



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



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**INGENIERÍA EN SOFTWARE**

**TEMA:**

**“DESARROLLO DE UN APLICATIVO MOVIL QUE OPTIMICE EL DIAGNÓSTICO DE HUMEDAD DEL LAUREL MEDIANTE APRENDIZAJE PROFUNDO EN EL ASERRADERO “SAN MARTÍN” UBICADO EN LA PARROQUIA DE PASTOCALLE PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**AUTORES: MUÑOZ QUINATO, RICARDO FABRICIO  
NAVAS CIFUENTES, JONATHAN GABRIEL**

**DIRECTOR: ESCOBAR SÁNCHEZ, MILTON EDUARDO Mgs.**

**LATACUNGA, 2021**



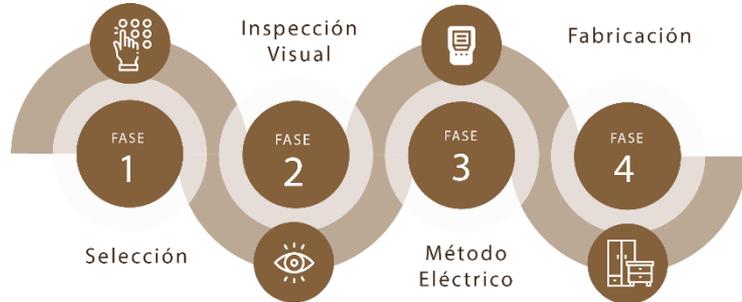
# Índice de Contenidos

- ▶ Apartado 1: Introducción.
- ▶ Apartado 2: Contexto.
- ▶ Apartado 3: Objetivos.
- ▶ Apartado 4: Elaboración de una revisión sistemática
- ▶ Apartado 5: Implementación y prueba de un modelo de red neuronal convolucional.
- ▶ Apartado 6: Análisis, diseño y desarrollo de un aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad en la madera del Laurel.
- ▶ Apartado 7: Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad.
- ▶ Apartado 8: Conclusiones
- ▶ Apartado 9: Recomendaciones.



# Apartado 1: Introducción.

Fases para la elaboración de productos derivados de madera



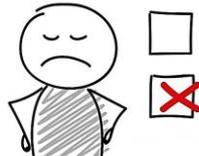
Problemas



Impacto Ambiental



Desperdicio de madera

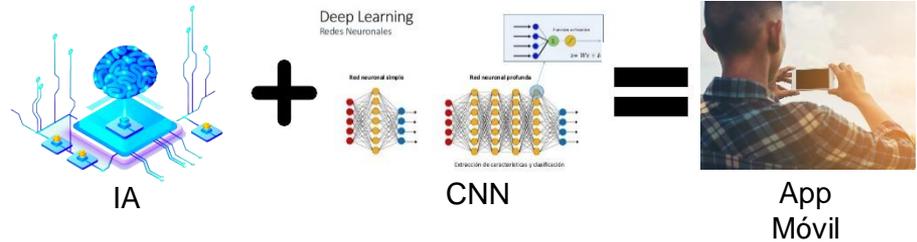


Clientes Insatisfechos



Pérdidas económicas

Cual es la mejor forma de contrastar estos problemas?



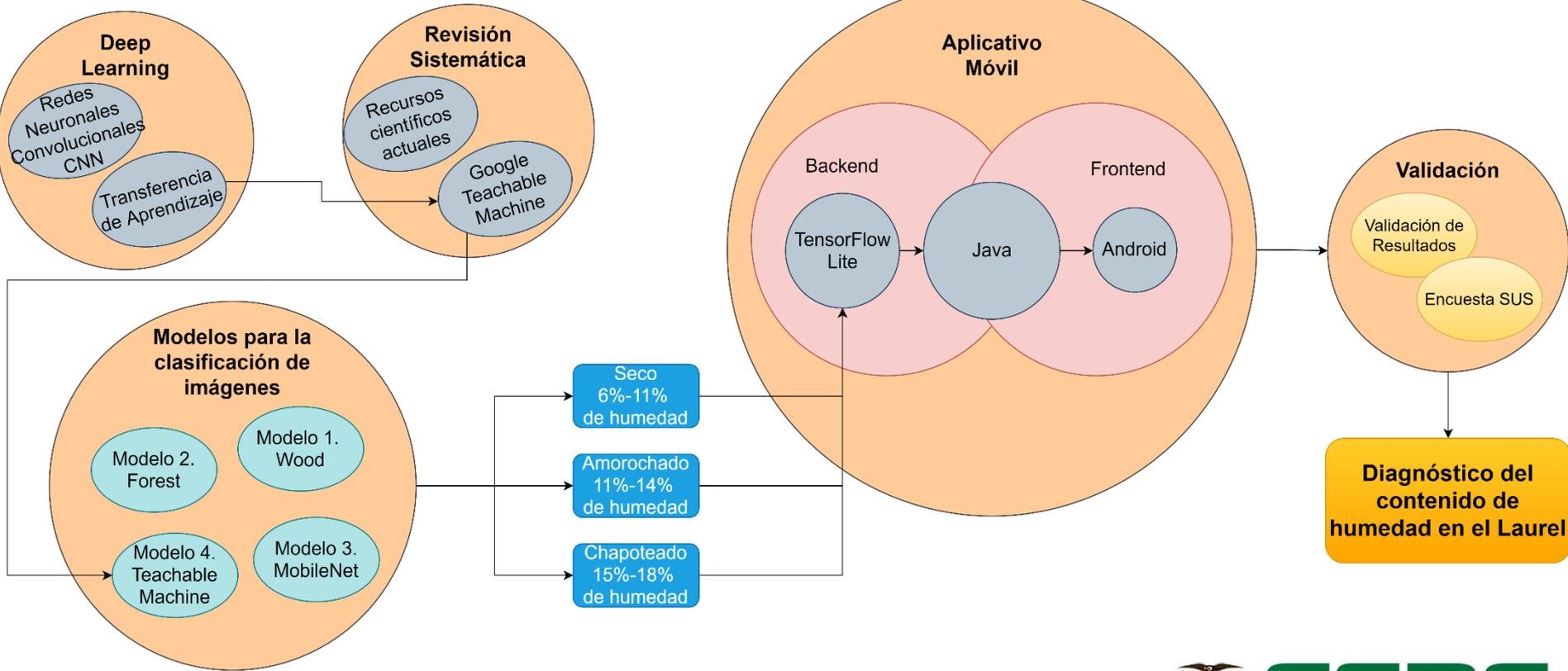
Diagnóstico de humedad en tiempo real

TensorFlow Lite



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

# Apartado 2: Contexto.



# Apartado 3: Objetivos.



## General

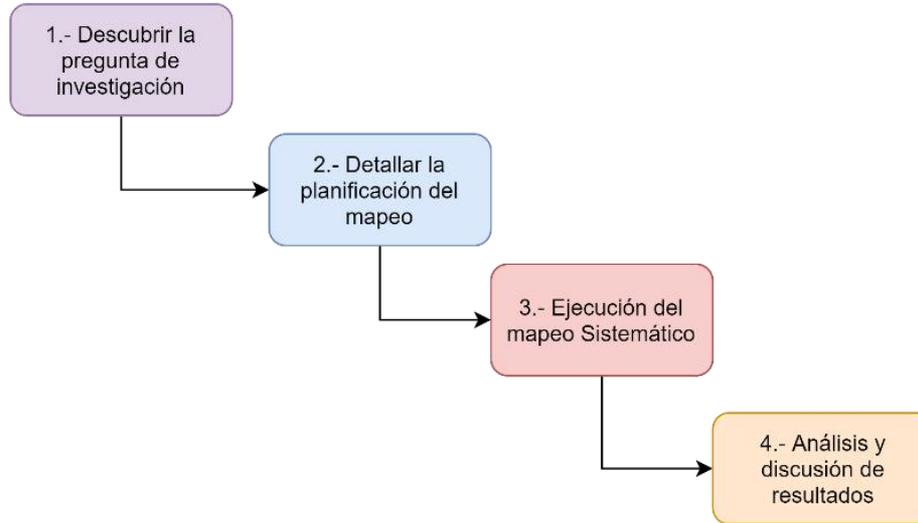
- Desarrollar un aplicativo móvil que optimice el diagnóstico de humedad del laurel mediante aprendizaje profundo en el aserradero “San Martín” ubicado en la parroquia Pastocalle provincia de Cotopaxi.

