

SISTEMA DE MONITOREO DE LOS PARÁMETROS EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS  
MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE SERVICIOS WEB

NANCY YULIANA BLANCO SUÁREZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA

2024

SISTEMA DE MONITOREO DE LOS PARÁMETROS EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS  
MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE SERVICIOS WEB

NANCY YULIANA BLANCO SUÁREZ

Proyecto de grado para la obtención del título de  
ingeniero electrónico

Director

Dr. Ing. Omar Pinzón Ardila

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA

2024

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	2
1 AGRICULTURA HIDROPÓNICA.....	3
2 TÉCNICA Y MATERIALES .....	8
3 MONITOREO EN LA AGRICULTURA HIDROPÓNICA .....	12
4 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN .....	14
4.1 PLATAFORMAS DE VISUALIZACIÓN.....	14
4.2 BASES DE DATOS DE SERIES TEMPORALES .....	18
4.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA LA BASE DATOS.....	21
5 METODOLOGÍA.....	22
5.1 INSTRUMENTACIÓN.....	22
5.2 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE .....	27
5.3 INTEGRACIÓN DE SENSORES EN LA NUBE: TUYA API Y PYTHON .....	29
5.4 PROTOTIPO.....	40
5.5 SERVIDOR LOCAL Y EN LA NUBE.....	42
5.6 INTEGRACIÓN DEL SISTEMA.....	44
5.7 INTEGRACIÓN DE DATOS EN EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO .....	48
5.8 VISUALIZACIÓN.....	53
5.9 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS.....	54
6 CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	65

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sistema de riego sin recirculación .....	4
Ilustración 2. Sistema de riego con recirculación .....	5
Ilustración 3. Diagrama de circulación de agua.....	8
Ilustración 4. Cultivo tipo pirámide.....	11
Ilustración 5. Diagrama puertos relé Shelly 1PM.....	23
Ilustración 6. Diagrama puertos medidor multiparámetros.....	25
Ilustración 7. Diagrama de Respaldo de Infraestructura Cloud y Local .....	29
Ilustración 8. Integración de Sensores en la Nube: Tuya API y Python. ....	31
Ilustración 9. Creación del proyecto Cloud .....	32
Ilustración 10. Implementación del prototipo hidropónico.....	41
Ilustración 11. Implementación del prototipo hidropónico.....	41
Ilustración 12. Funcionamiento servidores locales y en la nube.....	44
Ilustración 13. Integración del sistema de monitorización .....	46
Ilustración 14. Diagrama de Flujo de Proceso para Consulta InfluxDB .....	50
Ilustración 15. Consulta Temperatura InfluxDB .....	51
Ilustración 16. Consulta Humedad InfluxDB .....	52
Ilustración 17. Consulta Potencia InfluxDB.....	52
Ilustración 18. Consulta Energía InfluxDB .....	53
Ilustración 19. Consultas InfluxDB y Grafana .....	54
Ilustración 20. Time Series datos Humedad y temperatura .....	56
Ilustración 21. Time series Energía y Potencia – Carga .....	57
Ilustración 22. Time series Energía y Potencia .....	57
Ilustración 23. Pruebas pH .....	58
Ilustración 24. Valores medidor multiparámetros pH ácido .....	59
Ilustración 25. Valores medidor multiparámetros pH alcalino .....	60
Ilustración 26. Panel de monitorización implementado en Grafana (humedad, temperatura, pH, cF, TDS, energía y potencia).....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos proyecto Tuya Cloud.....	33
Tabla 2. Endpoint Tuya.....	34
Tabla 3. Parámetros de encabezado para solicitudes de API.....	35

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>TITULO:</b>	Sistema de monitoreo de los parámetros en cultivos hidropónicos mediante la integración de servicios web
<b>AUTOR(ES):</b>	Nancy Yuliana Blanco Suárez
<b>PROGRAMA:</b>	Facultad de Ingeniería Electrónica
<b>DIRECTOR(A):</b>	Dr. Ing. Omar Pinzón Ardila

### RESUMEN

La hidroponía, método agrícola innovador, prescinde del suelo y maximiza el crecimiento de plantas mediante soluciones nutritivas dosificadas en un entorno controlado. Esto no solo evita plagas y enfermedades, sino que también incrementa el rendimiento en espacios reducidos. Además, la hidroponía se presenta como una herramienta invaluable en investigación y enseñanza al permitir un control meticuloso de variables como nutrientes, pH y temperatura. No obstante, enfrenta desafíos, como la estabilidad de las soluciones nutritivas y la necesidad de monitoreo constante. Para abordar estos desafíos, se propone un sistema integral de monitoreo para cultivos hidropónicos habilitado para el IoT. Esto implica la implementación de sensores y dispositivos IoT, junto con herramientas como InfluxDB y Grafana, para recopilar, almacenar y visualizar datos en tiempo real. La aplicación del sistema de riego por película de nutrientes con recirculación de solución nutritiva demuestra ser eficiente para optimizar recursos y garantizar un flujo constante de nutrientes a través de las raíces. La integración de sistemas de información respaldada por plataformas en línea y servicios web es esencial para la gestión y análisis efectivo de datos. Grafana Cloud ofrece acceso a datos en tiempo real, mientras que la compatibilidad entre dispositivos Tuya y Home Assistant garantiza una integración sin problemas. Para superar incompatibilidades, se puede recurrir a cargues indirectos, utilizando Python y APIs para facilitar la comunicación entre dispositivos no compatibles. En resumen, este proyecto no solo cumple sus objetivos, sino que también impulsa futuras investigaciones en hidroponía. La combinación de tecnología avanzada y prácticas agrícolas innovadoras promete mejorar la eficiencia y sostenibilidad de este método de cultivo.

### PALABRAS CLAVE:

Hidroponía, Monitoreo, IoT, Sensores, InfluxDB, Grafana, Home Assistant, Python, APIs

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** Hydroponic Crop Parameter Monitoring System through Web Services Integration

**AUTHOR(S):** Nancy Yuliana Blanco Suárez

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR:** Dr. Ing. Omar Pinzón Ardila

### ABSTRACT

Hydroponics, an innovative agricultural method, eliminates the need for soil and maximizes plant growth through nutrient solutions dosed in a controlled environment. This not only prevents pests and diseases but also increases yields in limited spaces. Additionally, hydroponics serves as an invaluable tool in research and education by allowing meticulous control of variables such as nutrients, pH, and temperature. However, it faces challenges such as nutrient solution stability and the need for constant monitoring. To address these challenges, a comprehensive monitoring system for hydroponic crops enabled for IoT is proposed. This involves implementing sensors and IoT devices, along with tools like InfluxDB and Grafana, to collect, store, and visualize data in real-time. The application of the nutrient film technique irrigation system with nutrient solution recirculation proves efficient in optimizing resources and ensuring a constant flow of nutrients through the roots. Integration of information systems supported by online platforms and web services is essential for effective data management and analysis. Grafana Cloud provides real-time data access, while compatibility between Tuya and Home Assistant devices ensures seamless integration. To overcome compatibility issues, indirect loads can be utilized, employing Python and APIs to facilitate communication between incompatible devices. In summary, this project not only achieves its objectives but also drives future research in hydroponics. The combination of advanced technology and innovative agricultural practices holds the promise of improving the efficiency and sustainability of this cultivation method.

### KEYWORDS:

Hydroponics, Monitoring, IoT, Sensors, InfluxDB, Grafana, Home Assistant, Python, APIs

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

La hidroponía como método de cultivo busca optimizar el crecimiento de flora, vegetales, hierbas, entre otras, evitando el uso del suelo, al aprovechar tanto la tecnología como los avances científicos. Esto permite una siembra eficiente y productiva al suministrar directamente los elementos esenciales, mediante la dosificación de soluciones nutritivas en un entorno controlado. Esta técnica es una alternativa sólida frente a los métodos cotidianos de cultivo en suelo, ya que no sólo reduce la amenaza de patógenos y plagas que pueden afectar el desarrollo, sino que también incrementa el rendimiento en espacios más reducidos [1]. Este enfoque avanzado no solo beneficia a la producción agrícola, sino que también se revela como una herramienta invaluable para la investigación y la enseñanza debido a la capacidad de controlar de manera meticulosa variables críticas, como concentración de los nutrientes, pH, temperatura e iluminación, lo que ofrece un entorno experimental ideal. La hidroponía facilita la replicación de condiciones específicas y el estudio detallado de cómo estas variables impactan el desarrollo de las plantas [2].

