

**Prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora en las aulas  
de clase de la Universidad del Valle, sede Tuluá**

**Jaime Alberto López Restrepo  
Stephania Martinez Rodriguez**

**Universidad del Valle  
Facultad de ingeniería  
Escuela de ingeniería de sistemas y computación  
Tuluá  
2024**

**Prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora en las aulas  
de clase de la Universidad del Valle, sede Tuluá**

**Jaime Alberto López Restrepo**

**Código 201958379**

**jaime.alberto.lopez@correounivalle.edu.co**

**Stephania Martinez Rodriguez**

**Código 201958884**

**stephania.martinez.rodriguez@correounivalle.edu.co**

**Director**

**Joshua David Triana Madrid. Msc**

**joshua.triana@correounivalle.edu.co**

**Universidad del Valle**

**Facultad de ingeniería**

**Escuela de ingeniería de sistemas y computación**

**Tuluá**

**2024**

Trabajo de grado presentado por  
Jaime Alberto Lopez Restrepo  
Stephania Martinez Rodriguez  
Como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero de Sistemas

---

Joshua David Triana Madrid  
Director

---

Hector Fabio Ocampo  
Jurado

*A nuestras familias por la compañía, el amor y por la gran confianza depositada en  
nosotros para llegar a este logro.*

*A nuestros profesores por su guía en el aprendizaje y ayuda en nuestro crecimiento  
personal.*

*A nuestros compañeros de estudio por los momentos de alegría vividos a lo largo de estos  
10 semestres*

*Al Magíster Joshua David Triana Madrid por ser nuestra guía y apoyo para lograr  
desarrollar este trabajo.*

# Tabla de contenido

<b>1. Contexto y objetivos.</b>	<b>2</b>
1.1. Formulación del problema. . . . .	2
1.2. Descripción del problema . . . . .	2
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.3.1. Objetivo general . . . . .	3
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	3
1.4. Antecedentes . . . . .	3
1.5. Justificación . . . . .	11
1.5.1. Justificación teórica . . . . .	11
1.5.2. Justificación Metodológica . . . . .	11
1.6. Información sobre los capítulos . . . . .	13
<b>2. Marco Teórico.</b>	<b>14</b>
2.1. Glosario . . . . .	14
2.2. Redes neuronales . . . . .	15
2.3. Aplicación Web . . . . .	16
2.4. Visión por computadora . . . . .	17
2.5. Desarrollo de software . . . . .	18
2.6. Teoría de las emociones . . . . .	20
<b>3. Alcances de la Propuesta</b>	<b>22</b>
3.1. Alcance metodológico . . . . .	22
3.2. Alcance práctico . . . . .	23
<b>4. Modelo del algoritmo de análisis de sentimientos</b>	<b>25</b>
4.1. Descripción de la red neuronal . . . . .	25
4.1.1. Desarrollo de la red neuronal (CNN) . . . . .	26
4.1.2. Algoritmo de análisis de sentimientos usando visión por computadora. . . . .	30
<b>5. Desarrollo de la aplicación prototipo</b>	<b>32</b>
5.1. Frontend - ReactJS . . . . .	32
5.1.1. ¿Qué es ReactJS? . . . . .	32
5.1.2. Diseño de la Aplicación . . . . .	33
5.1.3. Interacción con la API . . . . .	34
5.1.4. Interfaz de la aplicación . . . . .	34

5.2. Backend - Fast API . . . . .	38
5.2.1. ¿Qué es FastAPI? . . . . .	38
5.2.2. Segmentación del API . . . . .	38
5.2.3. Instalación y ejecución del API . . . . .	40
5.2.4. Estructura de la información . . . . .	40
<b>6. Análisis y resultados</b>	<b>42</b>
6.1. Pruebas de usabilidad . . . . .	42
6.1.1. Descripción de los Participantes . . . . .	42
6.1.2. Método de Recolección de Datos . . . . .	42
6.1.3. Resultados . . . . .	42
6.2. Análisis heurístico . . . . .	53
6.2.1. Descripción de los evaluadores . . . . .	53
6.2.2. Resultados . . . . .	53
6.3. Pruebas de software . . . . .	57
6.3.1. Algoritmo K vecinos más cercanos (KNN) . . . . .	57
6.3.2. Presentación de resultados . . . . .	58
<b>7. Conclusiones</b>	<b>61</b>
<b>8. Trabajos futuros</b>	<b>63</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>65</b>

# Lista de tablas

1.1.	Trabajo de referencia, CNN-Based Face Emotion Detection . . . . .	4
1.2.	Trabajo de referencia, Detectando emociones mediante imágenes. . . . .	5
1.3.	Trabajo de referencia, Desarrollo de sistemas para la detección de emociones. . . . .	6
1.4.	Trabajo de referencia, Deep learning based efficient emotion recognition. . . . .	7
1.5.	Trabajos de referencia, Reconocimiento de Expresiones Faciales. . . . .	8
1.6.	Trabajo de referencia, Emotion Classification Algorithm. . . . .	9
1.7.	Trabajo de referencia, Deep Convolutional Neural Networks. . . . .	10
1.8.	Estructura de capítulos . . . . .	13

# Lista de figuras

3.1. Sprints con sus actividades . . . . .	23
4.1. Diagrama de la red neuronal . . . . .	29
5.1. Diagrama componentes de la aplicación . . . . .	33
5.2. Vista de registro de la aplicación . . . . .	35
5.3. Vista de autenticación de la aplicación . . . . .	36
5.4. Vista de inicio de la aplicación . . . . .	36
5.5. Vista de mis clases . . . . .	37
5.6. Vista pagina En vivo . . . . .	37
5.7. Modelo de conexión a MySQL . . . . .	39
5.8. Datos de conexión a MySQL . . . . .	39
5.9. Tabla Users . . . . .	40
5.10. Tabla Class_taught . . . . .	41
5.11. Diagrama entidad - relación de la base de datos . . . . .	41
6.1. Resultados pregunta 1, Pruebas de usabilidad . . . . .	43
6.2. Resultados pregunta 2, Pruebas de usabilidad . . . . .	44
6.3. Resultados pregunta 3, Pruebas de usabilidad . . . . .	45
6.4. Resultados pregunta 4, Pruebas de usabilidad . . . . .	46
6.5. Resultados pregunta 5, Pruebas de usabilidad . . . . .	47
6.6. Resultados pregunta 6, Pruebas de usabilidad . . . . .	48
6.7. Resultados pregunta 7, Pruebas de usabilidad . . . . .	49
6.8. Resultados pregunta 8, Pruebas de usabilidad . . . . .	50
6.9. Comparativa matrices de confusión . . . . .	59
6.10. Comparativa métricas algoritmos . . . . .	60



# Resumen.

En este proyecto de trabajo de grado se diseña, modela y desarrolla una aplicación prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora, mediante el empleo de un modelo de inteligencia artificial, con el fin de ser usada como apoyo a los docentes que desean basar sus metodologías de enseñanza en los sentimientos de sus estudiantes y así mejorar el aprendizaje.

La aplicación al ser un prototipo tiene las funcionalidades base para una herramienta de este tipo, que permiten escalar a más opciones fácilmente en proyectos posteriores. Funcionalidades base que integran la parte central en la que se realiza la grabación y análisis de la clase, apoyado en algoritmo de inteligencia artificial desarrollado para esta tarea, además ofrece unas estadísticas generales de las emociones detectadas en las diferentes clases y una opción de ver clases específicas con momentos en los que se pueden tomar acciones de mejora.

Finalmente, con el desarrollo de la aplicación prototipo se busca sentar una base para la creación de una herramienta que permita entender y gestionar mejor las emociones de los estudiantes, teniendo en cuenta que el manejo de estas son cruciales para un aprendizaje óptimo.

# Introducción.

La comprensión de las emociones de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje es fundamental para mejorar la calidad de la educación y promover un ambiente de aprendizaje positivo y efectivo. Las emociones intensas pueden alterar la capacidad de los estudiantes para mantener la atención, el experto Rafael Bisquerra Alzina, presidente de la Red Internacional de Educación Emocional y Bienestar (RIEEB) dice “un nivel moderado de inquietud puede mantenerte alerta y mejorar tu rendimiento, pero si esta es extrema puede entorpecer la concentración y la capacidad de retener en la mente la información que estás intentando aprender.” [1] Sin embargo, la evaluación tradicional de aprendizaje de los estudiantes se ha centrado principalmente en métricas académicas como el rendimiento en exámenes y pruebas, dejando de lado el aspecto emocional, el cual forma parte esencial del proceso de aprendizaje.

La concentración puede ser definida de diferentes formas, por ejemplo, la guía de técnicas de estudio para la concentración y la relajación del servicio de biblioteca de la Universidad de Extremadura define la concentración como “el proceso a través del cual seleccionamos algún estímulo de nuestro ambiente, es decir, nos centramos en un estímulo de entre todos los que hay a nuestro alrededor e ignoramos todos los demás.” [2] Teniendo en mente que la concentración depende de las emociones y que con el manejo adecuado de estas se puede lograr un nivel de aprendizaje mayor, los docentes quienes son los encargados de transmitir el conocimiento que deberán adquirir los estudiantes, deben tener la oportunidad de conocer las emociones de sus estudiantes en clase para que así puedan fomentar un ambiente positivo que facilite la adquisición del conocimiento.

En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo se enfoca en analizar los sentimientos de los estudiantes en clase, centrando esta investigación en la Universidad del Valle, con el objetivo de que los docentes puedan adquirir información valiosa sobre el impacto emocional de sus métodos de enseñanza. El análisis se centra en clasificar los sentimientos de los estudiantes en siete emociones principales: felicidad, tristeza, enojo, miedo, sorpresa, disgusto y neutro las cuales pueden obstaculizar o potenciar el aprendizaje. Al obtener esta información, con la cual se puede tener una comprensión más profunda de los sentimientos de los estudiantes, los docentes pueden ajustar sus metodologías de enseñanza para mantener la atención y el compromiso de los estudiantes.

# Capítulo 1

## Contexto y objetivos.

### 1.1. Formulación del problema.

¿Cómo pueden los conceptos y técnicas de ingeniería de sistemas como la visión por computadora y la inteligencia artificial (IA), ayudar a comprender y mejorar la experiencia educativa de los estudiantes en el aula universitaria, permitiendo a los docentes identificar patrones emocionales y ajustar sus metodologías de enseñanza para mantener la concentración y el buen ánimo de los estudiantes?

### 1.2. Descripción del problema

En el ámbito educativo actual, ha surgido una creciente necesidad de comprender las emociones de los estudiantes durante el procesos de enseñanza y aprendizaje debido a que de estas depende la concentración a la que puede llegar un estudiante, esencial para que sus estudios sean fructíferos y se vean reflejados en éxitos académicos. Sin embargo, la evaluación tradicional del éxito de una clase se ha centrado principalmente en métricas académicas, dejando de lado el aspecto emocional de la experiencia del estudiante en el aula, además la concentración puede verse afectada por distracciones externas que alteren su estado emocional, distracciones que pueden ser causadas por la influencia de la tecnología, dispositivos digitales y las redes sociales han introducido una multitud de distracciones que compiten con la atención que se debe prestar a las materias academias.

Un estudio de la Asociación Nacional de Universidades y Empleadores señala que aproximadamente el 74 % de los empleadores considera que los estudiantes universitarios carecen de habilidades básicas, como la atención y la concentración, habilidades esenciales en la ingeniería de sistemas [3]. Además, investigaciones realizadas en la Universidad de California han revelado que los estudiantes universitarios pueden ser interrumpidos aproximadamente cada tres minutos y medio debido a notificaciones de redes sociales, correos electrónicos y otras distracciones en línea.

El prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora se propone tener la capacidad de detectar y evaluar los sentimientos de los estudiantes durante las clases. Utilizando técnicas de visión por computadora, análisis de las expresiones faciales y los patrones de comportamiento de los estudiantes para determinar las mismas. Esto proporcionará información valiosa tanto para los docentes como para los propios estudiantes, ya que se podrán identificar momentos de bajas emociones lo que puede traducirse como momentos tensos de clase y tomar medidas para mejorar la efectividad de la enseñanza.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Crear una aplicación prototipo que permita realizar el análisis de sentimientos para saber el nivel de concentración de los estudiantes en un aula de clases mediante visión por computadora.

### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar una revisión de literatura sobre el análisis de sentimiento en la visión por computadora.
2. Diseñar el algoritmo de análisis de sentimientos tomando como base la investigación previa.
3. Implementar el algoritmo de análisis de sentimiento.
4. Desarrollar una aplicación prototipo de visión por computadora que use el análisis de sentimiento implementado.
5. Analizar los resultados obtenidos por medio de pruebas de experiencia de usuario.

## 1.4. Antecedentes

El uso de la tecnología en diferentes ámbitos de la vida ha venido aumentando a lo largo de los años, surgiendo así diferentes mejoras que incluyen técnicas de reconocimiento facial implementado la inteligencia artificial para diferentes objetivos de estudio. Objetivos entre los que se encuentran la clasificación de imágenes, reconocimiento de emociones, análisis de diferentes escenarios, etc. Este tipo de trabajos realizados alrededor del mundo son los que han hecho que esta investigación se lleve a cabo, siendo motivo de inspiración y marcando un punto de partida para este trabajo.

La revisión de literatura y trabajos previos dio pie a plantear el posible uso de diferentes técnicas para la implementación de la inteligencia artificial que se desarrollara en el presente trabajo, dentro de estas técnicas se encontró el uso de KNN usado en el Trabajo Reconocimiento De Expresiones Faciales Prototipo Usando ICA con la cual hacen la

clasificación de las expresiones faciales. Otra técnica planteada en los diferentes trabajo es el uso de redes neuronales como lo hacen en el trabajo Desarrollo de sistemas para la detección de emociones utilizando visión e inteligencia artificiales aplicado a entornos educativos, en el que destacan que el uso de esta mejora significativamente la detección de las expresiones faciales, lo que hace que el análisis de estas sea más preciso.

A continuación, se presenta un resumen, en el que se exponen los hallazgos clave de la investigación realizada sobre trabajos similares, analizando las técnicas usadas en estos, y plasmando los pros y contras que el desarrollo de cada trabajo plantea.

Titulo:	CNN-Based Face Emotion Detection and Mouse Movement Analysis to Detect Student's Engagement Level. [4]	
Autores:	Arwa, Allinjawī. Khawlah, Altuwairqi. Salma, Kammoun Jarraya. Nihal, Abuzinadah. Samar, Alkhuraiji.	
Editorial:	Department of Computer Science. King Abdulaziz University. Jeddah. Saudi Arabia.	
Año de publicación:	1-sep-19	
Técnicas	Pros	Contras
Análisis de emociones, seguimiento ocular y movimiento de la cabeza para detectar el nivel de compromiso de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea. Además, utiliza el aprendizaje automático (Una red neuronal) para procesar y analizar los datos recopilados y producir un índice de concentración en tiempo.	1. Propone una nueva técnica para medir el compromiso de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea. 2. Utiliza técnicas de análisis de emociones, seguimiento ocular y movimiento de la cabeza para medir el compromiso de los estudiantes, lo que proporciona una visión más completa del nivel de compromiso de los estudiantes.	La técnica de medición del compromiso de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea puede tener limitaciones en términos de precisión y privacidad de los datos. Además, es posible que algunos estudiantes no se sientan cómodos con la idea de que su comportamiento sea monitoreado y analizado en tiempo real.

Tabla 1.1: Trabajo de referencia, CNN-Based Face Emotion Detection

Titulo:	Detectando emociones mediante imágenes. [5]	
Autores:	Paul Hernandez Guridi. Iñaki Seguro Olaizola. Nerea Solabarrieta Saizar. Jon Zabaleta Peña.	
Editorial:	Saturdays.AI	
Año de publicación:	18-ene-21	
Técnicas	Pros	Contras
Se utiliza un conjunto de datos (dataset) obtenido en Kaggle, que consiste en una serie de imágenes divididas en carpetas en función de la expresión de rostro. Además, se menciona que se utiliza una red neuronal propia para detectar y clasificar las emociones en tiempo real. Utilizan técnicas de aprendizaje automático y procesamiento de imágenes para lograr esto.	1- La capacidad de detectar y clasificar las emociones en tiempo real. 2- La posibilidad de recopilar información sobre La experiencia del usuario sin que este tenga que hacer un esfuerzo adicional.	La desviación sufrida en el tiempo fue muy elevada, lo que dificultó la culminación de toda la funcionalidad prevista en primera instancia. El margen para entrenar el modelo era pequeño, lo que implica que la eficacia y precisión del modelo no sea la óptima. Además, la falta de tiempo impidió la incorporación de una Web Cam que permitiera sacar fotos al instante y poder clasificar las emociones de dicha imagen, lo que habría hecho el proyecto más realista.

Tabla 1.2: Trabajo de referencia, Detectando emociones mediante imágenes.