## Específicos

- Elaborar el marco teórico con los conceptos fundamentales y necesarios para el desarrollo del aplicativo móvil.
- Implementar y probar un modelo de red neuronal enfocado en una arquitectura de redes neuronales convolucionales.
- Analizar, diseñar y desarrollar un aplicativo móvil, basado en el estándar IEEE 830 y la metodología de desarrollo RAD (Desarrollo Rápido de Aplicaciones).
- Implementar el aplicativo móvil en el aserradero “San Martín” ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi parroquia Pastocalle.
- Probar y validar el aplicativo móvil mediante pruebas de funcionalidad, rendimiento y la valoración de expertos en el campo maderero en el aserradero “San Martín” ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi parroquia Pastocalle.



## *Apartado 4: Elaboración de una revisión sistemática*



¿Cuáles son las investigaciones en el área de inteligencia artificial utilizando algoritmos de Deep Learning y redes neuronales convolucionales para la clasificación de imágenes en los dos últimos años?



# Apartado 4: Elaboración de una revisión sistemática

Tabla 1. Sinónimos y términos relacionados de la búsqueda de artículos científicos utilizando la estrategia PICOC

Estrategia PICOC	Término	Sinónimo / Término relacionado
<b>Población</b>	Image Clasification	
<b>Intervención</b>	Convolutional Neural Networks	CNN
<b>Contexto</b>	Deep learning	



cadena\_búsqueda = “Image Clasification” AND “Convolutional Neural Networks”  
OR “CNN” AND “Deep learning”



## *Apartado 4: Elaboración de una revisión sistemática*

cadena\_búsqueda = “Image Clasificación” AND “Convolutional Neural Networks”  
OR “CNN” AND “Deep learning”

Tabla 2. Artículos hallados, seleccionados y la precisión correspondiente a la cadena de Búsqueda

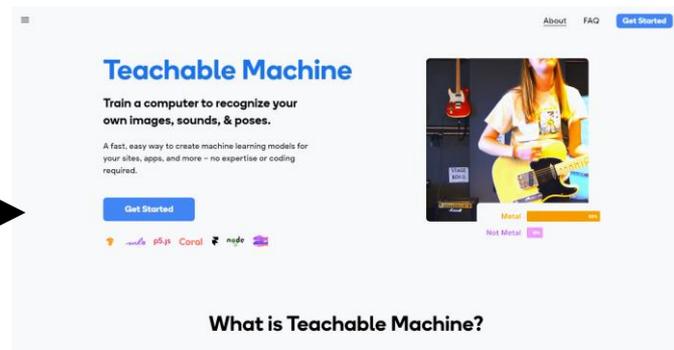
Motor de búsqueda	Artículos Encontrados	Artículos Escogidos	Precisión
Google Scholar	10	8	80%
<b>Total</b>	10	8	



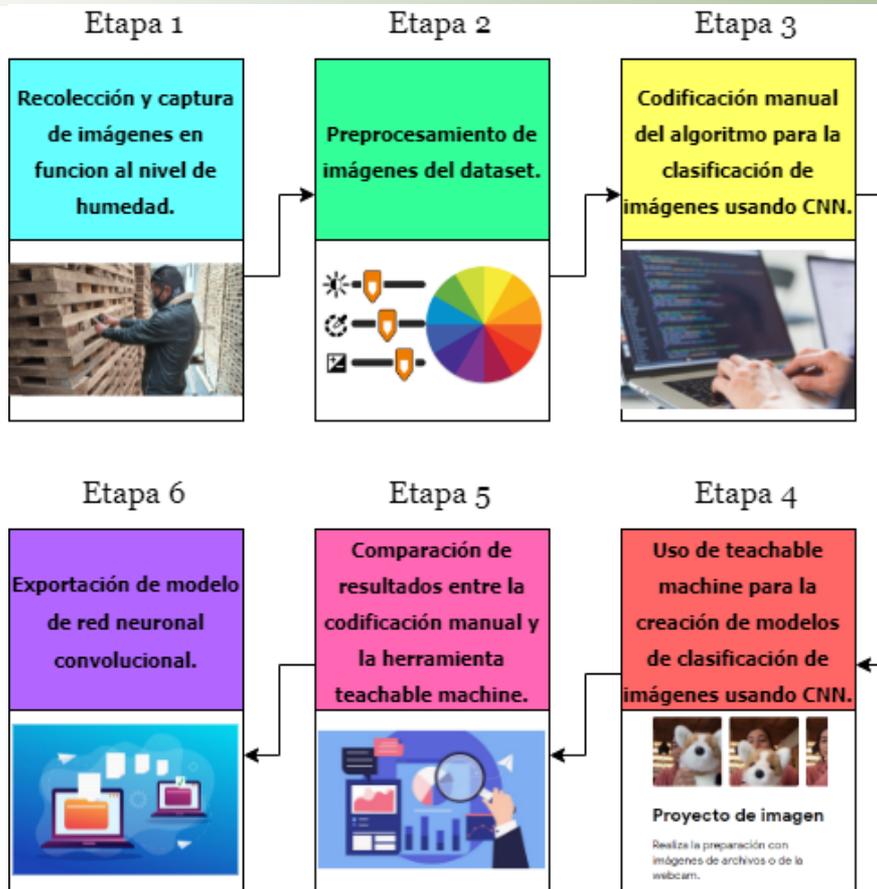
# Apartado 4: Elaboración de una revisión sistemática

Tabla 3. Áreas de investigación de los artículos hallados en la revisión sistemática

Área de investigación	Cantidad de investigaciones	Porcentaje	Uso de Inteligencia Artificial	Referencias
Arquitectura	1	12.5%	SI	(Anani-Manyo, 2021)
Biodiversidad	2	25%	SI	(Ong et al., 2021), (Gupta & Homchan, 2021)
Comunicación	1	12.5%	SI	(Harditya, 2020)
Educación	2	25%	SI	(Kim et al., 2020), (Carney et al., 2020)
Salud Oral	1	12.5%	SI	(Jeong, 2020)
Sector Inmobiliario	1	12.5%	SI	(Mizgirev et al., 2021)
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>	<b>/</b>	



# Apartado 5: Implementación y prueba de un modelo de red neuronal convolucional.



# *Etapa 1. Recolección y captura de imágenes en función al nivel de humedad.*



Obtención de información de contenido de humedad.

- Fuentes de información abierta.



Selección del método de detección de nivel de humedad.

- Inspección Visual.
- Método Eléctrico.



Generación del Dataset.

- Selección de muestra.
- Aplicación del método de detección de humedad.
- Captura de imágenes.



## *Etapa 2. Preprocesamiento de imágenes del dataset.*



### Ajuste del Dataset.

- Filtrado.
- Limpieza.
- Anotación.