Los cultivos hidropónicos, actualmente, encaran diversos retos que necesitan ser atendidos para maximizar su potencial. En su misma esencia, en la agricultura hidropónica reside su capacidad para administrar a las plantas una mezcla de nutrientes meticulosamente ajustada. Sin embargo, la estabilidad de esta solución es delicada y puede ser vulnerable a cambios sutiles en sus variables críticas. Sin una supervisión activa, incluso pequeñas desviaciones en estos parámetros pueden dar lugar a una serie de complicaciones que repercuten negativamente en el desarrollo y crecimiento. Dentro de las consecuencias se encuentran desequilibrios nutricionales, propagación de enfermedades, disminución en el rendimiento y la viabilidad económica.

El empleo de herramientas de monitoreo avanzadas respaldadas por plataformas de visualización en línea, en conjunto con el acceso a los datos desde cualquier ubicación mediante servicios web; tiene el potencial de transformar estos desafíos en valiosas oportunidades. Mantener un control minucioso sobre las variables que constituyen el

sistema, garantizaría un crecimiento saludable, un rendimiento sobresaliente de los cultivos y posibilitaría la prevención y detección temprana de problemas. Con base en lo anterior, no sólo se facilita la intervención inmediata y la reducción de riesgos favoreciendo así la gestión, sino que también contribuye a la optimización de los recursos disponibles y la toma de decisiones.

En este contexto, el objetivo general sería diseñar e implementar un sistema integral de monitoreo para un modelo agrícola de cultivo hidropónico habilitado para el *IoT*, mediante el uso de indicadores y sensores. Este sistema no solo se enfoca en la medición precisa y continua de parámetros críticos en el entorno del cultivo, sino que también busca la integración eficiente de modelos de información en el procesamiento y la visualización efectiva de los datos recolectados. Además, se pretende integrar de manera eficiente los modelos de información existentes con los datos agrícolas, permitiendo un procesamiento coherente y en tiempo real de la información recopilada.

Estos objetivos apuntan a proporcionar a los usuarios una representación gráfica y detallada de las condiciones y el desempeño del cultivo hidropónico, la intervención oportuna y la optimización del sistema en función de los datos, facilitando así las decisiones informadas para optimizar resultados agrícolas. Además de permitir explorar en detalle los beneficios y desafíos inherentes a la agricultura hidropónica, estableciendo un marco de desarrollo investigativo en este campo.

El presente proyecto propone la implementación del riego por sistema de película de nutrientes (NFT), en donde se establece el uso de un temporizador para regular una bomba que garantiza el constante flujo de una solución rica en nutrientes en la base de las plantas [3]. Se ha seleccionado este enfoque con recirculación de la solución nutritiva, con el propósito de aprovechar los recursos del sistema.

# 1 AGRICULTURA HIDROPÓNICA

Un cultivo hidropónico es un sistema de cultivo en el que las raíces se desarrollan en una solución nutritiva en vez de suelo tradicional. En lugar de obtener nutrientes y agua a través del suelo, las plantas reciben directamente los nutrientes que necesitan disueltos en agua, esto permite producir plantas aprovechando áreas como suelos infértiles, invernaderos climatizados, entre otros. Este sistema permite controlar el crecimiento teniendo en cuenta los requerimientos de la planta como humedad, temperatura, nutrientes y agua [4].

Existen varias técnicas de cultivo hidropónico, algunas de las técnicas más comunes son [3]:

- **Sistema de película de nutrientes (NFT):** En este modelo, una fina película de solución fluye constantemente sobre las raíces, que están suspendidas en canaletas inclinadas. Las plantas obtienen nutrientes y agua de esta película de nutrientes en constante movimiento sin necesidad de temporizadores ni sustrato.
- **Aeroponía:** En esta técnica, la raíz de la planta se mantiene suspendida, y se rocía una delgada niebla de solución directamente sobre las raíces. Este sistema permite un alto oxígeno en las raíces y un acceso eficiente a los nutrientes.
- **Cultivo en solución o sistemas de riego por goteo:** En este método, la raíces suspendidas en la solución nutritiva se riegan mediante un sistema de goteo suministrándose periódicamente.
- **Cultivo en sustrato:** Aunque no es puramente hidropónico, este método implica el uso de sustratos como fibra de coco, perlita o vermiculita para sostener las plantas y proporcionar una solución nutritiva. Las raíces crecen en el sustrato, que se riega con solución nutritiva.
- **Cultivo en agua profunda (DWC):** En este método, las plantas quedan suspendidas en la mezcla nutritiva con las raíces sumergidas en el agua. Se utilizan aireadores para proporcionar oxígeno a las raíces.
- **Cultivo en lana de roca o fibra de vidrio:** Las plantas se cultivan en bloques o bandejas de dicho material y se riegan con una solución nutritiva. Estos sustratos son

inertes y retienen la humedad.

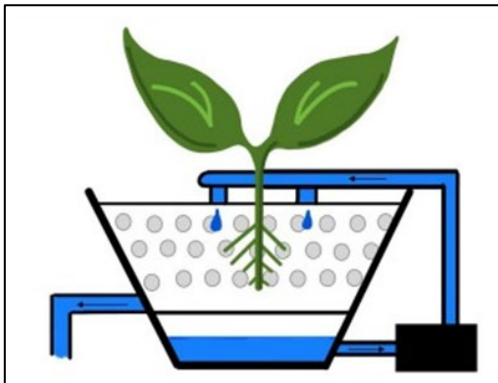
- **Cultivo en torre vertical:** En este sistema, las plantas se colocan en torres apiladas verticalmente. El agua y los nutrientes se distribuyen desde la parte superior y fluyen hacia abajo, proporcionando nutrientes a todas las plantas en la torre.
- **Cultivo en contenedores con sistema recirculante:** Se utilizan contenedores individuales con un sistema recirculando en la mezcla nutritiva. El exceso de solución se recolecta y se vuelve a utilizar.

La elección de la técnica de cultivo hidropónico varía según las necesidades específicas del sistema, presupuesto, disponibilidad de agua y espacio disponible. Cada método tiene sus propias ventajas y desafíos, pero todos comparten la ventaja de proporcionar un mayor control sobre las condiciones de crecimiento y un uso eficiente de los recursos.

Las técnicas de cultivo hidropónico pueden implementarse tanto en sistemas de riego con recirculación como en sistemas no recirculados, dependiendo de la preferencia del cultivador, los recursos disponibles y los objetivos específicos.

## 1.1 CULTIVOS HIDROPÓNICOS SIN RECIRCULACIÓN

Ilustración 1. Sistema de riego sin recirculación



Fuente elaboración propia.

En este método de riego, los nutrientes y el agua se suministran a las plantas y no se reciclan de vuelta al sistema. Aquí están las características clave:

- **Suministro unidireccional:** El agua y la solución de nutrientes fluyen desde

una fuente principal hacia los recipientes o canales de cultivo donde están las plantas. En el paso del agua a través del medio de cultivo (como perlita, lana de roca, o vermiculita), las raíces absorben los nutrientes y el agua que necesitan.

- **Drenaje:** El exceso de agua y nutrientes no son absorbidos se escapa y se pierde.
- **Fertilización precisa:** Los nutrientes deben administrarse cuidadosamente en la mezcla de riego para garantizar que las plantas reciban los elementos esenciales en las proporciones adecuadas.
- **Desperdicio de agua y nutrientes:** Dado que no hay recirculación, este método puede resultar en un desperdicio significativo de agua y nutrientes, especialmente en sistemas hidropónicos de flujo y reflujo.

## 1.2 HIDRATACIÓN POR GOTEO EN CULTIVOS CON RECIRCULACIÓN

Ilustración 2. Sistema de riego con recirculación



Fuente elaboración propia.

En este sistema de riego, el agua y los nutrientes se recogen y recirculan para minimizar el desperdicio. Aquí están las características clave:

- **Flujo bidireccional:** El agua y la solución de nutrientes fluyen desde una fuente principal hacia los recipientes o canales de cultivo, pero en lugar de perderse, el exceso de agua y nutrientes se recoge y se devuelve al depósito principal para su reutilización.
- **Reciclaje de agua y nutrientes:** La recirculación permite que los nutrientes y el agua no absorbida por la planta se recojan y se reciclen, lo que reduce

significativamente el desperdicio de recursos.

- **Mayor eficiencia:** Este sistema es más eficiente, lo que lo hace especialmente valioso en sistemas hidropónicos donde se busca optimizar la eficiencia y minimizar los costos.
- **Control de pH y EC:** En sistemas de recirculación, es más importante controlar y ajustar cuidadosamente la conductividad eléctrica (EC) y el pH de la mezcla de nutrientes, ya que estos parámetros pueden cambiar con el tiempo debido al reciclaje del agua.

