpleaños entre primos**  
30/6/2025

**Campamento 2013**  
Tarde deportiva entre jóvenes

Emoción actual:  
😊 **FELICIDAD - 100%**

## Figura 30

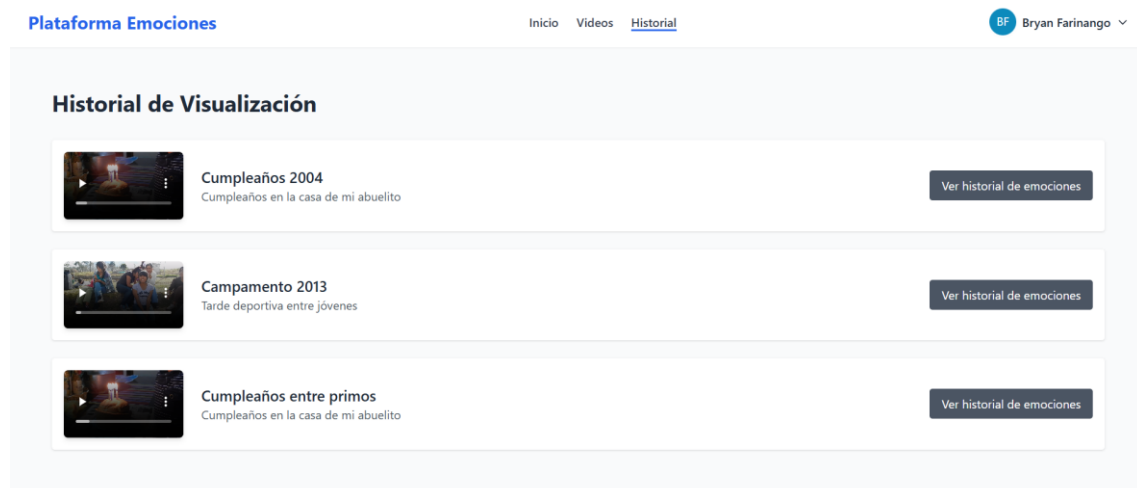
*Resultado del análisis emocional una vez finalizado el video*



El usuario final puede acceder al historial emocional por video en el menú “Historial” (Ver figura 31) y podrá ver la fecha de detección, la emoción detectada y la confianza emocional (Ver Figura 32).

