

SISTEMA INTELIGENTE PARA EL MONITOREO Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES EN LOS CULTIVOS DE AGUACATE (PRESEA AMERICANA) EN LA CIUDAD POPAYÁN.

Johan Sebastián Quilindo Vallejo, Alexander Bojorge Chavez

UnicomfacaUCA, Facultad de ingeniería, Programa de [Especialización en SIA a IoT] Cauca, Colombia.

Resumen El proyecto se centra en el desarrollo e implementación de un sistema innovador diseñado para la detección temprana y la prevención de enfermedades en los frutos de los cultivos de aguacate. Mediante el uso de tecnologías avanzadas, como sensores especializados y algoritmos de inteligencia artificial, este sistema busca mejorar la salud y la productividad de los cultivos al proporcionar a los agricultores herramientas efectivas para la gestión proactiva de enfermedades y condiciones adversas, la metodología del proyecto comprendió diversas etapas, desde la planificación inicial del sistema de adquisición de datos hasta la implementación práctica de una red de sensores para monitorear las condiciones ambientales y la salud de las plantas en tiempo real. Los sensores utilizados incluyen dispositivos especializados para medir variables clave, como la temperatura y humedad del suelo, así como otros parámetros relevantes para el crecimiento óptimo de los aguacates y producción sana.

Una vez recopilados los datos, son analizados de manera continua por medio de algoritmos de inteligencia artificial (CNN), permitiendo la detección temprana de posibles enfermedades en los frutos. En caso de detectarse alguna anomalía, se

visualizará mediante un porcentaje, lo que les permite tomar decisiones oportunas.

El uso de un módulo ESP32 y otros dispositivos de adquisición de datos proporciona mediciones precisas y confiables de las condiciones ambientales, permitiendo una gestión más eficiente y sostenible de los cultivos. Este proyecto representa un avance significativo en la agricultura 4.0, al combinar tecnología de vanguardia con prácticas agrícolas tradicionales para mejorar la salud y el rendimiento de los cultivos de aguacate.

Palabras clave: sistema, datos, sensores, enfermedades.

Abstract- The project focuses on the development and implementation of an innovative system designed for the early detection and prevention of fruit diseases in avocado crops. Using advanced technologies, such as specialized sensors and artificial intelligence algorithms, this system seeks to improve crop health and productivity by providing growers with effective tools for proactive management of diseases and adverse conditions. The project methodology involved several stages, from the initial planning of the data acquisition system to the practical

implementation of a sensor network to monitor environmental conditions and plant health in real time. The sensors used include specialized devices to measure key variables, such as soil temperature and humidity, as well as other parameters relevant to optimal avocado growth and healthy production.

Once the data is collected, it is continuously analyzed by artificial intelligence algorithms (CNN), allowing early detection of possible fruit diseases. If any anomaly is detected, it will be displayed as a percentage, allowing them to make timely decisions.

The use of an ESP32 module and other data acquisition devices provides accurate and reliable measurements of environmental conditions, enabling more efficient and sustainable crop management. this project represents a significant advance in agriculture 4.0, combining cutting-edge technology with traditional farming practices to improve the health and yield of avocado crops.

Key words: system, data, sensors, programming.

1. Introducción

En la actualidad, el cultivo de aguacate ha experimentado un crecimiento significativo debido a su alta demanda en los mercados nacionales e internacionales según [1]. Sin embargo, este aumento en la producción de aguacate conlleva una serie de desafíos y problemáticas que requieren

una atención especial. Uno de los principales problemas que enfrenta la industria del aguacate es la gestión eficiente de los recursos naturales, como el agua y el suelo, proliferación de plagas y enfermedades esto representa una amenaza constante para la producción [2].

A nivel internacional, Se registran pérdidas en las plantaciones de aguacate como resultado del ataque de ácaros e insectos, los cuales causan perjuicios a las plantas, impactan negativamente en la calidad de los frutos y resultan en una disminución en la producción. Además, la vulnerabilidad a enfermedades puede dar lugar a aumentos en los costos de producción, lo que reduce la rentabilidad en general. Tanto las plagas como las enfermedades, en conjunto, afectan la calidad de los aguacates y limitan sus posibilidades de comercialización y exportación [3]

En Colombia en los últimos 5 años la producción de aguacate creció 89%, como efecto combinado entre el aumento en el área cosechada (62%) y el rendimiento (17%), En el cultivo de aguacate, se destacan algunas enfermedades de gran relevancia económica debido a su alta incidencia y su impacto negativo. Entre estas, se encuentran la pudrición de raíces, ocasionada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi*, y la marchitez, que es provocada por *Verticillium* sp [4].