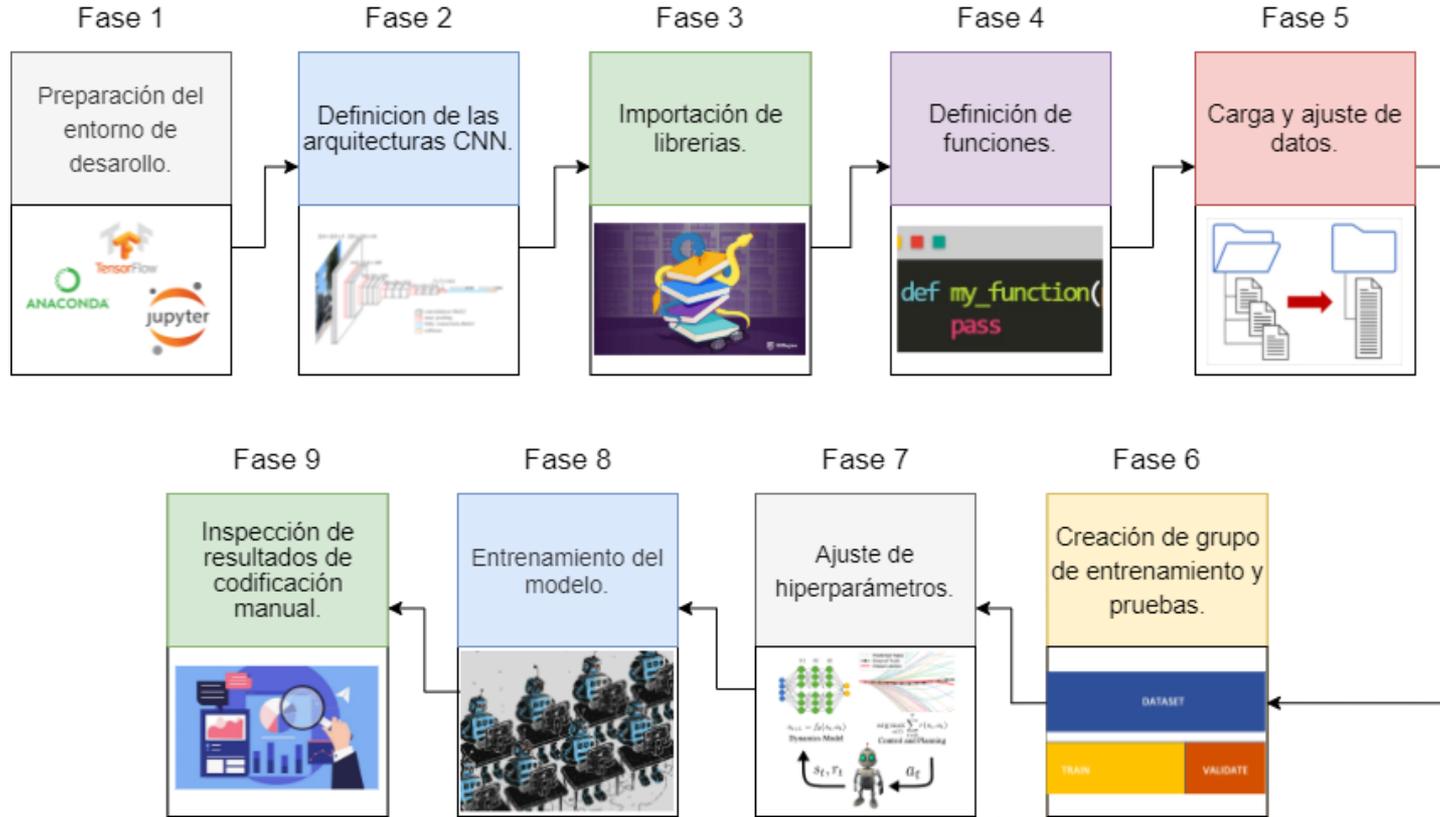


### División del Dataset.

- Seco.
- Amorocho.
- Chapoteado.



# Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.



## *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

Preparación del entorno de desarrollo.



Python.



Anaconda.



Tensorflow.



# *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

## Definición de arquitecturas CNN.



Wood.



Forest.

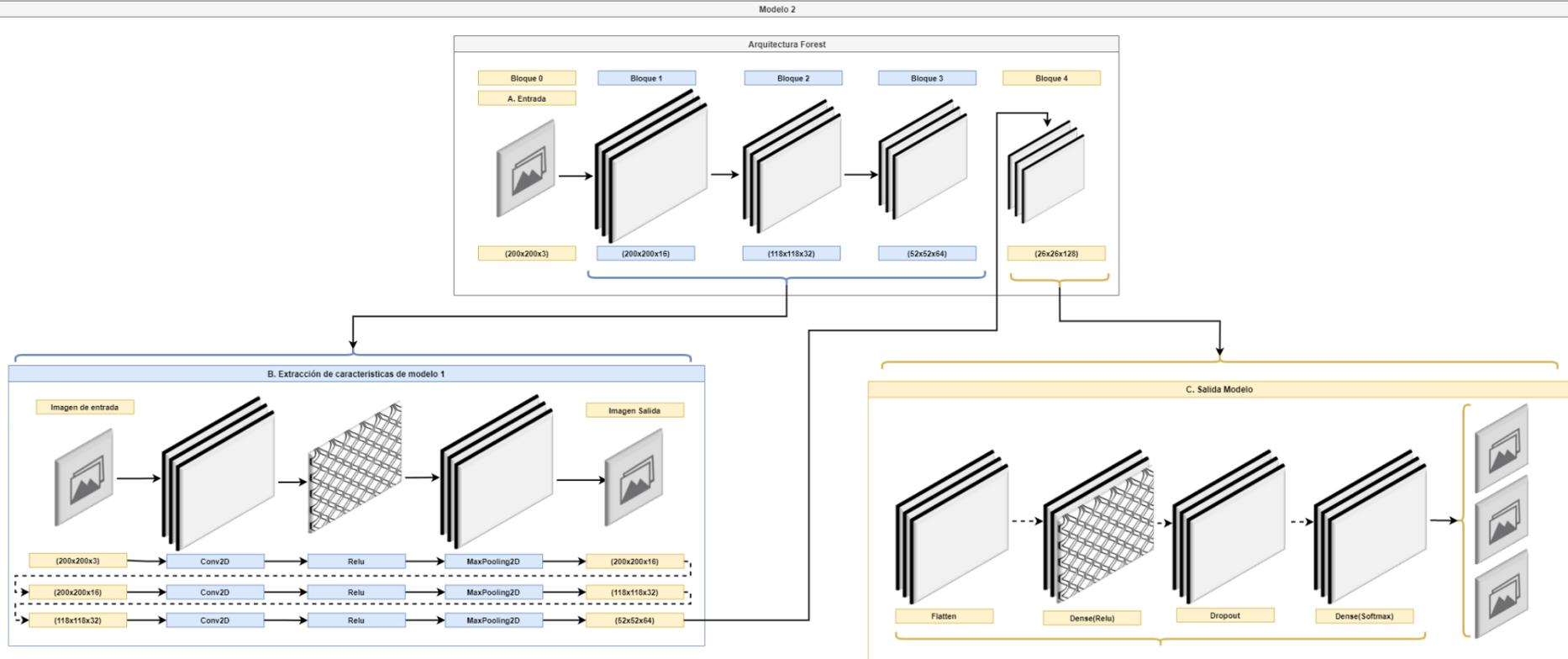


MobileNet.