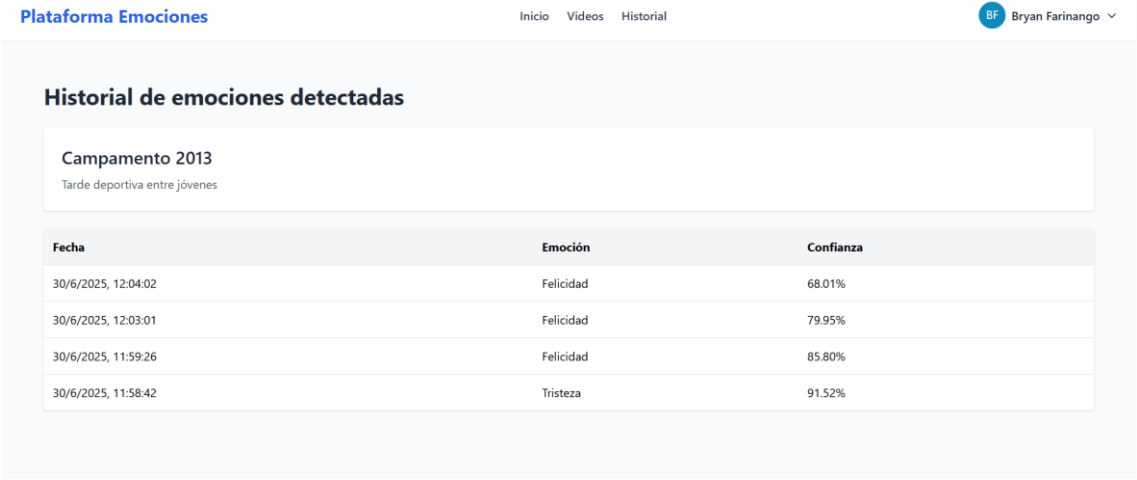
## Figura 31

*Vista del historial de visualización*



## Figura 32

Vista del historial del historial emocional por video

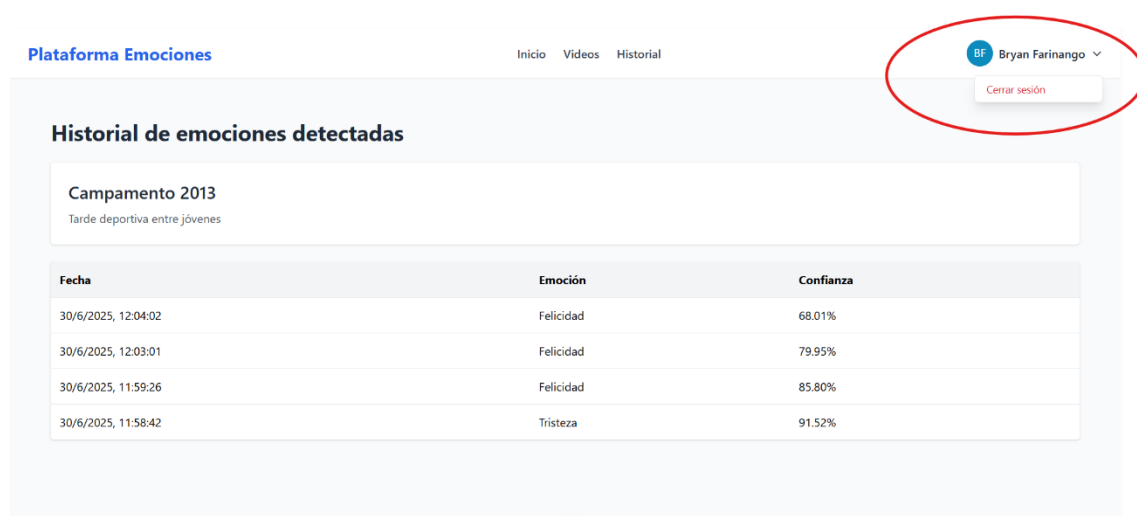


Fecha	Emoción	Confianza
30/6/2025, 12:04:02	Felicidad	68.01%
30/6/2025, 12:03:01	Felicidad	79.95%
30/6/2025, 11:59:26	Felicidad	85.80%
30/6/2025, 11:58:42	Tristeza	91.52%

En la parte superior derecha de la plataforma, el usuario cuenta con el botón de “Cerrar sesión”, que le permite finalizar su sesión de manera segura en cualquier momento. Esta opción es accesible en todo momento, independientemente de la sección en la que se encuentre el usuario (Ver Figura 33).

## Figura 33

Botón de "Cerrar sesión" en la parte superior derecha de la interfaz

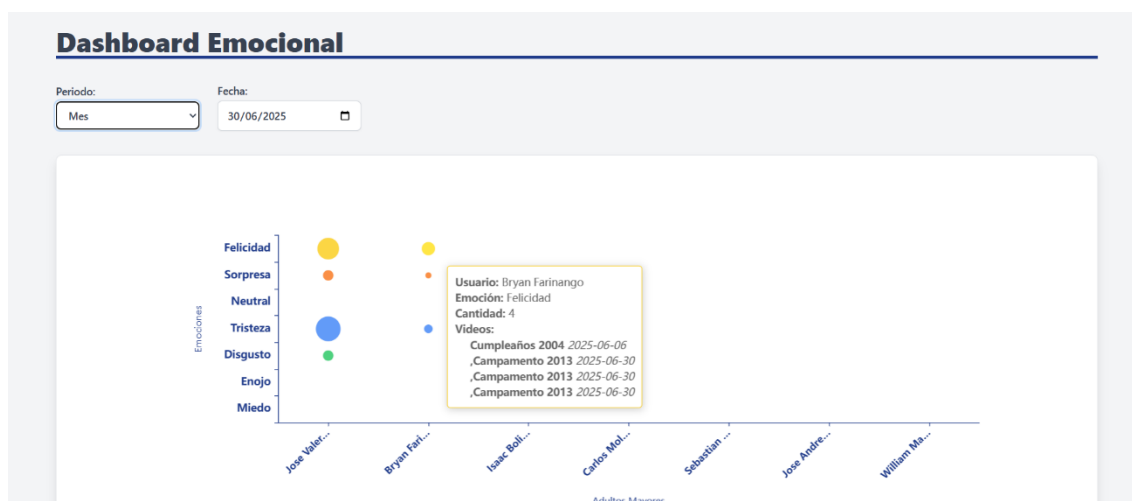


### 3.2.2 Funcionalidades del Administrador

El perfil de administrador también inicia con login y verificación facial. Una vez validado, accede a un panel principal con una vista general de las estadísticas agregadas de todos los usuarios. En este dashboard se presenta una gráfica con las emociones detectadas (eje Y) distribuidas por usuarios, los cuales son los adultos mayores (eje X), lo que permite tener una visión global del comportamiento emocional registrado (Ver Figura 34).

**Figura 34**

*Dashboard principal del administrador con estadísticas globales*



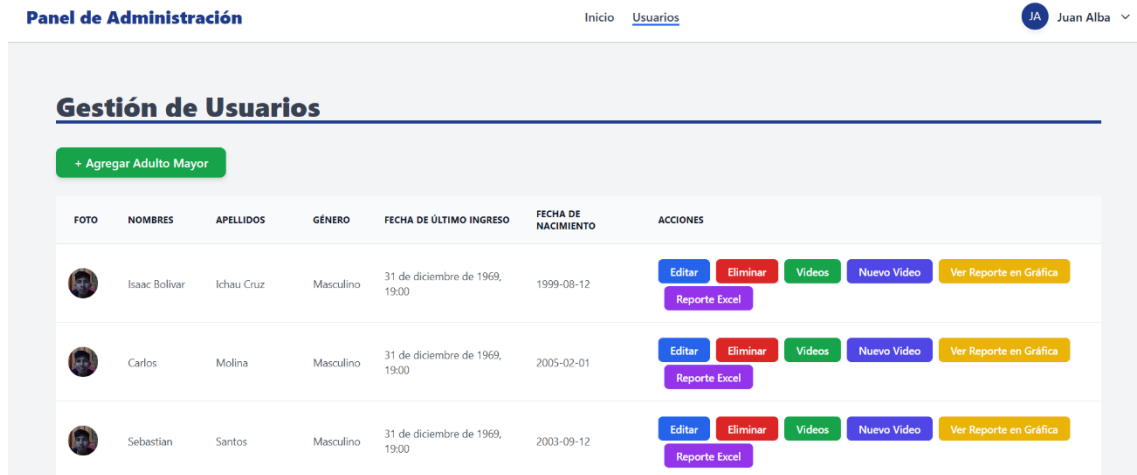
Desde la barra superior de navegación, el administrador puede acceder al módulo “Usuarios”, donde se listan todos los usuarios registrados en la plataforma, junto con funciones específicas para cada uno (Ver Figura 35):

- **Agregar adulto Mayor:** Crear un nuevo usuario.
- **Editar o eliminar** usuarios.
- **Videos:** ver los videos asignados a un usuario.