En el Cauca, Se han observado desafíos relacionados con la producción y exportación de aguacates, los cuales están

vinculados a limitaciones tecnológicas. Estos desafíos abarcan, la utilización inadecuada de herramientas de análisis de suelos, lo que dificulta la toma de decisiones informadas sobre las condiciones del suelo y los requerimientos nutricionales para el cultivo lo que genera un impacto negativo en el desarrollo de los árboles de aguacate y en la calidad de los frutos producidos, la presencia de enfermedades, como la antracnosis, la pudrición del fruto y la lenticelosis, que afectan la fruta de los aguacates y pueden causar pérdidas considerables en la producción, la aparición de plagas, como trips, "pega pega" y monalonió, estos obstáculos han tenido un impacto negativo en la producción y calidad de los aguacates en la región, lo que, a su vez, ha afectado la capacidad de competir en los mercados locales e internacionales. Con base en las problemáticas asociadas al cultivo de aguacate (*Persea americana*) identificadas en distintos niveles, se han llevado a cabo diversos estudios que reflejan un esfuerzo conjunto orientado a abordar estas cuestiones de forma efectiva y creativa los cuales con los siguientes [5].

Se realiza un estudio que se enfoca en abordar los desafíos que enfrenta el cultivo de aguacate Hass en Colombia, uno de los principales productos agrícolas del país. En años anteriores, los agricultores se veían afectados por enfermedades y plagas que reducían significativamente la producción y la calidad del aguacate. Esto tenía un impacto un poco negativo al no permitir aumentar en corto tiempo las

exportaciones y la economía local. En este análisis se implementaron herramientas tecnológicas que permitían prevenir enfermedades en los cultivos, una de ellas es pams que realiza monitoreo y prevención de plagas en cultivos agrícolas. Esto con el fin de mejorar la productividad que venido en lentamente aumentado entres dos años consecutivos 2018 y 2019 representando un incremento del 135% en exportaciones. Este estudio no solo contribuyó a resolver los problemas de plagas de los cultivos de aguacate Hass en Colombia, sino que también puso de relieve la importancia de la innovación tecnológica en la agricultura [6]

Estableció como principal objetivo el desarrollo de un invernadero inteligente basado en las tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), computación en la nube y aprendizaje automático (machine learning). Este invernadero tiene la capacidad de proporcionar información detallada en tiempo real sobre diversas variables, tales como la temperatura, la radiación solar, la humedad relativa, la humedad y el pH del suelo, específicas para un cultivo determinado. Posteriormente, se emplean algoritmos de Machine Learning para analizar y comprender el comportamiento de los datos, lo que facilita el seguimiento, el control y el cuidado del cultivo por parte del horticultor [7].

Se aborda la importancia del monitoreo de cultivos de aguacate, donde los aspectos climáticos desempeñan un papel fundamental para lograr el éxito. Esto

incluye alcanzar la producción esperada, controlar plagas, mantener estándares de calidad y asegurar la trazabilidad de los cultivos de manera que permita resolver desafíos como la detección temprana de enfermedades en el cultivo, evitar problemas como el ahogamiento de árboles o la deshidratación, y abordar la falta de seguimiento de los parámetros ambientales durante el cultivo, para lograr esto, se propone el prototipo que se basa en la tecnología IoT (Internet de las cosas) y se centra en la supervisión de variables clave, como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la presión barométrica. Además de la integración de sensores climatológicos y la recopilación de datos ambientales, el proyecto destaca la implementación de la tecnología LoRA. Esta tecnología permite optimizar la recopilación de datos de los sensores y centralizar la información en un dispositivo con conexión a internet, con este trabajo beneficio al sector agrícola y permitió aplicar las tecnologías IoT [8].