Titulo:	Desarrollo de sistemas para la detección de emociones utilizando visión artificial e inteligencia artificial aplicado a entornos educativos. [6]	
Autores:	Pinzón Naranjo. Juan David.	
Editorial:	Universidad de pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.	
Año de publicación:	1-feb-20	
Técnicas	Pros	Contras
El proyecto se centró en la detección de seis emociones iniciales y una emoción neutra, haciendo uso de librerías como OpenCV que es utilizado para la parte de visión artificial, os y numpy. Se realizo la subdivisión de las imágenes para obtener una representación de un rostro humano y poder realizar una clasificación de sus emociones utilizando el algoritmo Viola-Jones.	Mejora en la Detección Facial: El uso de Machine Learning mejoró significativamente la precisión de la detección de rostros. Base de Datos Personalizada. Identificación de Emociones en Tiempo Real. Interfaz Amigable. Detección de Emoción "Neutra": La capacidad de detectar una emoción neutra es un punto positivo, ya que las emociones no siempre son intensas y pueden variar.	Sensibilidad al Entorno: Las técnicas de detección de rostros pueden verse afectadas por factores como la iluminación, la calidad de la cámara y la posición de la persona. Requerimiento de Datos de Entrenamiento: La creación de bases de datos de emociones personalizadas es beneficiosa, pero también requiere tiempo y esfuerzo para recopilar y etiquetar las imágenes.

Tabla 1.3: Trabajo de referencia, Desarrollo de sistemas para la detección de emociones.

Titulo:	Deep learning based efficient emotion recognition technique for facial images. [7]	
Autores:	Naveen Kumari. Rekha Bhatia.	
Editorial:	Punjabi University, Patiala, India.	
Año de publicación:	24-may-23	
Técnicas	Pros	Contras
El artículo divide todo el proceso en 3 pasos: primero, la prominencia de la imagen se detecta utilizando un mapa de prominencia para centrarse en regiones importantes de interés. Segundo, se aplica el aumento de datos para equilibrar todos los conjuntos de datos de imágenes de emociones utilizados en las pruebas. Tercero, se entrena una CNN profunda utilizando un optimizador de estimación de momento adaptativo modificado (M-Adam) reconociendo emociones faciales.	La técnica utiliza mapas de saliencia para identificar las regiones de interés en las imágenes faciales, lo que permite una mejor extracción de características y una mayor precisión en la identificación de emociones. Mejora de la calidad de las imágenes de entrada mediante la ecualización adaptativa del histograma limitado por contraste (CLAHE).	El documento no proporciona información detallada sobre la arquitectura de la red neuronal utilizada en la técnica propuesta, lo que dificulta la replicación y la comprensión de la técnica por parte de otros investigadores.

Tabla 1.4: Trabajo de referencia, Deep learning based efficient emotion recognition.



Titulo:	Reconocimiento de Expresiones Faciales Prototipo usando ICA (Análisis de Componentes Independientes).[8]	
Autores:	Damian A. Alvarez. Marta L. Guevara.	
Editorial:	Scientia et Technica Año XV, No 41, Mayo de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira.	
Año de publicación:	Mayo-2009	
Técnicas	Pros	Contras
<p>Segmentación del rostro con filtros Haar y clasificadores en cascada: Detecta rostros utilizando características específicas como ojos, nariz y boca.</p> <p>Extracción de características con análisis de componentes independientes (ICA): Identifica características relevantes de las expresiones faciales.</p> <p>Clasificación usando el clasificador del vecino más cercano (KNN): Clasifica expresiones faciales basadas en características extraídas.</p> <p>Estas técnicas se aplican en tres etapas distintas para reconocer expresiones faciales prototipo con alta precisión, validadas con la base de datos FEEDTUM.</p>	<p>Alto rendimiento: Logró una precisión promedio del 98.72 % en el reconocimiento de cinco clases de expresiones faciales.</p> <p>Enfoque en emociones universales: Se centró en reconocer expresiones faciales prototipo asociadas con emociones universales como tristeza, alegría, miedo, enojo y rostros neutrales.</p> <p>Utilización de técnicas avanzadas: Empleó técnicas como la segmentación de rostros con filtros Haar, extracción de características mediante ICA y clasificación con el algoritmo KNN.</p> <p>Validación en una base de datos específica: Fue validada en la base de datos FEEDTUM, proporcionando una evaluación realista de su desempeño.</p>	<p>Reconocimiento de expresiones difíciles: La expresión de miedo fue difícil de reconocer, sugiriendo desafíos en ciertas expresiones.</p> <p>Limitaciones en representación de datos no lineales: Algoritmos como FastICA pueden tener dificultades con estructuras no lineales.</p> <p>Baja robustez de los clasificadores.</p>

Tabla 1.5: Trabajos de referencia, Reconocimiento de Expresiones Faciales.

Titulo:	Emotion Classification Algorithm for Audiovisual Scenes Based on Low-Frequency Signals. [9]	
Autores:	Jin, Peiyuan. Si, Zhiwei. Wan, Haibin. Xiong, Xiangrui.	
Editorial:	School of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, 100 Daxue Road, Nanning, 530004, China. College of Electronics and Information Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou, 535000, China.	
Año de publicación:	1-jun-23	
Técnicas	Pros	Contras
Este artículo propone un algoritmo automático para la detección de escenas impactantes de películas explorando la ley de los efectos de sonido de baja frecuencia en la percepción de emociones conocidas. Se propone un algoritmo monoaural para detectar escenas emocionales con impacto usando un subwoofer (SW) y logró una precisión máxima del 87% en el conjunto de prueba usando un Modelo de red neuronal convolucional (CNN).	Proporciona una evidencia estadística de que las señales de baja frecuencia (LFS) tienen efectos tanto inhibidores como potenciadores en las emociones humanas. Se encontró que las señales LFS tienen un efecto inhibidor en las emociones felices, y un efecto potenciador en las emociones tristes y de shock. También utiliza datos de ondas cerebrales para respaldar los resultados de la evaluación subjetiva, proporcionando una perspectiva objetiva.	Limitaciones en la muestra de participantes. Falta de control de variables confusas: El estudio no menciona si se controlaron o tuvieron en cuenta otras variables que podrían influir en las respuestas emocionales de los participantes. Falta de comparación con otros estímulos.

Tabla 1.6: Trabajo de referencia, Emotion Classification Algorithm.

Titulo:	Deep Convolutional Neural Networks with Transfer SLearning for Visual Sentiment Analysis. [10]	
Autores:	Usha Kingsly Devi K. Gomathi V.	
Editorial:	Department of Electronics and Communication Engineering, Anna University Regional Campus, Tamil Nadu, Tirunelveli, India. Department of Computer Science and Engineering, National Engineering College, Tamil Nadu, Kovilpatti, India.	
Año de publicación:	1-nov-23	
Técnicas	Pros	Contras
Se centra en dos técnicas: Análisis de Sentimientos Visuales: Se enfoca en predecir si una imagen evoca un sentimiento positivo o negativo a través del análisis visual. Aumento de Datos (Data Augmentation): Se aplican cinco métodos a conjuntos de datos afectivos para mejorar el rendimiento de los modelos, especialmente en conjuntos más pequeños, reduciendo sobreajuste y mejorando la generalización.	Proporciona una comprensión más profunda de cómo las imágenes evocan emociones. Proporciona resultados precisos para decisiones informadas. La utilización de modelos de aprendizaje profundo como CNN pre-entrenados como AlexNet y ResNet50 muestra un rendimiento superior en comparación con técnicas convencionales en el análisis de sentimientos visuales en imágenes.	Utilizar modelos de redes neuronales pre-entrenados y el aumento de datos puede ser intensivo en recursos computacionales. Interpretación Subjetiva. Los modelos pueden tener dificultades para generalizar a contextos y tipos de imágenes diferentes de los datos de entrenamiento. Complejidad del Modelado. Consideraciones Éticas y de Privacidad.

Tabla 1.7: Trabajo de referencia, Deep Convolutional Neural Networks.

Con la información anterior se puede destacar un claro predominio de uso de redes neuronales en los trabajos. Este fenómeno se puede atribuir principalmente a la precisión y eficacia demostrada por las redes neuronales en la tarea de procesamiento de imágenes y análisis de datos no estructurados. En comparación con k-Nearest Neighbors (k-NN) otra de las técnicas que se emplean es estos trabajos, las redes neuronales ofrecen una serie de ventajas significativas en el análisis de reconocimiento facial y de emociones. Por un lado, las redes neuronales destacan por su capacidad para aprender patrones complejos a partir de grandes conjuntos de datos, lo que resulta en una precisión notablemente alta en la clasificación de datos. Además, su versatilidad para trabajar con datos no estructurados, como imágenes y vídeos. Sin embargo, este enfoque también presenta desventajas,

como la necesidad de grandes cantidades de datos para el entrenamiento y una mayor complejidad computacional y requerimientos de hardware. Por otro lado, k-NN ofrece una solución simple y fácil de implementar, que no requiere entrenamiento previo. Sin embargo, su precisión puede ser limitada, especialmente en aplicaciones que involucran datos de alta dimensionalidad, en el caso de este prototipo se tomo en cuenta los resultados de la medición de dicho algoritmo tomando como resultados un 37 % de precisión que da como mejor opción el uso de una red neuronal que en el modelo de comparación realizado en pruebas de código dio una precisión del 77 % hecho que nos da otro punto de inflexión.

En conclusión, tomando en cuenta los datos que brindan las diferentes investigaciones y las pruebas sintéticas realizadas sobre los algoritmos K-NN y las redes neuronales convolucionales (CNN) que se pueden observar en la sección de pruebas de este documento, se puede ver que el uso de una red neuronal es mas conveniente si se quiere que el proyecto tenga más precisión. Por lo cual, dada la variabilidad de condiciones y sujetos a analizar en la aplicación del prototipo que se plantea en el presente trabajo, se hace necesario el uso de un método que se ajuste a las adversidades que pueden generar los entornos educativos para el uso de tecnología, por lo que se toma como la mejor opción una red neuronal.

## 1.5. Justificación

### 1.5.1. Justificación teórica

Los estados emocionales de los estudiantes están directamente ligados a su aprendizaje, debido a que los sentimientos positivos fomentan la participación, la concentración y la adquisición de conocimientos, en cambio los sentimientos negativos pueden obstaculizar estos procesos [11], por ello es crucial en el contexto educativo reconocer que los ambientes de aprendizaje deben ser emocionalmente seguros y enriquecedores para los estudiantes.

El desarrollo de este trabajo se justifica en la necesidad de comprender y abordar el aspecto emocional de los estudiantes en la Universidad del Valle, en aras de cumplir la misión educativa de proporcionar una experiencia académica integral y de calidad. En este sentido, es importante identificar y comprender los sentimientos durante las clases para garantizar un ambiente de aprendizaje óptimo y efectivo.

El uso de técnicas de inteligencia artificial para el análisis de sentimientos en combinación con tecnologías de reconocimiento facial por visión de computadora representa un enfoque innovador y prometedor para comprender las emociones de los estudiantes en el aula y puede ofrecer beneficios significativos para la comunidad universitaria.

### 1.5.2. Justificación Metodológica

La aplicación de Scrumban para el desarrollo de este prototipo se hace ideal debido a la combinación de las metodologías ágiles Scrum y Kanban, las cuales proporcionan una flexibilidad y adaptabilidad necesaria para este proyecto. Scrum facilita la gestión

de tareas en cortos periodos de tiempo, haciéndolas más manejables, permitiendo realizar revisiones frecuentes y adaptaciones sobre la marcha y Kanban ofrece un flujo de trabajo continuo, que permite ajustes o cambios fácilmente sin las restricciones de los ciclos de Sprints fijos.

Esta combinación de métodos prioriza la mejora continua y la eficiencia. Con Scrum se mejora mediante retrospectivas regulares, sin embargo con Kanban se busca optimizar el flujo de trabajo ya que se permite la visualización de tareas y la gestión de los límites del trabajo en progreso. Esta metodología híbrida facilita la priorización y el enfoque, asegurando que siempre se desarrollen las tareas mas criticas en todo momento, también mejora la transparencia y la colaboración mediante las reuniones periódicas y los tableros visuales.

Adicional a esto en la adopción de esta metodología se tomaron Sprints de dos semanas permitiendo un equilibrio de productividad y capacidad de adaptación. Este plazo permite ciclos de retroalimentación frecuente, que da una mayor velocidad de resultados. Ya que se abordan tareas complejas mientras se minimizan los riesgos en desviaciones importantes, facilitando a su vez la rápida adaptación de los requisitos del proyecto. En conclusión la combinación de Scrumban con la duración de 2 semanas de cada Sprint nos ofrece un marco flexible y eficiente para el desarrollo de este prototipo teniendo la máxima calidad de este.

## 1.6. Información sobre los capítulos

En la siguiente tabla se muestra una corta descripción de cada capítulo del documento.

Capítulo	Descripción
Capítulo 2: Marco teórico	Se explican los conceptos necesarios para comprender el problema y su solución.
Capítulo 3: Alcance de la propuesta	En este capítulo se define el alcance de la propuesta
Capítulo 4: Modelado algoritmo de análisis de sentimientos	Se presenta la propuesta de modelo de algoritmo que analiza y clasifica los sentimientos mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial.
Capítulo 5: Desarrollo de la aplicación prototipo	En este capítulo se plasman aspectos del diseño e implementación de la aplicación Web.
Capítulo 6: Análisis y resultados	En este capítulo se muestran los diferentes resultados comparativos obtenidos al realizar diferentes pruebas con la aplicación.
Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros	Las conclusiones finales del proyecto y los trabajos futuros que deben realizarse para mejorar la aplicación propuesta en éste trabajo de grado.

Tabla 1.8: Estructura de capítulos

# Capítulo 2

## Marco Teórico.

En éste capítulo se abordan los conceptos necesarios para el entendimiento de la aplicación prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora

Se recomienda que el lector tenga formación básica en:

- Conceptos de inteligencia artificial:
  - Conocimiento básico de Machine Learning.
  - Conocimiento básico sobre redes neuronales.
- Conocimiento básico sobre el funcionamiento de una aplicación web desacoplada.
- Conocimiento básico sobre desarrollo de API REST.
- Conocimiento básico de manejo de estados en ReactJS.
- Herramientas para el desarrollo de aplicaciones web.

A continuación se ilustran los términos más relevantes para el proyecto de grado, luego se hace una introducción al uso de las redes neuronales y finalmente se explican algunos conceptos sobre el desarrollo de la aplicación Web

### 2.1. Glosario

- **Atención.** Proceso mental por el que una persona selecciona determinados estímulos, e ignora otros, para su posterior análisis y evaluación.
- **Machine Learning.** Es la ciencia y la ingeniería de crear máquinas inteligentes, sobre todo de programas informáticos.
- **Método de enseñanza.** Esquema general de trabajo que da consistencia a los procesos (de información, mediación u orientación), que tienen lugar en diferentes escenarios docentes, proporcionando una justificación razonable para dichos procesos.

- **Motivación.** Conjunto de procesos que desarrolla un facilitador (docente u otra persona, un recurso) para activar, dirigir y mantener determinada conducta en otra persona (por ejemplo, un alumno) o en un grupo.
- **Interés.** Señala una tendencia observable en la conducta de una persona a preferir, buscar y emplearse en cierta clase de actividades. Así se habla de intereses preferentes del alumno hacia determinadas asignaturas o actividades dentro de una misma asignatura, hacia ciertas carreras o actividades profesionales.
- **Reconocimiento facial.** El reconocimiento facial es una manera de identificar o confirmar la identidad de una persona mediante su rostro. Los sistemas de reconocimiento facial se pueden utilizar para identificar a las personas en fotos, vídeos o en tiempo real.
- **Reconocimiento de imágenes.** El reconocimiento de imágenes es un proceso ejecutado por un software de inteligencia artificial capaz de reconocer imágenes utilizando algoritmos matemáticos complejos. La IA es capaz de identificar, analizar y comparar las matrices de bits que componen una imagen digital, con el objetivo de realizar alguna acción a partir de la información obtenida.
- **Prototipo.** Un prototipo es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas.
- **Framework.** Un framework es un marco o esquema de trabajo generalmente utilizado por programadores para realizar el desarrollo de software. Utilizar un framework permite agilizar los procesos de desarrollo ya que evita tener que escribir código de forma repetitiva, asegura unas buenas prácticas y la consistencia del código.
- **API REST.** [12] Es una interfaz de programación de aplicaciones (API o API web) que se ajusta a los límites de la arquitectura REST y permite la interacción con los servicios web de RESTful.
- **Algoritmo K-nearest neighbors.** [13] El algoritmo K-NN (*K Nearest Neighbors*) o en español, K Vecinos Más Cercanos, trata de buscar los K puntos más cercanos a un punto concreto para poder inferir su valor. Este algoritmo pertenece al conjunto de técnicas del aprendizaje automático supervisado, y puede ser utilizado tanto para problemas de clasificación, como de regresión.