Tanto el riego por goteo con recirculación como sin recirculación se pueden aplicar a cultivos hidropónicos, pero la recirculación es generalmente preferida en sistemas hidropónicos comerciales debido a su mayor eficiencia de nutrientes y agua, así como la capacidad de reducir los costos a largo plazo. Sin embargo, también requiere un monitoreo y mantenimiento más cuidadoso para garantizar que la solución de nutrientes se mantenga en óptimas condiciones. Las diferencias y bondades de ambos enfoques se resumen a continuación:

#### **Riego sin recirculación:**

1. **Flujo unidireccional:** En este sistema, el agua fluye desde la fuente principal directamente a través de las tuberías y emisores hacia las raíces de las plantas.
2. **Uso de agua:** Puede haber una pérdida de agua significativa debido a la evaporación y a la filtración profunda si el suelo no retiene adecuadamente la humedad.
3. **Nutrientes:** Los nutrientes no se reciclan, lo que significa que es necesario proporcionar fertilizantes de forma regular y controlada para las plantas.
4. **Mantenimiento:** El mantenimiento puede ser menos complicado, ya que no se requiere un sistema de recirculación de agua adicional.
5. **Costos iniciales:** Pueden ser más bajos en comparación con un sistema de recirculación debido a la simplicidad del diseño.

### **Riego con recirculación:**

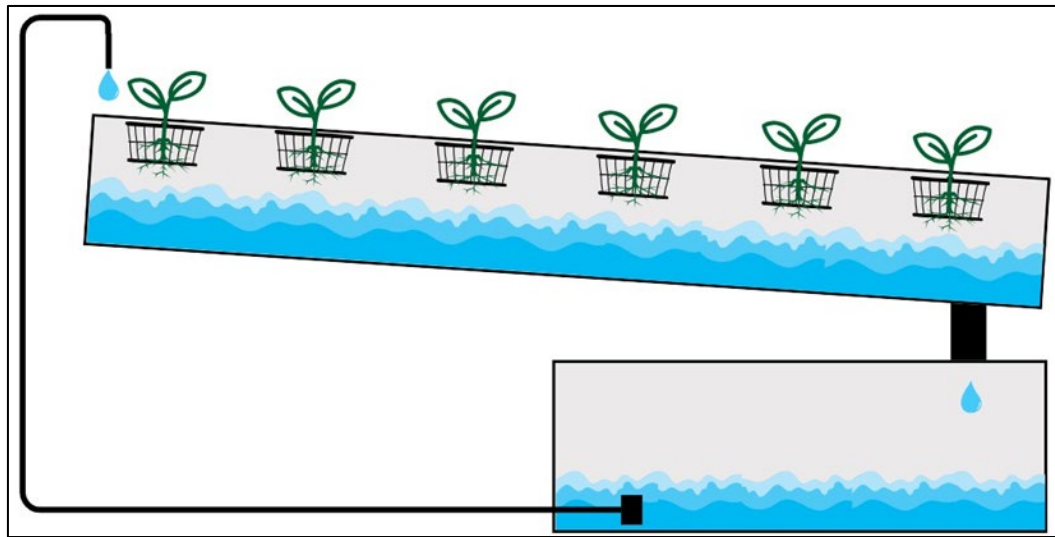
1. **Flujo bidireccional:** El sistema recircula el agua sobrante y la lleva de nuevo al tanque de almacenamiento o a la fuente principal, lo que minimiza las pérdidas de agua.
2. **Eficiencia de agua:** La recirculación minimiza el desperdicio de agua.
3. **Nutrientes:** Los nutrientes pueden ser reciclados y reutilizados, lo que puede reducir los costos de fertilización y minimizar la contaminación del agua.
4. **Mantenimiento:** Requiere un sistema adicional para recircular el agua, lo que puede aumentar la complejidad y los costos de mantenimiento en comparación con el riego por goteo sin recirculación.
5. **Costos iniciales:** Por lo general, los sistemas de riego por goteo con recirculación son más costosos debido a la necesidad de componentes adicionales y sistemas de control.

El riego con recirculación suele ser eficiente en cuanto al uso del agua y los nutrientes, siendo una opción en áreas con recursos hídricos limitados o en cultivos intensivos. Sin embargo, también es más costoso en instalación como en su mantenimiento comparado con el riego por goteo sin recirculación, que es más simple pero menos eficiente en el uso de recursos. La decisión al momento de elegir uno de los dos métodos depende de las necesidades de tu cultivo, el presupuesto y la disponibilidad de agua.

## 2 TÉCNICA Y MATERIALES

El cultivo hidropónico NFT es un sistema de cultivo sin suelo en el cual la planta crece en canales poco profundos circulando una película de mezcla nutritiva, popular para cultivar hortalizas de hojas verdes, hierbas y otros cultivos de rápido crecimiento [5].

Ilustración 3. Diagrama de circulación de agua.



Fuente elaboración propia.

Este sistema de cultivo se basa en canales ligeramente inclinados o planos fabricados con materiales como plástico o PVC. Estos canales contienen una fina película de solución nutritiva. En el inicio del canal, una bomba suministra de manera continua dicha solución, la cual fluye a lo largo de la superficie del canal, creando una película delgada que envuelve las raíces.

Las plantas se disponen en orificios o soportes en el canal, permitiendo que entren en contacto directo con la película de mezcla nutritiva. Diferente a otros modelos hidropónicos, en este método, las raíces no permanecen sumergidas constantemente en la mezcla, sino que se mantienen húmedas gracias al flujo continuo. La recirculación juega un papel fundamental, ya que la solución nutritiva no se acumula en el canal; en su lugar,

se recircula de manera constante. Al final del canal, la solución nutritiva no absorbida retorna al depósito principal para su reutilización, minimizando así el desperdicio de nutrientes.

Además, las raíces expuestas al aire entre los ciclos de solución nutritiva reciben el oxígeno adecuado, lo que ayuda a prevenir problemas asociados con la falta de oxígeno en sistemas más inundados.

El cultivo hidropónico NFT tiene sus propias ventajas y desventajas. Aquí hay algunos beneficios específicos del cultivo NFT en comparación con otras técnicas hidropónicas:

- **Eficiencia Uso de Agua:** El sistema NFT gasta menos agua comparado con algunos otros sistemas hidropónicos, ya que la solución nutritiva se recircula y no se desperdicia en grandes cantidades de sustrato o suelo.
- **Mayor Oxigenación de Raíces:** Las raíces tienen acceso al oxígeno, lo que favorece un crecimiento saludable.
- **Menos Consumo de Nutrientes:** La recirculación permite la reutilización de nutrientes, minimizando el desperdicio.
- **Espacio y Recursos Eficientes:** Al no requerir suelo, es adecuado para espacios limitados y permite un mayor control sobre los recursos.
- **Menor Inversión Inicial:** En comparación con sistemas más complejos como el cultivo en lecho flotante o sistemas con torres verticales, el cultivo NFT requiere una menor inversión inicial en términos de materiales e infraestructura.
- **Fácil Manejo de Varias Especies de Plantas:** El sistema NFT es versátil y puede adaptarse fácilmente para cultivar una variedad de plantas, incluyendo verduras de hojas verdes, hierbas y fresas.
- **Control Preciso de Nutrientes:** La película delgada de mezcla nutritiva permite controlar precisamente la composición y concentración de los nutrientes, adaptándolos a las necesidades de la planta.

A pesar de estos beneficios, es importante tener en cuenta que el cultivo NFT también presenta desafíos, como la necesidad de un monitoreo constante y la susceptibilidad a interrupciones en el suministro de agua.

Para establecer este sistema de cultivo, se necesitan varios elementos esenciales para garantizar el éxito del cultivo, dentro de ellos se encuentran:

- i. **Canal de cultivo NFT:** Canales de material impermeable y resistente a la luz que permitan el flujo continuo de una película delgada de mezcla nutritiva sobre la raíz.
- ii. **Bomba de agua:** Sirve para recircular la mezcla nutritiva desde el almacenamiento hasta el comienzo del canal de cultivo.
- iii. **Depósito de nutrientes:** Un almacenador que contenga la mezcla nutritiva necesaria para alimentar las plantas. Teniendo precaución de que el almacenador sea grande para satisfacer y garantizar las necesidades de la planta.
- iv. **Tubos y tuberías:** Tubos y tuberías para conducir la mezcla nutritiva desde el almacenador hasta el comienzo de los canales de cultivo y luego de vuelta al depósito. Es importante que sean resistentes y estén bien sellados.
- v. **Soportes para plantas:** Estructuras para poner las plantas en los conductos del cultivo. Estos pueden ser soportes de malla, celdas de espuma, o cualquier otro material que sostenga las plantas de manera segura.
- vi. **Filtro:** Un filtro para evitar que partículas sólidas ingresen al sistema y obstruyan los canales.
- vii. **Medidor de EC y pH:** Medidores de pH y conductividad eléctrica (EC) monitorean y ajustan la calidad de la mezcla nutritiva.
- viii. **Mezcla Nutritiva:** Solución de nutrientes específicos para las necesidades de las plantas.