A partir de los planteamientos anteriores sobre las problemáticas que se están presentando y lo cual generan inconvenientes con las plagas y enfermedades que al no ser detectadas de forma preventiva puede ocasionar pérdida de los cultivos, surge la siguiente pregunta de investigación. ¿Cómo contribuir con la agricultura 4.0 para la detección oportuna de la enfermedad en plantas de aguacate (Persea americana)?

2. Justificación

Los cultivos de aguacate (*Persea americana*) se encuentran afectados por una cierta cantidad de enfermedades que debilitan las plantas, como la pudrición de la raíz causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* y la antracnosis provocada por el hongo *Colletotrichum* spp, en algunos casos son detectadas demasiado tarde perdiendo cultivos jóvenes y en producción [9].

En la actualidad, las enfermedades que afectan a los cultivos de aguacate generan pérdidas significativas para los agricultores debido al deterioro en el crecimiento de las plantas, lo que resulta en una disminución en la producción y un aumento en los costos de control siendo este motivo de poca rentabilidad.

El presente proyecto es viable, debido a que se dispone con las herramientas tecnológicas, recursos humanos y fuentes de información necesarias para llevar a cabo la ejecución de la investigación.

Este estudio beneficiará principalmente a los agricultores y a la industria agrícola en general, al proporcionar soluciones para reducir las pérdidas causadas por las enfermedades en los cultivos de aguacate (*Persea americana*), generando mayores ganancias permitiendo alcanzar nuevas exportaciones a nivel internacional y local, también contribuirá al conocimiento científico en este campo, lo que puede beneficiar a investigadores y expertos en agricultura.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema inteligente para el monitoreo y prevención de enfermedades en los cultivos de aguacate (persea americana) en la ciudad Popayán.

3.2. Objetivos Específicos

Generar una base conceptual acerca del funcionamiento de los sistemas inteligentes aplicado Internet de las cosas (IoT) en la agricultura 4.0.

Desarrollar algoritmo, con el fin de detectar enfermedades en los frutos de aguacates

Implementar dispositivos IoT como sensores para recopilar datos en tiempo real sobre factores ambientales y de crecimiento en los cultivos de aguacate.

4. Actividades

Generar una base conceptual acerca del funcionamiento de los sistemas inteligentes aplicado Internet de las cosas (IoT) en la agricultura 4.0.

A1: Buscar bibliografía asociada al tema.

A2: Analizar los resultados de la búsqueda sobre los artículos relacionados al tema.

A3: Búsqueda de las herramientas de bajo costo para el componente hardware de sistema.

A4: Analizar el sitio donde se realizará el montaje de las herramientas tecnológicas.

A5: Búsqueda de dataset de frutos cultivos enfermos de aguacate

Desarrollar algoritmo, con el fin de detectar enfermedades en las hojas de los aguacates (Persea americana).

A1: Visualizar los requisitos del software para la codificación.

A2: Seleccionar técnicas de machine learnig para procesamiento de imágenes.

A4: Codificar algoritmo en base a las técnicas de machine learnig adecuada.

A5: Visualizar los resultados que arroje el algoritmo con la utilización de un data set de cultivos de aguacate prueba.

Implementar dispositivos IoT como sensores para recopilar datos en tiempo real sobre factores ambientales y de crecimiento en los cultivos de aguacate.

A1: Identificar los factores ambientales y de crecimiento que se desean monitorear en los cultivos de aguacate.

A2: Diseñar el sistema de sensores IoT para que pueda recopilar datos en tiempo real sobre los factores ambientales y de crecimiento en los cultivos de aguacate.

A3: Configuración de los diferentes dispositivos hardware con el software integrados entre sí.

5. Materiales y métodos/metodología

Con el fin de realizar el desarrollo del presente proyecto, se plantea una metodología que está compuesta por los

objetivos específicos planteados los cuales se convierten en cuales 3 fases, es decir una fase por cada uno, donde se evidenciará lo que se planea investigar.

5.1. Fase 1

La plataforma que se utilizará será Arduino la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Además, nos permite leer las entradas que tendrán los sensores que utilizaremos para el monitoreo de cultivos de aguacate.

La siguiente imagen representa los materiales que se analizaron para saber cuales eran mas convenientes utilizar en el proyecto.



Sensor Higrometro Humedad Suelo Modulo Arduino: Este sensor nos permitirá tener el monitoreo de los cultivos de aguacate permitiendo tener datos reales de la humedad del suelo [11].