## 2.2. Redes neuronales

¿Qué es una red neuronal? Una red neuronal es un método de la inteligencia artificial, esta inspirada en el funcionamiento del cerebro humano, ya que consiste en una estructura de unidades de procesamiento interconectadas, que representan abstractamente las neuronas del cerebro. Es un tipo de machine learning y son usadas en el campo del



aprendizaje profundo, estas unidades se organizan en capas, que incluyen una capa de entrada, una o varias capas ocultas y una capa de salida. La información se propaga desde las unidades de entrada a través de las capas ocultas hasta las unidades de salida, utilizando conexiones con pesos variables [14]. Durante este proceso la red examina la información individual, ajusta sus funciones para mitigar errores, generando al final un aprendizaje y con una repetición iterativa de este proceso la red alcanza un criterio de parada, lo que genera una mejora continua en las predicciones.

**Tipos de redes neuronales.** Existen diferente tipos de redes neuronales cada una diseñada para resolver diferentes tipos de problemas y tareas. Dentro de las más destacadas basadas en el flujo de los datos están:

- **Redes neuronales prealimentadas.** En este tipo las capas están conectadas de manera unidireccional, procesan los datos en una dirección, desde el nodo de entrada hasta el nodo de salida, sin algún ciclo o bucle. Son usadas principalmente en tareas de clasificación.
- **Redes neuronales recurrentes.** Estas se caracterizan por incluir bucles de retroalimentación en sus capas por lo que aprenden de forma continua, esto permite hacer correctivos para mejorar su análisis predictivo. Son útiles para procesar datos secuenciales, como texto o audio.
- **Redes neuronales convolucionales.** Estas se componen de muchas capas, en cada una de estas se hace un reconocimiento de los patrones y se pasa el resultado a la siguiente lo que hace que llegue a identificar más detalle y sean más acertadas sus predicciones. Normalmente se utilizan para el reconocimiento de imágenes, el reconocimiento de patrones y/o la visión artificial. [15]

**Aplicaciones de las redes neuronales:** Existen diferentes campos de aplicación debido a la capacidad que tienen para procesar grandes cantidades de datos, el ámbito en el que se centrara el presente trabajo es la visión artificial, la cual se centra en la capacidad de extraer información y conocimiento de imágenes y vídeos, lo que hace que sean capaces de clasificarlas y distinguir entre objetos o seres humanos, entre las aplicaciones que engloba la visión artificial esta:

- Reconocimiento visual para vehículos autónomos
- Control de contenido eliminando de forma automática lo que sea catalogado como inseguro o inapropiado
- Reconocimiento facial para identificar rostros e identificar sus atributos
- Etiquetado de imágenes para detectar diferentes detalles

## 2.3. Aplicación Web

Una aplicación web es un software que se ejecuta en un servidor web y se accede a través de un navegador web en lugar de instalarse en un dispositivo local. Estas son

desarrolladas con el uso de tecnologías como HTML, CSS y JavaScript y pueden tener diferentes funcionalidades desde simples paginas web hasta aplicaciones complejas

**Características de una aplicación web:** Las aplicaciones web tienen diferentes características que las hacen versátiles y hacen que su uso ofrezca muchos beneficios, dentro de las cuales están:

- Accesibilidad
- Escalabilidad
- Simplicidad para el usuario
- Automatización y seguridad
- Almacenamiento eficiente

**¿Cómo funciona una aplicación web?** Las aplicaciones web están basadas en una arquitectura cliente-servidor. Su código se divide en dos componentes: scripts del lado del cliente y scripts del lado del servidor.

“El **script del lado del cliente** se encarga de la funcionalidad de la interfaz de usuario, como los botones y los menús. Cuando el usuario final hace clic en el enlace de la aplicación web, el navegador web carga el script y renderiza los elementos gráficos y el texto para la interacción del usuario. Las acciones se dirigen al servidor como una solicitud del cliente. El **script del lado del servidor** se encarga de procesar los datos y las solicitudes del cliente que pueden ser: recibir más datos, editarlos o guardar nuevos. En algunos casos, el servidor completa la solicitud de datos y envía la página HTML completa al cliente. Esto se llama «renderizado del lado del servidor» [16]

## 2.4. Visión por computadora

La visión por computadora abarca un conjunto de sistemas que se desarrollan para que sean capaces de adquirir, procesar y analizar imágenes y vídeos, logrando extraer de estos información útil para se usada con diferentes propósitos, como reconocimiento de objetos, detección de movimientos, seguimiento de objetos, análisis de formas y patrones, entre otros. Esta combina diferentes técnicas y métodos para diseñar algoritmos que permiten a las computadoras interpretar y entender el contenido visual similar a como lo hacen los seres humanos.

**¿Para qué se usa la visión por computadora?** La visión por computadora se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones en diversos campos, incluyendo:

- Reconocimiento de objetos: Identificación y clasificación de objetos en imágenes o vídeos.

- Detección de movimiento: Seguimiento y análisis de movimientos en vídeos para aplicaciones de seguridad, vigilancia o análisis del comportamiento humano.
- Realidad aumentada: Superposición de información digital en el mundo real a través de dispositivos de visualización.
- Biometría: Identificación y verificación de personas basadas en características biométricas como el rostro, la huella dactilar o el iris.
- Medicina: Análisis de imágenes médicas para diagnóstico y seguimiento de enfermedades.
- Automatización industrial: Inspección y control de calidad de productos en líneas de producción.

**¿Cómo se usa la visión por computadora?** La visión por computadora se encarga de procesar imágenes y vídeos mediante diferentes algoritmos y técnicas, además suele apoyarse en el uso de software con inteligencia artificial, la cual se encarga de decodificar las imágenes y reconocer formas en ellas. Para utilizar la visión por computadora, se requiere un conjunto de imágenes o vídeos de entrada, así como algoritmos y software especializado para procesar y analizar estos datos. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para tomar decisiones, realizar acciones o extraer información útil en función de la aplicación específica.

**Características de la visión por computadora** Algunas de las características clave de la visión por computadora incluyen:

- Procesamiento de imágenes: Manipulación y análisis de imágenes digitales para extraer información relevante.
- Análisis de patrones: Identificación y reconocimiento de patrones y características en imágenes o vídeos.
- Aprendizaje automático: Utilización de algoritmos de aprendizaje automático para entrenar sistemas de visión por computadora y mejorar su rendimiento con el tiempo.
- Interdisciplinariedad: Integración de conocimientos de múltiples disciplinas, incluyendo computación, matemáticas, óptica y ciencias cognitivas. [17]

## 2.5. Desarrollo de software

El desarrollo de software es un proceso algo complejo de abordar, ya que recoge una serie de procesos y actividades de la rama de las tecnologías de la información dedicadas a la creación, diseño, implementación y mantenimiento de programas informáticos. Estos programas, desarrollos o softwares son fundamentales para el funcionamiento de los equipos de cómputo, ya que se componen en su mayoría por instrucciones que son enviadas a la máquina dictando que hacer en diferentes situaciones y diversas circunstancias.

Se debe anotar que el software es independiente del hardware, lo que implica que puede ser ejecutado en diversos dispositivos de computación con una variedad significativa de características.

Podemos clasificar el software en diferentes tipos, viendo mas comunes:

1. **Software del sistema:** Este software proporciona funcionalidades básicas para la usabilidad de los equipos de cómputo, en este se incluyen los sistemas operativos tales como Windows, MacOS y Linux, también en esta clasificación se pueden incluir herramientas para la gestión de hardware, discos y servicios que son esenciales para el funcionamiento correcto del sistema.
2. **Software de programación:** Este tipo de software esta diseñado para ayudar a los programadores, a crear nuevos programas. Aquí se incluyen herramientas como editores de texto, compiladores, enlazadores, y depuradores, permitiendo escribir, corregir y optimizar los códigos de programación.
3. **Software de aplicación:** Este software son básicamente aplicaciones o programas que permiten a los usuarios realizar tareas específicas en sus computadores o dispositivos móviles. En estos podemos encontrar herramientas de productividad como Microsoft Office, gestión de datos, reproductores multimedia, programas de seguridad como antivirus, y una gama amplia de aplicaciones webs y móviles incluyendo redes sociales o aplicaciones de compras en línea.

Aparte de estas categorías básicas, se puede incluir otro tipo de software más, y este es el software integrado, en este caso este es utilizado para controlar maquinas y dispositivos que no son computadoras en el sentido tradicional, como automóviles, electrodomésticos inteligentes o dispositivos del internet de las cosas (IoT).

Para el desarrollo de software podemos destacar los siguientes roles como los mas comunes en el proceso:

1. **Programadores:** Estas son las personas encargadas de escribir el código fuente de las aplicaciones, indicando tareas específicas que la maquina debe realizar. Estos utilizan lenguajes como C++, Java, Python entre otros, para traducir las instrucciones a código ejecutable.
2. **Ingenieros de software:** Estos son los responsables de aplicar los principios de la ingeniería para diseñar software que brinde soluciones a problemas específicos, estos utilizan herramientas de modelado, y metodologías de desarrollo para la creación de sistemas robustos, eficientes y de calidad que cumplan con las exigencias del cliente.
3. **Desarrolladores de software:** Estos tiene un rol mas aplico que abarca la escritura de código, la gestión de equipos, los procesos de desarrollo, las pruebas de funcionamiento y el mantenimiento del software. Estos son responsables de llevar a cabo el ciclo de vida completo del desarrollo de software, iniciando en la contextualización, planificación y concepción inicial hasta la entrega del producto final.

Se debe destacar que el desarrollo de software no solo se limita a programadores y empresas de tecnología, puesto que también se cuenta con Profesionales de diversas disciplinas, como científicos, fabricantes de dispositivos y hardware, quienes también participan en la creación de software que puede ser aplicado en sus respectivos campos de operación.

## 2.6. Teoría de las emociones

Cuando se habla de emociones, se debe estar listo para abordar varias teorías, y es que este tema es algo muy abstracto y gracias a estas teorías se puede obtener una estructura conceptual que permita comprender un poco mejor la vida emocional humana, en este caso se verán las comparaciones realizadas a cuatro teorías principales:

1. **La teoría James-Lange**, propuesta por William James y Carl Lange, esta es una teoría en la que se reta la noción de lo convencional, al insinuar que las respuestas fisiológicas anteceden y causan las emociones. Dicha teoría subraya la conexión íntima las respuestas corpóreas y las respuestas emocionales, sugiriendo además que las percepciones emocionales surgen de las respuestas físicas.
2. **La teoría Cannon-Bard**, desarrollada por Walter Cannon y Philip Bard, afirma que las respuestas emocionales son independientes de las fisiológicas y que suceden en simultáneo dando respuesta a estímulos emocionales. Desde este punto de vista se muestra un paralelismo entre las respuestas corporales y las experiencias emocionales, dando un fuerte contraargumento a la primera teoría.
3. **La teoría de la respuesta de dos factores**, propuesta por Stanley Schachter y Jerome Singer, da una integración de los factores cognitivos de las emociones y los aspectos fisiológicos, sosteniendo que las emociones son el resultado de la respuesta fisiológica frente a un estímulo emocional y la interpretación cognitiva de dicha respuesta, dos factores propuestos en dicha teoría mantiene que la manera en que se interpretan las reacciones físicas son influenciadas por el contexto social y conocimientos previos son los que determinan la naturaleza de las emociones.
4. **La teoría cognitiva de la emoción**, desarrollada por Richard Lazarus, resalta la importancia de los procesos cognitivos en las experiencias emocionales, pues sostiene que las emociones son el resultado de la apreciación cognitiva que se realiza ante una situación o evento en relación con los objetivos y valores personales. Según esta teoría, las emociones son formadas por una interpretación subjetiva de las situaciones vividas.

También se puede mostrar la teoría de las emociones como un avance evolutivo, dicho acto fue realizado por Paul Ekman, quien sugiere que las emociones cumplen una acción biológica y que han avanzado para cumplir tareas adaptativas en los seres humanos. Con esta teoría, las emociones básicas, como el miedo, alegría, tristeza ira y asco son emociones universales en todas las culturas humanas y son vinculadas a procesos cerebrales específicos.

Es importante resaltar que al tratarse de un tema tan diverso pueden haber muchas teorías y se recomienda una exploración mas amplia de las emociones con una visión básica de las principales teorías, permitiendo un enriquecer la comprensión de la existencia humana. [18]

# Capítulo 3

## Alcances de la Propuesta

En este proyecto de grado se busca desarrollar una propuesta para apoyar la enseñanza, que permita a los docentes tener una idea de los sentimientos de sus estudiantes y puedan realizar ajustes en sus metodologías de clases, esto con una aplicación prototipo en la que se pueden realizar desarrollos a futuro.

Por lo tanto se han aplicado algunas limitaciones al desarrollo de la aplicación, para permitir su concepción, diseño e implementación dentro del contexto y alcance de un trabajo de grado de pregrado.

### 3.1. Alcance metodológico

El alcance metodológico para el desarrollo de este prototipo se estructura en 5 objetivos fundamentales. Primero, se realizará una revisión de literatura para comprender el estado del arte actual. Seguido a esto, se diseñará el algoritmo de análisis de sentimientos basado en los resultados de investigaciones previas. El siguiente paso es desarrollar la aplicación prototipo que será el integrador del algoritmo antes desarrollado, enfatizando en una interfaz de usuario intuitiva y calidad con las pruebas de integración. Para finalizar, se analizarán los resultados mediante un compendio de pruebas tales como, pruebas de experiencia de usuario, que evaluará el rendimiento del algoritmo y recopilará retroalimentación para realizar ajustes en la aplicación. Durante todo este proceso, se documentará cada etapa y actividad para asegurar una referencia detallada y coherente del desarrollo del proyecto.

Clave	Resumen	Estado	Resolución	Actual start	Actual end
PASVC-2	Identificar fuentes de información relevantes para la revisión de literatura.	FINALIZADA	Listo	04/sep/23 7:00 AM	15/sep/23 7:00 AM
PASVC-3	Recolectar estudios e investigaciones sobre análisis de sentimiento en visión por computadora.	FINALIZADA	Listo	18/sep/23 7:00 AM	29/sep/23 7:00 AM
PASVC-4	Analizar y sintetizar la información recopilada para obtener una comprensión clara del estado del arte en el campo.	FINALIZADA	Listo	02/oct/23 7:00 AM	13/oct/23 7:00 AM
PASVC-5	Diseñar el algoritmo de análisis de sentimientos tomando como base la investigación previa.	FINALIZADA	Listo	16/oct/23 7:00 AM	27/oct/23 7:00 AM
PASVC-6	Realizar una descripción detallada de las especificaciones técnicas del algoritmo que se va a diseñar.	FINALIZADA	Listo	30/oct/23 7:00 AM	10/nov/23 7:00 AM
PASVC-7	Crear un documento técnico que explique la estructura funcional del algoritmo y de su posible implementación.	FINALIZADA	Listo	13/nov/23 7:00 AM	24/nov/23 7:00 AM
PASVC-8	Codificar el algoritmo para detectar y clasificar expresiones faciales y emociones en imágenes.	FINALIZADA	Listo	27/nov/23 7:00 AM	08/dic/23 7:00 AM
PASVC-9	Realizar pruebas preliminares para verificar el funcionamiento del algoritmo.	FINALIZADA	Listo	11/dic/23 7:00 AM	22/dic/23 7:00 AM
PASVC-10	Desarrollar la aplicación prototipo que integre el algoritmo de análisis de sentimiento implementado.	FINALIZADA	Listo	05/feb/24 7:00 AM	16/feb/24 7:00 AM
PASVC-11	Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y amigable para la aplicación.	FINALIZADA	Listo	19/feb/24 7:00 AM	01/mar/24 7:00 AM
PASVC-12	Realizar pruebas de integración para asegurar el correcto funcionamiento del prototipo.	FINALIZADA	Listo	04/mar/24 7:00 AM	15/mar/24 7:00 AM
PASVC-13	Planificar y ejecutar pruebas con usuarios reales que utilicen la aplicación prototipo.	FINALIZADA	Listo	18/mar/24 7:00 AM	29/mar/24 7:00 AM
PASVC-14	Evaluar el rendimiento del algoritmo mediante métricas como precision, recall y F1-score.	FINALIZADA	Listo	01/abr/24 7:00 AM	12/abr/24 7:00 AM
PASVC-15	Recopilar datos detallados sobre la experiencia de los usuarios, incluyendo comentarios, opiniones y sugerencias.	FINALIZADA	Listo	15/abr/24 7:00 AM	26/abr/24 7:00 AM
PASVC-16	Realizar un análisis de los resultados obtenidos y documentar los hallazgos.	FINALIZADA	Listo	29/abr/24 7:00 AM	10/may/24 7:00 AM
PASVC-17	Corrección y revisión de documentación para entrega final	EN CURSO	Sin resolver	13/may/24 7:00 AM	24/may/24 7:00 AM

Figura 3.1: Sprints con sus actividades

El tablero de Jira se puede consultar en el siguiente link [19]

## 3.2. Alcance práctico

El presente trabajo se propone el desarrollo de una aplicación prototipo para analizar los sentimientos de los estudiantes en las aulas de clase, el alcance de esta propuesta se limita al desarrollo de una versión inicial de la aplicación, la cual será probada exclusivamente en el contexto de la Universidad de Valle.