- **Nuevo video:** cargar videos individuales para ese usuario.
- **Ver reporte en gráfica:** visualizar un gráfico personalizado de emociones para ese usuario (Ver Figura 36).
- **Reporte Excel:** descargar los registros emocionales de un usuario en formato Excel.

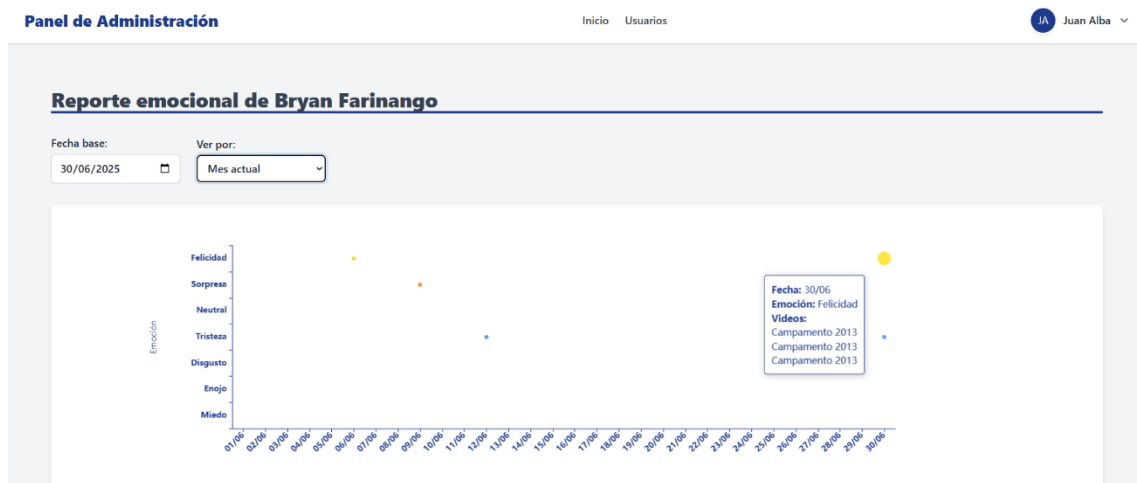
**Figura 35**

*Vista de administración de usuarios*



**Figura 36**

*Gráfica personalizada por usuario (emociones vs. fechas)*



### 3.2.3 Resultados de pruebas funcionales

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los distintos módulos implementados en la plataforma web, se realizaron pruebas funcionales controladas que simulan el uso real de las principales funcionalidades: autenticación, registro de usuario, detección de emociones, y visualización de resultados.

Cada caso de prueba fue diseñado con base en criterios esperados de comportamiento y se ejecutó en condiciones reales de uso. En las Tablas 16, 17, 18 y 19 se detallan los resultados completos y análisis.

**Tabla 16**

*Resultados detallados: Autenticación de usuario*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Estado</b>
CP-AUTH-01	Ingreso correcto	Usuario: admin Contraseña: 123456	Acceso y redirección al dashboard	Acceso exitoso	Aprobado
CP-AUTH-02	Contraseña incorrecta	Usuario: admin Contraseña: errónea	Mensaje: “Credenciales incorrectas”	Mensaje mostrado correctamente	Aprobado
CP-AUTH-03	Usuario no registrado	Usuario: admin2 Contraseña: 123456	Mensaje: “Usuario no registrado”	Mensaje mostrado correctamente	Aprobado
CP-AUTH-04	Campos vacíos	Usuario: vacío Contraseña: vacío	Mensaje de validación por campos requeridos	Validación correcta	Aprobado
CP-AUTH-05	Usuario inactivo	Usuario: admin Contraseña: 123456	Mensaje: “Cuenta inactiva”	Mensaje mostrado	Aprobado

**Tabla 17**

*Resultados detallados: Registro de usuario*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Estado</b>
CP-REG-01	Registro exitoso	Todos los campos completos y válidos	Usuario registrado correctamente	Usuario creado	Aprobado
CP-REG-02	Usuario ya registrado	Usuario duplicado	Mensaje de error: "Usuario ya registrado"	Mensaje mostrado	Aprobado
CP-REG-04	Campos obligatorios vacíos	Nombres, apellidos, correo, usuario, contraseña vacíos	Validación y mensaje de error	Validación correcta	Aprobado

**Tabla 18**

*Resultados detallados: Detección de emociones*

<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Estado</b>
CP-EMO-01	Imagen con rostro válido	Imagen clara	Emoción detectada correctamente	Emoción: "Feliz" detectada	Aprobado
CP-EMO-02	Imagen sin rostro	Imagen sin personas	Mensaje: "No se detectó rostro"	Mensaje mostrado	Aprobado