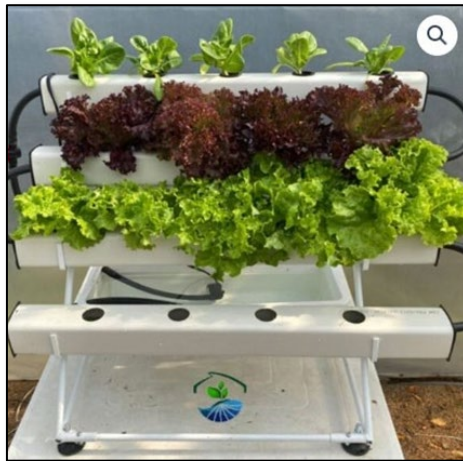
Se ha optado por un diseño tipo pirámide (*figura 4*) para que sus niveles escalonados

proporcionen una superficie de cultivo vertical para aprovechar al máximo el espacio disponible.

Los canales de cultivo estarán fabricados con PVC y tendrán una forma rectangular escalonada en zigzag, lo cuales estarán apoyados sobre caballetes con una ligera pendiente o desnivel de 0.5-1% con el objetivo de facilitar la circulación de la solución nutritiva. Cada canal contará con 10 aberturas de 2.5" de diámetro, donde se ubicarán las plantas en canastillas especiales que incorporarán un medio de sostén.

La mezcla nutritiva se recolecta y almacena en un tanque con un volumen total de 20 litros, a través de la bomba facilitando la circulación por todo cultivo.

Ilustración 4. Cultivo tipo pirámide.



Tomado de [6]

### 3 MONITOREO EN LA AGRICULTURA HIDROPÓNICA

Medir de manera regular las variables que se encuentran dentro del cultivo es ideal para un crecimiento saludable y una producción exitosa ya que ellas son indicadores de la salud y el equilibrio del sistema. Las variables más utilizadas son [5]:

- **pH del agua:** El pH sirve para determinar el grado de acidez o alcalinidad de una solución. En un sistema hidropónico, mantener un pH adecuado es crucial, ya que influye en la absorción y disponibilidad de nutrientes para las plantas. El rango óptimo de pH es específico, pero generalmente se encuentra entre 5.5 y 6.5.
- **PH del sustrato:** Si se utiliza un sustrato en lugar de solución nutritiva líquida, es importante medir el pH del sustrato para garantizar que sea adecuado para las raíces de las plantas.
- **EC (Conductividad Eléctrica):** La EC sirve para medir la cantidad de sales diluidas en el agua y es esencial para la fuerza de la solución nutritiva. Teniendo en cuenta el crecimiento de la planta, se requieren diferentes niveles de concentración para prevenir deficiencias o toxicidad.
- **Temperatura del Agua y del Ambiente:** Tanto la temperatura del agua de la solución nutritiva o la temperatura del ambiente pueden influir en el desarrollo adecuado de la planta. El agua demasiado fría puede ralentizar el crecimiento de las raíces, mientras que el agua demasiado caliente reduce la cantidad de oxígeno en la disolución. La temperatura ambiente también afecta el índice de desarrollo y crecimiento de la planta. Se debe tener en cuenta la temperatura en la mezcla nutritiva ya que ésta tiene relación con el oxígeno consumido por la planta.
- **Humedad Relativa en el Aire:** La humedad impacta la transpiración de las plantas y su capacidad para absorber agua y nutrientes. Un ambiente demasiado húmedo puede favorecer el crecimiento de enfermedades y hongos, mientras que una humedad insuficiente puede causar estrés hídrico. Una humedad relativa del aire moderada, generalmente en el rango del 50% al 70%, es beneficiosa para las plantas.

- **Niveles de Oxígeno Disuelto (DO):** Las raíces de las plantas necesitan oxígeno para respirar. Monitorear los niveles de oxígeno en la mezcla nutritiva es esencial para prevenir la asfixia de la raíz y garantizar un nivel de oxígeno adecuado. El rango ideal de oxígeno disuelto en una solución nutritiva puede variar según el tipo de cultivo y las condiciones específicas del sistema, pero generalmente se encuentra en el rango de 5 a 10 (ppm) o (mg/L)
- **Concentración de CO2 (Dióxido de Carbono):** La concentración de CO2 en el aire también afecta la fotosíntesis de la planta. En entornos interiores, asegurar un suministro adecuado de CO2 puede mejorar el crecimiento y la eficiencia fotosintética.
- **Conductividad de Agua de Drenaje:** Medir la EC del agua de drenaje que sale del sistema hidropónico puede proporcionar información sobre cómo las plantas están absorbiendo nutrientes y cómo se está manteniendo el equilibrio en la solución nutritiva.
- **Luminosidad y Fotoperiodo (En Cultivos con Luz Artificial):** Si se utiliza una iluminación artificial, el monitorear la intensidad lumínica y la duración del fotoperiodo es esencial para simular condiciones de luz natural y promover la fotosíntesis eficiente.
- **Ciclo de nutrientes y reemplazo de agua:** Registrar el volumen y la frecuencia de reemplazo de la mezcla nutritiva es importante para mantener un equilibrio adecuado de nutrientes y evitar la acumulación de sales y contaminantes en el agua.
- **Crecimiento de las plantas:** El monitoreo constante de la altura, producción de flores y frutos, y tamaño de las hojas es importante para evaluar la salud y el éxito del cultivo.

## 4 SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

Los sistemas de monitorización se componen de diversas tecnologías y componentes que trabajan en conjunto para recopilar, almacenar y visualizar datos de forma efectiva. Estos sistemas suelen incluir plataformas de visualización, que permiten a los usuarios ver y analizar los datos recopilados de manera intuitiva y eficiente. Además, cuentan con una base de datos de series temporales, que es fundamental para almacenar grandes volúmenes de datos temporales y realizar consultas eficientes sobre ellos. Los protocolos de comunicación son otro componente esencial, ya que facilitan las comunicaciones entre los dispositivos de monitorización y los sistemas de procesamiento de datos, asegurando una transferencia de datos fiable y segura. Estos sistemas se diseñan cuidadosamente para proporcionar información valiosa y en tiempo real sobre diversos aspectos del entorno que se está monitorizando, lo que permite tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia operativa.

### 4.1 PLATAFORMAS DE VISUALIZACIÓN

Las plataformas de visualización se basan fundamentalmente en la gestión efectiva de datos de monitoreo en la agricultura hidropónica debido a que facilitan la comprensión de datos, la detección de anomalías, ayudan en las decisiones que se toman, entre otras razones. Aquí se exploran algunas de estas herramientas [7]:

#### 4.1.1 GRAFANA

Es una plataforma de código ampliamente usada para el análisis de datos y visualización en tiempo real. Algunos de los beneficios incluyen: [8]

- **Visualización flexible de datos:** Permitiendo crear paneles de control altamente personalizables que muestran datos en forma de mapas, gráficos, tablas y otros tipos de visualizaciones. Los clientes pueden ajustar su apariencia y la disposición de los módulos según sus necesidades.
- **Integración con diferentes fuentes de datos:** Siendo compatible con fuentes de datos, incluyendo bases como SQL (Structured Query Language), NoSQL (No

Structured Query Language), series temporales (como InfluxDB o Prometheus), sistemas de monitoreo (como Zabbix o Nagios), servicios en nube y muchas otras fuentes. Esto permite centralizar y visualizar datos de múltiples sistemas en un solo lugar.

- **Soporte para alertas y notificaciones:** Permite configurar reglas y alertas basadas en umbrales de datos. Los usuarios pueden recibir notificaciones por correo electrónico, Slack, Telegram y otros canales cuando se detecten condiciones específicas o problemas en los datos o sistemas.

#### 4.1.2 THINGSPEAK

Es una plataforma de IoT que facilita el almacenamiento, recopilación y análisis de sensores y equipos conectados a internet. Está diseñada para aplicaciones de monitoreo y es especialmente útil para sistemas hidropónicos automatizados. Los datos se pueden representar mediante gráficos personalizables y se pueden compartir con otros usuarios.

Algunos de sus beneficios clave incluyen:

- **Fácil conectividad IoT:** Proporcionando una interfaz y una API que permite a los desarrolladores y usuarios conectarse rápidamente a dispositivos y sensores a Internet.
- **Almacenamiento y visualización:** Almacena datos de sensores en tiempo real, permitiendo al usuario acceder a registros históricos y realizar análisis. Además, ofrece herramientas de observación que permiten crear tablas, gráficos y widgets personalizados.
- **Automatización de acciones:** Permite definir acciones y reglas basadas en datos recopilados lo que lo hace adecuado para aplicaciones de automatización del hogar y la industria.

#### 4.1.3 OPENPLC WEB HMI:

Esta plataforma combina visualización y control, lo que significa que no sólo se puede monitorear, sino también interactuar con tu sistema para realizar ajustes en tiempo real.