La aplicación estará diseñada en tres módulos principales, el primero que ofrecerá un análisis de las emociones de los estudiantes detectadas en la clase en tiempo real, el segundo permitirá al docente acceder a un recuento de las clases que ha grabado anteriormente y un resumen de las emociones que se detectaron en dichas clases y un tercero en el cual se darán estadísticas de las emociones que se han registrado en las diferentes clases analizadas.

Su funcionamiento será completamente web, permitiendo el acceso a través de un navegador web desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. El prototipo se basará en una red neuronal creada internamente, la cual será entrenada utilizando un conjunto de datos público previamente seleccionado y evaluado. Además, los algoritmos de detección facial utilizados serán tomados de terceros, para garantizar su calidad y precisión en la detección de expresiones faciales.

La aplicación web será desarrollada utilizando ReactJS para la interfaz de usuario y FastAPI para la lógica de la aplicación y el uso del algoritmo de análisis de sentimientos, esta combinación de tecnologías permitirá una experiencia de usuario fluida y amigable, así como un procesamiento eficiente de los datos recopilados durante las clases.



Por último, se harán pruebas enfocadas en usuario objetivo, teniendo en mente que la aplicación prototipo está dirigida al docente, las cuales pueden ofrecer oportunidades para realizar ajustes y mejoras basadas en los comentarios y sugerencias recibidos durante la fase de prueba.

# Capítulo 4

## Modelo del algoritmo de análisis de sentimientos

En éste capítulo, exploraremos el desafiante mundo del análisis de sentimientos haciendo uso de las redes neuronales. Veremos los desafíos y retos que conllevan la creación de una red neuronal que sea capaz de realizar dicha tarea con la mayor eficiencia del caso. Adicional a esto se detallara el diseño de la red y el algoritmo que conjunto con la visión por computadora es capaz de llevar acabo el análisis de sentimientos. Este apartado es esencial para comprender el complejo problema desde la perspectiva de la inteligencia artificial y como se emplea en un algoritmo práctico y funcional.

### 4.1. Descripción de la red neuronal

El diseño de redes neuronales para el análisis de sentimientos se basa en una arquitectura convolucional (CNN) porque, según investigaciones, es altamente efectiva en tareas de procesamiento de imágenes. Las capas convolucionales son muy importantes porque utilizan filtros para extraer características apropiadas de los datos de entrada. Estos filtros o núcleos son pequeñas matrices que se mueven sobre la entrada y realizan operaciones de convolución para identificar patrones locales como bordes, texturas y formas. El uso de múltiples capas convolucionales permite a la red aprender características cada vez más complejas y abstractas, que son fundamentales para capturar la riqueza semántica de los datos en el análisis de sentimientos. Después de cada capa de convolución, se introduce una capa de normalización por lotes, que en inglés se denomina Batch Normalization. Esta técnica normaliza las activaciones de la capa anterior, reduce el riesgo de inundación de gradiente durante el entrenamiento y acelera la convergencia del modelo. La normalización por lotes es esencial para mantener los gradientes en un rango saludable, lo que evita problemas con explosiones o gradientes que desaparecen y promueve un entrenamiento más rápido y estable.

Después de la capa de convolución y la capa de normalización, se agrega una capa de agrupación máxima (MaxPooling2D), que reduce el tamaño de los elementos resultantes. Esta acción selecciona el valor máximo en la ventana de entrada y conserva las carac-

terísticas más importantes. MaxPooling reduce el tamaño de la representación espacial, lo que reduce el costo computacional y ayuda a prevenir el sobre-ajuste al mantener las características más relevantes y evitar la duplicación. Después de varias capas de convolución y agrupación, la salida de la red se aplanan en un vector unidimensional. Este vector pasa a través de varias capas densas que realizan la clasificación de sentimiento final. Las capas densas son muy importantes porque permiten que las características extraídas de las capas convolucionales se asocien con etiquetas de emociones y aprendan a hacer predicciones precisas basadas en las características aprendidas.

Se utilizan métodos de ajuste como L2 y abandono para evitar un sobre-ajuste del modelo. El ajuste L2 reduce los valores de peso del modelo, eliminando la complejidad excesiva y fomentando modelos más generales. Por otro lado, la deserción elimina neuronas aleatoriamente durante el entrenamiento, lo que reduce la dependencia entre neuronas y mejora en gran medida la capacidad del modelo para generalizar a material invisible. Estas técnicas son esenciales para mantener un equilibrio entre el poder del modelo y la capacidad de generalizar adecuadamente.

El diseño del modelo final es una adaptación y combinación de varias redes neuronales descubiertas en la competencia CSV Kaggle FER2013. Estas redes proporcionan una base sólida y probada que está ajustada y optimizada para una tarea de análisis de sentimiento específica. El uso de modelos preexistentes como referencia nos permite construir sobre arquitecturas probadas, lo que permite un desarrollo de modelos más rápido y eficiente. La configuración final del modelo se basa en la combinación y modificación de varias redes neuronales exitosas presentadas en la competencia CSV Kaggle FER2013, proporcionando una base sólida y probada para el análisis de sentimientos [20].

Cada componente y técnica de esta arquitectura CNN se selecciona cuidadosamente para optimizar el análisis de sentimientos. Desde el uso de capas convolucionales para extraer características hasta el uso de técnicas de regularización para reducir el sobre-ajuste, cada decisión se basa en la necesidad de maximizar la eficiencia y la generalización del modelo. Utilizar un modelo existente como base proporciona un punto de partida sólido a partir del cual se pueden realizar ajustes y mejoras específicos.

#### 4.1.1. Desarrollo de la red neuronal (CNN)

##### 1. Constantes necesarias en el modelo.

- a) **WIDTH y HEIGHT:** Estas constantes representan el ancho y la altura de las imágenes de entrada al modelo de red neuronal. En este caso, las imágenes tienen una resolución de 48x48 píxeles.
- b) **NUM\_CLASSES:** Indica el número total de clases en el problema de clasificación. En este caso, hay 7 clases diferentes a las que se puede asignar una imagen.
- c) **NUM\_EPOCHS:** Esta constante especifica la cantidad de épocas que se utilizarán durante el entrenamiento de la red neuronal. Una época se refiere a un

pase completo a través de todo el conjunto de datos de entrenamiento.

- d) **BATCH\_SIZE:** Indica el tamaño del lote de datos de entrenamiento que se utilizará en cada iteración del entrenamiento. Este valor representa cuántas muestras se procesarán antes de que los pesos del modelo se actualicen durante cada época. En este caso, se ha reducido a 32 para este modelo.
- e) **NUM\_FEATURES:** Es una constante que representa el número de características (o filtros) utilizados en las capas convolucionales del modelo. En este caso, se han utilizado 64 características en las capas convolucionales para extraer características de las imágenes de entrada.

2. **Modificaciones realizadas** Para lograr llegar al modelo empleado en este proyecto y que tiene una precisión del 77 % aproximadamente, se realizaron modificaciones variables, puesto que se modificó en repetidas ocasiones todo el algoritmo, empezando por:

- a) El número de épocas por el que pasaría la red neuronal.
- b) El tamaño del lote que tomaría la red para entrenarse por cada paso de esta.
- c) El número de características que tomaría como referencia la red.

Luego de la modificación de estas constantes se paso a modificar el resto de la red, pasando a ampliar y disminuir el tamaño de las capas convolucionales y ReLu empezando con **2\*2\*2\*NUM\_FEATURES** y modificando el tamaño de los filtros que termino siendo de (3,3) esto permitió que la red tuviera mas pasos y una mayor cantidad de “*neuronas*” pero influyo negativamente en los resultados pues la red comenzó a especializarse mucho en el conjunto de datos especifico o pasando a detectar solo una emoción por lo que se requirió además aumentar las capas de normalización para que la red no sufriera mas de este problema, una vez se agregaron estas nuevas capaz por cada una de las capas convolucionales se vio que el modelo mejoró considerablemente pues ya detectaba las 7 emociones planteadas, pero no pasaba de una precisión total del 50 % por lo que se decidió modificar la primera capa convolucional y en su compañía las demás capaz presentes en la red llegando a la configuración que arrojó mayor nivel de precisión con un 77 % y la cual fue la decisión final para la ejecución de este prototipo.

### 3. Capas de la red neuronal.

- a) **Capa de entrada (*inputs*):** La entrada se espera que sea un tensor tridimensional con forma (**WIDTH, HEIGHT, 1**), lo que indica una imagen en escala de grises con anchura y altura definidas por **WIDTH** y **HEIGHT**, respectivamente
- b) **Capas de convolución y activación ReLU:** La red comienza con dos capas de convolución consecutivas, cada una seguida de una activación ReLU. Estas capas de convolución utilizan filtros de tamaño ‘(3, 3)’ para extraer características de la imagen. La cantidad de filtros utilizados es ‘2\*2\*NUM\_FEATURES’, donde ‘NUM\_FEATURES’ es un parámetro definido anteriormente.

- c) **Capas de normalización por lotes:** Después de cada capa de convolución, se aplica una capa de normalización por lotes para normalizar las activaciones de la capa anterior. Esto ayuda a acelerar el entrenamiento y estabilizar el proceso de aprendizaje.
- d) **Capas de agrupación máxima:** Después de las primeras dos capas de convolución, se aplica una capa de agrupación máxima con una ventana de **‘(2, 2)’**, lo que reduce la dimensión espacial de las características extraídas, conservando las características más importantes.
- e) **Repetición del patrón de convolución, normalización por lotes y agrupación máxima:** Este patrón se repite dos veces más con una reducción progresiva en el número de filtros utilizados en las capas de convolución (en cada repetición, la cantidad de filtros se reduce a la mitad).
- f) **Capa de aplanamiento:** Después de las capas de agrupación máxima finales, se utiliza una capa de aplanamiento para convertir los mapas de características **2D** en un vector **1D**, lo que permite la conexión con capas totalmente conectadas.
- g) **Capas densas con activación ReLU:** Se agregan tres capas densas, cada una seguida de una activación ReLU. El número de unidades en estas capas disminuye progresivamente, de **‘2\*2\*2\*NUM\_FEATURES’** a **‘2\*2\*NUM\_FEATURES’** y luego a **‘2\*NUM\_FEATURES’**. Esto ayuda a reducir gradualmente la dimensionalidad de las características aprendidas antes de la capa de salida.
- h) **Capas de regularización Dropout:** Se han añadido capas de Dropout después de las dos primeras capas densas para reducir el sobreajuste durante el entrenamiento. Un valor de dropout del **50 %** se utiliza para desactivar aleatoriamente la mitad de las unidades en cada paso de entrenamiento.
- i) **Capa de salida:** La red termina con una capa densa con activación softmax para la clasificación de las clases de salida. El número de unidades en esta capa es igual al número de clases en el problema de clasificación (**NUM\_CLASSES**). La función de activación softmax produce una distribución de probabilidad sobre las clases.

## 4. Diagrama de la red neuronal.

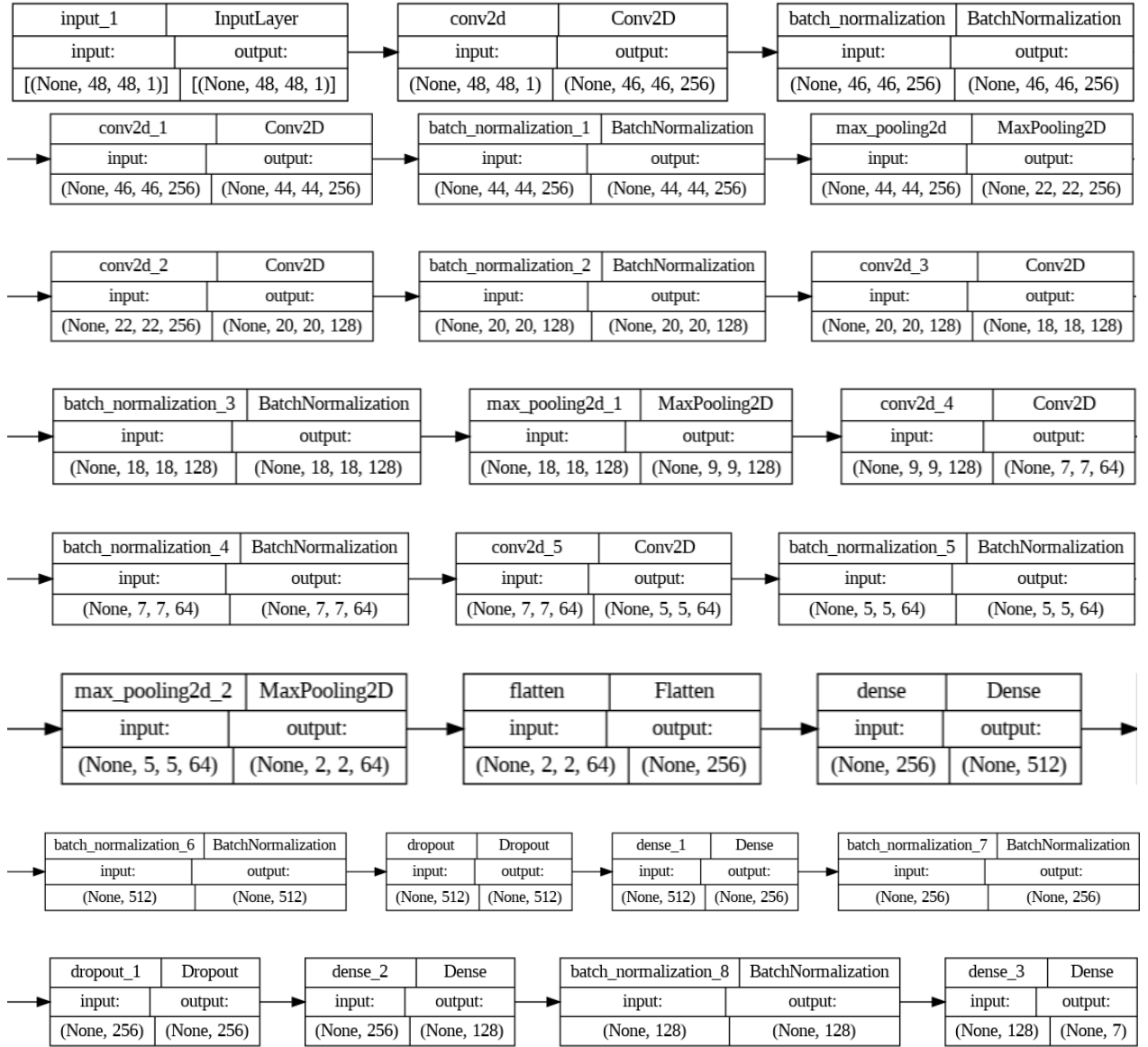


Figura 4.1: Diagrama de la red neuronal

### 4.1.2. Algoritmo de análisis de sentimientos usando visión por computadora.

Este algoritmo tiene como objetivo la detección de rostros y sus respectivas emociones en un vídeo, para entender mejor este proceso se brinda una descripción detallada del flujo de dicho algoritmo

1. **Carga del modelo de emociones:** En el primer segmento del algoritmo se intenta cargar un modelo pre-entrenado para realizar la detección de emociones, para este fin se usa la librería ‘Keras’ específicamente la función ‘load\_model’ que permite dicha actividad, en caso de que el modelo (Que se nombro ‘emotions\_model.h5’) no pueda ser cargado, se imprime por consola un mensaje de error, a su vez, se retorna un diccionario con el error y un mensaje.
2. **Detección de rostros:** Para esta tarea, se usa un clasificador en cascada Haar, previamente entrenado (específicamente `haarcascade_frontalface_default.xml`) para que detecte rostros en vídeo. Dicha acción es realizada con la librería **OpenCV** y la función ‘detectMultiScale’ que buscara rostros en la imagen transformándola a una escala de grises con determinados parámetros tales como, el factor de escalamiento, el número mínimo de vecinos y el tamaño mínimo de la ventana de vídeo.
3. **Encolamiento de los rostros detectados:** El algoritmo en la actualidad se encuentra en la capacidad de tomar de manera simultánea 60 rostros para su posterior análisis, esto lo hace usando una cola de imágenes en la que apila en orden de detección los rostros para su posterior paso por el procesamiento de los rostros detectados.
4. **Procesamiento de los rostros detectados:** Para cada rostro que el algoritmo detecta se realizan en orden las siguientes instrucciones:
  - a) **Extraer la región de interés (ROI) del rostro**, esto se hace para cada imagen transformándola a escala de grises (Cada rostro detectado es una imagen en escala de grises)
  - b) **Redimensionar la región de interés a un tamaño de 48x48 píxeles**, esto se hace para que la región de interés coincida con el tamaño de entrada que requiere el modelo de emociones.
  - c) **Normalización de los valores de píxeles**, en un rango de [0, 1].
  - d) **Realización de una predicción de la emoción predominante**, usando el modelo de emociones en el rostro extraído. La emoción predicha es determinada mediante un índice de clase con la probabilidad más alta.
5. **Recuento de las emociones detectadas:** En este caso se hace usando un diccionario llamado ‘emotions\_detected’ que permite realizar un seguimiento a la cantidad de veces que se detecta una emoción.
6. **Determinación de la emoción predominante:** Después de procesados todos los rostros identificados en el vídeo, el algoritmo determina la emoción mas repetida

(Guardándola como predominante), tomando la emoción que mas repeticiones haya marcado en el diccionario **‘emotions\_detected’**.