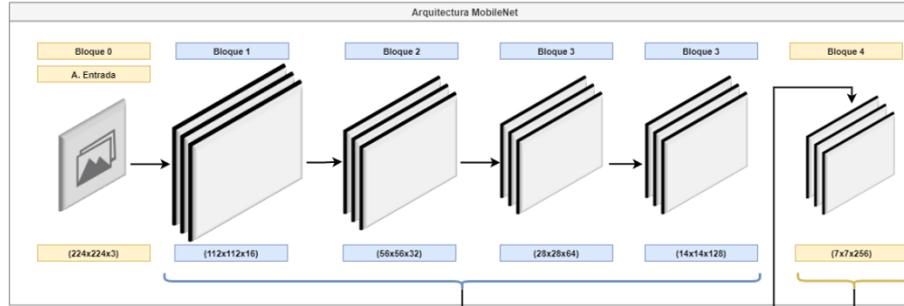


# Arquitectura Forest

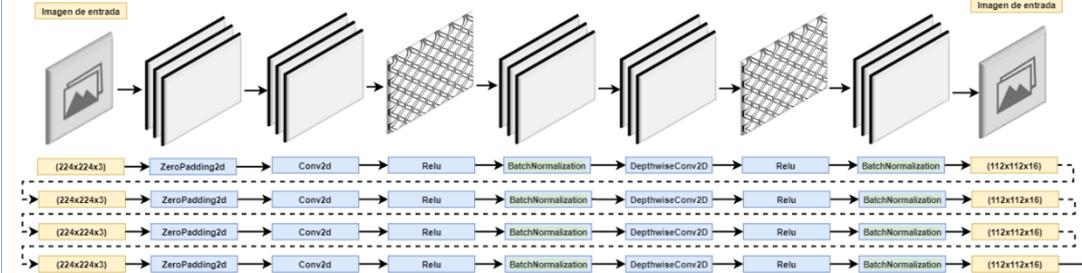


# Arquitectura MobileNet

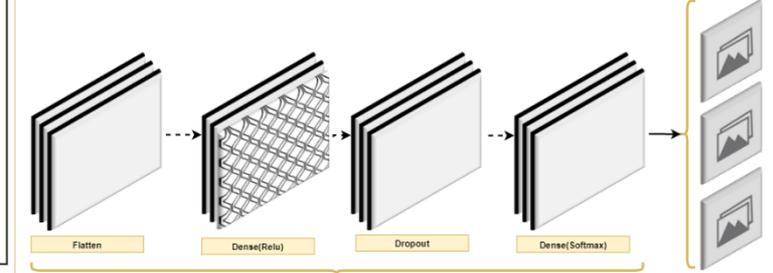
Modelo 3



B. Extracción de características de modelo 1



C. Salida Modelo



# *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

## Importación de librerías.



Tensorflow.



Modelo.



Ayuda.



Métricas.



# *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

Definición de funciones.



Gráfico.



Modelo.



Métricas.



## *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

Carga y ajuste de datos.



Seco (6% - 10%).



Amorochado (11% - 14%).



Chapoteado (15% - 18%).



## *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*

Creación de grupos de entrenamiento y pruebas.



Grupo de entrenamiento.



Grupo de pruebas.



# Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.

## Ajuste de hiperparámetros.



Entrada.



Tasa de aprendizaje.



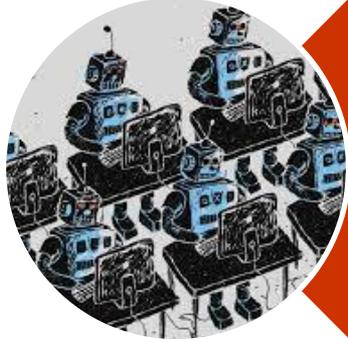
Tamaño de lote.



Época.



### *Etapa 3. Codificación manual del algoritmo para la clasificación de imágenes usando CNN.*



Entrenamiento  
del modelo.



Inspección de  
resultados.

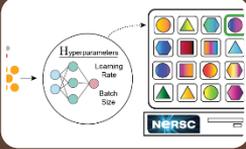


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## *Etapa 4. Uso de teachable machine para la creación de modelos de clasificación de imágenes usando CNN.*



Recopilación y agrupamiento de datos.



Ajuste de hiperparámetros.



Entrenamiento del modelo.



Inspección de resultados.



## *Etapa 5. Comparación de resultados entre la codificación manual y la herramienta teachable machine..*

Comparativa de los mejores resultados de la exactitud (Accuracy), según su división de datos y ajuste de hiperparámetros en la fase de entrenamiento.

Modelo	División	Hiperparámetros				Exactitud (Accuracy)
		Tasa de aprendizaje	Entrada (Dimensión de Imagen)	Tamaño de lote	Época	
Modelo 1	Porcentual (85%-15%)	0.00001	64x64	32	400	68.95
		0.001	64x64	16	300	69.61
Modelo 2	Porcentual (85%-15%)	0.00001	200x200	32	400	72.86
		0.001	200x200	16	300	73.43
Modelo 3	Porcentual (85%-15%)	0.00001	224x224	32	400	76.84
		0.001	224x224	16	300	77.17
Teachable Machine	Porcentual (85%-15%)	0.00001	224x224	32	100	91.23
		0.001	224x224	16	50	94.25



## *Etapa 5. Comparación de resultados entre la codificación manual y la herramienta teachable machine..*

Comparativa de los mejores resultados de la F1, según su división de datos y ajuste de hiperparámetros en la fase de pruebas.

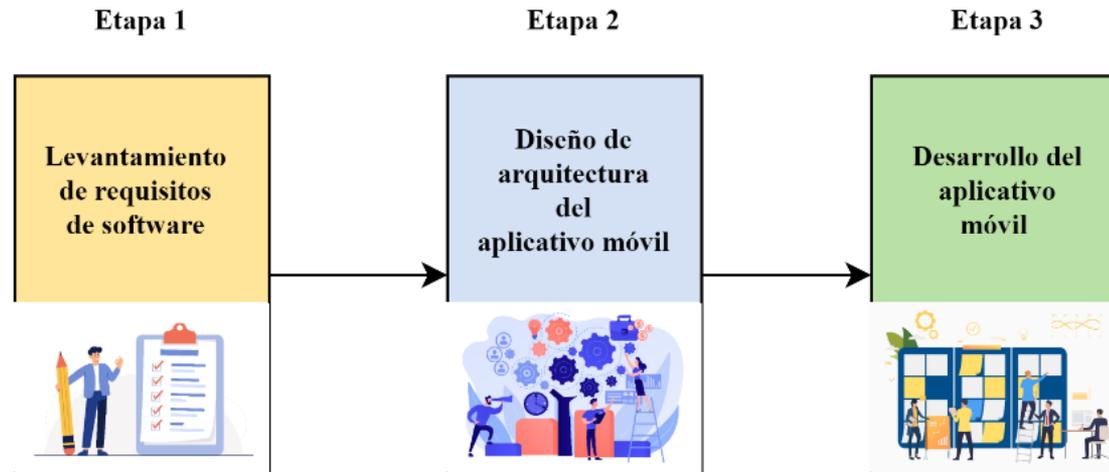
Modelo	División	Hiperparámetros				Seco (6% - 10%)	Amorochado (11% - 14%)	Chapoteado (15% - 18%)
		Tasa de aprendizaje	Entrada (Dimensión de Imagen)	Tamaño de lote	Época			
<b>Modelo 1</b>	Porcentual (85%-15%)	0,001	64x64	300	16	73.33	72.00	73.33
<b>Modelo 2</b>	Porcentual (85%-15%)	0,001	200x200	300	16	76.00	76.00	76.00
<b>Modelo 3</b>	Porcentual (85%-15%)	0,001	224x224	300	16	79.73	80.53	81.08
<b>Teachable Machine</b>	Porcentual (85%-15%)	0,001	224x224	50	16	94.11	94.59	97.68



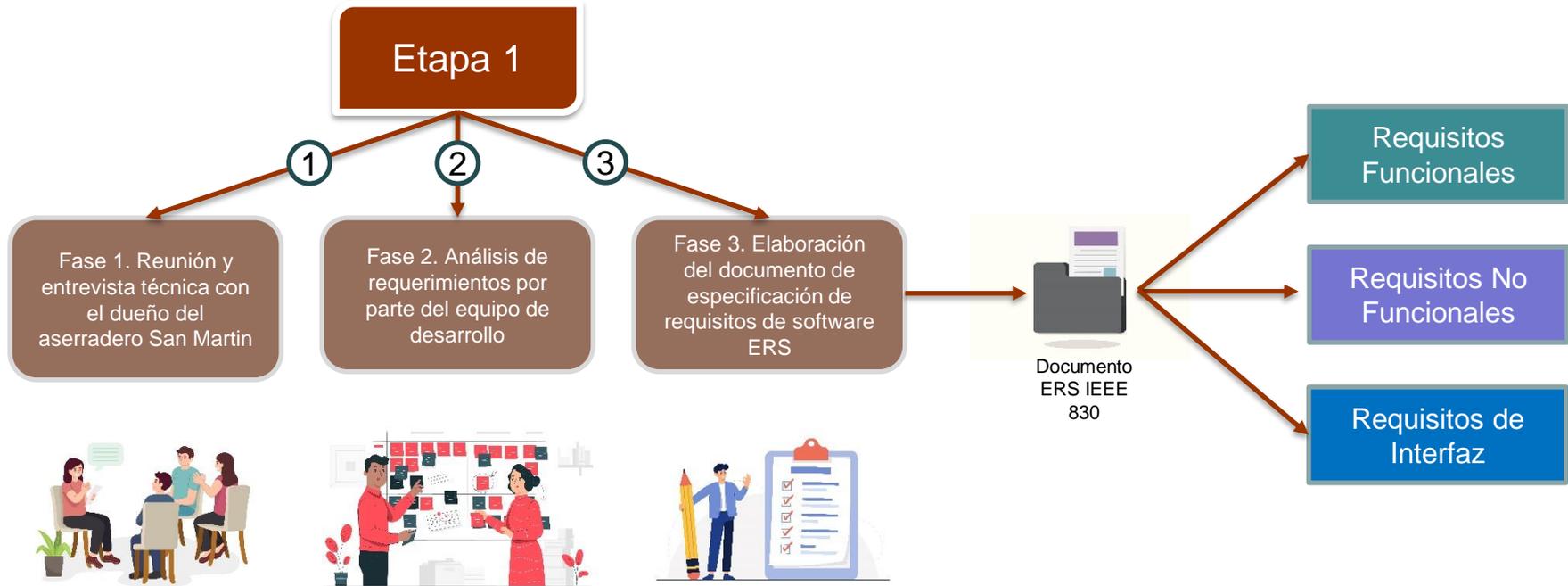
## *Etapa 6. Exportación de modelo de red neuronal convolucional.*