Permite convertir hardware de propósito general en un PLC, que es utilizado en la industria automatizada y control de procesos. Algunos de los beneficios incluyen:

- **Acceso basado en web:** Al ser una aplicación basada en web, se puede acceder desde cualquier dispositivo con un navegador web, lo que facilita el control remoto y la supervisión de procesos y sistemas.
- **Interfaz gráfica de usuario y personalización:** Ofrece una interfaz gráfica intuitiva que permite crear paneles personalizados según las necesidades del usuario.
- **Visualización en tiempo real y control interactivo:** Proporciona una visualización en tiempo real de los sensores y las salidas del PLC.

Esto es valioso para supervisar y comprender el estado actual del sistema. Permite a los usuarios realizar acciones de control directamente desde la interfaz web.

- **Escalabilidad:** Se puede adaptar para funcionar en sistemas pequeños y grandes, lo que lo hace óptimo para varias aplicaciones, desde proyectos de bricolaje hasta aplicaciones industriales.

#### 4.1.4 UBIDOTS

Es una plataforma versátil que simplifica el desarrollo de proyectos de IoT y proporciona herramientas poderosas en la recopilación, almacenamiento, visualización y análisis. Se usa en una amplia gama de aplicaciones, desde monitoreo ambiental y agricultura de precisión hasta seguimiento de activos y gestión de edificios inteligentes. Algunos de sus beneficios incluyen:

- **Fácil conectividad IoT:** Ubidots suministra una interfaz y una API que simplifican la conexión de equipos y sensores a Internet.
- **Almacenamiento y visualización de datos:** La plataforma almacena datos de sensores en tiempo real, permitiendo al usuario acceder a registros históricos y realizar análisis retrospectivos. Además, ofrece una gama de herramientas de observación que permiten crear tablas, gráficos y paneles de control personalizados.

- **Automatización de acciones:** Permite definir acciones y reglas basadas en datos recopilados lo que hace posible configurar alertas por mensajes o correo electrónico cuando se detecten condiciones específicas o problemas en los datos.
- **Integración con servicios y hardware IoT:** La plataforma es armoniosa con una gama de servicios y hardware IoT populares, lo que facilita la integración con soluciones existentes y la expansión de capacidades.

#### 4.1.5 MICROSOFT POWER BI

Es una plataforma de análisis empresarial, puede ser útil en la agricultura hidropónica.

Permite la observación de datos a través de gráficos y tablas interactivas y puede integrarse con otras herramientas de Microsoft. Algunos de sus beneficios clave incluyen:

- **Conectividad de datos:** Permite enlazarse a una amplia gama de fuentes de datos, incluyendo bases, hojas de cálculo, computación en la nube, servicios web y más. Esto mejora la integración de los datos desde diversos medios en un solo lugar.
- **Transformación y modelado:** Incluye herramientas de transformación de datos que permiten limpiar, dar forma y modelar datos según el análisis. Esto es fundamental para preparar los datos para su análisis.
- **Observación de datos:** Ofrece opciones de observación, como tablas, gráficos, mapas y más. Estas visualizaciones son altamente personalizables y representan efectivamente los datos para contar una historia visual.
- **Informes interactivos:** Los informes de Power BI son interactivos, lo que significa que el cliente puede explorar, realizar filtros y un análisis ad hoc y así obtener información detallada.
- **Paneles de control (dashboards):** Permite crear paneles personalizados agregando múltiples visualizaciones e informes en un solo lugar. Siendo útil obteniendo una vista general rápida del rendimiento y la salud de una organización.
- **Cumplimiento y seguridad:** Ofrece características avanzadas de seguridad,

incluyendo autenticación de usuarios, cifrado y cumplimiento de normativas, garantizando la confidencialidad de los datos.

- **Escalabilidad:** Puede manejar usuarios concurrentes y volúmenes de datos.

Las plataformas enunciadas tienen en común su enfoque el análisis y la gestión de datos, comparten características como la conexión de fuentes de datos, la observación y análisis de los mismos, automatización de acciones, interfaz de usuario, escalabilidad e integración con otras herramientas.

La integración de estas plataformas de visualización con los sistemas de monitoreo se puede realizar mediante diversas técnicas que dependen de las capacidades y requisitos del sistema. Se pueden integrar por:

- Conexión de datos directa, que implica configurar a los sistemas de monitoreo para que exporten datos a través de protocolos estándar como HTTP, MQTT o API REST y luego configurar las plataformas para que se conecten a las fuentes de datos.
- APIs y servicios web que permiten extraer datos del sistema y enviarlos a las plataformas de análisis.
- Posibilidad de exportar datos a formatos estándar como CSV o JSON o servicios de nube y almacenamiento compartido como Google Cloud Storage, Amazon S3 o Azure Blob Storage.

## **4.2 BASES DE DATOS DE SERIES TEMPORALES**

Para la agricultura hidropónica y en otras aplicaciones donde se requiere almacenar y consultar datos que varían con el tiempo y están registrados en intervalos regulares, se recurre a series temporales en donde las más utilizadas son [9]:

### **4.2.1 INFLUXDB**

Diseñada para manejar grandes volúmenes de datos. Es popular en aplicaciones IoT y agrícolas, ya que permite almacenar, consultar y visualizar datos temporales con eficiencia.

Algunas de sus características clave son la interfaz HTTP y API REST, lenguaje de consulta InfluxQL que permite filtrar datos y detectar patrones, integración con otras herramientas, retención de datos basado en políticas y el modelo de datos; en el que los registros se almacenan con una marca de tiempo y un grupo de etiquetas y campos que contienen los valores medidos [10].

#### **4.2.2 TIMESCALEDB**

Basada en PostgreSQL y optimizada para operar con datos temporales a gran escala. Es flexible y permite consultas complejas en datos temporales, siendo adecuado para aplicaciones agrícolas detalladas. Además del lenguaje de consulta SQL, modelo de datos de series temporales, funciones para agregar y analizar datos, retención de datos automáticas, entre otras.

#### **4.2.3 OPENTSDB**

Distribuida y escalable usada en sistemas que generan grandes cantidades de datos temporales a gran velocidad. Es una elección popular en aplicaciones de monitoreo y gestión agrícola. Dentro de sus características también se encuentran que proporciona una interfaz HTTP y API RESTfull que permite integrarse con otras aplicaciones, política de retención de datos, indizaciones de datos, entre otras.

#### **4.2.4 AMAZON TIMESTREAM**

Utilizado en el monitoreo de sistemas y aplicaciones como la gestión de datos IoT y análisis de registros de eventos. Por su escalabilidad y rendimiento es usado en proyectos que requieren base de datos de series temporales gestionada en la nube.

#### **4.2.5 PROMETHEUS**

Aunque se diseñó originalmente para supervisar sistemas informáticos y aplicaciones, Prometheus es ampliamente utilizado en la agricultura hidropónica debido a que maneja datos temporales y proporciona alertas en tiempo real, se utiliza ampliamente en entornos de

administración de sistemas y aplicaciones para realizar un seguimiento y análisis en tiempo real del rendimiento y la salud de los sistemas. Las métricas se almacenan en series temporales con etiquetas y valores que permiten la indexación y agregación eficiente.

#### **4.2.6 APACHE CASSANDRA**

A pesar de no estar diseñada exclusivamente para series temporales, Cassandra se utiliza a menudo en aplicaciones agrícolas que necesitan almacenar y consultar datos temporales a gran escala debido a su escalabilidad, tolerancia a fallos. Está diseñada para manejar datos distribuidos en centros de datos y múltiples servidores, los cuales se almacenan en columnas y filas.

#### **4.2.7 GRAFANA LOKI**

Plataforma de registro de código abierto que, aunque se centra en el almacenamiento y búsqueda de registros, es usado almacenando datos temporales. Junto con Grafana, es una solución popular para observación de datos y análisis en tiempo real, útil en entornos de monitoreo y resolución de problemas donde se necesite acceder a registros para investigar problemas o anomalías.

#### **4.2.8 AMAZON WEB SERVICES (AWS)**

Plataforma de soluciones en línea desarrollada por Amazon.com. AWS ofrece una amplia variedad de servicios que abarcan desde computación y almacenamiento hasta redes, análisis, bases de datos, inteligencia artificial, Internet de las cosas, aprendizaje automático, seguridad, entre otros. Estos recursos facilitan a las compañías y a los desarrolladores la ejecución de aplicaciones y el almacenamiento de datos de manera eficaz, evitando la necesidad de adquirir infraestructura física.

Cada plataforma tiene sus fortalezas y debilidades, por lo que es importante seleccionar la base de datos que mejor se ajuste a la necesidad

de la aplicación hidropónica, considerando la escalabilidad, las consultas que se necesitan realizar y las herramientas de visualización requeridas.

