

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE - SEDE SANTO DOMINGO

## TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA RECONOCIMIENTO DE LENGUA DE SEÑAS SIN MOVIMIENTO USANDO INTELIGENCIA ARTIFICIAL”



**SoGo Sign**

### **Autores:**

Goyes Díaz, Anthony Goyes  
Solórzano Montero, Bryan Alfredo

### **Director**

Mgtr. Martínez Cepeda, Verónica Isabel

Santo Domingo, 11 de marzo del 2024



# ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción
2. Antecedentes
3. Justificación
4. Objetivos
5. Marco Teórico
6. Metodología
7. Caso de Estudio
8. Resultados Obtenidos
9. Trabajos Futuros
10. Conclusiones
11. Recomendaciones



# INTRODUCCIÓN

## En la actualidad

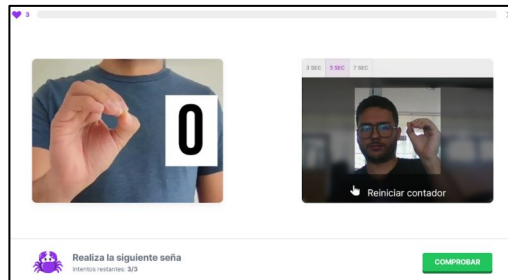
En Ecuador, las instituciones que **interactúan con personas con discapacidad auditiva** enfrentan diversos **desafíos tecnológicos y sociales**.

Barreras



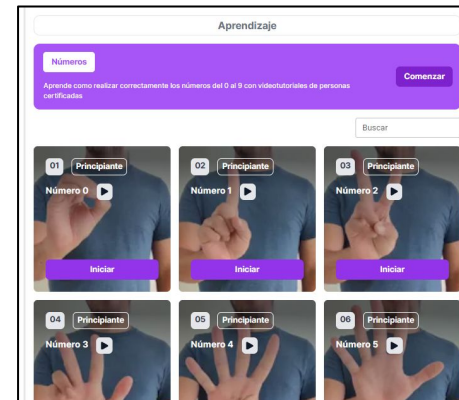
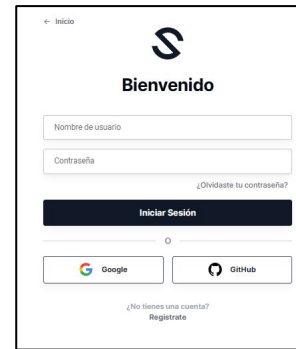
## ¿Qué se espera obtener?

**Clasificación** de la lengua de señas ecuatoriana con **retroalimentación inmediata**.



## Solución

### Aplicativo Web



**Módulos interactivos** que evalúen el contenido de **números del 0 al 9** y el **abecedario**.



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

# ANTECEDENTES

492.969 habitantes



11.767 algún tipo de discapacidad

- Del al 2.38% de la población a nivel de provincia, el 10.48% tiene **discapacidad auditiva**.
- La aplicación móvil **ESPE-Chat**, **impide la enseñanza interactiva**.
- Se ha identificado **un estudiante con discapacidad auditiva**

Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades

## TOTAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD REGISTRADAS EN EL REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDAD

TOTAL: 1.233

PROVINCIA

SANTO DOMINGO ...

CANTÓN

SANTO DOMINGO

TIPO DE DISCAPACIDAD

AUDITIVA

GRADO DE DISCAPACIDAD

(Todo)

GÉNERO

(Todo)

PORCENTAJE

(Todo)

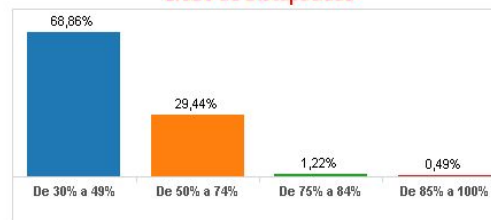
EDAD

(Todo)

### Tipo de Discapacidad



### Grado de Discapacidad



Género No. Registros

|           |     |
|-----------|-----|
| Femenino  | 567 |
| Masculino | 666 |

### Grupos Etarios



Elaborado por: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades-CONADIS

Fuente: Ministerio de Salud Pública

Fecha Elaboración: Septiembre 2023

Corte del Registro: Septiembre 2023

Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2023

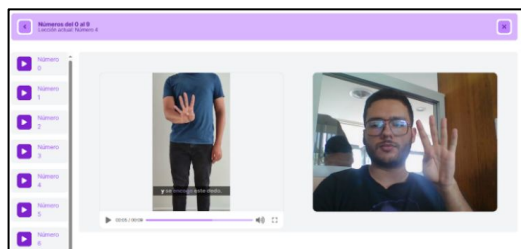
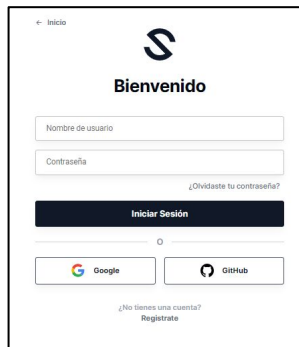


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# JUSTIFICACIÓN

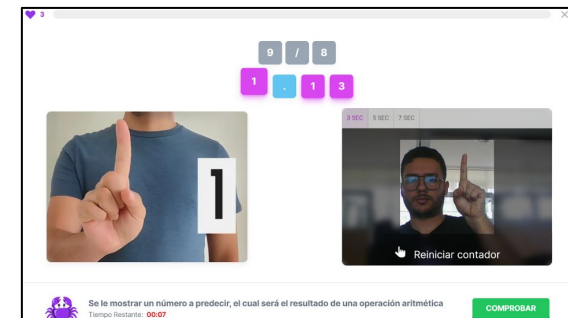
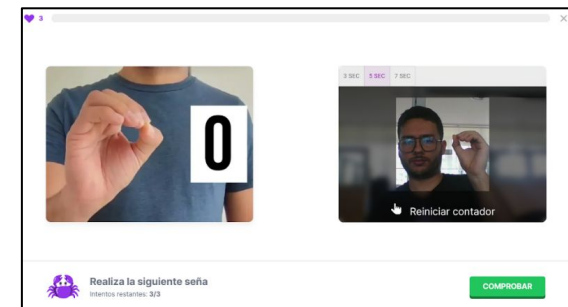
## Inclusión

- Crear una **solución innovadora** para abordar los **problemas de inclusión**.
- **Motivar en el aprendizaje** de lengua de señas ecuatoriana.
- Promover una **conexión más profunda** entre individuos



## Tecnología

- La **evolución tecnológica** ha impulsado el desarrollo de **tecnologías asistivas (TA)**.
- Aprovechar la **popularidad de la inteligencia artificial** y su **expansión en ámbitos específicos**



# OBJETIVOS

## Objetivo General:

Desarrollar una aplicación web para **reconocimiento de lengua de señas sin movimiento** usando **inteligencia artificial**.