# *Apartado 6: Análisis, diseño y desarrollo de un aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad en la madera del Laurel*



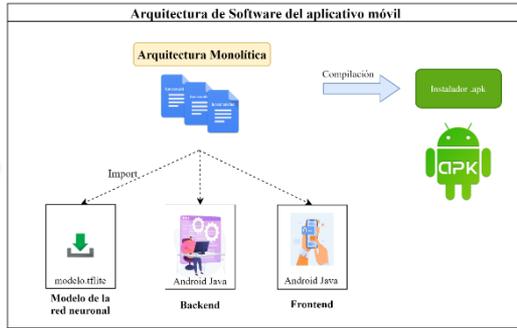
# Etapa 1. Levantamiento de requisitos de Software



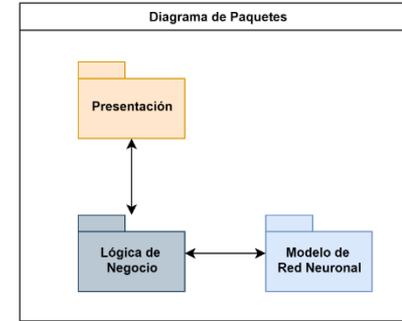
# Etapa 2. Diseño de arquitectura del aplicativo móvil

## Etapa 2

1



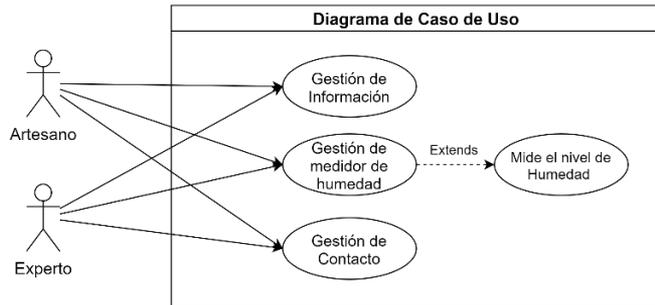
## Diagrama de Paquetes



4

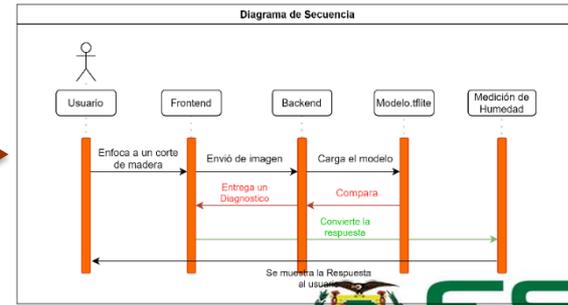
2

## Diagrama de caso de uso



3

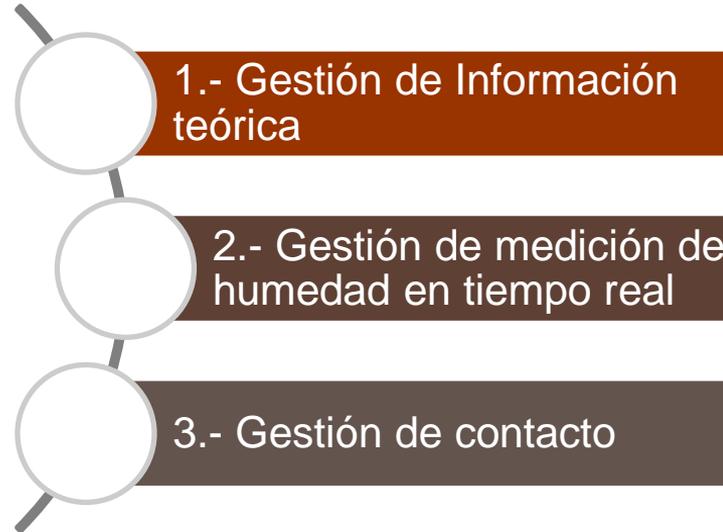
## Diagrama de Secuencia



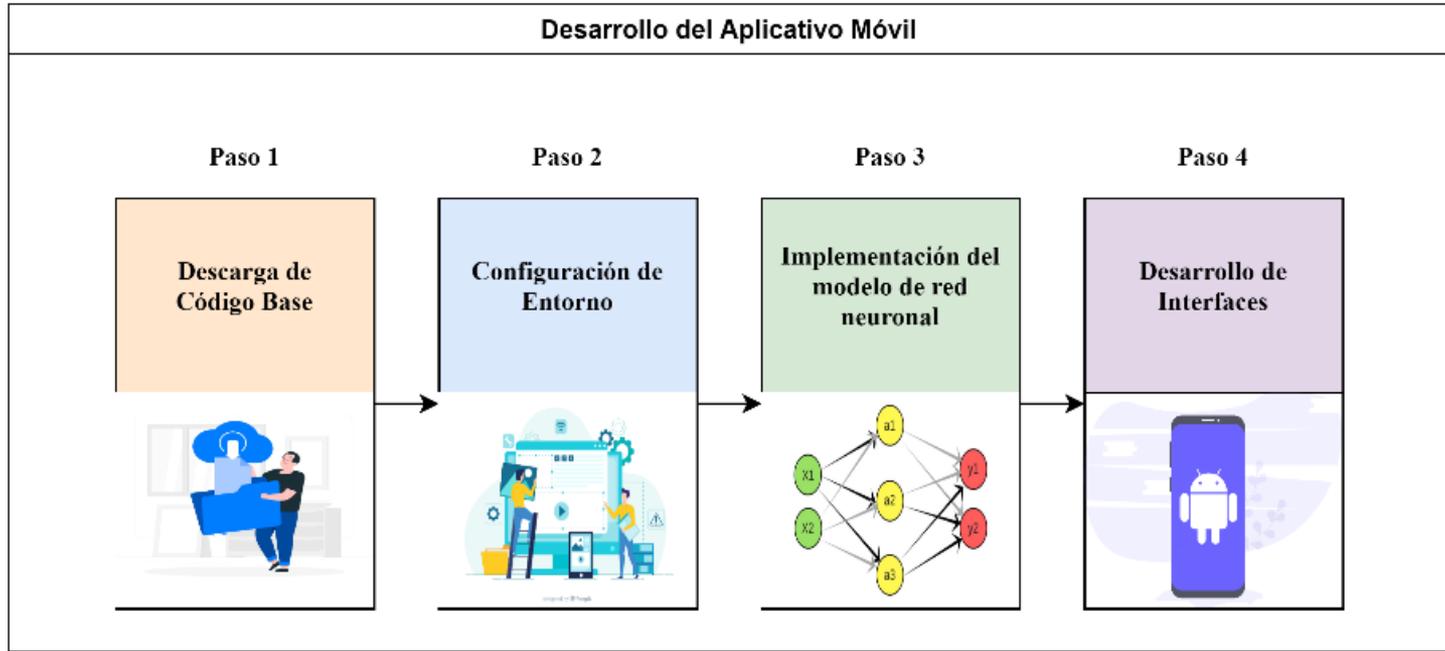
# *Etapa 3. Desarrollo del aplicativo móvil*