7. **Presentación de los resultados:** Para presentar los resultados, el algoritmo retorna un diccionario estructurado de la siguiente forma:

- a)* Cantidad de veces que se detectó cada emoción (diccionario **‘emotions\_detected’**).
- b)* Total de rostros identificados en el vídeo.
- c)* Emoción predominante en el vídeo (El nombre extraído del diccionario).



# Capítulo 5

## Desarrollo de la aplicación prototipo

### 5.1. Frontend - ReactJS

#### 5.1.1. ¿Qué es ReactJS?

ReactJS es una biblioteca de JavaScript que se utiliza para construir interfaces de usuario interactivas y eficientes. Una aplicación desarrollada con esta biblioteca se construye con el uso de componentes reutilizables que representan diferentes partes de la interfaz de usuario, lo cual hace que sea fácil de construir y mantener. Dentro de las ventajas de usar esta librería están:

- Reutilización de Componentes: React permite la creación de componentes reutilizables, lo que facilita la construcción de interfaces de usuario consistentes y modulares.
  - Virtual DOM: React utiliza un Virtual DOM para mejorar el rendimiento de la aplicación. El Virtual DOM es una representación ligera de la estructura de la página en memoria, que React compara con el DOM real y solo actualiza los elementos que han cambiado.
  - JSX: JSX es una extensión de JavaScript que permite escribir código HTML dentro de JavaScript. Esto facilita la creación y manipulación de elementos de la interfaz de usuario dentro del propio código JavaScript, lo que mejora la legibilidad y la mantenibilidad del código.
  - Ecosistema de Herramientas y Bibliotecas: React cuenta con un amplio ecosistema de herramientas y bibliotecas que facilitan el desarrollo de aplicaciones web. Esto incluye bibliotecas de gestión de estado como Redux, herramientas de enrutamiento como React Router, y una gran variedad de componentes y utilidades disponibles en npm.
  - Flexibilidad y Escalabilidad: React es una biblioteca flexible y escalable que se adapta bien a diferentes tipos y tamaños de aplicaciones. Su arquitectura basada en componentes permite escalar la aplicación de manera efectiva, añadiendo nuevos componentes según sea necesario y manteniendo un código organizado y fácil de mantener.
- [21]

### 5.1.2. Diseño de la Aplicación

La aplicación está construida bajo una arquitectura hexagonal, la cual es un patrón de diseño de software que promueve una separación modular clara entre la lógica negocio y las capas externas (como la interfaz de usuario y las capas de persistencia de datos). El objetivo principal de esta arquitectura es permitir un desarrollo más flexible, escalable y mantenible al desacoplar componentes y reducir las dependencias. [22]

La arquitectura hexagonal se refleja en la organización de nuestra aplicación en capas claramente definidas:

- Capa de Presentación: Esta capa está compuesta por las páginas y componentes de la interfaz de usuario que interactúan con el usuario final. Estos componentes y páginas llaman a los servicios del núcleo de la aplicación para realizar acciones relacionadas con el negocio.

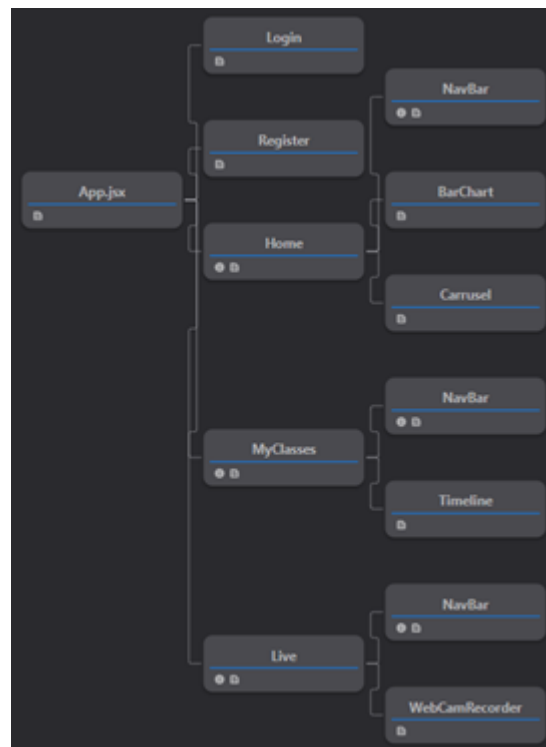


Figura 5.1: Diagrama componentes de la aplicación

- Núcleo de la Aplicación: El núcleo de la aplicación contiene la lógica del negocio de nuestra aplicación. Aquí se encuentran los componentes y servicios que implementan las reglas de negocio y realizan operaciones relacionadas con el dominio de la aplicación.
- Capa de Infraestructura: Esta capa proporciona la infraestructura necesaria para que la aplicación funcione, como la comunicación con la API del backend, la gestión del estado de la aplicación y la gestión de la autenticación de usuarios.

### 5.1.3. Interacción con la API

La aplicación se comunica con el API mediante el uso de Axios, que permite mediante solicitudes HTTP obtener y enviar los datos que se requieren para el funcionamiento de esta.

- Autenticación: la aplicación se gestiona por usuario, para ello se hacen una solicitud POST al API para enviar los datos del inicio de sesión, y si están correctos permita acceder a la aplicación.
- Registro: la aplicación requiere un registro de cada usuario con información básica con la cual la aplicación puede asociar todos los servicios que ofrece. Realiza una solicitud POST a la API para enviar los datos ingresados por el usuario al servidor backend. La información requerida se encuentra: Nombres y Apellidos, correo electrónico, y una contraseña.
- Información análisis de sentimientos en clases: al iniciar sesión se hace una solicitud GET al API para obtener los datos de las clases que se han grabado anteriormente únicamente de este usuario, la información del análisis de esta, y las estadísticas que se muestran en todo el recorrido de la aplicación
- Grabación de secciones de clase: la aplicación contiene una vista que permite grabar la clase, en esta se hace un envío del vídeo al api con un tiempo máximo de 30 segundos, este envío se realiza en intervalos de 1.5 minutos después de iniciada la grabación y enviado el primer fragmento de vídeo, luego de esto el API retorna la información del análisis del mismo, la cual incluye la emoción que predominó en este fragmento de vídeo, y un recuento del resto de las emociones detectadas en el mismo, la elección de tiempo se toma luego de un amplio espacio de pruebas en el que se pudo determinar que las emociones presentes en una clase pueden ser medidas en un fragmento de 30 segundos, y que estas no cambian hasta aproximadamente los dos minutos, por lo que se decidió tomar el tiempo medio de las pruebas que dio como resultado 1.5 minutos.
- Resumen de las clases: La aplicación ofrece la posibilidad de acceder a la información de clases anteriores, esta brinda los fragmentos de vídeo en los cuales se detectaron emociones negativas y además un resumen de que emoción predominó en esta clase específica.

### 5.1.4. Interfaz de la aplicación

La aplicación se compone de diferentes vistas con las cuales el usuario interactúa. A continuación se muestran cuáles son y cómo están estructuradas:

#### Vista de Registro de Usuario

La vista de registro de usuario permite a los usuarios crear una nueva cuenta en la aplicación.

**Componentes:**

- Formulario de registro: Contiene campos para que los usuarios ingresen su información personal, como nombre, apellidos, correo electrónico y contraseña.
- Botón de registro: Permite a los usuarios enviar el formulario de registro para crear su cuenta.



Figura 5.2: Vista de registro de la aplicación

**Vista de Inicio de sesión**

La vista de inicio de sesión permite a los usuarios ingresar al sistema

**Componentes:**

- Formulario de autenticación: Contiene campos para que los usuarios ingresen sus credenciales para ingreso al sistema las cuales son correo electrónico y contraseña.
- Botón de entrar: Permite a los usuarios enviar el formulario de autenticación para ingresar a la aplicación.

**Vista de Inicio**

La vista de inicio es la página principal de la aplicación, donde los usuarios pueden ver un resumen de las emociones que se han detectado en las clases anteriores y acceder a otras secciones de la aplicación.

**Componentes:**

- Barra de navegación: Permite a los usuarios navegar por las diferentes secciones de la aplicación.
- Gráfico de resumen: Muestran información porcentual de las emociones que han sido detectadas en las secciones de clase anteriores

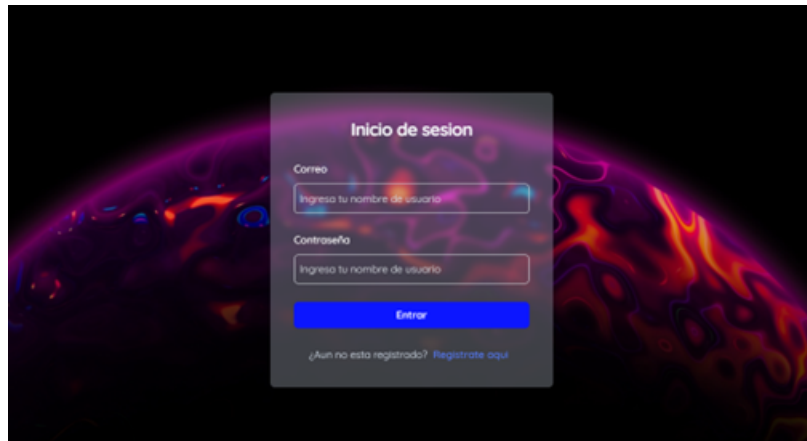


Figura 5.3: Vista de autenticación de la aplicación

- Imágenes informativas: contiene datos interesantes de las emociones y su relación con la educación.



Figura 5.4: Vista de inicio de la aplicación

### Vista de Mis clases

La vista de Mis clases es la página en la que accede a las clases previas que han sido grabadas, donde los usuarios pueden ver un resumen de estas en las que ha habido un cambio abrupto de las emociones de los estudiantes en el aula.

### Componentes:

- Barra de navegación: Permite a los usuarios navegar por las diferentes secciones de la aplicación.
- Línea del tiempo: Muestra una línea del tiempo de las clases que se han grabado en la aplicación y han tenido emociones negativas.

- Resumen de la clase: Contiene los datos de las emociones que ha habido en la clase que se secciono para ver las clases, teniendo acceso a el vídeo del momento en que hubo una emoción negativa.

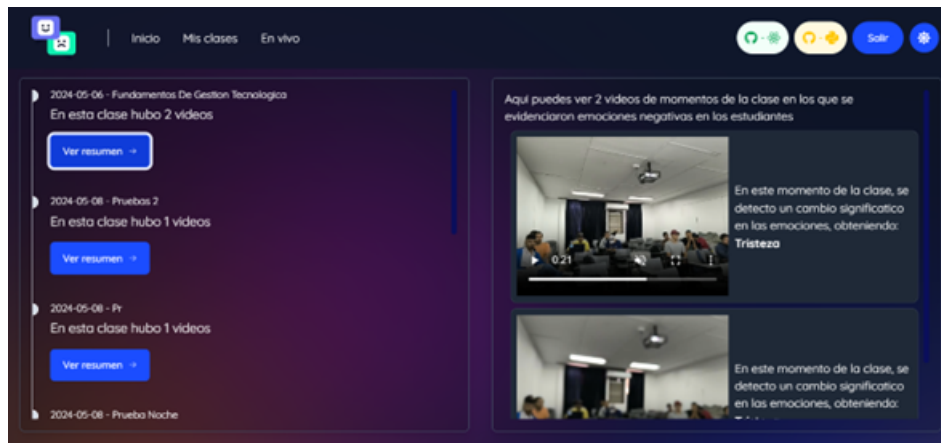


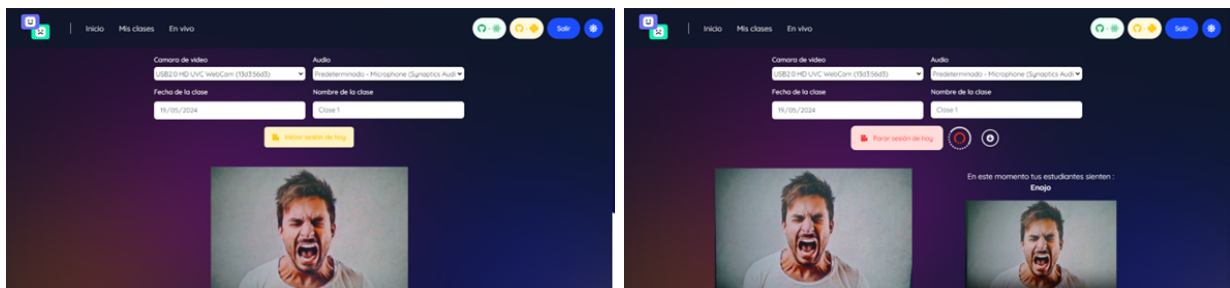
Figura 5.5: Vista de mis clases

### Vista de En vivo

La vista de En vivo es la página en la que se puede iniciar la grabación de la clase para que comience a ser analizada.

#### Componentes:

- Barra de navegación: Permite a los usuarios navegar por las diferentes secciones de la aplicación.
- Formulario: Este permite cambiar la entrada de audio y vídeo, ver la fecha en la que se va a grabar e ingresar el nombre de la clase a analizar. Además el botón con el que se inicia la grabación y el análisis de la clase.
- Vídeo en vivo: Contiene la vista en vídeo de la clase que se está analizando, al lado izquierdo se puede observar una alerta si la emoción de los estudiantes es negativa en el instante.



(a) Vista inicial de la pagina en vivo

(b) Vista con la alerta de una emoción negativa

Figura 5.6: Vista pagina En vivo

Para acceder al repositorio del FrontEnd da click aquí [23]

## 5.2. Backend - Fast API

### 5.2.1. ¿Qué es FastAPI?

**FastAPI** es un *framework* basado en python, especializado en la construcción de API de forma rápida y sencilla, que ha cogido rápida popularidad. Siendo considerado como uno de los *frameworks* de python más rápidos, ya que proporciona una gran velocidad a la hora de abordar el desarrollo de un API al incorporar características como validación de datos y documentación automática. [24]

Dado que el proyecto requiere un alto rendimiento y una capacidad elevada de manejar de manera concurrente múltiples solicitudes, se hace especial el uso de este Framework dado que brinda respuestas instantáneas y optimiza al máximo su ejecución, que confrontado con Flask que está construido para aplicaciones mas pequeñas y que priorizan un desarrollo simple, que no es el caso del desarrollo de este prototipo

#### Algunas características importantes de FastAPI

1. **Documentación automática:** FastAPI brinda una documentación del api de manera interactiva, brindando una interfaz web con múltiples opciones, en el caso de Fast trae por defecto dos opciones Redoc y Swagger ambos bajo el estándar OpenAPI.
2. **Facilidad de programación:** Al estar basado en python 3.8 permite programar de forma mas eficiente ya que usa declaraciones de tipos por lo que la curva de aprendizaje se ve reducida.
3. **Compatibilidad con editores modernos:** Dado que el framework fue diseñado para ser intuitivo y fácil de usar, se realizaron pruebas en múltiples editores, asegurando así una mejor experiencia de desarrollo.
4. **Configuración rápida:** FastAPI viene con configuraciones por defecto que permiten iniciar de manera instantánea el desarrollo de la aplicación, permitiendo elegir las configuraciones, que aplicar u omitir, ajustando todos los parámetros a la necesidad del usuario y del API que se desarrolla.

### 5.2.2. Segmentación del API

Para el desarrollo del backend de la aplicación se decidió separar los archivos por 4 grupos importantes para FastAPI que son: Routes (Rutas), Schemas (Esquemas), Models (Modelos) y Config (Configuraciones), además que se crean las carpetas Constants (Constantes), Storage (Almacenamiento) y Utils (Utilidades) que nos permite tener una segregación de responsabilidades al manejar solo un tipo de operación en cada uno de estos

espacios. Las Routes o rutas como su nombre lo indica son todas las URL con las que se accede al API y que se dividen en 2 grupos:

1. **/api/user** que alberga los métodos *create\_user* y *auth\_user* que nos permiten crear y autenticar un usuario respectivamente.
2. **/api/emotion\_recognizer/** que contiene los métodos *analyze\_video*, *get\_resumen* y *get\_videos*, donde la función *analyze\_video* es la encargada de realizar todo el análisis de sentimientos usando visión por computadora. El método *get\_resumen* retorna el resumen semanal de las emociones detectadas, y *get\_videos* retorna los vídeos de las emociones negativas que se han tenido durante la clase.

En Schemas o esquemas tenemos la estructura de los datos que vamos a recibir teniendo en este caso estructura solo para *create\_user* y *auth\_user* que valida que se ingresen correctamente los datos para crear el usuario y para su posterior autenticación en la aplicación. Luego vienen los Models o modelos, que son la estructuración de los datos para su posterior almacenamiento en la base de datos, esto es diferente de los esquemas, ya que en los modelos se indican el tipo de dato, las relaciones que puedan existir entre tablas, estos modelos son los usados por el conector de la base de datos a la hora de crear las tablas y las relaciones. Por ultimo viene Config o configuraciones que nos permite configurar la conexión con la base de datos y manejar los conectores y punteros para la manipulación de datos.