## Objetivos Específicos:

- Determinar la **metodología ágil** para el desarrollo.
- Determinar los **requerimientos funcionales y no funcionales** de la aplicación.
- Determinar la **arquitectura, tecnologías y herramientas** de desarrollo web.
- Realizar el **diseño, desarrollo, implementación y pruebas**.



# ESTADO DEL ARTE - CASOS DE ESTUDIO

**Somoseldes** es el principal caso de estudio y usado como **referente**.

TABLA I  
COMPARATIVA DE APLICACIONES RELACIONADAS

| Características                       | Sign-Speak | Sign for Deaf | Spread The Sign | Somoseldes | SoGo Sign |
|---------------------------------------|------------|---------------|-----------------|------------|-----------|
| Traducir de lenguaje de señas a texto | ✓          | ✓             | X               | ✓          | ✓         |
| Aprender lenguaje de señas.           | X          | X             | ✓               | ✓          | ✓         |
| Retroalimentar de manera inmediata.   | X          | ✓             | X               | ✓          | ✓         |
| Clasificar usando LSE.                | X          | X             | X               | X          | ✓         |
| Acceder a múltiples lenguas de señas. | ✓          | ✓             | ✓               | ✓          | X         |
| Ser gratuita.                         | X          | X             | ✓               | X          | ✓         |
| Ser fácil de usar.                    | ✓          | ✓             | ✓               | ✓          | ✓         |



# METODOLOGÍA - DESIGN THINKING

## 1 Empatizar

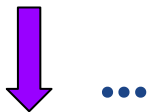
- Limitaciones en la aplicación móvil **ESPE-Chat**.
- A través de **Focus Groups**.

TABLA VI  
REQUISITOS FUNCIONALES

| ID   | Requerimiento funcional   | Descripción  | Prioridad |
|------|---------------------------|--|-----------|
| RF 1 | Registrar usuario         | Crear una cuenta ingresando de forma manual los campos requeridos para el usuario o sincronizando una cuenta existente de Google o GitHub. | Alta      |
| RF 2 | Iniciar sesión            | Utilizar campos requeridos, como el nombre de usuario y la contraseña, para iniciar sesión.  | Alta      |
| RF 3 | Material de aprendizaje   | Generar material audiovisual para aprender las lenguas de señas ecuatorianas sin movimiento.   | Media     |
| RF 4 | Lecciones interactivas    | Evaluar el conocimiento de las señas con inteligencia artificial para comprobar el resultado.  | Alta      |
| RF 5 | Retos por dificultad      | Implementar lecciones desafiantes con dinámicas clasificadas por dificultad.   | Alta      |
| RF 6 | Tabla de clasificación    | Realizar seguimiento de los puntos por usuario en relación con las lecciones y retos.  | Media     |
| RF 7 | Personalización de perfil | Modificar la información del usuario.  | Baja      |
| RF 8 | Restablecer contraseña    | Modificar la contraseña cuando no está dentro de la plataforma.  | Baja      |

## 4 Prototipar

- Propuestas en **prototipos tangibles y funcionales**

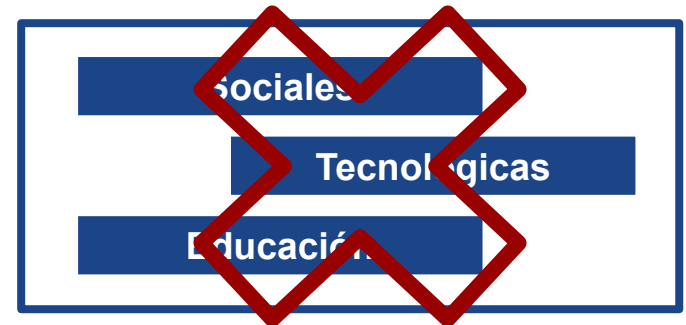


## 2 Definir

Definición del problema y solución

- Crear un **entorno académico inclusivo**.