Posible segundo sensor para medir la temperatura y humedad: Este sensor nos permitirá tener datos sobre la humedad del suelo y la temperatura, la temperatura es un factor importante en el cultivo de aguacate. La planta de aguacate es sensible

a las temperaturas extremas, tanto frías como calientes se tiene que temperatura ideal para su crecimiento es de 20 grados a.



Módulo / Sensor de luminosidad con Fotorresistencia – LDR: este sensor nos permitirá tener datos sobre la luminosidad que se tiene en el entorno que se encuentran los cultivos de aguacate, es importante monitorearla porque La cantidad de luz solar que recibe una planta de aguacate puede afectar su crecimiento y desarrollo, así como la calidad y cantidad de los frutos que produce se recomienda tener al menos 6 horas de luminosidad .



La denominación "ESP32" hace referencia a una distinguida familia de chips System-on-Chip (SoC) caracterizados por su asequibilidad y eficiencia en el consumo energético. Estos chips han sido desarrollados con el propósito de integrar tecnologías Wi-Fi y Bluetooth en modo dual, lo que implica la capacidad de operar simultáneamente en ambas redes de comunicación.



El DHT22 es ampliamente utilizado en aplicaciones como estaciones meteorológicas caseras, sistemas de control de clima en invernaderos, monitoreo ambiental en interiores, y otros proyectos de IoT donde se requiere medir la temperatura y la humedad con precisión.

Es un dispositivo de bajo costo y alta precisión diseñado para medir la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

Dataset de imágenes

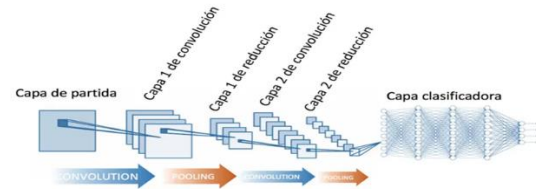


6. Fase 2

Recolección de Datos y Análisis

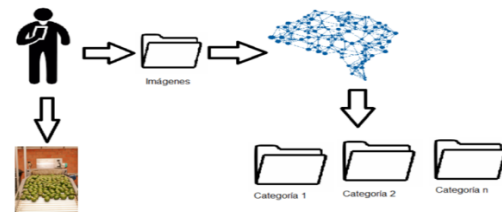
Para el análisis de datos se utilizarán técnicas de machine learning que emplea algoritmos de aprendizaje automático para predecir el crecimiento de los aguacates y prevención de enfermedades en los cultivos de aguacate.

6.1 Red neuronal convoluciones



Un conjunto interconectado de elementos de procesamiento, que puede tomar una imagen y asignar importancia a ciertos aspectos, características, clases u objetos en la imagen, siendo capaz de diferenciarlos entre ellos.

Proceso de clasificación



Primero serán tomadas fotografías de aguacates individuales, en donde se almacenarán todas las imágenes en una sola carpeta y luego serán clasificadas al mismo tiempo, generando los resultados de la clasificación.

En un cultivo de aguacates, la entrada serían los datos recopilados sobre las condiciones y características del aguacate, como la cantidad de agua recibida, tipo de suelo, presencia de plagas, etc. El data set de cultivo malos y sanos sería la información sobre aguacates enfermos y sanos, con sus respectivas características y condiciones.

El modelo predictivo mediante aprendizaje supervisado red neuronal sería un sistema que analiza los datos recopilados para predecir si un aguacate está enfermo o sano, utilizando una red neuronal para procesar la información y generar un resultado. La salida interpretaría que el modelo ha identificado que un aguacate está enfermo y necesita ser tratado o retirado para evitar que la enfermedad se propague a otros aguacates.

Página web que provee una gran cantidad de data Set públicos, En este caso solo se encontró el de frutas de aguacates.