**Tabla 19**

*Resultados detallados: Visualización de resultados*

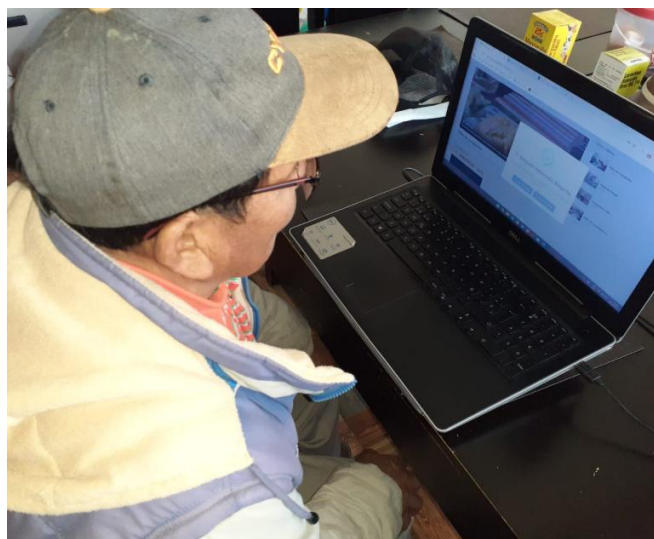
<b>Código</b>	<b>Descripción del caso</b>	<b>Datos de entrada</b>	<b>Resultado esperado</b>	<b>Resultado obtenido</b>	<b>Estado</b>
CP-RES-01	Consulta correcta de reporte emocional	Usuario con videos asignados	Mostrar tabla de historial emociones por video	Resultados cargados correctamente	Aprobado
CP-RES-02	Consulta de reporte sin emociones detectadas	Usuario sin registros aún	Mensaje: "No hay resultados disponibles"	Mensaje mostrado	Aprobado

### 3.3 Validación de la plataforma web con usuario real

Para evaluar el impacto y la usabilidad de la plataforma, se realizó una prueba piloto con adultos mayores de la comunidad de la comunidad Chirihuasi quienes interactuaron directamente con el sistema (Ver figura 37). Inicialmente, se conversó brevemente con un adulto mayor para conocer su estado de ánimo antes de la prueba, el cual se encontraba en un estado neutral.

#### **Figura 37**

*Adulto mayor interactuando con la plataforma durante la prueba piloto*



Durante la sesión, el usuario visualizó una serie de videos personalizados a través de la plataforma, diseñada para detectar emociones predominantes y mostrar contenido acorde para mejorar su estado emocional. Después de la visualización, se le solicitó expresar nuevamente su estado de ánimo, el cual mostró una clara mejoría, manifestando alegría y entusiasmo.

Esta experiencia práctica permitió observar cómo la plataforma no solo realiza un reconocimiento de las emociones, sino que también puede influir positivamente en el bienestar emocional del usuario

## CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo general desarrollar una plataforma web para la detección de emociones en adultos mayores mediante el uso de una red neuronal convolucional (CNN). A partir del cumplimiento de los objetivos específicos, se presentan a continuación las principales conclusiones derivadas del trabajo:

El modelo Mini-Xception, entrenado sobre el conjunto de datos RAF-DB, alcanzó una precisión general del 81.91 % y un valor de F1-score macro de 72.32 %. Estos resultados demuestran que la arquitectura propuesta es capaz de reconocer de manera equilibrada las emociones humanas básicas, incluso aquellas con menor representación en el conjunto de entrenamiento. Este desempeño evidencia que el modelo cumple de forma satisfactoria con el objetivo de clasificación de emociones faciales en condiciones no controladas.

La elección del dataset RAF-DB resultó adecuada para entrenar un modelo generalizable, gracias a su diversidad de muestras y sus etiquetas bien definidas. Sin embargo, se identificó un desbalance entre clases, lo cual afectó el rendimiento del modelo en emociones como disgust y fear. Esta situación destaca la importancia de utilizar datasets balanceados y contextualizados para evitar sesgos y mejorar la precisión en la predicción emocional, especialmente en poblaciones específicas como los adultos mayores.

Se evaluó el tiempo de inferencia del modelo ejecutado en un entorno local sin aceleración por GPU (procesador Intel Core i5, 16 GB de RAM), obteniendo un tiempo promedio de procesamiento de  $91.0 \pm 1.0$  milisegundos por imagen, excluyendo el primer ciclo de inferencia. Este tiempo de respuesta permite cumplir con los requerimientos funcionales establecidos y demuestra que el sistema puede operar en tiempo real sin comprometer la experiencia del usuario.

Se realizaron pruebas controladas con adultos mayores, en las cuales se les solicitó expresar su estado de ánimo antes y después de visualizar contenidos personalizados a través de la plataforma. Los resultados obtenidos reflejan una mejora en el estado emocional posterior a la interacción con el sistema, lo cual respalda la hipótesis de que este tipo de tecnologías puede contribuir positivamente al bienestar emocional de dicha población.

A lo largo del desarrollo de esta investigación se cumplió con todos los objetivos propuestos: se diseñó e implementó una plataforma web funcional para el reconocimiento de emociones; se integró un modelo CNN entrenado específicamente para esta tarea; se evaluaron las métricas de rendimiento técnico (precisión y latencia); y se realizó una validación práctica con usuarios reales. Estos logros permiten concluir que la solución planteada es viable técnica y socialmente.

## RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos y resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para futuros trabajos relacionados con el presente estudio:

Se recomienda incluir imágenes capturadas de adultos mayores locales, o aplicar técnicas de aumento de datos (data augmentation) para mejorar la representación de clases menos frecuentes. Esto contribuiría a mejorar la precisión del modelo y reducir la confusión entre emociones similares.

La detección facial actual basada en Haar-Cascade puede ser sustituida por técnicas más avanzadas y precisas, como MediaPipe o RetinaFace, que ofrecen un desempeño más estable frente a variaciones de iluminación, ángulos y expresiones parciales.