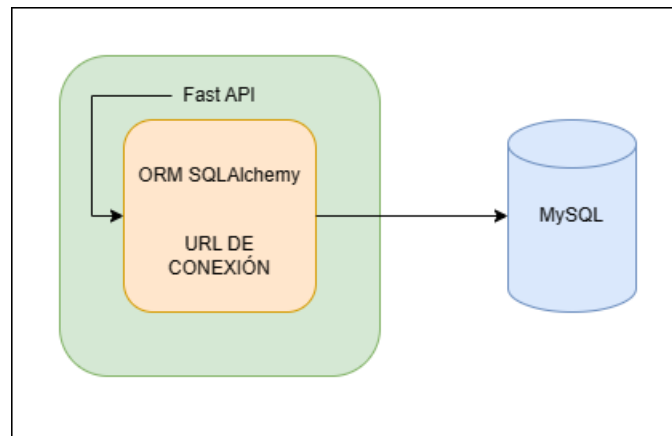


Figura 5.7: Modelo de conexión a MySQL

En el archivo llamado `constants.py` lo que hacemos es guardar los datos de conexión a la base de datos como lo son el nombre de usuario, y la contraseña de conexión a la base de datos, así como la url de acceso a la misma.

```

DB_USER = 'root'
DB_PASS = 'root'
DB_URL = f'mysql+pymysql://{DB_USER}:{DB_PASS}@localhost:3405/feelings_app'
  
```

Figura 5.8: Datos de conexión a MySQL



En la carpeta Storage se almacenan los vídeos analizados en los que la emoción predominante es una emoción negativa tales como ‘tristeza, miedo, enojo, disgusto’ Y en utils se almacena, en la carpeta extras todo el código de la red neuronal que se empleo el modelo de análisis de sentimientos, así como un enlace al dataset usado para entrenar dicha red En la carpeta Functions se almacena el algoritmo que se encarga de realizar todo el análisis de vídeo, haciendo uso de la red neuronal y del clasificador en cascada Haar Y en la carpeta models que se encuentra dentro de utils se almacena la red neuronal ya entrenada y el clasificador en cascada Haar.

### 5.2.3. Instalación y ejecución del API

Para la ejecución de este código se debe tener instalada una versión de Python 3.10 o superior y realizar los siguientes comandos:

1. `$ python -m venv .env`
2. `$ cd .\.env\Scripts\activate`
3. `$ pip install -r requirements.txt`
4. `$ uvicorn app.app:app --reload`

Con estos simples pasos ya se tiene instalado y corriendo el backend, es importante mencionar que como motor de bases de datos se uso MySQL por lo que en constanst.py con los datos para la conexión con dicho motor, también es importante crear la base de datos.

### 5.2.4. Estructura de la información

Los datos almacenados son los básicos para un usuario, su nombre o nombres y su apellido o apellidos, así como el correo y la contraseña que quiere asignar para su acceso

users	
id_user 🔗	int
user_names	varchar(255)
user_last_names	varchar(255)
email	varchar(255)
password	varchar(255)

Figura 5.9: Tabla Users

Mientras que de las clases se almacenan el nombre, la fecha, las emociones detectadas, la cantidad de rostros detectados, la emoción predominante y la ruta del vídeo si se almacena uno

class_taught	
id_class	int
class_name	varchar(255)
class_date	varchar(255)
id_user	int
enojo	int
disgusto	int
miedo	int
felicidad	int
tristeza	int
sorpresas	int
neutral	int
faces_detected	int
dominant_emotion	varchar(255)
file_path	varchar(255)

Figura 5.10: Tabla Class\_taught

En el modelo entidad - relación, se puede evidenciar la conexión que se tiene entre la tabla *users* y la tabla *class\_taught* esta relación se da debido a que para poder tener el resumen de las clases, y poder tener presentes las emociones negativas se necesita el ID del usuario, por lo que la relación se hace necesaria, esto permite que solo el usuario pueda ver la información de sus clases, evitando que cualquier usuario ve la información de otros usuarios.

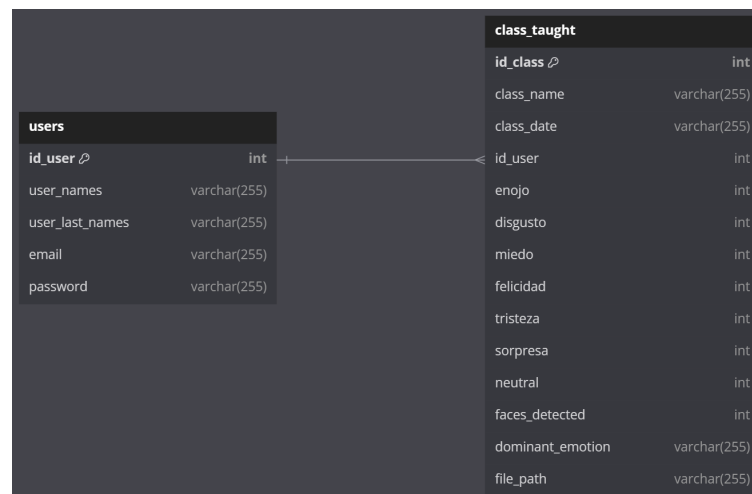


Figura 5.11: Diagrama entidad - relación de la base de datos

Para acceder al repositorio del Backend da click aquí [25]

# Capítulo 6

## Análisis y resultados

En este capítulo se describe un proceso de pruebas que se realizó con el prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora, pruebas que incluyen un análisis de la utilidad tiene la herramienta para los posibles usuarios, como lo son los docentes. También se analiza la eficiencia y asertividad del algoritmo que se desarrolló para el análisis de los sentimientos.

### 6.1. Pruebas de usabilidad

La prueba de usabilidad se realizó para evaluar la facilidad de uso de la interfaz del prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora. El objetivo principal era identificar posibles problemas de usabilidad y áreas de mejora para garantizar una mejor experiencia de usuario y la utilidad de la herramienta.

#### 6.1.1. Descripción de los Participantes

La prueba contó con la participación de 11 profesores quienes son los posibles usuarios del prototipo, seleccionados de diferentes departamentos de la universidad. La muestra incluyó usuarios con diversos niveles de experiencia tecnológica para obtener una visión amplia de la usabilidad de la aplicación.

#### 6.1.2. Método de Recolección de Datos

Se utilizó un cuestionario de Google Forms con preguntas en una escala de Likert de 5 puntos, la cual sirve principalmente para realizar mediciones y conocer sobre el grado de conformidad del encuestado hacia las preguntas que se plantean. El cuestionario contenía 10 preguntas relacionadas con diferentes aspectos de la interfaz y el uso del sistema [26].

#### 6.1.3. Resultados

Para interpretar adecuadamente estos datos, se muestran los resultados de cada pregunta hecha para esta prueba, apoyado en el gráfico que nos da Google Forms, además se

calcularon la media que es una medida de tendencia central que permite entender el valor medio de las respuestas de los usuarios. Para esta prueba de usabilidad, la media proporciona una visión general sobre cómo los usuarios perciben ciertos aspectos del sistema. Y por último, la mediana la cual es el valor que se encuentra en el centro de un conjunto de datos ordenados y es particularmente útil para comprender la distribución de las respuestas [27].

**Pregunta 1:** ¿Cómo calificarías la facilidad de uso del prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora?

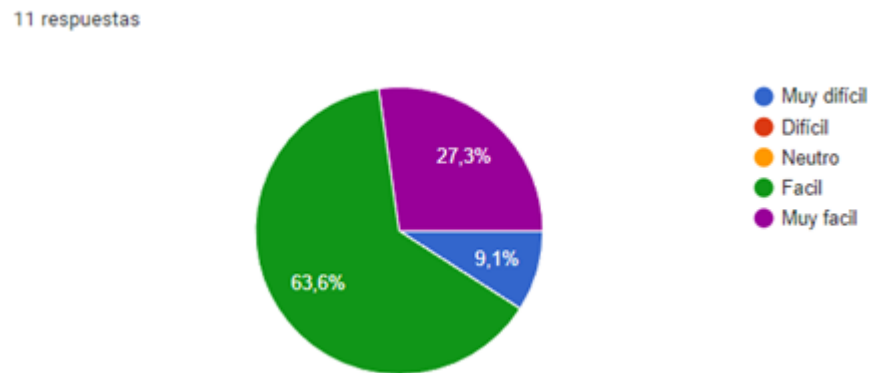


Figura 6.1: Resultados pregunta 1, Pruebas de usabilidad

- Muy difícil: 1 (9.1 %)
- Difícil: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Fácil: 7 (63.6 %)
- Muy fácil: 3 (27.3 %)

La mayoría de los usuarios consideraron que el prototipo es fácil de usar, pero un 9,1 % de los usuarios la encontró difícil o muy difícil. Esto sugiere que, aunque la interfaz es en general fácil de usar, existen áreas que requieren mejoras significativas para optimizar la experiencia del usuario.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta de facilidad de uso del prototipo, obtener una media de 4 en una escala de 1 a 5 sugiere que los usuarios calificaron la interfaz como fácil de usar. Este resultado indica que, la interfaz es mayormente fácil aunque hay cosas que podrían mejorar.
- **Mediana:** Para la pregunta sobre la facilidad de uso, obtener una mediana de 4 indica que el punto medio de las respuestas es fácil. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó la interfaz como fácil o muy fácil, mientras que la otra mitad la califica como fácil o difícil.

**Pregunta 2:** ¿Consideras que el prototipo es una herramienta útil para comprender el estado emocional de los estudiantes durante una clase?

11 respuestas

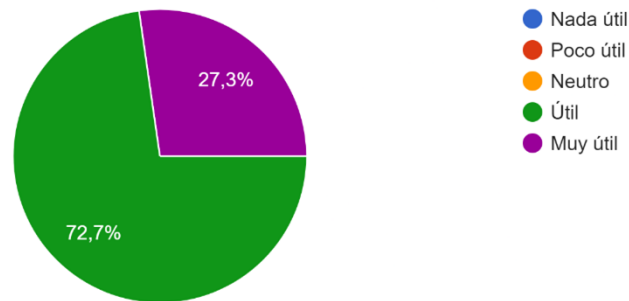


Figura 6.2: Resultados pregunta 2, Pruebas de usabilidad

- Nada útil: 0 (0 %)
- Poco útil: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Útil: 8 (72.7 %)
- Muy útil: 3 (27.3 %)

La mayoría de los usuarios consideraron que el prototipo es útil para comprender el estado emocional de los estudiantes durante una clase.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta de utilidad del prototipo, obtener una media de 4.3 en una escala de 1 a 5 sugiere que los usuarios calificaron el prototipo como útil. Este resultado indica que, la interfaz es mayormente fácil aunque hay cosas que podrían mejorar.
- **Mediana:** Para la pregunta sobre la utilidad de prototipo, obtener una mediana de 4 indica que el punto medio de las respuestas es fácil. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó la interfaz como fácil o muy fácil, mientras que la otra mitad la califica como fácil o difícil.

**Pregunta 3:** ¿Qué tan útil consideras que es el acceso a los vídeos de las clases con las emociones destacadas?

11 respuestas

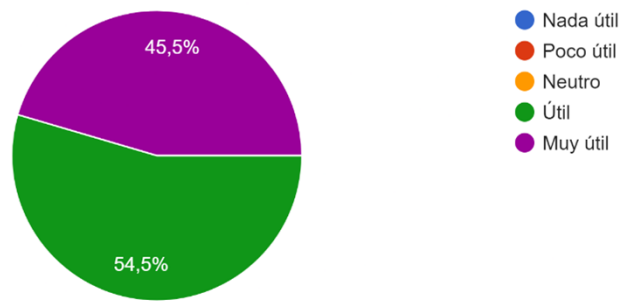


Figura 6.3: Resultados pregunta 3, Pruebas de usabilidad

- Nada útil: 0 (0 %)
- Poco útil: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Útil: 6 (54.5 %)
- Muy útil: 5 (45.5 %)

La mayoría de los usuarios consideraron que el acceso a los vídeos de las clases con las emociones destacadas es útil.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.5 en una escala de 1 a 5 sugiere que los usuarios calificaron el acceso a los vídeos de las clases con las emociones destacadas es útil. Este resultado indica que, esta funcionalidad es mayormente útil para los usuarios.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 4 indica que el punto medio de las respuestas es útil. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó la interfaz como útil o muy útil.

**Pregunta 4:** ¿Crees que el prototipo podría ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza en el aula?

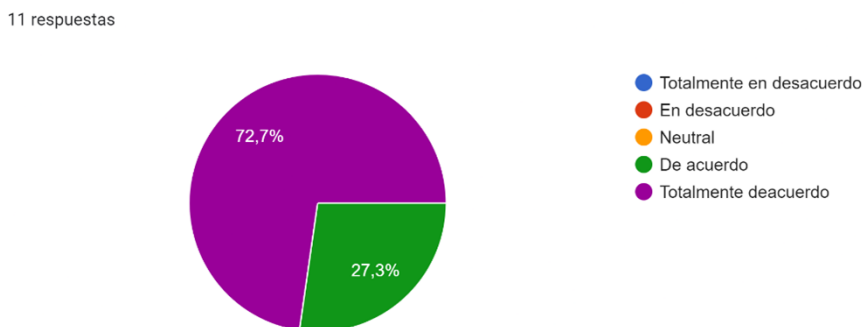


Figura 6.4: Resultados pregunta 4, Pruebas de usabilidad

- Totalmente en desacuerdo: 0 (0 %)
- En desacuerdo: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- De acuerdo: 3 (27.3 %)
- Totalmente de acuerdo: 8 (72.7 %)

La mayoría de los usuarios están de acuerdo con que el prototipo podría ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza en el aula.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.8 en una escala de 1 a 5 sugiere que los usuarios están totalmente de acuerdo con que el prototipo podría ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza en el aula. Este resultado indica que esta herramienta fue llamativa para los docente quienes concordaron con que este prototipo sería muy útil.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 5 indica que el punto medio de las respuestas es totalmente de acuerdo. Esto sugiere que la mitad de los usuarios califico como totalmente de acuerdo con el hecho de que el prototipo sería una herramienta valiosa.

**Pregunta 5:** ¿Qué tan probable es que recomiendes este prototipo a otros profesores?

11 respuestas

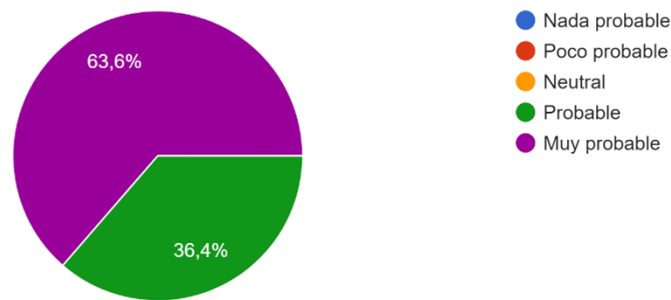


Figura 6.5: Resultados pregunta 5, Pruebas de usabilidad

- Nada probable: 0 (0 %)
- Poco probable: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Probable: 4 (36.4 %)
- Muy probable: 7 (63.6 %)

La mayoría de los usuarios consideran que es probable que recomiende el prototipo a otros docentes. Esto sugiere que encuentra la herramienta útil y que puede ayudar a más docentes.

**Estadísticas:**

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.72 en una escala de 1 a 5 sugiere que para los usuarios es muy probable que recomienden a otros hacer uso del prototipo.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 5 indica que el punto medio de las respuestas es muy probable. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó como muy probable que recomienden la herramienta.

**Pregunta 6:** ¿Consideras que el prototipo de análisis de sentimientos por visión de computadora puede mejorar tu comprensión sobre las dinámicas emocionales en el aula?



11 respuestas

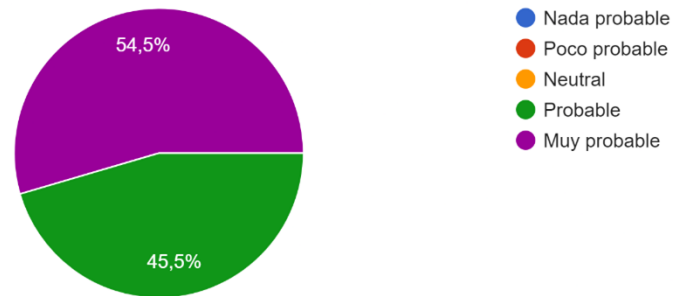


Figura 6.6: Resultados pregunta 6, Pruebas de usabilidad

- Nada probable: 0 (0 %)
- Poco probable: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Probable: 5 (45.5 %)
- Muy probable: 6 (54.5 %)

La mayoría de los usuarios consideran que es probable que el prototipo pueda mejorar tu comprensión sobre las dinámicas emocionales en el aula.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.6 en una escala de 1 a 5 sugiere que para los usuarios es muy probable que el prototipo pueda brindar una ayuda para mejorar la comprensión de los profesores en sus clases.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 5 indica que el punto medio de las respuestas es muy probable. Esto sugiere que la mitad de los usuarios califico como muy probable que recomienden la herramienta.