Dataset sin clasificar



Dataset clasificado

Nombre	Fecha de modificación	Tipo
Anthracnose	5/10/2023 12:59 p. m.	Carpeta de archivos
Healthy	5/10/2023 12:59 p. m.	Carpeta de archivos
Scab	5/10/2023 12:59 p. m.	Carpeta de archivos

Archivo CVS

	A	B	C	D
214	Avocado 0213,Scab,0,1,0			
215	Avocado 0214,Healthy,1,0,0			
216	Avocado 0215,Scab,0,1,0			
217	Avocado 0216,Anthracnose,0,0,1			
218	Avocado 0217,Healthy,1,0,0			
219	Avocado 0218,Healthy,1,0,0			
220	Avocado 0219,Scab,0,1,0			
221	Avocado 0220,Scab,0,1,0			
222	Avocado 0221,Scab,0,1,0			
223	Avocado 0222,Scab,0,1,0			
224	Avocado 0223,Healthy,1,0,0			
225	Avocado 0224,Scab,0,1,0			
226	Avocado 0225,Anthracnose,0,0,1			
227	Avocado 0226,Anthracnose,0,0,1			
228	Avocado 0227,Scab,0,1,0			
229	Avocado 0228,Healthy,1,0,0			
230	Avocado 0229,Healthy,1,0,0			
231	Avocado 0230,Healthy,1,0,0			
232	Avocado 0231,Healthy,1,0,0			
233	Avocado 0232,Healthy,1,0,0			
234	Avocado 0233,Healthy,1,0,0			
235	Avocado 0234,Healthy,1,0,0			

Data Set nos permite hacer la clasificación de imágenes

Inicios de código con CNN

```

[P1] Import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras import models, layers
import matplotlib.pyplot as plt
from IPython.display import HTML

BATCH_SIZE = 16
IMAGE_SIZE = 64
IMAGE_SIZE_2 = 32
EPOCHS = 10

[P2] from google.colab import drive
drive.mount('drive://')
!ls "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks"
  
```

tensorflow as tf:

Importa TensorFlow, una biblioteca para aprendizaje automático y deep learning, con un alias tf. `from tensorflow import keras`: Importa Keras, una interfaz de alto nivel para definir y entrenar modelos de aprendizaje profundo.

from tensorflow.keras import models, layers:

Importa submódulos de Keras para definir modelos y capas neuronales. `matplotlib.pyplot as plt`: Importa Matplotlib, una biblioteca de visualización de datos, con un alias plt.

from IPython.display import HTML:

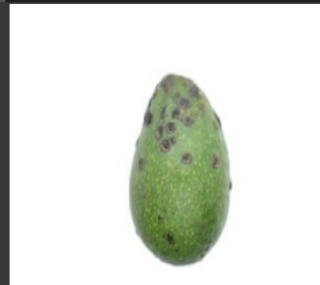
Importa una función para mostrar contenido HTML en entornos de Jupyter Notebook o IPython.

```

dataset = tf.keras.preprocessing.image_dataset_from_directory(
    "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/etiquetados",
    seed=123,
    shuffle=True,
    image_size=(IMAGE_SIZE, IMAGE_SIZE),
    batch_size=BATCH_SIZE
)

Found 174 files belonging to 3 classes.

for images, labels in dataset.take(1): # Toma el primer lote de imágenes
    for i in range(BATCH_SIZE): # Recorre las imágenes en el lote
        plt.figure(figsize=(5, 5))
        plt.imshow(images[i].numpy().astype("uint8")) # Muestra la imagen
        plt.title(f"Label: {labels[i].numpy()}")
        plt.axis("off") # Deshabilita los ejes
        plt.show()
  
```



```

[ ] class_names = dataset.class_names
class_names

['Anthracnose', 'Healthy', 'Scab']

[ ] len(dataset)

6

[ ] train_size = 0.8
len(dataset)*train_size

4.800000000000001

[ ] train_ds = dataset.take(13)
len(train_ds)

6

[ ] test_ds = dataset.skip(13)
len(test_ds)

0

[ ] val_size=0.1
len(dataset)*val_size
  
```

train_size = 0.8: Define el tamaño del conjunto de entrenamiento como el 80% del conjunto de datos.

train_ds = dataset.take(13): Crea el conjunto de entrenamiento tomando las primeras 13 muestras del conjunto de datos original.