Para garantizar la escalabilidad de la plataforma, se recomienda migrar la arquitectura actual en capas a un modelo cliente-servidor desplegado en la nube. Esto permitiría que múltiples usuarios puedan acceder al sistema de manera simultánea desde diferentes ubicaciones, optimizando el procesamiento de solicitudes y reduciendo la dependencia del entorno local. Además, esta implementación facilitaría la incorporación de balanceadores de carga y almacenamiento distribuido, permitiendo manejar un mayor volumen de datos e interacciones sin afectar el rendimiento.

Considerando que el sistema procesa información sensible de adultos mayores, es fundamental establecer un plan de respaldo que incluya la generación periódica de copias de seguridad cifradas y su almacenamiento en servidores externos o en sistemas de almacenamiento redundante. En cuanto al mantenimiento, se recomienda implementar rutinas preventivas para la actualización de librerías, la optimización del rendimiento del modelo CNN y la aplicación de parches de seguridad. También se sugiere un mantenimiento evolutivo que contemple mejoras en la interfaz, incorporación de nuevas

emociones y adaptación a diferentes dispositivos para mantener la vigencia y efectividad de la plataforma.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armadillo Amarillo. (2022). Metodologías ágiles de desarrollo de software.

<https://www.armadilloamarillo.com/blog/metodologias-agiles-de-desarrollo-software/>

AWS. (s.f.). ¿Qué es la IA? - Explicación de la inteligencia artificial.

<https://aws.amazon.com/es/what-is/artificial-intelligence/>

AWS. (2022). ¿Qué es una red neuronal? <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>

AWS. (2024). ¿Qué es el ajuste de hiperparámetros? <https://aws.amazon.com/es/what->

[is/hyperparameter-tuning/](https://aws.amazon.com/es/what-is/hyperparameter-tuning/)

Axarnet. (2024). Tipos de bases de datos: Cuál elegir para tu web. <https://axarnet.es/blog/tipos->

[bases-datos](https://axarnet.es/blog/tipos-bases-datos)

Chung, J., Xu, Y. y Li, H. (2025). Optimización de la asistencia quirúrgica robótica: El rol y las funciones del asistente quirúrgico en procedimientos asistidos por robot. *Surgical*

*Endoscopy*, 39(3), 1420-1432. <https://doi.org/10.1007/s00464-024-11206-x>

Cardarilli, G. C., Di Nunzio, L., Fazzolari, R., Giardino, D., Nannarelli, A., Re, M., & Spanò,

S. (2021). A pseudo-softmax function for hardware-based high-speed image classification. *Scientific Reports*, 11, Article 15307.

<https://www.nature.com/articles/s41598-021-94691-7>

Carpentries Incubator. (2024). Compile and Train a Convolutional Neural

Network. <https://carpentries-incubator.github.io/intro-image-classification-cnn/04-fit-cnn.html>

Cleveroad. (2024). Understanding the Web Application Architecture Fundamentals.

<https://www.cleveroad.com/blog/web-application-architecture/>

Cloudflare. (2025). Cómo prevenir un ataque de inyección SQL.

<https://www.cloudflare.com/es-es/learning/security/threats/how-to-prevent-sql-injection/>

CodificandoBits. (s.f.). Parámetros e hiperparámetros en el Machine

Learning. <https://codificandobits.com/blog/parametros-hiperparametros-machine-learning/>

DataCamp. (2025). Tutorial PyTorch CNN: Construye y entrena redes neuronales

convolucionales. <https://www.datacamp.com/es/tutorial/pytorch-cnn-tutorial>

Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2021). ArcFace: Additive Angular Margin Loss for

Deep Face Recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine

Intelligence, 44(12), 1–12. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3087709>

[ACM Digital Library](#)

Dosovitskiy, A., et al. (2020). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image

Recognition at Scale. arXiv:2010.11929. <https://arxiv.org/abs/2010.11929>

ECCI. (2022). Fundamentos de Programación Web. [https://www.ecci.edu.co/wp-](https://www.ecci.edu.co/wp-content/uploads/2022/02/Fundamentos-de-Programacion-Web-version-1.0-EDITORIAL-ECCI.pdf)

[content/uploads/2022/02/Fundamentos-de-Programacion-Web-version-1.0-](https://www.ecci.edu.co/wp-content/uploads/2022/02/Fundamentos-de-Programacion-Web-version-1.0-EDITORIAL-ECCI.pdf)

[EDITORIAL-ECCI.pdf](https://www.ecci.edu.co/wp-content/uploads/2022/02/Fundamentos-de-Programacion-Web-version-1.0-EDITORIAL-ECCI.pdf)

ExpLLM: Towards Chain of Thought for Facial Expression Recognition. (2025). University of

Chinese Academy of Sciences et al. [RAF-DB contiene 15,000 imágenes anotadas en

siete expresiones básicas]. <https://chatpaper.com/es/chatpaper/paper/55443>

Explorando el reconocimiento de emociones basado en la CNN. (2023). Universidad de

Alicante.

[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/146996/1/Explorando\\_el\\_reconocimiento\\_de\\_emociones\\_basado\\_en\\_Albaladejo\\_Tasso\\_Melanie.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/146996/1/Explorando_el_reconocimiento_de_emociones_basado_en_Albaladejo_Tasso_Melanie.pdf)

García, R. et al. (2023). Web-Based FER Using TensorFlow.js. MobiDev.