Barreras



## 3 Idear



**Aplicativo Web adaptativo con Inteligencia Artificial**

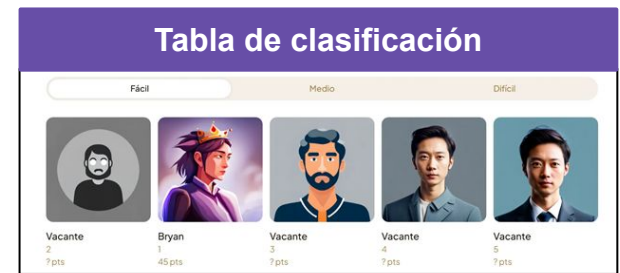
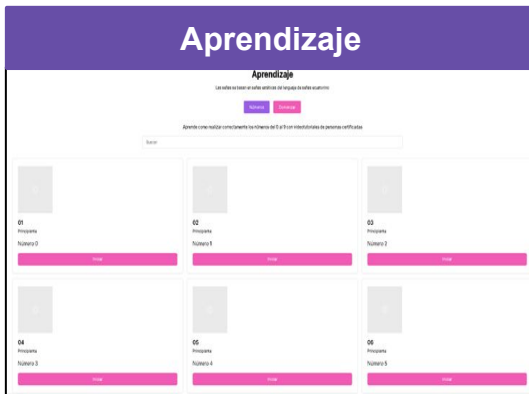
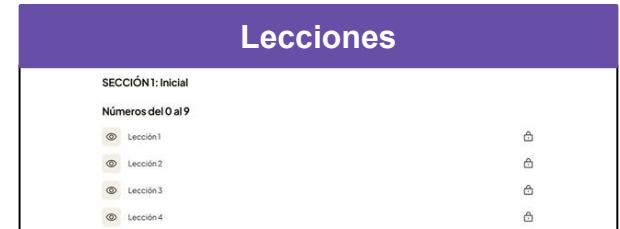
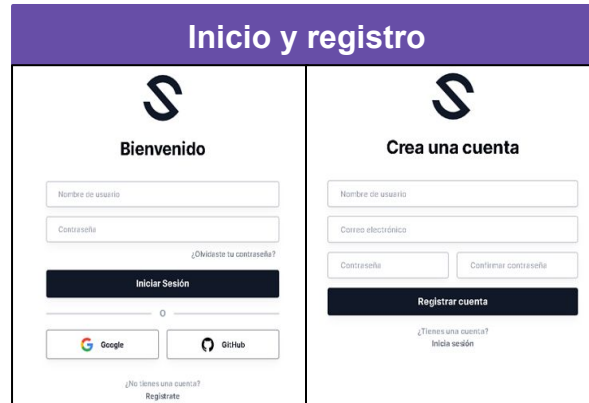
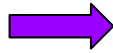
| Módulo                 |
|------------------------|
| Autenticación          |
| Aprendizaje            |
| Lecciones              |
| Retos                  |
| Tabla de Clasificación |
| Perfil                 |





# METODOLOGÍA - DESIGN THINKING

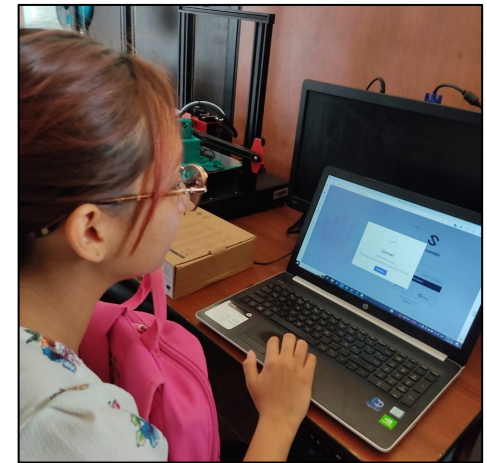
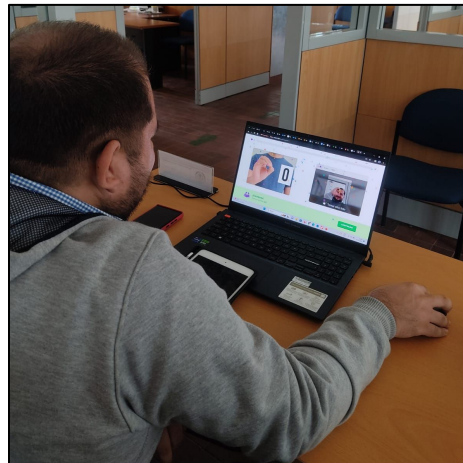
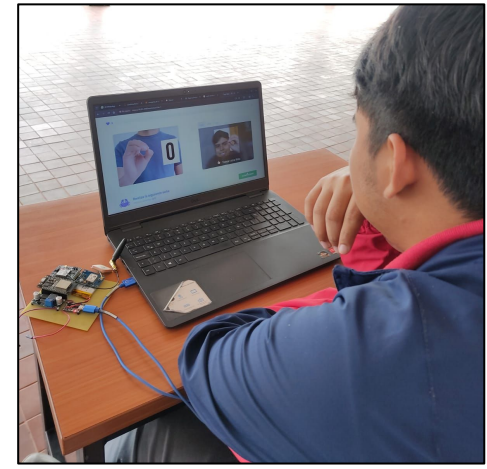
## 4 Prototipar



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

# METODOLOGÍA - DESIGN THINKING

## 5 Evaluar



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

# METODOLOGÍA - KANBAN

## Roles y funciones del equipo de desarrollo

TABLA VIII  
ROLES ASIGNADOS AL EQUIPO DE DESARROLLO

| Rol                 | Responsable  | Función   |
|---------------------|--|---|
| Propietario         | Mgtr. Verónica Martínez  | Asignar los requerimientos funcionales de la aplicación y asegurar su implementación.   |
| Desarrollador       | Anthony Mauricio Goyes Díaz<br>Bryan Alfredo Solórzano Montero | Implementar las actividades generadas en el visor de tareas de Kanban para el frontend y backend  |
| Analista de Calidad | Bryan Alfredo Solórzano Montero                                | Verificar que los procesos cumplan con estándares establecidos, detectando y corrigiendo problemas para mejorar la satisfacción del usuario.  |
| Diseñador UX        | Anthony Mauricio Goyes Díaz                                    | Evaluar y asegurar que el producto se alinee con estándares de experiencia del usuario y mejorar la usabilidad y la satisfacción del usuario. |

## Tablero Kanban

The Kanban board is organized into four columns representing different stages of the development process:

- POR HACER 8:** Tasks include 'Registro de usuarios', 'Inicio de sesión', 'Material de aprendizaje', 'Lecciones interactivas', 'Levntamiento de Servidor SMTP...', 'Desarrollar módulo de retos', and 'Interfaz para visualizar y editar información del usuario'.
- EN CURSO 4:** Tasks include 'Comparación de los modelos', 'Diseñar mockups de las interfaces a utilizar', 'Generar flujo de comunicación', and 'Aplicación web o landing'.
- LISTO 9:** Tasks include 'Selección de tecnologías', 'Levantamiento de requerimientos', 'Selección de tecnologías', 'Selección de metodología', 'Definir arquitectura de la aplicación', 'Recopilación de datos', 'Tratamiento de datos', and 'Creación y entrenamiento de modelos'.
- PRUEBAS 1:** Task is 'Pruebas de funcionalidad'.