## RAD

Desarrollo rápido  
de aplicaciones



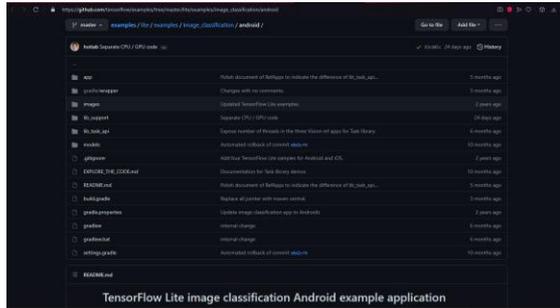
## Etapa 3. Desarrollo del aplicativo móvil



# Paso 1. Descarga de Código Base

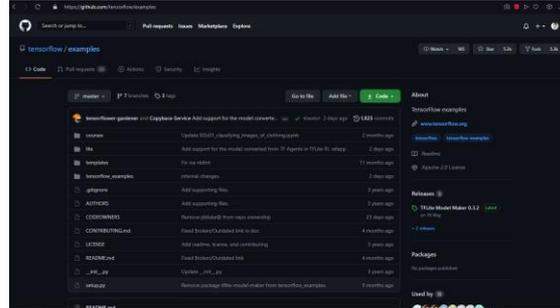
1

Repositorio de Github del proyecto de Tensorflow



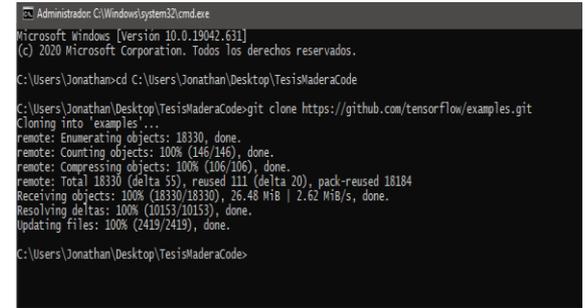
2

Carpeta Raíz del Repositorio de Tensorflow



3

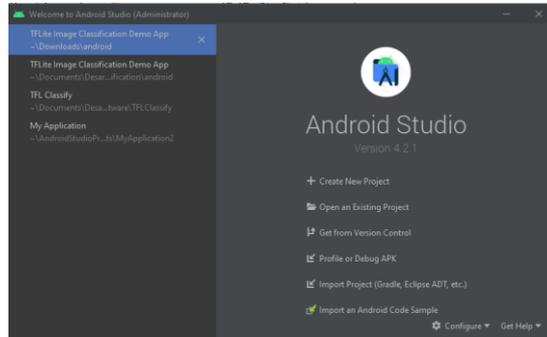
Ejecutamos el comando git clone + ruta del repositorio de Github en el CMD



## Paso 2. Configurar el Entorno de Desarrollo

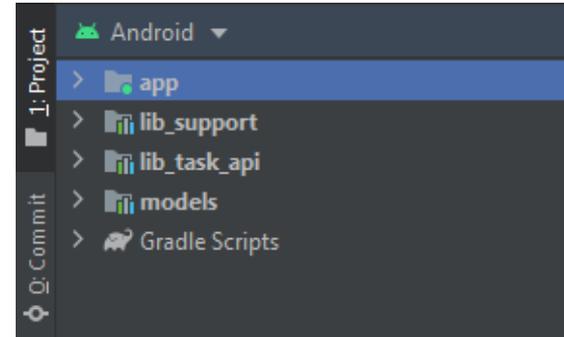
1

Abrir el proyecto con el IDE de Android Studio



2

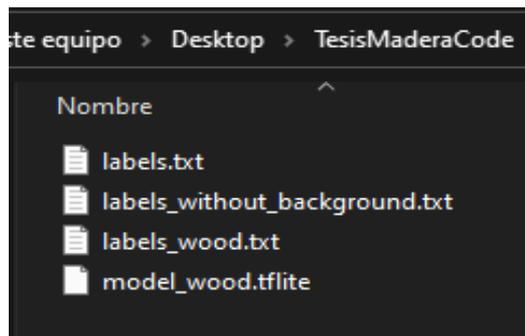
Verificar que el proyecto presente la siguiente estructura de directorios



## Paso 3. Implementación del modelo de red neuronal convolucional

1

Añadir los archivos label\_wood.tflite y labels\_Wood.txt en la carpeta models del proyecto



2

Reemplazar el nombre de la ruta de los archivos del modelo y sus etiquetas

```
@Override
protected String getModelPath() {
    // you can download this file from
    // see build.gradle for where to obtain this file
    // downloaded into assets.
    return "mobilenet_v1_1.0_224_quant.tflite";
}

@Override
protected String getLabelPath() {
    return "labels.txt";
}
```

```
@Override
protected String getModelPath() {
    // you can download this file from
    // see build.gradle for where to obtain this file. It should be auto
    // downloaded into assets.
    return "model_wood.tflite";
}

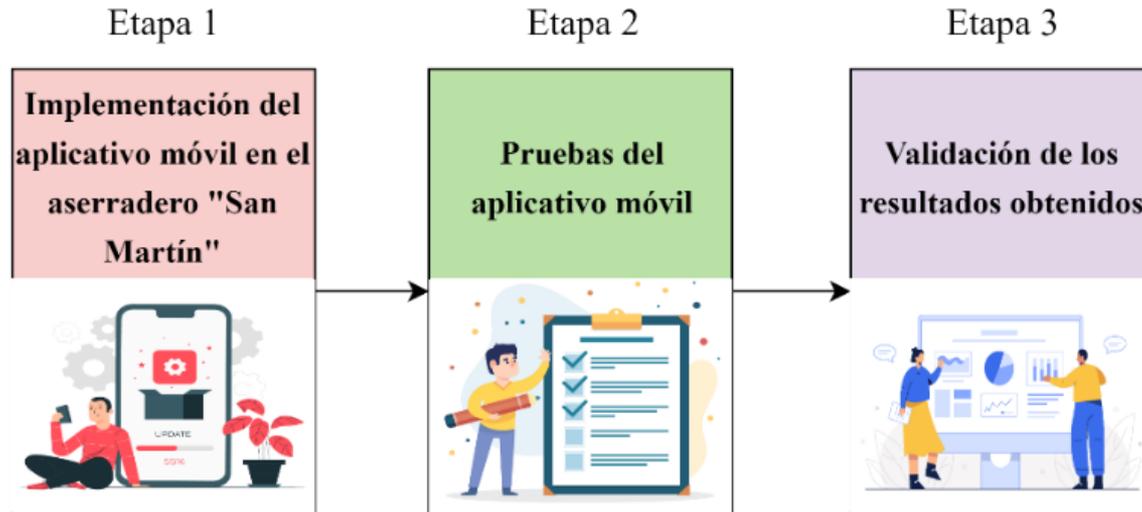
@Override
protected String getLabelPath() {
    return "labels_wood.txt";
}
```