<https://mobidev.biz/blog/web-application-architecture-types>

Gaya-Morey, F. X., Buades-Rubio, J. M., Palanque, P., Lacuesta, R., & Manresa-Yee, C.

(2025). Facial expression recognition based on deep learning for older adults: A systematic review (arXiv:2502.02618v1). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2502.02618>

Gallo, A. (2022). Reconocimiento facial: ¿Cómo la computadora sabe que tú eres tú? Medium.

<https://agustingallof.medium.com/reconocimiento-facial-c%C3%B3mo-la-compu-sabes-que-t%C3%BA-eres-t%C3%BA-f8baab6d6e35>

Géron, A. (2024). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow (3rd ed.). O'Reilly Media.

Glover, E. (2024, mayo 30). Facial recognition, explained. Built In.

<https://builtin.com/articles/facial-recognition-technology-explained>

GoDaddy. (2024). Bases de datos: Concepto, tipos, usos y ejemplos.

<https://www.godaddy.com/resources/latam/stories/que-es-una-base-de-datos>

Gomila, J. G. (2020, enero 28). La guía definitiva de las redes neuronales convolucionales.

Frogames. [https://cursos.frogamesformacion.com/pages/blog/la-guia-definitiva-de-las-redes-neuronales-convolucionales#google\\_vignette](https://cursos.frogamesformacion.com/pages/blog/la-guia-definitiva-de-las-redes-neuronales-convolucionales#google_vignette)

Grondhuis, T. et al. (2024). Explainable AI for Elderly Emotion Recognition. Nature Aging.

<https://ijarce.com/papers/emotion-recognition-of-elderly-people-using-deep-learning/>

- Hernández, J. (2023). Reconocimiento de expresiones faciales usando redes de cápsulas y Mini-Xception. Universidad Central de Venezuela. Recuperado de [http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20509/1/Tesis\\_Jose\\_Hernandez\\_Emociones.pdf](http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20509/1/Tesis_Jose_Hernandez_Emociones.pdf)
- Hiberus. (2023). Tipos de bases de datos: cuáles hay y por qué es importante elegirlos bien. <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/tipos-de-bases-de-datos-cuales-hay-y-por-que-es-importante-elegirlos-bien/>
- Huang, Z.-Y., Chiang, C.-C., Chen, J.-H., Chen, Y.-C., Chung, H.-L., Cai, Y.-P., & Hsu, H.-C. (2023). A study on computer vision for facial emotion recognition. Scientific Reports, 13, 8425. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35446-4>
- IBM. (2021). ¿Qué son las redes neuronales convolucionales? <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/convolutional-neural-networks>
- IJARCCCE. (2024). Emotion Recognition of Elderly People Using Deep Learning. <https://ijarccce.com/wp-content/uploads/2024/05/IJARCCCE.2024.134202.pdf>
- Informática SIS. (2021, agosto 12). Metodologías Ágiles. <https://informaticasis.com/metodologias-agiles/>
- Innovative Learning. (s.f.). Gestión de Proyectos Ágil vs Tradicional: una guía para elegir. <https://www.innovativelearning.eu/es/productos/gestion-de-proyectos-agil-vs-tradicional-una-guia-para-elegir.html>
- Ionos. (3 de Noviembre de 2024). Red Neuronal Convolucional [FOTOGRAFÍA]. Obtenido de Convolutional Neural Network: ¿qué es una red neuronal convolucional (CNN)?: <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/convolutional-neural-network/>

- Kaspersky. (2025). Inyección de SQL y cómo prevenirla. Recuperado de <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/sql-injection>
- Korkmaz, A., Talan, T., Koşunalp, S., & Iliev, T. (2025). Comparison of deep learning models in automatic classification of coffee bean species. *PeerJ Computer Science*, 11, e2759. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2759>
- DhanushKumar. (2023, noviembre 29). Max pooling. Medium. <https://medium.com/@danushidk507/max-pooling-ef545993b6e4>
- LACNIC. (2025, febrero 17). Cómo prevenir un ataque de inyección de SQL. <https://blog.lacnic.net/como-prevenir-un-ataque-de-inyeccion-de-sql/>
- Li, C., Li, D., Zhao, M., & Li, H. (2023). A Light-Weight Convolutional Neural Network for Facial Expression Recognition using Mini-Xception Neural Networks. *QRS-C2022 Proceedings*, 657-664. <https://qrs22.techconf.org/download/webpub2022/pdfs/QRS-C2022-6ZV0KHtj9FyqYCij5Inlun/199100a656/199100a656.pdf>
- Li, M. (2025). Research and Analysis of Facial Recognition Based on FaceNet, DeepFace, and OpenFace. *ITM Web of Conferences*, 70, 03009. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20257003009GitHub+2ResearchGate+2ITMConferences+2>
- Li, W., & Deng, W. (2020). Reliable crowdsourcing and deep locality-preserving learning for expression recognition in the wild. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29, 2341–2354. [https://openaccess.thecvf.com/content\\_cvpr\\_2017/papers/Li\\_Reliable\\_Crowdsourcing\\_and\\_CVPR\\_2017\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Li_Reliable_Crowdsourcing_and_CVPR_2017_paper.pdf)

Liu, Z., et al. (2022). A ConvNet for the 2020s. arXiv:2201.03545.

<https://arxiv.org/abs/2201.03545>

Medium. (1 de Mayo de 2022). Ubicación de los 68 landmarks en el rostro [FOTOGRAFÍA].