## Tareas visuales

The task list displays the following items:

- SOGO-17 Pasos iniciales:** SOGO-25 Levantamiento de requerimientos, SOGO-18 Selección de metodología, SOGO-19 Selección de tecnologías, SOGO-26 Definir arquitectura de la aplicación.
- SOGO-9 Maquetación/Modcups:** SOGO-10 Diseñar modcups de las interfaces a utilizar, SOGO-11 Generar flujo de comunicación.
- SOGO-2 Creación del modelo clasificatorio:** SOGO-3 Recopilación de datos, SOGO-15 Tratamiento de datos, SOGO-4 Creación y entrenamiento de modelos, SOGO-5 Comparación de los modelos.
- SOGO-20 Implementación FrontEnd:** SOGO-21 Levntamiento de Servidor SMPT para confirmación..., SOGO-12 Registro de usuarios, SOGO-13 Inicio de sesión, SOGO-22 Material de aprendizaje, SOGO-27 Lecciones interactivas, SOGO-28 Desarrollar módulo de retos, SOGO-29 Interfaz para visualizar y editar información del usu..., SOGO-30 Aplicación web o landing, SOGO-31 Pruebas de funcionalidad, SOGO-32 Producto final.

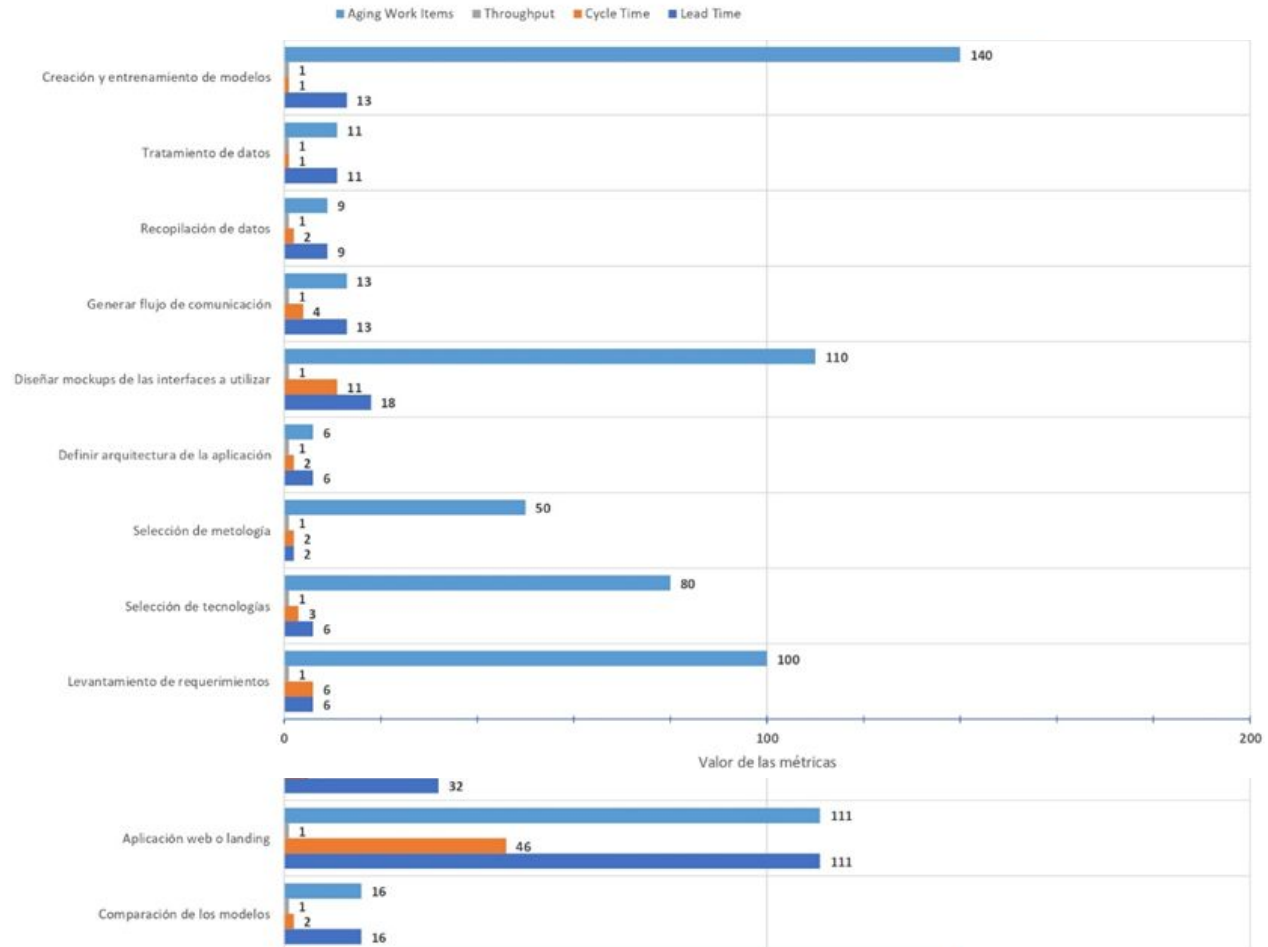


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA - KANBAN

Se han **completado 20 tareas**, en una duración de **111 días**, iniciando el 07/11/2023 hasta el 26/02/2024

## Métricas Kanban



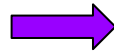
Tareas Kanban



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

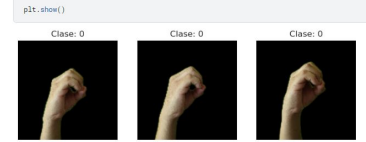
# ARQUITECTURA DEL MODELO CLASIFICATORIO

34 clases



Preprocesamiento

rembg



Aumento de datos (data augmentation)

```
for hands_name in main_df['classes'].unique():
    plot_class(main_df, hands_name, resized_images)
```

N



```
[90]: pip install rembg
# Importing Required Modules
from rembg import remove
from PIL import Image
def process_image(image_path):
    # Leer la imagen
    image = cv2.imread(image_path)
    # Redimensionar la imagen a 128x128
    image_228 = cv2.resize(image, (228, 228))
    # Removing the background from the given Image
    result = remove(image_228)
    return result
```

```
# Define el generador de flujo de datos para entrenamiento
data_aug = vgg_datagen.flow_from_directory(
    data_directory, # Directorio de las imágenes aumentadas
    output_directory, # Directorio de las imágenes
    target_size=(128, 128), # Tamaño de destino de las imágenes
    batch_size=32,
    class_mode="categorical", # Modo de clasificación categórica
    shuffle=True,
)
```