**Pregunta 7:** ¿Qué tan valiosa consideras la información proporcionada por el prototipo para mejorar la interacción y la calidad de las clases?

11 respuestas

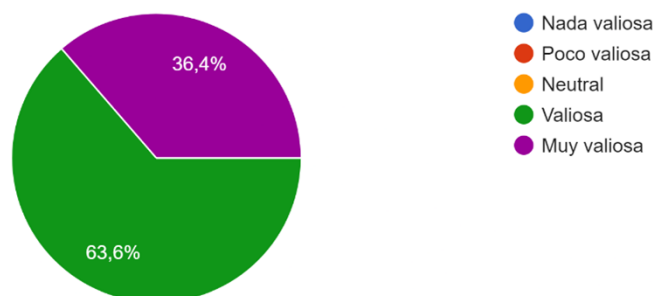


Figura 6.7: Resultados pregunta 7, Pruebas de usabilidad

- Nada valiosa: 0 (0 %)
- Poco valiosa: 0 (0 %)
- Neutral: 0 (0 %)
- Valiosa: 7 (63.6 %)
- Muy valiosa: 4 (36.4 %)

La mayoría de los usuarios consideran que la información es valiosa para mejorar sus clases y la interacción en estas. Esto nos indica que el prototipo puede llegar a ser una buena herramienta para implementar en las aulas.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.45 en una escala de 1 a 5 sugiere que para los usuarios es valiosa la información que el prototipo proporciona, esto indica que la herramienta fue llamativa para los docentes encuestados.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 4 indica que el punto medio de las respuestas es muy probable. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó como valiosa la información que se obtiene con el uso del prototipo.

**Pregunta 8:** Después de usar la herramienta, ¿Considera que ha descubierto algo nuevo sobre sus estudiantes en el aula de clases?

11 respuestas

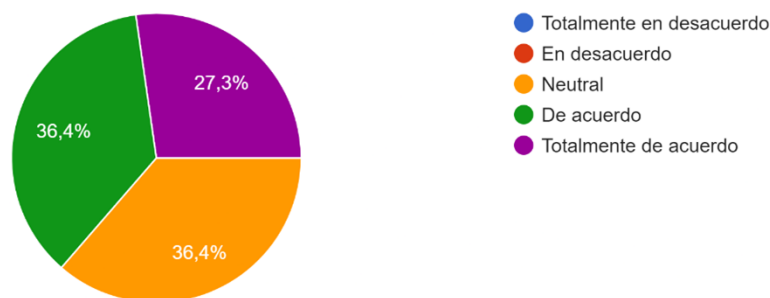


Figura 6.8: Resultados pregunta 8, Pruebas de usabilidad

- Totalmente en desacuerdo: 0 (0 %)
- En desacuerdo: 0 (0 %)
- Neutral: 4 (36.4 %)
- De acuerdo: 4 (36.4 %)
- Totalmente de acuerdo: 3 (27.3 %)

La mayoría de los usuarios consideran que la información es valiosa para mejorar sus clases y la interacción en estas. Esto nos indica que el prototipo puede llegar a ser una buena herramienta para implementar en las aulas.

#### Estadísticas:

- **Media:** En la pregunta, obtener una media de 4.45 en una escala de 1 a 5 sugiere que para los usuarios es valiosa la información que el prototipo proporciona, esto indica que la herramienta fue llamativa para los docentes encuestados.
- **Mediana:** Para la pregunta, obtener una mediana de 4 indica que el punto medio de las respuestas es muy probable. Esto sugiere que la mitad de los usuarios calificó como valiosa la información que se obtiene con el uso del prototipo.

#### Pregunta 9: ¿Qué es lo mas destacarías de la aplicación prototipo?

Las respuestas a esta pregunta resaltan algunos aspectos positivos de la aplicación prototipo, que reflejan su impacto en la enseñanza y el aprendizaje, así como su facilidad de uso y la innovación. Los principales temas identificados se describen a continuación:

##### 1. Facilidad de Presentación e Identificación de Emociones:

- Este aspecto fue mencionado en tres respuestas, destacando la importancia de la forma en que la aplicación facilita la presentación de información y la identificación de emociones en los estudiantes. Esto es importante para adaptar la educación a las necesidades emocionales de los estudiantes.

## 2. Facilidad de Uso:

- Dos respuestas destacaron la facilidad de uso de la aplicación. Esto indica que para los usuarios la interfaz es accesible y fácil de navegar, lo cual es importante para asegurar una adopción amplia y eficiente por parte de los educadores.

## 3. Innovación:

- La innovación se mencionó en dos ocasiones, enfatizando cómo la capacidad de la aplicación para detectar emociones y su uso potencial en otros contextos (como medir la satisfacción del cliente) la hacen única y valiosa.

## 4. Otros Aspectos Destacados:

- **Mejora en la Enseñanza y Aprendizaje:** Una respuesta destacó cómo la aplicación puede ayudar a mejorar los procesos de enseñanza y la calidad de la educación.
- **Importancia como Herramienta Educativa:** Una respuesta señaló que esta podría ser una herramienta muy útil para la mejora constante de la enseñanza.
- **Resultados Inmediatos:** La capacidad de proporcionar resultados inmediatos durante las clases fue mencionada como una ventaja significativa.
- **Versatilidad e Ingenio:** La versatilidad y el ingenio de la aplicación para detectar emociones fueron destacados, debido a que esta información puede ser muy útil para tomar decisiones de la enseñanza en el aula de clases.
- **Notificaciones en Tiempo Real:** Una respuesta mencionó la utilidad de las notificaciones en tiempo real para tomar acciones inmediatas durante la clase.
- **Mejora de la Atención a Estudiantes:** Se destacó cómo la aplicación puede mejorar la atención de los estudiantes debido a que al ofrecer información de sus emociones, el docente puede cambiar su metodología para mantener la concentración de los estudiantes.

**Pregunta 10:** ¿Tienes alguna sugerencia o comentario adicional para mejorar el prototipo o su implementación en el aula? Las respuestas a esta pregunta proporcionaron una serie de sugerencias valiosas y comentarios para realizar mejoras al prototipo y su implementación en el aula. A continuación, se detallan los temas más relevantes identificados:

### 1. Puesta en práctica del prototipo

- Un usuario sugirió la necesidad de promocionar y llevar a la práctica el prototipo. Se recomendó implementar un programa piloto en una institución educativa para demostrar su efectividad y hacer más efectivo el aprendizaje de los estudiantes.
- Un comentario sugirió la necesidad de tener el prototipo disponible en el aula, indicando la utilidad práctica de la herramienta.
- Se destacó que este tipo de proyectos deben escalarse y no quedarse solo como proyectos de grado, indicando la importancia de encontrar formas de poner en práctica estas iniciativas.

## **2. Implementación Técnica:**

- Un usuario recomendó desplegar el prototipo en algún servicio web, sugiriendo la revisión de Azure para estudiantes como una posible plataforma.

## **3. Visualización y Automatización de Clases:**

- La posibilidad de visualizar un calendario que permita programar todas las clases futuras fue mencionada como una mejora para automatizar el proceso educativo.

## **4. Emoción de Sorpresa en Estadísticas:**

- Se señaló que el uso de la emoción de sorpresa en las estadísticas podría ser arriesgado, ya que es una emoción de transición y podría resultar en datos ambiguos.

## **5. Identificación de Estudiantes por Emoción:**

- Se sugirió la implementación de una función para identificar a los estudiantes según sus emociones, lo cual permitiría hacer un seguimiento más personalizado.

## **6. Satisfacción con el Estado Actual:**

- Un usuario mencionó que todo está bien hasta ahora, lo que sugiere una satisfacción general con el estado actual del prototipo.
- Dos usuarios indicaron que no tenían ninguna sugerencia adicional, lo cual puede interpretarse como una aceptación del prototipo en su forma actual.

En conclusión, las pruebas de usabilidad realizadas para el prototipo arrojaron resultados mayoritariamente positivos. La mayoría de las preguntas recibieron puntajes entre 4 y 5 en la escala de Likert utilizada, indicando una alta aceptación de los usuarios del prototipo en su estado actual. Las medias iguales o superiores a 4 indican que los usuarios percibieron que el prototipo cumple bien o muy bien con las expectativas y objetivos que se plantea alcanzar con el uso del mismo.

## 6.2. Análisis heurístico

El análisis heurístico es una técnica de evaluación de la usabilidad que se utiliza para identificar problemas en la interfaz de usuario basados en principios heurísticos establecidos. En esta evaluación, se han utilizado los 10 principios heurísticos de Nielsen para analizar el prototipo. (<https://medium.com/pildorasux/10-heuristicos-nielsen-abc9c6ad04c0>)

### 6.2.1. Descripción de los evaluadores

El análisis heurístico del prototipo fue llevado a cabo por un grupo de evaluadores seleccionados por su experiencia y conocimiento en diseño de interacción, usabilidad y educación.

### 6.2.2. Resultados

#### Categoría 1: Accesibilidad

En esta categoría se evaluaron aspectos relacionados con la accesibilidad de la aplicación, se refiere a la capacidad de la aplicación para ser utilizada de manera efectiva por el mayor de personas posible, incluidas aquellas con diversas capacidades y limitaciones.

#### Heurísticas de Nielsen:

- Visibilidad del estado del sistema: Indicadores claros del estado actual de la aplicación, como barras de progreso o mensajes de confirmación.
- Reconocimiento en lugar de recuerdo: Acceso a contenidos sin necesidad de plugins adicionales.
- Consistencia y estándares: Tamaño de la fuente adecuado para la legibilidad.

#### Análisis de Respuestas:

- **Media:** 4.7
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.29
- **Interpretación:** La accesibilidad del prototipo es percibida positivamente por los evaluadores, con una media superior a 4. Esto sugiere que el prototipo en general proporciona buenos indicadores de estado y es accesible sin necesidad de plugins adicionales. Sin embargo, la desviación estándar indica cierta variabilidad en las respuestas, sugiriendo áreas para refinamiento.

#### Categoría 2: Control y Retroalimentación

En esta categoría se evaluó la capacidad de la aplicación para proporcionar control y

retroalimentación a los usuarios, asegurando que entiendan lo que está sucediendo en todo momento y pueda hacer uso de las características disponibles en el sistema.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Visibilidad del estado del sistema: Indicadores claros del estado actual de la aplicación, como barras de progreso o mensajes de confirmación.
- Control y libertad del usuario: Libertad para actuar y deshacer acciones.
- Prevención de errores y recuperación de errores: Información clara y no alarmista sobre los errores.

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,2
- **Mediana:** 4.3
- **Desviación Estándar:** 0.2
- **Interpretación:** Los evaluadores perciben que el prototipo ofrece un control y retroalimentación adecuados, aunque existe puntos a mejorar sobre la claridad de los mensajes de error y la libertad de acción del usuario. La media de 4.2 indica una percepción mayormente positiva.

#### **Categoría 3: Elementos Multimedia**

Esta categoría evaluó el uso de elementos multimedia dentro de la aplicación, como imágenes, vídeos y animaciones, y su contribución a la experiencia del usuario.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Estética y diseño minimalista: Valor añadido del uso de imágenes o animaciones y la evitación de animaciones cíclicas innecesarias.
- Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de errores: Calidad y relevancia de las fotografías.

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,8
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.1
- **Interpretación:** Los elementos multimedia del prototipo proporcionan un valor añadido importante, debido a que las respuestas no están muy alejadas tendiendo a la mayor nota, indicando que la calidad de las imágenes y el uso de animaciones son aceptadas por todos los evaluadores.

### **Categoría 4: Estructura y Navegación**

En esta categoría se evaluaron aspectos relacionados con la estructura y la navegación del sitio web, asegurando que los usuarios puedan encontrar fácilmente lo que buscan y moverse por la aplicación de manera intuitiva.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Consistencia y estándares: Adecuación de la estructura de organización y navegación.
- Reconocimiento en lugar de recuerdo: Navegación predecible y sin sobrecarga memorística.
- Flexibilidad y eficiencia de uso: Ausencia de páginas "huérfanas".

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,7
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.2
- **Interpretación:** La estructura y navegación del prototipo son bien recibidas, con una media mayor a 4. Los evaluadores encuentran que la organización y predictibilidad del sistema son adecuadas, lo que indica que es óptima la navegación y mínima la sobrecarga memorística.

### **Categoría 5: Generales**

Esta categoría evaluó aspectos generales del diseño del sitio, incluyendo la coherencia del diseño y su alineación con los objetivos del sitio web.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Consistencia y estándares: Coherencia del diseño general.
- Estética y diseño minimalista: Correspondencia del diseño con los objetivos del sitio.
- Ayuda y documentación: Orientación al usuario de la estructura del sitio.

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,8
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.14



- **Interpretación:** Los aspectos generales del diseño del prototipo son coherentes y se apegan a los objetivos del sitio. La media en 4.8 y una desviación estándar mínima sugieren que los evaluadores consideran el diseño efectivo y orientado al usuario.

En respuesta a la pregunta ¿Cómo describirías tu experiencia general utilizando el prototipo?, se observa que experiencia general de los evaluadores con el prototipo fue positiva en términos de usabilidad y manejo. Los evaluadores destacaron que la aplicación es intuitiva y de fácil uso. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora:

- **Uso del Espacio Visual:** Uno de los evaluadores señaló que había mucho espacio sin usar, lo que sugiere que el diseño puede optimizarse para hacer un uso más eficiente del espacio disponible.
- **Navegación:** La sugerencia de incluir migas de pan indica que, aunque la navegación es adecuada, podría mejorarse para que el usuario tenga una mejor retroalimentación del recorrido en la aplicación.

### **Categoría 6: Layout de la Página**

Esta categoría evaluó aspectos generales del diseño del sitio, incluyendo la coherencia del diseño y su alineación con los objetivos del sitio web.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Consistencia y estándares: Coherencia del diseño general.
- Estética y diseño minimalista: Correspondencia del diseño con los objetivos del sitio.
- Ayuda y documentación: Orientación al usuario de la estructura del sitio.

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,8
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.14
- **Interpretación:** Los aspectos generales del diseño del prototipo son coherentes y se apegan a los objetivos del sitio. La media en 4.8 y una desviación estándar mínima sugieren que los evaluadores consideran el diseño efectivo y orientado al usuario.

### **Categoría 7: Lenguaje y Redacción**

Esta categoría evaluó el uso del lenguaje y la redacción en la aplicación, asegurando que sea claro, conciso y adecuado para los usuarios.

#### **Heurísticas de Nielsen:**

- Visibilidad del estado del sistema: Lenguaje acorde con los usuarios.

- Consistencia y estándares: Lenguaje claro y conciso.
- Ayuda y documentación: Lenguaje amigable y cercano.

#### **Análisis de Respuestas:**

- **Media:** 4,7
- **Mediana:** 5
- **Desviación Estándar:** 0.24
- **Interpretación:** El lenguaje y redacción de la aplicación son altamente valorados, con una media de 4.7. Los evaluadores encontraron que la aplicación utiliza un lenguaje claro, conciso y cercano, alineado con las expectativas y necesidades de los usuarios.

El análisis heurístico del prototipo revela una percepción generalmente positiva en la mayoría de las categorías evaluadas. Las áreas de accesibilidad, estructura y navegación, y layout de la página destacan particularmente, con puntuaciones cercanas o superiores a 4. Sin embargo, se identifican oportunidades de mejora en el control y retroalimentación donde las medias son algo inferiores. Estas observaciones y opiniones de expertos proporcionan una base sólida para futuras mejoras y cambios del prototipo.

### **6.3. Pruebas de software**

Las pruebas de software, son un tipo de pruebas que permiten a los usuarios conocer el comportamiento y funcionamiento de un algoritmo o fragmento de código evaluados, en el caso de los algoritmos de inteligencia artificial se encuentran las pruebas de *accuracy*, F1-Score, ReCall, Precision y Matriz de confusión, las cuales facilitan métricas del nivel de cumplimiento y asertividad en la realización de tareas de dichos algoritmos, estas pruebas también sirvieron como punto de comparación para la elección del algoritmo de inteligencia artificial a usar en la realización de este proyecto, comparando las redes neuronales convolucionales (CNN) con algoritmos como el K vecinos más cercanos (KNN) u otras configuraciones de CNN logrando así determinar la mejor configuración posible para la realización de este proyecto.

#### **6.3.1. Algoritmo K vecinos más cercanos (KNN)**

El algoritmo K vecinos más cercanos, conocido como KNN o K-NN es un clasificador de aprendizaje supervisado no paramétrico que hace uso de la proximidad para realizar clasificaciones o predicciones sobre la asociación de un punto de datos individuales. Este algoritmo, aunque puede ser usado para problemas de regresión o clasificación es comúnmente usado como un algoritmo de clasificación, iniciando de la suposición de que se pueden encontrar puntos similares cercanos entre sí [28].