## Paso 4. Desarrollo de Interfaces



# *Apartado 7. Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad*



# *Etapa 1. Implementación del aplicativo móvil en el aserradero “San Martín”*



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

# *Etapa 1. Implementación del aplicativo móvil en el aserradero “San Martín”*

Clases de Porcentaje de Humedad de la madera del Laurel

6%-10%



11%-15%



15%-18%



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

## *Etapa 2. Pruebas del Aplicativo móvil*

**Paso 1**

**Selección de muestra**



**Paso 2**

**Medición a través del método eléctrico**



**Paso 3**

**Medición a través del aplicativo móvil**



## *Paso 1. Selección de Muestra*



## Paso 2. Medición a través del método eléctrico

6%-10%



11%-15%

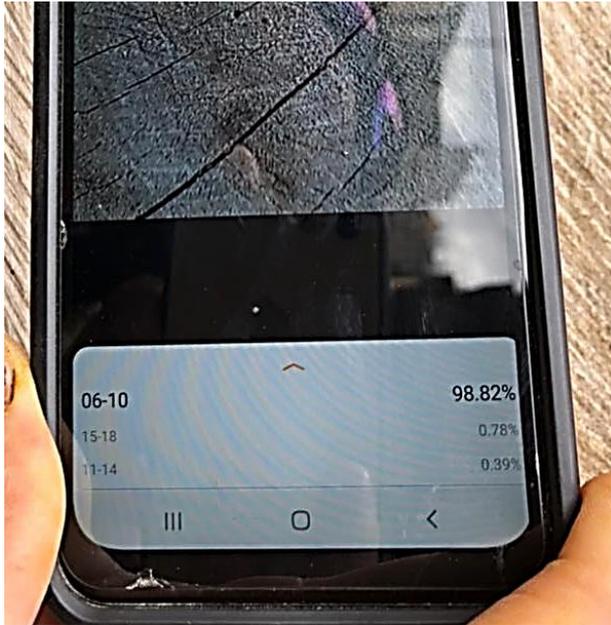


15%-18%

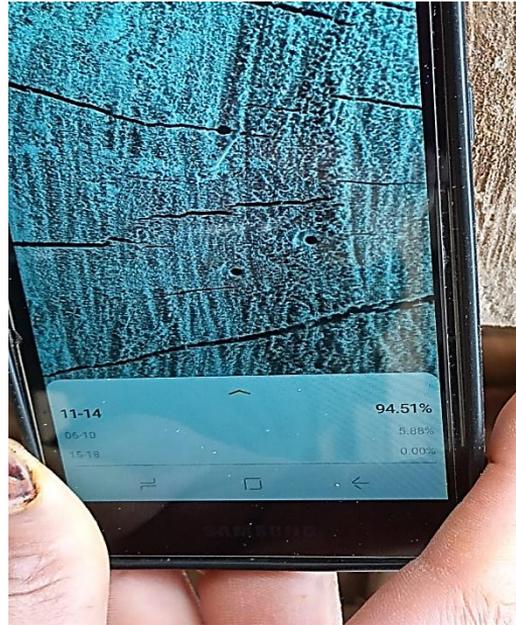


### *Paso 3. Medición a través del aplicativo móvil*

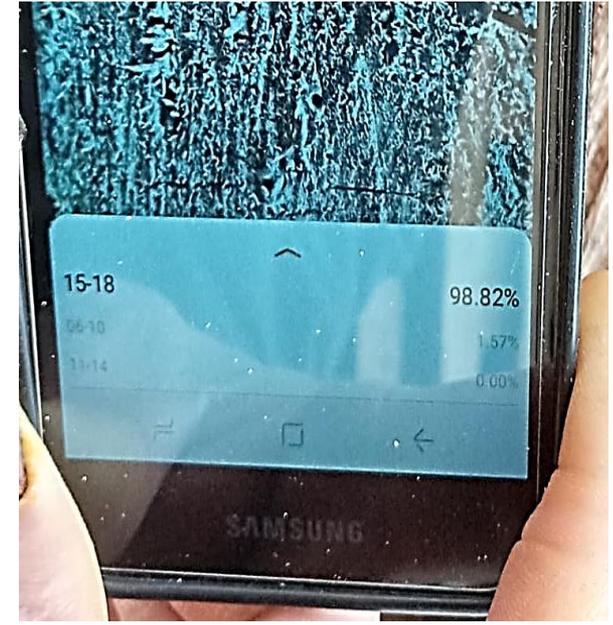
6%-10%



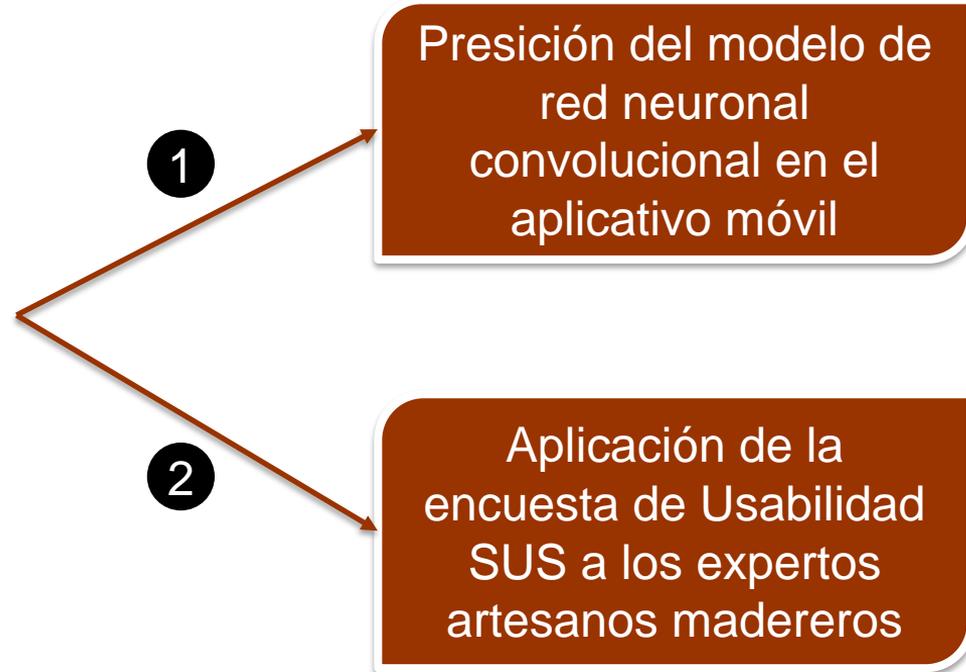
11%-15%



15%-18%

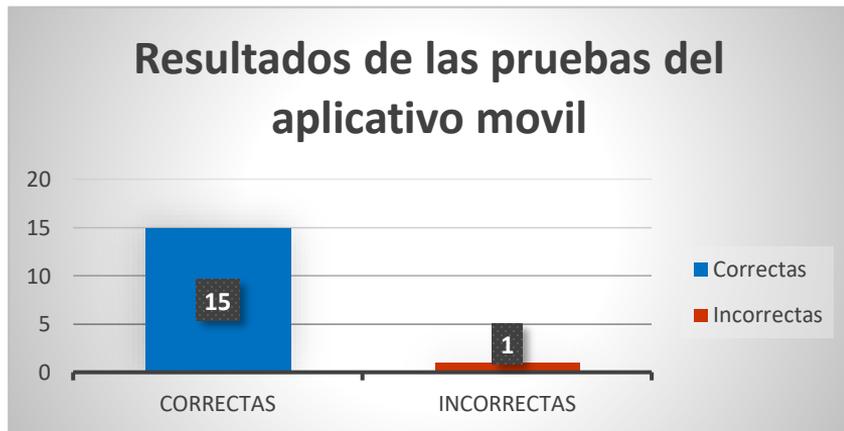


## *Apartado 7. Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad.*



## *Apartado 7. Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad.*

Presición del modelo de red neuronal convolucional en el aplicativo móvil



Precisión: 93,75%



## *Apartado 7. Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad.*

### **Aplicación de la encuesta de Usabilidad SUS a los expertos artesanos madereros**

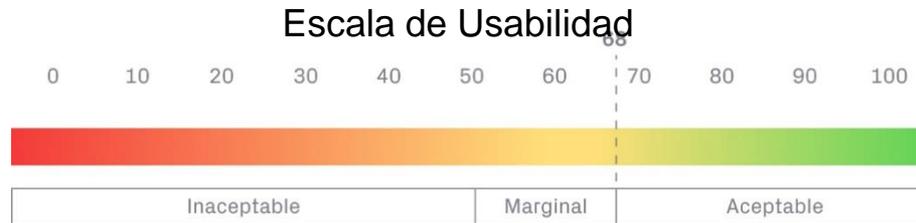
Tabla 4. Tabulación de la encuesta SUS a los expertos madereros “San Martín”.