Found 9854 images belonging to 34 classes. ≈ 290

MediaPipe Model Maker

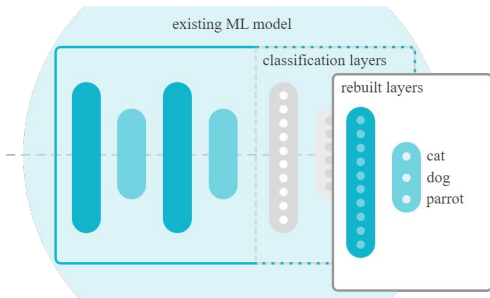
```
[11] data = gesture_recognizer.Dataset.from_folder(
    dirname=dataset_path,
    hparams=gesture_recognizer.HandDataPreprocessingParams()
)
train_data, rest_data = data.split(0.8)
validation_data, test_data = rest_data.split(0.5)
```

80% entrenamiento  
10% pruebas  
10% validación

Downloading [https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/palm\\_detection\\_full.tflite](https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/palm_detection_full.tflite)  
 Downloading [https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/hand\\_landmark\\_full.tflite](https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/hand_landmark_full.tflite)  
 Downloading [https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/gesture\\_embedder.tar.gz](https://storage.googleapis.com/mediapipe-assets/gesture_embedder.tar.gz) to

Aprendizaje por transferencia

input data



.H5 ✗  
.task

Model: "sequential"

| Layer (type)                   | Output Shape         | Param #  |
|--------------------------------|----------------------|----------|
| conv2d (Conv2D)                | (None, 148, 148, 32) | 320      |
| max_pooling2d (MaxPooling2D)   | (None, 74, 74, 32)   | 0        |
| dropout (Dropout)              | (None, 74, 74, 32)   | 0        |
| conv2d_1 (Conv2D)              | (None, 72, 72, 64)   | 18496    |
| max_pooling2d_1 (MaxPooling2D) | (None, 36, 36, 64)   | 0        |
| dropout_1 (Dropout)            | (None, 36, 36, 64)   | 0        |
| conv2d_2 (Conv2D)              | (None, 34, 34, 128)  | 73856    |
| max_pooling2d_2 (MaxPooling2D) | (None, 17, 17, 128)  | 0        |
| dropout_2 (Dropout)            | (None, 17, 17, 128)  | 0        |
| flatten (Flatten)              | (None, 36992)        | 0        |
| dense (Dense)                  | (None, 512)          | 18940416 |
| dropout_3 (Dropout)            | (None, 512)          | 0        |
| dense_1 (Dense)                | (None, 25)           | 12825    |

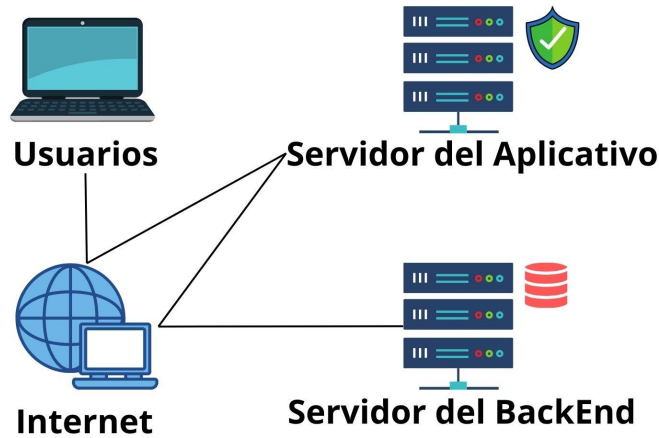
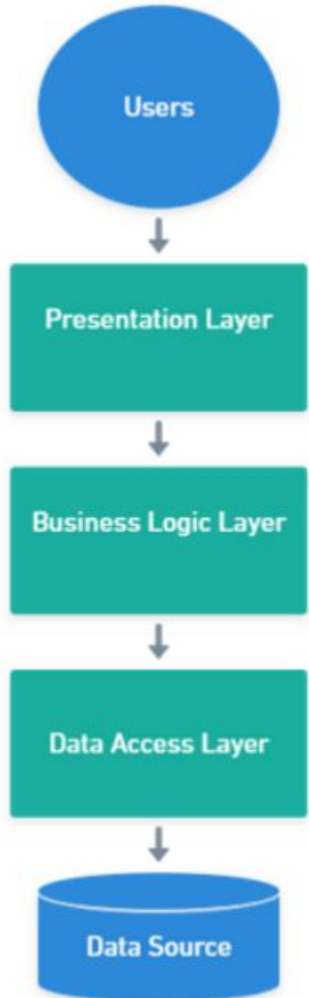
-----  
 Total params: 19,045,913  
 Trainable params: 19,045,913  
 Non-trainable params: 0



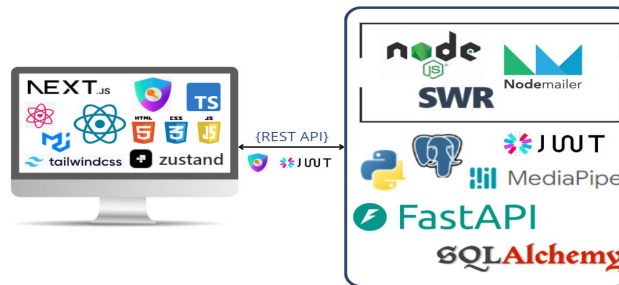
**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN

## ARQUITECTURA DE 3 CAPAS



```
app
├── db
├── models
├── repository
├── routers
├── schemas
├── services
└── utils
```