### 6.3.2. Presentación de resultados

Aquí se mostrará el rendimiento del algoritmo elegido, además de su comparativa contra otros modelos de redes neuronales y el algoritmo K-NN evidenciando con esto, que la elección y configuración de la red neuronal implementada en el proyecto fue la decisión óptima.

#### Accuracy

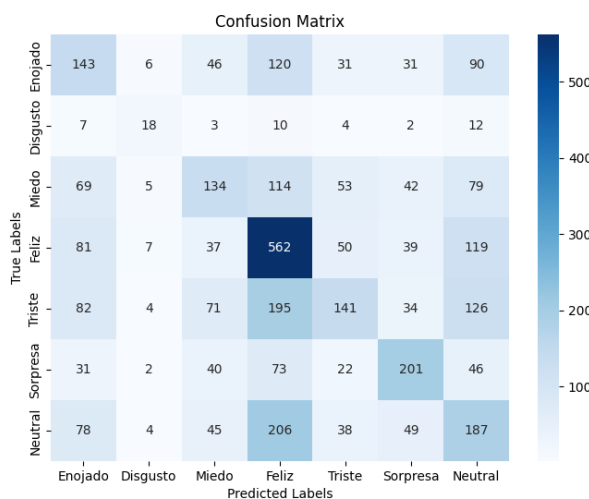
esta prueba consiste en la medición del *accuracy*, que marca el nivel de precisión de los algoritmos

- **Accuracy algoritmo KNN:** 0.3861 (38.61 %)
- **Accuracy Red Neuronal descartada:** 0.5915 (59.15 %)
- **Accuracy Red Neuronal implementada:** 0.7787 (77.87 %)

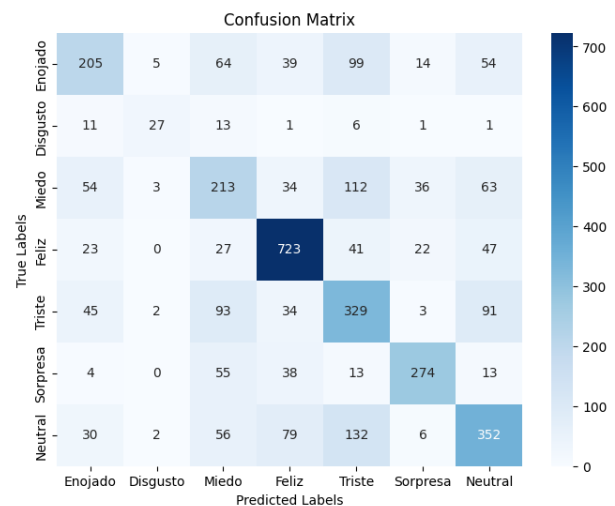
Con lo que se denota que las mejoras realizadas a la red neuronal que fue implementada aumentaron un 18 % la precisión general del modelo, permitiendo un mejor rendimiento y calidad de análisis en el caso de este prototipo

#### Matriz de confusión

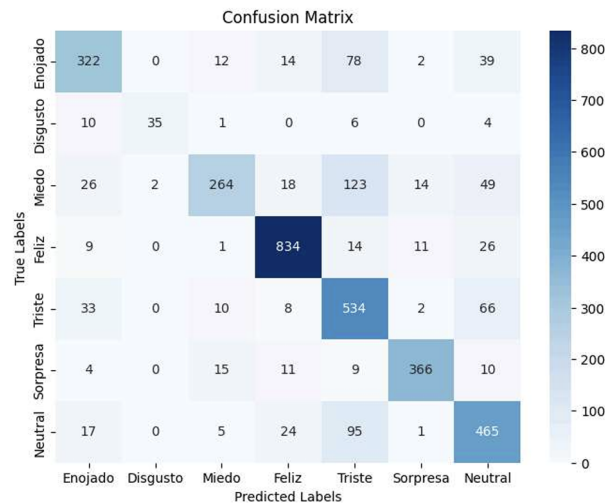
Esta prueba permite ver el comportamiento de los modelos es la prueba de matriz de confusión, que se usa en el aprendizaje automático para evaluar modelos de clasificación, este se compone de una tabla que muestra la cantidad de veces en que un modelo clasifica de forma correcta o incorrecta un elemento, en el caso de este proyecto emociones.



(a) Matriz de confusión KNN



(b) Matriz de confusión CNN Pruebas



(c) Matriz de confusión CNN Final

Figura 6.9: Comparativa matrices de confusión

En base a la figura anterior de matrices, se logró evidenciar que el modelo final de red neuronal fue el que obtuvo mayor nivel de precisión en la clasificación, puesto para este prototipo la mejor condición que se puede cumplir en la clasificación es que se encuentren falsos positivos, diferente a encontrar falsos negativos, pues al ser una aplicación que busca emprender acciones en base a emociones negativas, no sería de utilidad contar con falsos negativos, pues dado el caso de que se identifiquen de forma negativa emociones positivas o viceversa se verá afectada la confiabilidad y aplicabilidad de este prototipo.

### Evaluación del rendimiento de los algoritmos

- **F1-Score** es el promedio ponderado de Precisión y Recall. Por lo tanto, esta puntuación tiene en cuenta tanto los falsos positivos como los falsos negativos [29].
- **ReCall** también conocido como recuperación, es la fracción de instancias relevantes que se han obtenido sobre la cantidad total de instancias relevantes [30].
- **Precision** o precisión es la fracción de todas las instancias relevantes dividido entre las instancias obtenidas. [30]

Reporte de clasificación					Reporte de clasificación				
Emociones	Presicion	ReCall	F1-Score	Datos	Emociones	Presicion	ReCall	F1-Score	Datos
Enojo	0.29	0.31	0.30	467	Enojo	0.44	0.57	0.49	467
Disgusto	0.39	0.32	0.35	56	Disgusto	0.49	0.30	0.37	56
Miedo	0.36	0.27	0.31	496	Miedo	0.44	0.30	0.36	496
Felicidad	0.44	0.63	0.52	895	Felicidad	0.75	0.82	0.78	895
Tristeza	0.42	0.22	0.28	653	Tristeza	0.45	0.50	0.48	653
Sorpresa	0.51	0.48	0.49	415	Sorpresa	0.67	0.78	0.72	415
Neutral	0.28	0.31	0.30	607	Neutral	0.59	0.43	0.50	607
Accuracy			0.39	3589	Accuracy			0.58	3589
Macro AVG	0.38	0.36	0.36	3589	Macro AVG	0.55	0.53	0.53	3589
Weighted AVG	0.38	0.39	0.37	3589	Weighted AVG	0.57	0.58	0.57	3589

(a) Métricas KNN

(b) Métricas CNN Pruebas

Reporte de clasificación				
Emociones	Presicion	ReCall	F1-Score	Datos
Enojo	0.76	0.69	0.73	467
Disgusto	0.95	0.62	0.75	56
Miedo	0.86	0.53	0.66	496
Felicidad	0.92	0.93	0.92	895
Tristeza	0.62	0.82	0.71	653
Sorpresa	0.92	0.88	0.90	415
Neutral	0.71	0.77	0.73	607
Accuracy			0.79	3589
Macro AVG	0.82	0.75	0.77	3589
Weighted AVG	0.80	0.79	0.78	3589

(c) Métricas CNN Final

Figura 6.10: Comparativa métricas algoritmos

Tomando como referencias las tablas anteriores, se nota la mejoría de los algoritmos en cuanto al nivel de precisión tomados en la métrica, esto muestra como los diferentes algoritmos se comportan a los mismos datos de prueba permitiendo la identificación de las mejores configuraciones para el desarrollo de este prototipo, puesto que las configuraciones finales permitieron una mayor precisión de clasificación de emociones, hecho que no sobrepasaba el 50 % con otras configuraciones probadas, y que apenas superaba el 30 % en el algoritmo KNN, confirmando que la decisión de configurar y entrenar una red que tendría un desempeño superior al 70 % y que permite un margen amplio de mejora fue la correcta pues este hecho permite una mayor investigación para encontrar así una configuración que en algún momento pueda superar este porcentaje de acierto.

# Capítulo 7

## Conclusiones

1. El análisis de los sentimientos de los estudiantes y su relación con el proceso de aprendizaje ha llamado la atención de diferentes investigadores, que han intentado abordar este tema mediante el desarrollo de aplicaciones, haciendo uso de modelos de inteligencia artificial como algoritmos de selección o redes neuronales. Estas investigaciones analizaron como las emociones influyen en el rendimiento académico y en la experiencia educativa general de los estudiantes, y que el empleo de herramientas tecnológicas puede cerrar esta brecha de la educación tradicional y la atención al estado emocional de los estudiantes.
2. El uso de una red neuronal sobre otros modelos de inteligencia artificial, como el K-Nearest Neighbors (KNN), resultó ser la más adecuada para este proyecto. Diversas pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto, haciendo comparaciones entre los diferentes modelos, y variantes de estos, evaluando su desempeño en términos de precisión y capacidad de análisis de las diferentes emociones, mostraron consistentemente que la red neuronal superaba a otros modelos, incluyendo el KNN, en precisión y eficiencia.
3. Las pruebas realizadas con usuarios sugirieron que en su mayoría encontraron el prototipo no solo útil, sino también innovador y fácil de usar. Los participantes valoraron positivamente la capacidad de la aplicación para analizar de manera precisa y en tiempo real los sentimientos de los estudiantes, destacando su potencial para mejorar tanto la enseñanza y el aprendizaje.
4. La adopción de la metodología Kanban en el desarrollo del proyecto proporciono una visión clara para mantener la organización y el seguimiento del trabajo, identificando de manera efectiva cualquier cuello de botella y permitiendo una rápida respuesta a los problemas que surgieran. Este orden y claridad de las tareas por hacer, permitió el cumplimiento de los objetivos planteados, por lo que se logró hacer un estudio amplio en el campo, el diseño y construcción del algoritmo para analizar los sentimientos y el software que recoge este trabajo previo, combinado en una aplicación web a la que se enfrentara el usuario final.
5. El uso de una red neuronal para hacer el análisis de las emociones demostró ser

la mejor opción para el desarrollo de este prototipo, logrando una precisión media superior al 70 %, aunque es una opción más compleja de desarrollar y su asertividad puede ser mejorada significativamente, su concepción se consideró en base a la necesidad de precisión y efectividad en los resultados, además lograr cumplir el alcance planteado en el proyecto.

6. El uso de frameworks modernos, con gran posibilidad de creatividad tanto en el código backend como el frontend permitió crear una aplicación web minimalista y de fácil uso, pero robusta y con los mejores estándares para hacer de esta lo mas óptima posible. Esto reflejado en las opiniones de diferentes usuarios, con diferentes niveles de conocimiento en el área del software haciéndola accesible y cumpliendo con la meta de ser una herramienta que pueda mejorar la enseñanza moderna.
7. Este proyecto aporta de manera significativa a la investigación en la educación mediante el desarrollo de un prototipo de aplicación web que permite el análisis de sentimientos de los estudiantes dentro de las aulas de clase. valiéndose de técnicas avanzadas de aprendizaje automático, el prototipo no solo detecta y clasifica las emociones de los estudiantes, sino que además proporciona información valiosa para los docentes como los es un recuento de las emociones presentadas en la clase o la emoción que más predomina en la misma, todo esto para que los educadores puedan ajustar sus métodos y enfoques de enseñanza. Dicho enfoque se muestra como algo innovador que permite a los docentes realizar adaptaciones y mejoras en sus estrategias pedagógicas en tiempo real, permitiendo así un mejor entorno educativo, una mejor experiencia educativa y de aprendizaje en los alumnos y que se fomente un ambiente positivo para los estudiantes dando así un mayor nivel de productividad, cosa que beneficia no solo a los educadores sino también a los estudiantes.

# Capítulo 8

## Trabajos futuros

Según el alcance definido en este trabajo de grado, se dieron una serie de objetivos a cumplir, no obstante hay algunas funcionalidades y elementos que podrían desarrollarse e implementarse en un futuro, mejorando el desarrollo e implementación del sistema.

- **Agendamiento de clases:** Para el futuro se plantea que la aplicación cuente con una agenda de clases, que permita un funcionamiento de manera más automatizada, dando así más facilidad de uso de la aplicación y mayor consistencia en los datos de las clases..
- **Segmentación de rostros:** En el futuro también se planea implementar un sistema que permita identificar exactamente que rostros presentan que emoción permitiendo así abordar temas puntuales, como por ejemplo saber que estudiantes son los que presentan una emoción negativa y permite tomar acciones puntuales sobre este estudiante.
- **Integrar sistemas de asistencia:** Algunos de los encuestados sugirieron que el sistema permitiera a su vez realizar un seguimiento a la asistencia de los estudiantes, permitiendo llevar un llamado de asistencia más fácil, pues el sistema al poder detectar rostros permitirá asociar patrones faciales a una sola personas.
- **Inicio de sesión con redes sociales:** Se planea que el sistema permita el inicio de sesión con redes sociales, además de permitir opciones de correo electrónico, para que los usuarios tengan mayor facilidad de acceso a la aplicación.
- **Permitir funcionamiento sin conexión:** Se plantea permitir que la aplicación tenga un funcionamiento offline, que permita que cuando las conexiones a internet son de baja potencia o nulas, la aplicación pueda tener parte de sus funciones habilitadas hasta que se recupere la conexión, también se planea optimizar el uso de red para que la aplicación pueda funcionar sobre cualquier velocidad de red sin problemas.
- **Gráfico de resumen:** Se plantea ampliar el resumen de las clases que ya se han analizado, integrando un gráfico que resuma las emociones positivas y negativas que



se detectaron en esa clase específica, dando así una información mas amplia de los sentimientos identificados.

- **Análisis y seguimiento** Se planea realizar pruebas y análisis del sistema evaluando los resultados obtenidos en el proceso productivo de la aplicación para planificar mejoras y escalamiento de la aplicación.

# Capítulo 9

## Bibliografía

- [1] “Cómo influyen las emociones en el aprendizaje - educaweb.com.”
- [2] “Concentración y relajación - técnicas de estudio - biblioguías at universidad de extrema-madura. biblioteca.” <https://biblioguias.unex.es/c.php?g=572102&p=3944915>.
- [3] “Job outlook 2016: The attributes employers want to see on new college graduates’ resumes.”
- [4] A. Arwa, A. Khawlah, K. J. Salma, A. Nihal, and A. Samar, “Cnn-based face emotion detection and mouse movement analysis to detect student’s engagement level,” 2023.
- [5] P. H. Guridi, I. S. Olaizola, N. S. Saizar, and J. Z. Peña, “Saturdays.ai: Detectando emociones mediante imágenes nerea solabarrieta · follow.”
- [6] J. David and P. Naranjo, “Desarrollo de sistema para la detección de emociones utilizando visión artificial e inteligencia artificial aplicado a entornos educativos.”
- [7] N. Kumari and R. Bhatia, “Deep learning based efficient emotion recognition technique for facial images,” *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 14, 2023.
- [8] D. A. Alvarez, I. E. P. Catedrático, and M. L. Guevara, “Reconocimiento de expresiones faciales prototipo usando ica,” *Scientia et Technica Año XV*, vol. 41, 2009.
- [9] P. Jin, Z. Si, H. Wan, and X. Xiong, “Emotion classification algorithm for audiovisual scenes based on low-frequency signals,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 13, 2023.
- [10] K. U. K. Devi and V. Gomathi, “Deep convolutional neural networks with transfer learning for visual sentiment analysis,” *Neural Processing Letters*, vol. 55, pp. 5087–5120, 8 2023.
- [11] “Emociones en el aprendizaje: ¿qué importancia tienen? - neuroclass,” 1 2020.
- [12] “¿qué es una api rest?.”
- [13] “Algoritmo knn - cómo funciona y ejemplos en python.”

- [14] “El modelo de redes neuronales - documentación de ibm.”
- [15] “¿qué son las redes neuronales? — ibm.”
- [16] “Qué son las aplicaciones web y 8 ejemplos.”
- [17] “Visión por computador qué es, aplicaciones y objetivos.”
- [18] “Teorías de la emoción: Descubriendo el mundo emocional.”
- [19] “Tablero agile prototipo jira software.”
- [20] “fer2013.”
- [21] “¿qué es react.js? un vistazo a la popular biblioteca de javascript.”
- [22] “Arquitectura hexagonal en reactjs — by fernando bernal — medium.”
- [23]
- [24] “Fastapi.”
- [25]
- [26] “Escala de likert: Qué es y cómo utilizarla en tus encuestas..”
- [27] “¿qué es la media, la mediana y la moda?..”
- [28] “¿qué es el algoritmo de k vecinos más cercanos? — ibm.”
- [29] “Cosas esenciales que necesita saber sobre f1-score.”
- [30] “Precisión y recuperación (precision and recall) — by gonzalo gasca meza — medium.”
- [31] “¿qué es una red neuronal? - explicación de las redes neuronales artificiales - aws.”
- [32] “¿qué es una aplicación web? - explicación de las aplicaciones web - aws.”