Obtenido de Reconocimiento facial ¿Cómo la compu sabe que tú, eres tú? :

<https://agustingallof.medium.com/reconocimiento-facial-c%C3%B3mo-la-compu-sabes-que-t%C3%BA-eres-t%C3%BA-f8baab6d6e35>

Merchan, L., & Merchan, J. (2025). ¿Qué son las redes neuronales? Tu guía 2025.

AllMarket.AI. <https://allmarket.ai/blog/que-son-redes-neuronales/>

Mobbeel. (2025). ¿Qué es el NIST? Recuperado de <https://www.mobbeel.com/blog/que-es-el-nist/>

MobiDev. (2024). Web Application Architecture: Choosing the Best for Your Product.

<https://mobidev.biz/blog/web-application-architecture-types>

Napoleone, M., & Laborde López, Z. (2022). Envejecimiento y anatomía facial. EIMEC

Scientific, 1(1), 54-55. <https://www.eimecscientific.com/wp-content/uploads/2022/05/EIMECSCIENTIFIC-Vol1-Issue1-Aplicacio%CC%81n-de-te%CC%81cnicas-combinadas-para-rejuvenecimiento-del-rostro.-De-la-teori%CC%81a-a-la-pra%CC%81ctica.pdf>

Nucamp. (2024). Building Scalable Web Architectures: A Beginner's Guide.

<https://www.nucamp.co/blog/coding-bootcamp-web-development-fundamentals-building-scalable-web-architectures-a-beginners-guide>

O'Mahony, N. et al. (2024). Barriers to FER Adoption in Healthcare. Journal of Medical

Systems. <https://dspace.umh.es/jspui/bitstream/11000/30233/1/TFG-G%C3%B3mez%20Pujante,%20Bego%C3%B1a.pdf>

OpenGenus. (s.f.). Different types of CNN models. IQ OpenGenus.

<https://iq.opengenus.org/different-types-of-cnn-models/>

OWASP. (2023). Top 10 Web Application Security Risks. <https://owasp.org/www-project-top-ten/>

Pedersen, M. (2025, March 3). How many emotions are there and how do they manifest?

iMotions. <https://imotions.com/blog/learning/research-fundamentals/how-many-emotions/>

Park, H. et al. (2025). Multimodal Emotion Recognition for Elderly Healthcare. arXiv.

<https://arxiv.org/abs/2502.02618>

PhoenixNAP. (2024). Base de datos de sitio web. <https://phoenixnap.mx/glosario/base-de-datos-del-sitio-web>

Positiwise. (2024). Web Application Architecture: The Latest Guide 2024.

<https://positiwise.com/blog/web-application-architecture>

Prado, E. (2024, mayo 14). Inteligencia Artificial (IA) en Desarrollo Web. LatinCloud.

<https://latincloud.com/blog/inteligencia-artificial-ia-en-desarrollo-web/>.

Python Software Foundation. (2024). SQLAlchemy Documentation.

<https://docs.sqlalchemy.org/>

Ramos-Zacarías, G., Gil-Ríos, M. Á., López Martínez, A., & Juárez Ramírez, M. D. (2025).

Clasificación de emociones con reconocimiento facial utilizando aprendizaje profundo.

Reaxion, 12(2). [En línea]. Disponible en:

[http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_Clasificacion\\_de\\_emociones\\_con\\_reconocimiento\\_facial\\_utilizando\\_aprendizaje\\_profundo.html](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Clasificacion_de_emociones_con_reconocimiento_facial_utilizando_aprendizaje_profundo.html)

- Redalyc. (2025). Redes neuronales convolucionales para detección de retinopatía hepática. <https://www.redalyc.org/journal/5055/505580145008/html/>
- ResearchGate. (Enero de 2021). [FOTOGRAFÍA]. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-143-Diagrama-de-gradientes-aplicado-a-un-rostro-a-Imagen-en-escala-de-grises\\_fig7\\_348559106](https://www.researchgate.net/figure/Figura-143-Diagrama-de-gradientes-aplicado-a-un-rostro-a-Imagen-en-escala-de-grises_fig7_348559106)
- Revista ASRI. (2023). Cognición artificial: delegación de inteligencia en la era digital. <https://revistaasri.com/article/download/5383/5580/17254>
- Salvador, I. E., Guerrero, G. O., & Salvador, G. V. (2020). Mini-Xception Architecture for sex recognition using non-Caucasian faces from the north of Peru. Revista Mathema, 3(1), 29-34. <http://revistas2.unprg.edu.pe/ojs/index.php/mathema/article/view/432/188>
- Shintaro, C. M., William, F. N., & Sari, A. C. (2022). Facial expression recognition using CNN for healthcare. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 100(5), 1227–1231. <https://www.jatit.org/volumes/Vol100No5/3Vol100No5.pdf>
- Sönmez, E.B. (2023). Synthetic Datasets for Elderly FER. Computer Vision and Pattern Recognition. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642023000100117](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642023000100117)
- Tan, M., & Le, Q. (2021). EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training. arXiv:2104.00298. <https://arxiv.org/abs/2104.00298>
- Telefónica Tech. (s.f.). ¿Qué es la Inteligencia Cognitiva? <https://telefonicatech.com/techiepedia/inteligencia-cognitiva>
- Tuatará. (2024). Seguridad en desarrollo web: prácticas y herramientas. <https://tuatará.co/blog/software/seguridad-en-desarrollo-web/>

Unicarl Rogers. (2024). 3 diferencias entre sentimientos y emociones.