### 4.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA LA BASE DATOS

Dentro de los protocolos de comunicación comúnmente utilizados en las plataformas se encuentran:

- **HTTP/HTTPS (Hypertext Transfer Protocol/Secure):** Muchos servicios de AWS admiten la comunicación a través de los protocolos HTTP y HTTPS para la transferencia de datos de la web. Por ejemplo, las API de servicios web suelen ser accesibles a través de solicitudes HTTP/HTTPS.
- **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):** AWS El servicio de IoT de AWS, conocido como AWS IoT Core, emplea el protocolo MQTT para facilitar la comunicación entre dispositivos conectados y la plataforma en la nube. MQTT es un protocolo de mensajería eficiente diseñado específicamente para ambientes con restricciones de energía y ancho de banda.
- **LINE PROTOCOL:** InfluxDB utiliza el Line Protocol para la escritura eficiente en la base de datos. Este protocolo especifica un formato de línea simple para la inserción masiva de datos.
- **TELEGRAF INPUT PLUGINS:** Telegraf diseñada para recopilar, procesar y enviar métricas y eventos a InfluxDB u otros sistemas de almacenamiento de series temporales. Telegraf permite una gama de protocolos de entrada, como HTTP, MQTT, SNMP, y más.
- **UDP (USER DATAGRAM PROTOCOL):** InfluxDB admite la ingestión de datos a través del protocolo UDP para escrituras rápidas y eficientes. Sin embargo, ten en cuenta que no se garantiza el orden y la entrega de paquetes, por lo que puede haber pérdida de datos en entornos de red problemáticos.
- **KAFKA:** InfluxDB puede conectarse a Apache Kafka para la ingestión de datos. Esto es útil en entornos donde Kafka se utiliza como un sistema de mensajería para transmitir datos entre diferentes componentes de la arquitectura.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 INSTRUMENTACIÓN

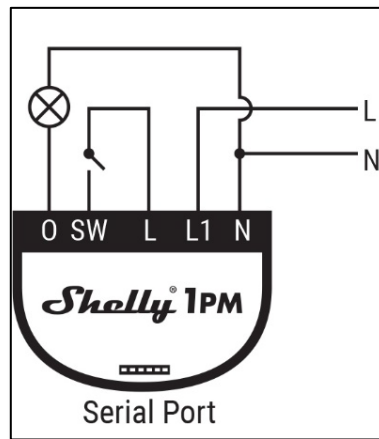
Para la ejecución del proyecto, se decidió integrar varios componentes que garantizarán un monitoreo preciso y completo. Entre los dispositivos seleccionados se encuentra el relé inteligente **Shelly1PM**, un dispositivo altamente versátil diseñado para medir y así poder saber el gasto de energía de los dispositivos conectados en tiempo real. Además, permite encender, apagar o programar dispositivos eléctricos de forma remota a través de la app móvil o mediante comandos de voz. Utiliza protocolos estándar como HTTP, MQTT y CoAP para la comunicación con otros dispositivos y plataformas, lo que garantiza su compatibilidad con una amplia variedad de sistemas de hogar inteligente, como Home Assistant. Por otra parte, su API abierta facilita la integración con sistemas de terceros y la creación de aplicaciones personalizadas, ofreciendo una solución versátil y adaptable a las necesidades individuales de cada usuario.

Este dispositivo cuenta con un solo canal y una corriente máxima de 16A. Su diseño permite un funcionamiento confiable en una amplia gama de condiciones, con una temperatura de funcionamiento que va desde -40 a 40 °C. Además, el Shelly consume menos de 1 W de energía, lo que lo convierte en una opción eficiente. Con protocolos Wi-Fi y de radiofrecuencia compatibles, este dispositivo ofrece una conectividad confiable tanto en interiores como en exteriores, con una distancia de transmisión de hasta 50 m en interiores y 30 m en exteriores [11]. Se presenta a continuación una breve explicación de cómo conectar cada puerto:

- **Línea de corriente (L):** Se usa para conectar la línea de corriente de la fuente de alimentación eléctrica. Se conecta al cable de alimentación de la fuente de energía que suministra energía al dispositivo que se desea controlar.
- **Línea de carga (Q):** Se usa para conectar el dispositivo que se desea controlar.
- **Neutro (N):** Se usa para conectar el cable neutro de la fuente de alimentación eléctrica. Se conecta al cable neutro de la red eléctrica.
- **Conexión a tierra (PE):** Se usa para conectar el cable de la fuente de alimentación eléctrica. Se conecta al cable de tierra de la red eléctrica.
- **Entrada analógica (IN):** Se usa para conectar equipos externos, como sensores de

temperatura, sensores de movimiento u otros dispositivos de entrada. Puede usarse para activar el relé en función de la entrada recibida desde estos dispositivos.

Ilustración 5. Diagrama puertos relé Shelly 1PM



Tomado de [11]

Adicionalmente, se ha optado por la inclusión de sensores **Tuya** que permiten el monitoreo remoto a través de la aplicación móvil Tuya Smart al estar conectados a la red Wi-Fi del hogar. Son compatibles con varias plataformas de hogar inteligente, como Amazon Alexa, Google Assistant y Home Assistant, lo que facilita su integración con otros dispositivos inteligentes. Los sensores Tuya pueden enviar notificaciones y alertas a dispositivos móviles cuando se detecta una actividad específica, y los usuarios pueden programar acciones automatizadas para adaptarse a sus necesidades individuales. La instalación y configuración de los sensores Tuya es sencilla siendo accesible al usuario [12].

Específicamente se empleará un **higrómetro** y utilizará midiendo la humedad relativa del aire en el entorno. Funciona mediante sensores capacitivos o resistivos que detectan cambios en la cantidad de vapor de H<sub>2</sub>O en el aire. Estos sensores están diseñados para

absorber o perder agua según la humedad circundante. Cuando la humedad del aire aumenta, los sensores absorben más agua y su resistencia eléctrica disminuye en el caso de sensores resistivos, o su capacidad dieléctrica cambia en el caso de sensores capacitivos. Esto permite al higrómetro detectar el aumento de la humedad. Por el contrario, cuando la humedad disminuye, los sensores pierden agua y su resistencia eléctrica aumenta o su capacidad dieléctrica cambia en función del tipo de sensor. Basándose en estos cambios, el higrómetro puede calcular y mostrar la cantidad de vapor de agua presente en el aire generalmente en forma de porcentaje.

También se hará uso **medidor multiparámetros** PH/EC/TDS/temperatura, un dispositivo de medición avanzado, calibrable, diseñado para proporcionar información precisa sobre varios parámetros fundamentales en entornos que requieren un control estricto de la calidad del agua y otros líquidos. Este medidor está equipado con electrodos para medir los niveles de alcalinidad y acidez de un líquido, expresado en términos de pH; la conductividad eléctrica, expresada en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) o ( $\text{mS}/\text{cm}$ ); TDS, que representa la cantidad total de sólidos disueltos en agua, expresada en partes por millón (ppm); y la temperatura del agua, expresada en grados Celsius.

Para determinar el pH, el medidor emplea un electrodo de vidrio que produce un voltaje en proporción a la cantidad de iones de hidrógeno presentes en el fluido. Este voltaje se traduce en un valor de pH, que señala si el líquido es ácido o alcalino.

En cuanto a la medición de la conductividad eléctrica (EC), el dispositivo usa un par de electrodos diseñados para evaluar la capacidad que tiene el agua para conducir corriente. Esta capacidad está directamente relacionada con la concentración de sales diluidas en agua, lo que permite determinar la EC del líquido.

La medición de los sólidos totales disueltos (TDS) se realiza a partir de la EC del agua, ya que los sólidos diluidos en el líquido contribuyen a su capacidad de conducir electricidad. El medidor transforma la conductividad eléctrica en una lectura de TDS, que representa la cantidad total de sólidos diluidos en el agua, expresada en (ppm) o ( $\text{mg}/\text{L}$ ). Finalmente, el medidor mide la temperatura del agua utilizando un sensor de

temperatura integrado.

Ilustración 6. Diagrama puertos medidor multiparámetros



Tomado de [13]

Se presenta a continuación una breve explicación de cómo conectar cada puerto:

- **Electrodo de pH:** Este puerto se utiliza para conectar el electrodo de pH del medidor. Se sumerge en el líquido que se desea medir y genera una señal eléctrica proporcional al pH del líquido.
- **Electrodo de conductividad (EC):** Este puerto se utiliza para conectar el electrodo de conductividad del medidor. Se sumerge en el líquido y mide la conductividad eléctrica del mismo.
- **Electrodo de TDS:** Algunos medidores multiparámetros tienen un puerto específico para conectar el electrodo de TDS.
- **Sensor de temperatura:** Se usa para conectar el sensor de temperatura del medidor. El sensor generalmente se encuentra en la sonda del electrodo o en una sonda separada.
- **Fuente de alimentación:** Este puerto se utiliza para conectar la fuente de alimentación del medidor.