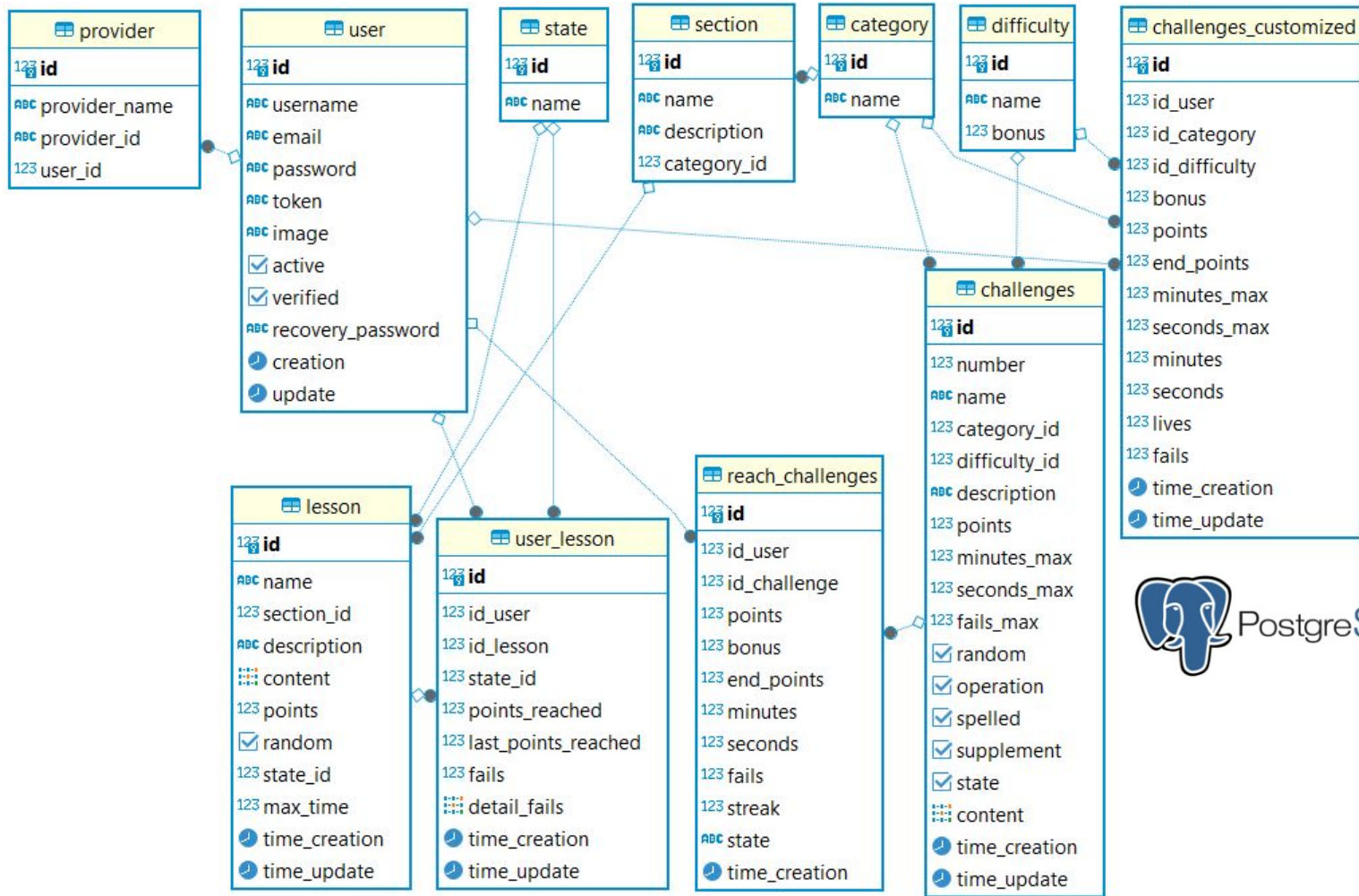
## TIPO DE FICHERO

```
src
├── app
│   ├── (metadata)
│   ├── (play)
│   ├── challenge
│   ├── learn
│   ├── lesson
│   ├── profile
│   ├── layout.tsx
│   ├── auth
│   ├── layout.tsx
│   ├── page.tsx
│   ├── api
│   ├── layout.tsx
│   ├── loading.tsx
│   ├── not-found.tsx
│   └── components
├── css
├── emails
├── helpers
├── lib
├── store
├── utilities
├── validators
└── middleware.ts
```