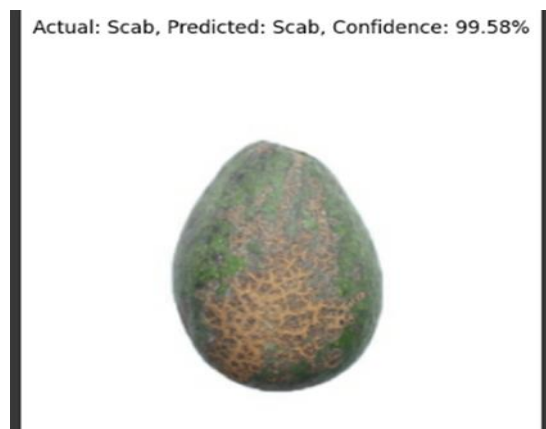
test_ds = dataset.skip(13): Crea el conjunto de prueba omitiendo las primeras 13 muestras del conjunto de datos original.

val_size = 0.1: Define el tamaño del conjunto de validación como el 10% del conjunto de datos.

val_ds = test_ds.take(1): Crea el conjunto de validación tomando una muestra del conjunto de prueba

7. Resultados

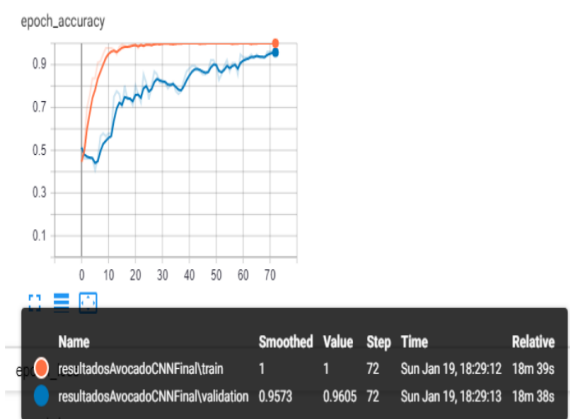
Los resultados obtenidos por el algoritmo de tipo enfermedad y su porcentaje de precisión son los siguientes.



Actual: Scab, Predicted: Scab, Confidence: 99.86%



7.1. Resultados de validación



Corresponden a pruebas realizadas sobre un espacio muestral de 248 aguacates en 3 categorías de madurez comercial de aguacates, se encuentra un nivel de precisión de 96.05 %.

8. Fase 3

El sistema inteligente en conjunto con la domótica, sensores y actuadores tendrá las siguientes funcionalidades.

Control Automatizado de Condiciones Ambientales: Se implementa la tecnología de domótica para permitir un control automatizado de las condiciones ambientales dentro del entorno de cultivo de las plantas de aguacate. Esto incluye sistemas automatizados, la temperatura y el riego según las necesidades específicas.

Arquitectura del sistema

Subsistema de Log

Este subsistema contendrá el historial de datos recolectados por los sensores.

Subsistema de control domótico

El subsistema de control domótico que estamos diseñando se basa en la plataforma ESP32 y una selección de sensores y actuadores específicos para monitorear y controlar diferentes aspectos del entorno doméstico. A través de la programación de la placa ESP32, se establecerá una lógica eficiente para la recolección de datos provenientes de sensores, temperatura y humedad. Estos datos serán fundamentales para tomar decisiones automáticas sobre el funcionamiento de los actuadores, como motores, LEDs y una bomba de agua, optimizando así el confort y la eficiencia energética del hogar.

Subsistema de Actuadores

El subsistema de actuadores del sistema domótico está diseñado para controlar varios aspectos clave de los cultivos de aguacate. Esto incluye LEDs que

simularán la iluminación necesaria para el crecimiento óptimo de los cultivos, una bomba de agua que se activará para el riego programado y motores encargados de abrir las cortinas para permitir la entrada de aire fresco a los cultivos.

Este subsistema contendrá los ítems si ocurren fallos, los cuales permitirán detectar fallos oportunos.

Subsistema de seguridad

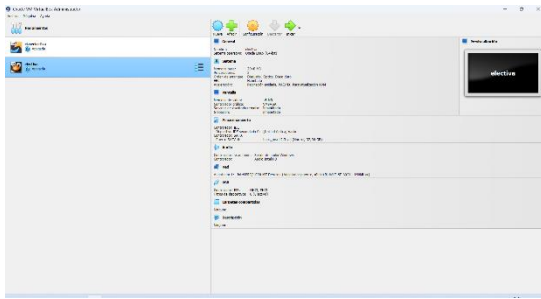
Este subsistema contendrá toda la parte necesaria para la seguridad de los datos y de los dispositivos conectados entre sí en el sistema domótico.