Así mismo, se empleará el controlador de proceso HANNA HI 510-0320, un dispositivo multifuncional que puede medir y controlar una variedad de parámetros, como pH, conductividad eléctrica (EC), temperatura, oxígeno disuelto (DO) y más. Para fines de este proyecto se enfocará su uso para los datos relacionados al oxígeno disuelto [14].

Por un lado, los controladores de proceso de HANNA ofrecen mediciones precisas y confiables gracias a su tecnología avanzada y sensores de alta calidad lo que garantiza una monitorización precisa de los parámetros en tiempo real. Por otro lado, la interfaz de usuario del controlador de proceso HANNA es fácil de usar, lo que posibilita la configuración, calibración y operación del dispositivo. La pantalla LCD y los controles simples permiten a los usuarios navegar por las funciones y ajustes del dispositivo de manera eficiente.

Adicional a esto, ofrece opciones de conectividad, como interfaces USB o RS-232, que permiten la transferencia de datos a computadoras u otros dispositivos externos para un análisis más detallado. Además, es compatible con software de gestión de datos que posibilita el registro y análisis de los datos.

Finalmente, se cuenta con la sonda inteligente HI 7640-5805, un dispositivo de alta precisión diseñado para medir varios parámetros importantes en sistemas de agua, incluido el pH, la conductividad eléctrica (EC), la resistividad total (TDS) y la temperatura. Esta sonda es adecuada para su uso en condiciones adversas, lo que la vuelve en un método ideal para aplicaciones en campo. Esta sonda se puede integrar fácilmente en sistemas de control y monitoreo gracias a sus interfaces digitales y capacidad de comunicación con otros dispositivos y plataformas, lo que permite un monitoreo remoto y en tiempo real de los parámetros del agua [15].

Esto se complementa con el uso de la sonda óptica de oxígeno disuelto HI 764113-1 pa. Este dispositivo se acopla a la sonda óptica de oxígeno disuelto y proporciona una interfaz inteligente permitiendo una comunicación y el control remotos de la sonda.

Los sensores mencionados ofrecen mediciones precisas y simultáneas de varios parámetros ambientales, lo que proporciona una visión integral del entorno. Es crucial

destacar que la capacidad de estos dispositivos para monitorear factores cruciales como la calidad del agua, la temperatura y la humedad se considera fundamental para el éxito del proyecto. Se seleccionaron estos sensores debido a su combinación de funcionalidad avanzada y bajo costo. Además, su diseño intuitivo, durabilidad y conectividad, junto con la capacidad de integración de estos sensores con sistemas de automatización del hogar como Home Assistant, los convierten en una opción atractiva.

## 5.2 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

InfluxDB se puede instalar y ejecutar en un servidor local o en infraestructura propia, pero en este proyecto se ha decidido trabajar con **InfluxDB Cloud** como el repositorio principal para almacenar de manera eficiente los datos generados por los diversos sensores del proyecto. InfluxDB Cloud es una versión alojada en la nube de InfluxDB, proporcionada como un servicio gestionado por InfluxData, lo que significa que no hay que preocuparse por la instalación, configuración y reparación de la infraestructura, ya que InfluxData está encargada de todo eso en su plataforma en la nube.

InfluxDB Cloud puede ofrecer características adicionales y servicios integrados que pueden no estar disponibles en la versión local de InfluxDB, estos pueden incluir herramientas de gestión avanzadas, integración con otros servicios en la nube, mayor escalabilidad, disponibilidad, y soporte técnico especializado. Añadido a esto, proporciona una interfaz de usuario fácil de usar y herramientas de administración que simplifican la configuración, gestión y supervisión de bases de datos y datos almacenados. Asegura una disponibilidad óptima de los datos almacenados, incluso en situaciones de fallos o interrupciones, y ofrece sólidas medidas de seguridad, como el cifrado tanto en el reposo como en el tránsito, autenticación de usuarios y autorización basada en roles. [16].

InfluxDB Cloud es permitida con una gama de herramientas y servicios, lo que facilita la integrarse con otros sistemas y plataformas para análisis de datos, visualización y más. Además, ofrece herramientas integradas para analizar y la visualizar datos, lo que

permite al usuario realizar consultas complejas, crear gráficos y paneles personalizados, y generar informes detallados.

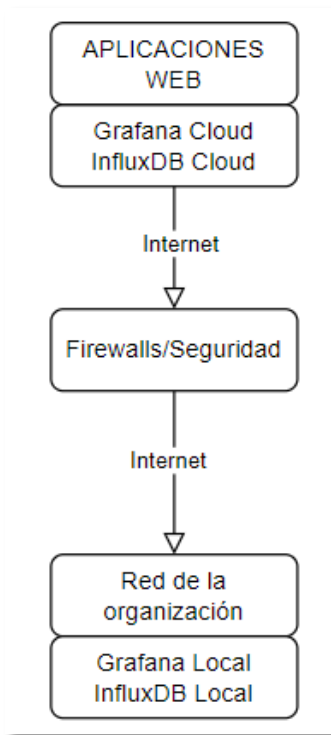
Por otro lado, **Grafana Cloud** será implementado como la interfaz de visualización para analizar y presentar los datos almacenados debido a que proporciona todas las capacidades de observación y análisis de datos, pero se ejecuta en la infraestructura de la nube de Grafana Labs. Además, Grafana Cloud ofrece integraciones adicionales y servicios complementarios, como Loki para la exploración de registros y Prometheus para la recopilación de métricas, lo que permite la creación de soluciones integrales en la nube [17].

Esta interfaz destaca en su flexibilidad y creación de paneles personalizados, gráficos interactivos y cuadros de mando intuitivos. Esto permitirá acceder a información clave de manera rápida y eficiente, facilitando tomar decisiones informadas basadas en datos visuales claros y comprensibles.

La integración de las versiones en la nube de InfluxDB y Grafana ofrecen una serie de ventajas significativas. En primer lugar, las versiones en la nube eliminan la necesidad de preocuparse por la configuración y mantenimiento de la infraestructura, así que los equipos de desarrollo y operaciones pueden centrarse en tareas más estratégicas y de valor agregado, en lugar de dedicar tiempo y recursos a la gestión de servidores y sistemas.

Asimismo, las versiones en la nube suelen ofrecer una mayor flexibilidad y escalabilidad comparado con las implementaciones locales. Permitiendo adaptarse fácilmente a cambios sin la necesidad de realizar modificaciones en la infraestructura existente. Otra ventaja importante es el acceso a características y servicios adicionales proporcionados por las plataformas en la nube, las versiones en la nube suelen ofrecer actualizaciones automáticas y mantenimiento continuo, garantiza que el usuario siempre esté utilizando la versión actualizada y segura del software, sin tener que preocuparse por la instalación manual de parches o actualizaciones.

Ilustración 7. Diagrama de Respaldo de Infraestructura Cloud y Local



Fuente elaboración propia.

Este diagrama ilustra cómo las versiones en la nube y las versiones locales de las interfaces están interconectadas y respaldadas entre sí garantizando el servicio y la disponibilidad de los datos en diferentes escenarios. Las aplicaciones web, como Grafana Cloud y InfluxDB Cloud, están alojadas en la nube y se accede a ellas a través de Internet. Estas instancias locales pueden proporcionar redundancia y garantizar la disposición de los datos y las aplicaciones en caso de pérdida de conectividad con la nube o para el acceso interno a la red de la organización.

La seguridad en forma de firewalls y otras medidas de protección se implementa entre la red de la organización y el Internet protegiendo los datos y la privacidad de la red interna.

### 5.3 INTEGRACIÓN DE SENSORES EN LA NUBE: TUYA API Y PYTHON

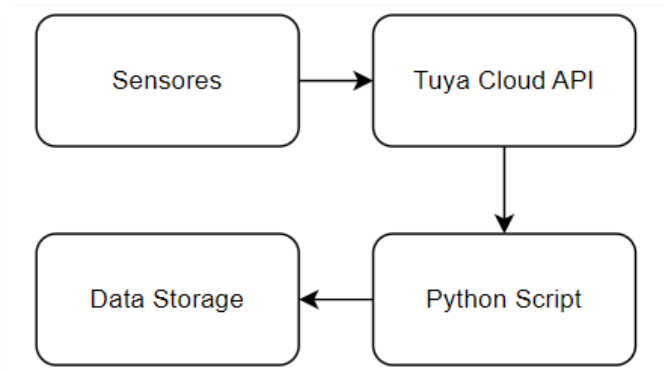
Para controlar los dispositivos Tuya se deben conectar a la plataforma Tuya IoT para conectar el hardware a la nube y luego usar su API para controlar y monitorear estos objetos.