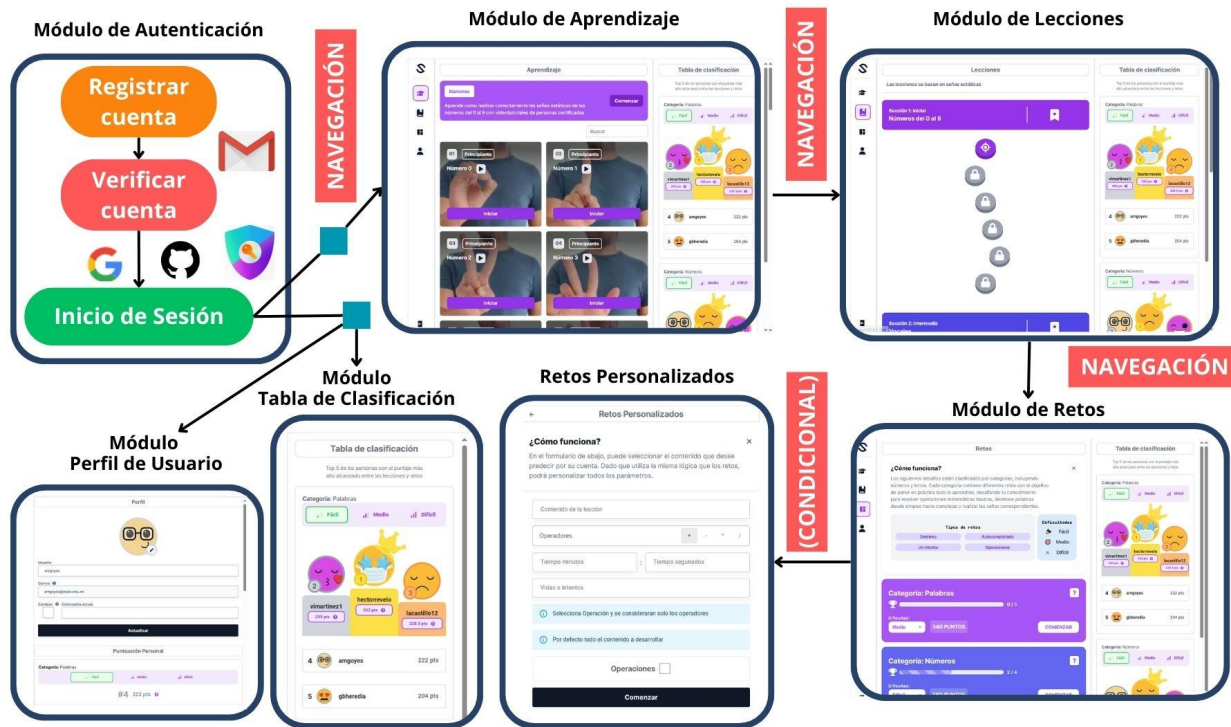


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO DE LA BASE DE DATOS



# NAVEGACIÓN EN EL APLICATIVO



**CONTENIDO DEL APLICATIVO**

CONTACTAR EMAIL

CONTACTAR WHATSAPP

APRENDIZAJE

LECCIONES

RETOS (PALABRAS)

RETOS (NÚMEROS)

RETOS (PERSONALIZADOS)

PERFIL DE USUARIO



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

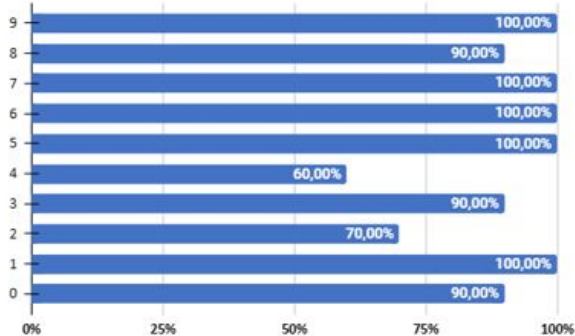


# RESULTADOS OBTENIDOS - PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Crecimiento en el criterio de validación del aplicativo por cada módulo y en los resultados generales.

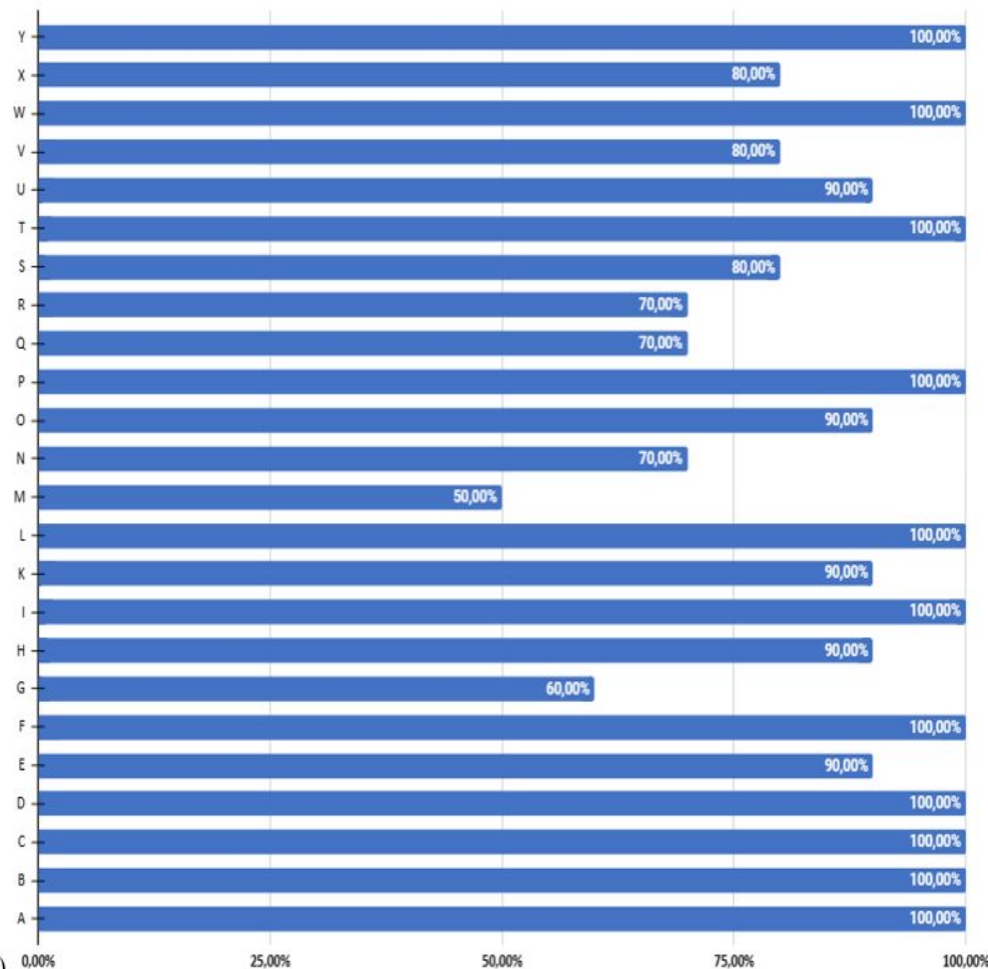
| Criterio                   | Deficiente | Regular | Satisfactorio | Bueno   | Excelente |
|----------------------------|------------|---------|---------------|---------|-----------|
| Clasificaciones del modelo | -- %       | -- %    | 20,00 %       | -- %    | 80,00 %   |
| Estructura                 | -- %       | -- %    | -- %          | 20,00 % | 80,00 %   |
| Aprendizaje                | -- %       | -- %    | -- %          | 20,00 % | 80,00 %   |

Resultados de Clasificación del Modelo de Números



a)

Resultados de Clasificación del Modelo de Letras



b)

Rendimiento del modelo de clasificación



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

# RESULTADOS OBTENIDOS - PRUEBAS DE RENDIMIENTO

authentication-fastapi, Mar 06, 2024 15:00:27 (#8)