Subsistema de comunicación

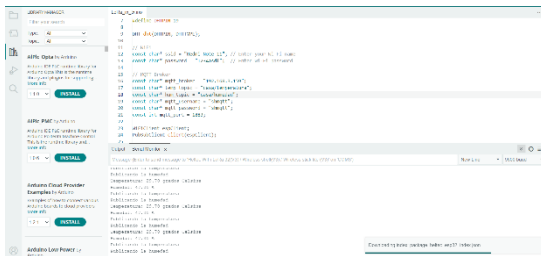
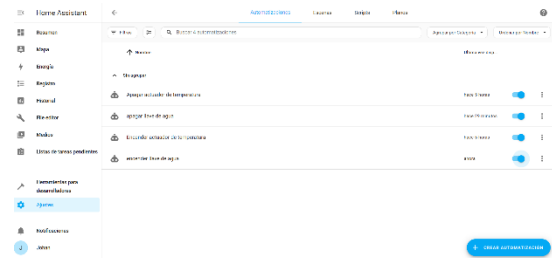
En el subsistema se puede utilizar en las plataformas de LoraWan que es una tecnología inalámbrica que modula de radiofrecuencia, que permite una mayor tolerancia a la interferencia y una mejor propagación de señales, Además mediante la implementación de protocolos como

Implementación

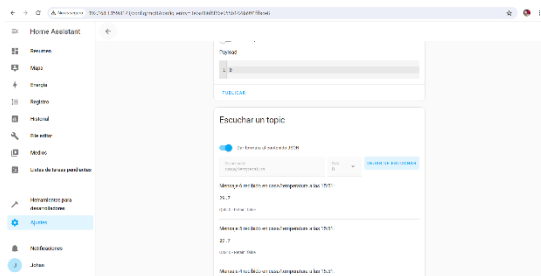
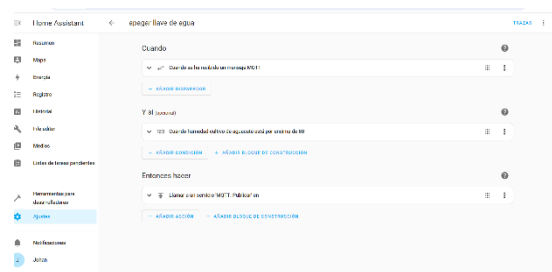
Creación de entorno en virtual box para la utilización de house ova esto con el fin de crear una máquina virtual donde podremos visualizar en home assistant datos de los sensores e ejecutar acciones con respecto a los datos



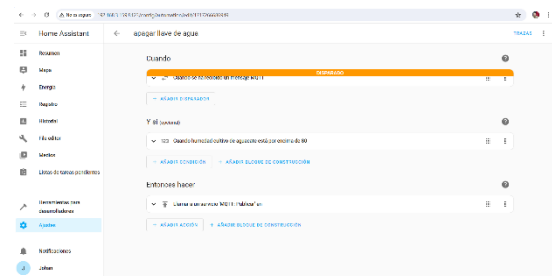
Automatizaciones realizadas en home assistant con el fin activar los actuadores en el cultivo de aguacate.



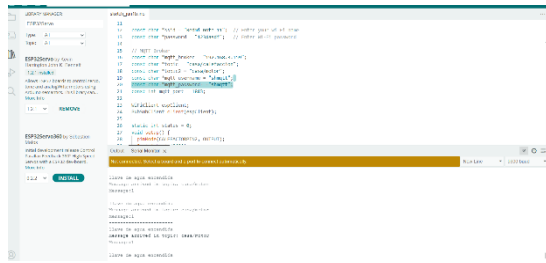
Configuración de automatización para activar el actuador de llave de aguacate del cultivo de aguacate



Ejecución de automatización



utilizados.



9. Conclusiones y recomendaciones

Lecciones Aprendidas

En nuestro proyecto beneficia en base principalmente a los agricultores y a la industria agrícola en general, al proporcionar soluciones para reducir las pérdidas causadas por las enfermedades en los frutos de aguacate (pesea americana) y tiempos en el monitoreo de los cultivos, generando mayores ganancias permitiendo alcanzar nuevas exportaciones a nivel internacional y local, también contribuirá al conocimiento científico en este campo, lo que puede beneficiar a investigadores y expertos en agricultura, Además nos permite aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera y poder tener más la utilización de la iot en proyectos de agricultura 4.0 .