<https://unicarlrogers.com.mx/3-diferencias-entre-sentimientos-y-emociones-%E2%9A%A1%F0%9F%A7%A0/>

UPB. (2020). Estudio comparativo de metodologías tradicionales y ágiles.

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9611/223\\_1%20\(1\).pdf?se](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9611/223_1%20(1).pdf?se)

Viso.ai. (2024). Xception Model: Analyzing Depthwise Separable Convolutions.

<https://viso.ai/deep-learning/xception-model/>

Cao, Q., Shen, L., Xie, W., Parkhi, OM y Zisserman, A. (2018). VGGFace2: Un conjunto de datos para el reconocimiento de rostros según la pose y la edad. 13.ª Conferencia Internacional IEEE sobre Reconocimiento Automático de Rostros y Gestos (FG 2018), 67–74. <https://doi.org/10.1109/FG.2018.00020>

Tutuianu, GI, Liu, Y., Alamäki, A. y Kauttonen, J. (2023). Evaluación comparativa del reconocimiento profundo de expresiones faciales: Un protocolo extenso con un conjunto de datos equilibrado en la práctica. arXiv . <https://arxiv.org/abs/2311.02910>

Li, S., Deng, W., & Du, J. (2017). Reliable crowdsourcing and deep locality-preserving learning for unconstrained facial expression recognition. IEEE Transactions on Image Processing, 28(1), 356–370. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30183631/>

Patiño-Pérez, D., et al. (2025). Redes neuronales convolucionales para la detección de retinopatía diabética . Ingenio, Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/8846/9375>

W3C. (2020). CSS Grid Layout Module Level 1. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/css-grid-1/>

MDN Web Docs. (2024). JavaScript. Recuperado de <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>

Mozilla Developer Network. (2024). Cross-Site Request Forgery (CSRF). Recuperado el 9 de agosto de 2025, de <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Security/Attacks/CSRF>

Kang, W., & Kim, D. (2021). Deeply Shared Filter Bases for Parameter-Efficient Convolutional Neural Networks. En Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2021).  
<https://proceedings.neurips.cc/paper/2021/file/3cf2559725a9fdfa602ec8c887440f32-Paper.pdf>

## ANEXOS

Anexo 1: Entrevista

**Fecha:** 1 de mayo del 2025

**Lugar:** Pontificia universidad católica del Ecuador sede Ibarra

**Duración:** 30 minutos

**Entrevistada:** Sra. Dulce Rivero

**Tipo de preguntas:** Abiertas

**1. ¿Cuáles son las funciones más importantes que debería tener la plataforma para detectar y reportar emociones en adultos mayores?**

La plataforma debe capturar las emociones de los adultos mayores, debería poder verse el reporte emocional por usuario y en la parte del administrador también el reporte en general de todos los usuarios. La plataforma debe tener seguridad al iniciar sesión, debe tener reconocimiento facial.

**2. ¿Qué cosas harían que la plataforma sea fácil de usar para los adultos mayores?**

Debe tener botones grandes y llamativos para que los adultos mayores puedan usar la plataforma de manera sencilla. Además, no debe ser muy complicado iniciar sesión o registrarse.

**3. ¿Le gustaría poder ver el historial de emociones de los adultos mayores?**

Si, por usuario y también el reporte emocional en general de todos los usuarios.

**4. ¿Cómo debería manejar la plataforma el almacenamiento y consulta del historial de emociones detectadas?**

Debe almacenarse las emociones detectadas y la información personal del usuario.

**5. ¿Qué medidas de seguridad y privacidad espera que tenga la plataforma para proteger los datos personales?**

Autenticación doble factor, inicio de sesión con credenciales y con reconocimiento facial.

**6. ¿Qué cosas cree que debemos tener en cuenta para que la plataforma sea fácil de usar para los adultos mayores?**

La plataforma no debe tener tantos menús innecesarios o botones que lo lleven a muchas páginas, esto puede causar confusión al adulto mayor.

7. **¿Qué tipo de soporte o capacitación cree que se debería ofrecer a los adultos mayores?**

Se debería dar unas indicaciones de cómo se maneja la plataforma web y lo más esencial que es la parte de visualización de videos.

## Anexo 2: Carta de aceptación del sistema por parte del grupo GISI



### A quien pueda Interesar

Por medio de la presente, la Coordinación de Investigación de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, confirma que el estudiante **FARINANGO IPIALES BRYAN ISAIAS** portador de la cédula de ciudadanía N.º 1004213573 desarrolló el Trabajo de Titulación denominado **"PLATAFORMA WEB PARA LA DETECCIÓN DE EMOCIONES EN ADULTOS MAYORES MEDIANTE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL"**, cumpliendo con los objetivos establecidos tal como lo ratifica el tribunal de grado para la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información en la PUCE-I.

Esta Coordinación de Investigación, ha verificado que el trabajo cumple con los objetivos establecidos en el proyecto.

Sin otro particular,

Quedamos atentos a cualquier consulta adicional.

**Dulce Milagro  
Rivero  
Albarrán**  Firmado digitalmente  
por Dulce Milagro  
Rivero Albarrán  
Fecha: 2025.08.13  
09:30:33 -05'00'

Dra. Dulce Milagro Rivero Albarrán  
C.I. 1757608961

**Dirección:** Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit. Ciudadela "La Victoria".

**Teléf:** (593-6) 2615 500 / 2615 453 **Ext.** 1000 **Cel.** 099 236 27 13 / 098 138 3498

**Ibarra - Ecuador / [www.pucesi.edu.ec](http://www.pucesi.edu.ec)**