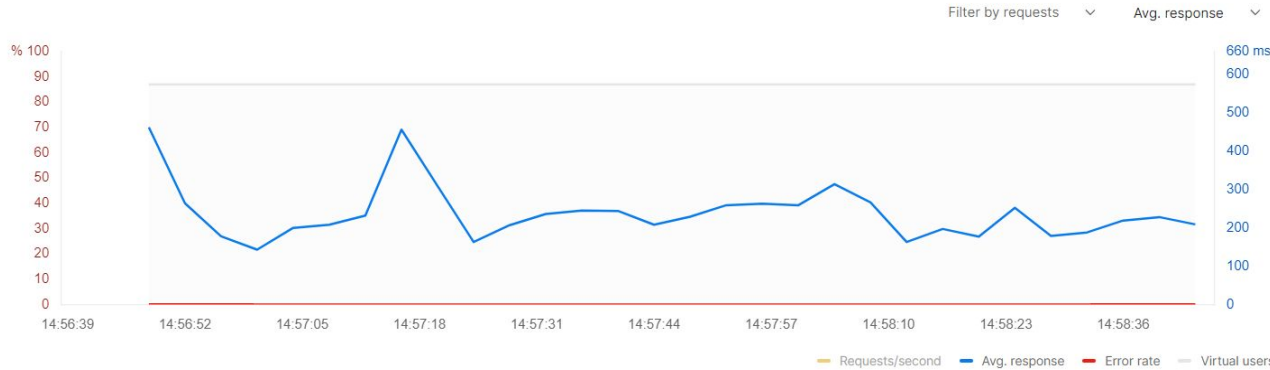
20 VU · 2 mins · Fixed

Run Again

Share

Summary Errors

Total requests sent 4,247  
Requests/second 33.09  
Avg. response time 231 ms  
Error rate 0.00 %



## Performance details for total duration

| Request ↓    | Total requests | Requests/s | Resp. time (Avg. ms) | Min (ms) | Max (ms) | 90th (ms) | Error % |
|--------------|----------------|------------|----------------------|----------|----------|-----------|---------|
| POST lessons | 535            | 4.19       | 896                  | 117      | 2,110    | 1,576     | 0.00    |
| GET Start    | 523            | 4.09       | 44                   | 11       | 423      | 80        | 0.00    |
| GET Me       | 535            | 4.19       | 495                  | 8        | 1,705    | 1,212     | 0.00    |
| GET Me       | 530            | 4.15       | 51                   | 11       | 913      | 84        | 0.00    |
| GET All      | 535            | 4.19       | 183                  | 9        | 1,756    | 666       | 0.00    |
| GET All      | 535            | 4.19       | 78                   | 8        | 1,301    | 101       | 0.00    |
| GET All      | 534            | 4.18       | 53                   | 14       | 1,172    | 73        | 0.00    |
| GET All      | 520            | 4.07       | 36                   | 9        | 996      | 64        | 0.00    |

## CONFIGURACIÓN

- Herramienta Postman
- 20 usuarios
- 2 minutos
- 8 End Points
- Apis de predicción, perfil, lecciones y retos

## RESULTADOS

- Latencia considerada normal
- 0,00% de Errores
- Promedio de 535 peticiones por cada API



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

# TRABAJOS FUTUROS

Se consideraron varios puntos interesantes abordados por los expertos y por parte de este equipo de desarrollo, los cuales, por diversas cuestiones como el tiempo y la complejidad de la observación, no procedieron en este proyecto pero que pueden ser de gran utilidad e impacto. A continuación, se enlistan las actividades generadas por los usuarios expertos que aplican como trabajo futuro:

1. Visión por computadora (computer vision)
2. Recuperación de señas erróneas en las lecciones
3. Extender el contenido de aprendizaje
4. Crear una comunidad
5. Sistema de puntos por temporada
6. Incorporar elementos en un contexto no lúdico
7. Sistema de recompensas (insignias, logros, entre otras cosas)
8. Sistema de recompensas diarias



# CONCLUSIONES

1. La metodología de **Design Thinking** se mostró altamente efectiva, evidenciada por mejoras cuantificables en la **aceptación del usuario**: incrementos notables en diversos módulos, como autenticación (80%), aprendizaje (90%), lecciones (80%), retos (80%) y tabla de clasificación (70%), con tendencia al criterio **“Excelente”**, en escala de **Likert**.
2. La aplicación exitosa de la metodología **Kanban** reflejó un promedio de tiempo de ejecución (**Lead Time**) de **111 días** y un tiempo de ciclo (**Cycle Time**) de **17 días**, se logró un desarrollo eficiente. El rendimiento (**Throughput**) de aproximadamente una tarea por día indicó una gestión constante y efectiva,
3. La aplicación usa el modelo **MediaPipe Gesture Recognition**, donde los resultados mostraron una precisión del **97,52% para el modelo de los números** del 0 al 9 y **91,14% para el abecedario**. Las pruebas de clasificación realizadas, en un entorno real para los modelos generados, obtuvieron un **90% para los números y 87,92% para el abecedario**.
4. Las pruebas de rendimiento se puede concluir que hubo un total de **33,09 peticiones** por segundo, un tiempo de respuesta promedio de **231 milisegundos** y una **tasa de error del 0%**. Estos hallazgos respaldan la afirmación de que la aplicación está preparada para soportar la carga de usuarios estimada, de **3.699 personas**.



# RECOMENDACIONES

1. Se recomienda dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo de una segunda versión orientada a una experiencia más **lúdica** y **educativa**. Se sugiere enfocarse en un diseño innovador que refuerce la temática **gamificada** y atraiga a una **audiencia diversa** en términos de edades y niveles de habilidad.
2. Se recomienda implementar un modelo de reconocimiento de señas en movimiento, utilizando **modelos de aprendizaje profundo**. Algunas opciones son las redes neuronales convolucionales (**CNN**) y redes neuronales recurrentes (**RNN**), o una combinación de ambas, conocidas como redes neuronales convolucionales recurrentes (**CRNN**)
3. Con la limitación actual en la asignación de direcciones IP privadas a contenedores ofrecidos a los estudiantes, se sugiere evaluar la posibilidad de proporcionar opciones de configuración adicionales para entornos que requieren integración con **proveedores de autenticación**, como **Next-Auth** para NextJS.