<b>N.-</b>	<b>p1</b>	<b>p2</b>	<b>p3</b>	<b>p4</b>	<b>p5</b>	<b>p6</b>	<b>p7</b>	<b>p8</b>	<b>p9</b>	<b>p10</b>
<b>1</b>	5,00	1,00	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	5,00
<b>2</b>	5,00	2,00	5,00	4,00	5,00	1,00	5,00	2,00	5,00	1,00
<b>3</b>	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	3,00	5,00	2,00	5,00	1,00
<b>4</b>	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00
<b>5</b>	4,00	2,00	5,00	2,00	5,00	2,00	4,00	3,00	4,00	2,00
<b>6</b>	4,00	1,00	4,00	1,00	5,00	1,00	4,00	1,00	5,00	1,00
<b>7</b>	5,00	2,00	4,00	2,00	5,00	2,00	4,00	1,00	5,00	1,00
<b>8</b>	4,00	2,00	4,00	1,00	4,00	2,00	5,00	1,00	5,00	1,00
<b>9</b>	4,00	1,00	3,00	1,00	4,00	1,00	4,00	2,00	5,00	3,00
<b>10</b>	5,00	2,00	5,00	3,00	4,00	1,00	5,00	2,00	4,00	2,00
<b>Promedio</b>	4,60	1,70	4,50	2,60	4,70	1,60	4,60	1,70	4,80	1,90



## *Apartado 7. Implementación, pruebas y validación del aplicativo móvil para el diagnóstico de humedad.*

### **Aplicación de la encuesta de Usabilidad SUS a los expertos artesanos madereros**



$$SUS = ((4.60 - 1) + (5 - 1.70) + (4.50 - 1) + (5 - 2.60) + (4.70 - 1) + (5 - 1.60) + (4.60 - 1) + (5 - 1.70) + (4.80 - 1) + (5 - 1.90)) * 2.5$$

$$SUS = (84.25)$$

**Aceptación:  
84.25%**



## *Apartado 8. Conclusiones*

- Se logró cumplir con el objetivo general planteado, desarrollar un aplicativo móvil que optimice el diagnóstico de humedad en el laurel mediante aprendizaje profundo en el aserradero “San Martín” ubicado en la parroquia Pastocalle provincia de Cotopaxi.
- El desarrollo de una revisión sistemática es fundamental y necesaria como etapa inicial en un proyecto de investigación. Permite obtener recursos científicos actuales, de gran impacto investigativo, que son fuentes confiables de información. Coadyuvando a la consecución de una solución confiable, eficiente y eficaz.
- La construcción del marco teórico permitió entender los conceptos fundamentales con respecto a la madera, técnicas de medición de contenido de humedad, aplicaciones móviles, inteligencia artificial, y técnicas de aprendizaje profundo. Lo que contribuyó notablemente en la elaboración y consecución de la presente investigación.



## *Apartado 8. Conclusiones*

- El modelo de redes neuronales convolucionales(CNN) que presenta los mejores resultados en la clasificación y diagnóstico de contenido de humedad en el laurel es generado por la herramienta Google Teachable Machine, obteniendo un 97.68% de efectividad.
- La construcción un conjunto óptimo de datos(dataset) de imágenes de madera del laurel, conlleva la eliminación de factores externos (basura, polvo, moho) así como también una adecuada configuración fotográfica en lo referente a la iluminación y su contraste, repercutiendo en la calidad de la misma.
- La correcta aplicación de las métricas de evaluación (Matriz de confusión, F1 score y precisión) para modelos de redes neuronales convolucionales (CNN). Permite determinar matemáticamente los porcentajes de aprendizaje, evaluando su efectividad. Estableciéndose que la métrica F1 es la más adecuada debido a que facilita comparar el rendimiento combinado de la precisión y la exhaustividad de valores obtenidos.



## *Apartado 8. Conclusiones*

- La utilización de la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones (RAD) es de gran utilidad para el desarrollo del aplicativo móvil propuesto en esta investigación. Porque permite la entrega de prototipos funcionales, utilizando criterios de calidad (usabilidad), en el menor tiempo posible.
- La utilización del estándar IEEE 830 facilita la extracción de características y necesidades tecnológicas del aserradero “San Martin”. Caracterizando las funcionalidades de forma coherente y ordenada. Formalizando también los acuerdos entre los desarrolladores y clientes.
- La recopilación de características y necesidades tecnológicas del aserradero “San Martin” son extraídas a través de la utilización del estándar de especificación de requisitos software IEEE 830. Porque permite establecer un acuerdo con el dueño de dicho establecimiento respecto a las funcionalidades que tendría el aplicativo móvil de esta investigación.



## *Apartado 8. Conclusiones*

- El correcto levantamiento de requisitos de software mediante el estándar IEEE 830, se ve reflejado en el grado de satisfacción y facilidad de uso del aplicativo móvil de los artesanos y trabajadores del aserradero “San Martín”.
- La arquitectura monolítica que se utiliza en la presente investigación, permite generar un producto software de calidad destacándose por su eficiencia al ser un aplicativo en tiempo real, autosuficiente y no requerir de servicios externos.
- La herramienta Google Teachable Machine permite a través de su repositorio de Github descargar el código fuente necesario, facilitando la implementación de modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) para aplicaciones móviles.



## *Apartado 8. Conclusiones*

- La guía técnica de un experto maderero permite una correcta ejecución y validación de la información generada como conjunto de datos(dataset), haciendo énfasis en la veracidad de este tema de investigación.
- Las pruebas de funcionalidad permiten comprobar el comportamiento que el aplicativo móvil presenta al interactuar con sus usuarios (artesanos), garantizando que las características y funcionalidades de dicho aplicativo se comporten según lo esperado.
- El aplicativo móvil desarrollado en esta investigación sobre el sistema operativo Android, permite realizar el diagnóstico del contenido de humedad en el laurel en tiempo real, con una efectividad 93.75%. Llegando a ser una herramienta tecnológica confiable para los trabajadores del aserradero "San Martín". Optimizando el proceso de selección de materia prima.



## *Apartado 8. Conclusiones*

- La utilización de las encuestas de usabilidad de un sistema denominado (SUS), permiten de manera sencilla conocer del grado de satisfacción que los usuarios perciben al utilizar un aplicativo móvil. Obteniéndose un 84.25% lo que corresponde a ser un aplicativo móvil excelente.



## *Apartado 9. Recomendaciones*

- Se recomienda expandir el alcance de este aplicativo móvil en más especies madereras, con el objetivo de optimizar el proceso de selección de materia prima. Reduciéndose el impacto ambiental generado a causa del desperdicio innecesario de dicha madera.
- Se recomienda generar un conjunto de datos(dataset), utilizándose una cámara digital profesional o su vez un dispositivo móvil con una capacidad superior a 12 megapíxeles para una óptima captura de imágenes.
- Se recomienda realizar el ajuste de hiperparámetros en la etapa de entrenamiento, dado que nos permite verificar los resultados que arrojan dichos hiperparámetros, evitando el underfitting y el overfitting.



## *Apartado 9. Recomendaciones*

- Se recomienda utilizar la métrica de evaluación (F1 Score) para modelos de redes neuronales convolucionales(CNN), pues esta ofrece los mejores resultados de efectividad en comparación con la métrica de precisión(acurracy). Dado que se realiza un cálculo matemático entre las métricas acurracy y recall.
- Se recomienda la implementación de la metodología de desarrollo rápido de aplicaciones(RAD) para productos software los cuales deben ser desarrollados en periodos de tiempo cortos y cuentan con la guía del cliente en cada fase de desarrollo.
- Se recomienda que la pieza de madera del laurel que se desee medir el contenido de humedad no disponga en su estructura: enfermedades, grietas, y suciedad pues estas pueden afectar directamente en la precisión del aplicativo móvil.



*“Persiste! si fuera fácil cualquiera lo lograría”*

*Anónimo*



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