Futuras Extensiones y Mejoras

Para este proyecto se podría tener en futuras extensiones la exploración y adopción de dispositivos más avanzados y especializados en la recolección de datos, garantizando una mayor fiabilidad en la información recopilada, Además, en mejoras se contempla la integración de una gama más amplia de dispositivos para capturar una variedad más extensa de

datos. La expansión de la red de sensores permitirá la inclusión de nuevas variables relevantes para el cultivo de aguacates. Esto podría involucrar sensores especializados para detectar nutrientes en el suelo, analizadores de calidad de agua, dispositivos de monitoreo de CO2.

El Machine Learning, la IA y el BigData revolucionan cada día de nuestra vida y son técnicas que harán que evolucionemos teniendo mejor calidad de vida, hará más sostenible la vida a nuestro planeta y nos dará un futuro del que no se había pensado.

9.1 Conclusiones y discusión

Después de completar el proyecto y analizar los datos obtenidos, se concluye que la implementación de sistemas de cultivos con IoT está experimentando un crecimiento exponencial gracias a su constante desarrollo tecnológico, convirtiéndose en un elemento fundamental en la agricultura moderna. Su adopción es alta debido a la comodidad, confiabilidad y capacidad para gestionar grandes cantidades de datos en tiempo real, aunque se debe tener en cuenta que la seguridad en IoT en cultivos de aguacates plantea desafíos que requieren atención. A pesar de ser eficiente en el uso de recursos, es esencial explorar las diferencias en las aplicaciones específicas y su relevancia, superando barreras en la distribución de información. Se recomienda un seguimiento continuo de estas aplicaciones para optimizar procesos. La implementación de IoT en cultivos de aguacates ha generado beneficios

notables, mejorando la eficiencia, la gestión de recursos y la rentabilidad en la producción agrícola, a pesar de que su adopción todavía se encuentra en una etapa temprana en comparación con otros ámbitos.

Bibliografía

[1] Tenjo, D. A. J. (2022). Relación entre la aptitud de uso del suelo para la producción de aguacate y las áreas de la producción actual.

[2] Díaz Ramírez, L., Bravo Parra, A. M., García Botina, M. J., Jäger, M., & Hurtado, J. J. (2022) Cartilla de modelo empresarial de competitividad e inclusión de productores de aguacate Hass de pequeña escala en el Valle del Cauca: caso Asoppitaya.

[3] Fernando, C., Jiménez, U., Enrique, J., Cardona, C., & Moraes Boldini, J. (s/f). Edu.co. (2020).<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38446/dosquebradas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

[4] de Michoacán, E.(2022) (Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola) en el cultivo de aguacate en él.

[5] Ospina Parra, C. E., Garavito, L. V., & Correa, D. L. (2023). Cadena de valor aguacate Hass: procesos interinstitucionales hacia la exportación en Cauca, Colombia. RIVAR (Santiago), 10(28), 235-252.

[6] Peña, F. C., & Rodríguez, M. C. G. (2022). Fortalecimiento del proceso de la siembra y cuidado de la planta del aguacate hass en los invernaderos a través de la implementación de un dispositivo inteligente basado en las tecnologías internet de

lascosas–IoT, cloud computing y machine learning. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.

[7] Alfredo, O., Consuegra, A., María, A., & Pérez, M. (s/f). Herramientas tecnológicas aplicadas en un sistema de producción agrícola destinado al cultivo inteligente de aguacate Hass en Colombia: una revisión bibliográfica. Edu.co. *ologías de la Información*, 10(20), 1-17. <https://doi.org/10.36825/RITI.10.20.001>.

[8] J. D. Luna, Construcción de un prototipo electrónico para el monitoreo climatológico en cultivos de aguacate en el municipio de Tona, basado en tecnología IoT.. [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD., <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38749>, (2020).

[9] P. J. Tamayo Molano, Enfermedades del Aguacate. Revista Politécnica, 3(4), 51–70., <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/62>,