Como primera instancia, es importante resaltar que Tuya tiene un marco de desarrollo SaaS basado en Tuya OpenAPI, permite crear aplicaciones y servicios personalizados que se integran con el ecosistema de Tuya. Este marco proporciona herramientas y recursos para desarrollar soluciones de software como servicio (SaaS) que aprovechan las capacidades de la plataforma Tuya para la automatización del hogar y otros dispositivos conectados. Con Tuya OpenAPI, los desarrolladores pueden crear fácilmente aplicaciones personalizadas, gestionar dispositivos inteligentes y acceder a datos de dispositivos. [18]

SaaS influye tanto en el *frontend* como en el *backend* de una aplicación. En el *frontend*, determina la arquitectura de la interfaz de usuario y proporciona herramientas y bibliotecas para crear una experiencia de usuario fluida e interactiva. Esto incluye la gestión de la navegación, la presentación de datos y la interacción con el usuario a través de elementos como formularios, botones y menús.

En el *backend*, el marco de desarrollo SaaS de Tuya permite una integración fluida con la infraestructura de Tuya Cloud lo que posibilita la transferencia de datos entre la aplicación y los dispositivos inteligentes conectados, así como el almacenamiento y procesamiento eficiente de información en la nube. Igualmente proporciona componentes para manejar la autenticación de usuarios, la gestión de sesiones, el acceso a los datos, la lógica de la aplicación y la gestión de la comunicación con otros servicios y sistemas externos, como APIs de terceros o servicios.

Ilustración 8. Integración de Sensores en la Nube: Tuya API y Python.



Fuente elaboración propia.

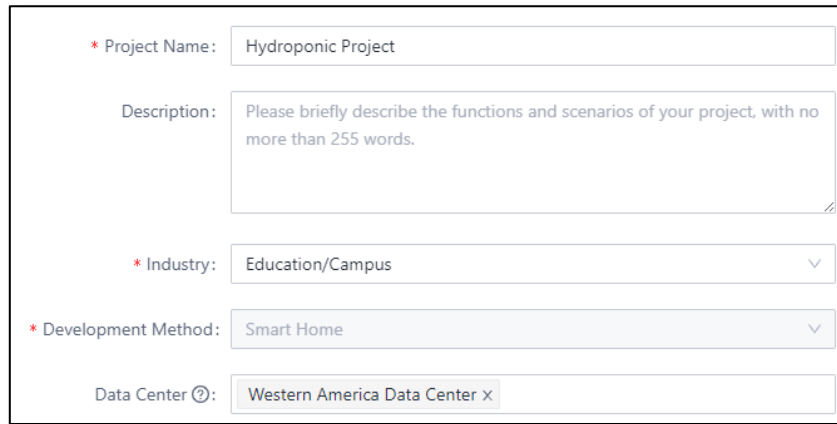
Este diagrama representa una forma básica de integrar sensores en la nube utilizando la API de Tuya y Python en el que los dispositivos, como sensores conectados, envían datos a la nube de Tuya a través de la API de Tuya Cloud. De ahí, un script de Python se ejecuta en un entorno local o en la nube, este utiliza la API de Tuya para solicitar datos de los dispositivos conectados y los recibe como respuesta.

Los datos obtenidos se almacenan en un almacenamiento de datos, suele ser una base local, una base de datos en la nube o cualquier otro sistema de almacenamiento.

**5.3.1 Acceder a la plataforma Tuya IoT como desarrollador.** Al crear una cuenta en la plataforma Tuya IoT como desarrollador se tendrá acceso a una serie de herramientas y recursos que pueden incluir flexibilidad, documentación detallada, SDKs, APIs y otros recursos para ayudar a integrar dispositivos inteligentes y desarrollar aplicaciones que se conecten con la plataforma Tuya IoT, acceso a soporte técnico y asistencia para resolver cualquier problema o pregunta y gestión de todos los proyectos y dispositivos desde un único panel de control en la plataforma Tuya IoT.

**5.3.2 Crear proyecto de desarrollo en la nube.** Al momento de crear el proyecto en la nube, se debe asignar el nombre, industria, método de desarrollo y zona para la disponibilidad.

### Ilustración 9. Creación del proyecto Cloud



\* Project Name: Hydroponic Project

Description: Please briefly describe the functions and scenarios of your project, with no more than 255 words.

\* Industry: Education/Campus

\* Development Method: Smart Home

Data Center ⓘ: Western America Data Center x

Tomado de [19]

Acto seguido, los siguientes servicios APIs se autorizan en la página:

- **IoT Core:** Autorizar este servicio permite gestionar los dispositivos conectados y acceder a funciones clave de IoT.
- **Authorization Token Management:** Autorizar este servicio permite manejar de manera segura los tokens de autorización para los usuarios y las aplicaciones.
- **Smart Home Basic Service:** Este servicio proporciona funciones básicas para la automatización del hogar inteligente, como el control de dispositivos, la programación de escenas y la gestión de dispositivos.
- **Data Dashboard Service:** Este servicio permite crear y visualizar paneles de datos para monitorizar y analizar datos de equipos IoT.
- **Smart Home Scene Linkage:** La vinculación de escenas inteligentes es una función clave para la automatización del hogar, que permite activar acciones predefinidas en función de ciertos eventos o condiciones.
- **Device Distribution:** Este servicio facilita la distribución y el despliegue de dispositivos IoT a gran escala.

**5.3.3 Agregar dispositivos.** Los sensores que se están utilizando son físicos, por lo tanto,

se agregan con la aplicación Smart Industry.

Una vez enlazados se asignará para cada dispositivo un nombre, ID de usuario, fuente y permisos para cada uno, como se muestra a continuación. Datos que luego será necesarios para el enlace.

Tabla 1. Datos proyecto Tuya Cloud

Nombre del dispositivo	ID del dispositivo	Fuente	Permiso del dispositivo
WiFi smart online 8 in 1 tester	ebb395a4a6d2b5fd993oup	gg-116379695620245688802	Leer
Smart hygrograph	8b1813c9c4d44315lanh	gg-116379695620245688802	Leer

Tomado de [19]

### 5.3.4 Estructura de la petición API para desarrollo en la nube [20]:

**5.3.4.1 Métodos de solicitud.** Las peticiones para el desarrollo en la nube soportan los métodos GET, PUT, POST y DELETE. Ellos permiten que la solicitud del servidor retorne, actualice, ejecute o elimine los recursos especificados

**5.3.4.2 Endpoints.** Los *Endpoints* de la API de desarrollo pueden variar debido a la ubicación. Dentro de la clasificación de regiones se encuentran 6: China, Western America, Eastern America, Central Europe, Western Europe e India.

Para este proyecto corresponde Western America.

Tabla 2. Endpoint Tuya.

<b>Region</b>	<b>Endpoint</b>
China Data Center	<a href="https://openapi.tuyacn.com">https://openapi.tuyacn.com</a>
Western America Data Center	<a href="https://openapi.tuyaus.com">https://openapi.tuyaus.com</a>
Eastern America Data Center	<a href="https://openapi-ueaz.tuyaus.com">https://openapi-ueaz.tuyaus.com</a>
Central Europe Data Center	<a href="https://openapi.tuya.eu">https://openapi.tuya.eu</a>
Western Europe Data Center	<a href="https://openapi-weaz.tuya.eu">https://openapi-weaz.tuya.eu</a>
India Data Center	<a href="https://openapi.tuyain.com">https://openapi.tuyain.com</a>

Adaptado de "Tuya Developer Documentation" en [20]

**5.3.4.3 Solicitud parámetros de encabezado.** Los parámetros de encabezado de solicitud comunes utilizados en las solicitudes de API para el desarrollo en la nube se listan a continuación:

Tabla 3. Parámetros de encabezado para solicitudes de API

Parameter	Type	Location	Required	Description
<b>client_id</b>	String	header	Yes	The user ID.
<b>sign</b>	String	header	Yes	The signature that is generated by the specified signature algorithm.
<b>sign_method</b>	String	header	Yes	The signature digest algorithm. Set the value to HMAC-SHA256.
<b>t</b>	Long	header	Yes	The 13-digit standard timestamp.
<b>lang</b>	String	header	No	The type of language. Set the value to zh for a service that is deployed in mainland China and set the value to en for a service that is deployed outside mainland China.
<b>access_token</b>	String	header	Yes	The information about the specified token. <i>Note: This parameter is not required when you make API requests to get or refresh tokens.</i>
<b>once</b>	String	header	No	The universally unique identifier (UUID) automatically generated when an API request is made. <i>Note: This parameter is not required when you use a legacy signature solution.</i>
<b>Signature-Headers</b>	String	header	No	The header field of the signature customized by you. <i>Note: This parameter is not required when you use a legacy signature solution.</i>

Adaptado de "Tuya Developer Documentation" en [20]

**5.3.5 Instalación de los paquetes Tuya Python.** Desde la terminal se selecciona en dónde se instalarán los paquetes de Python necesarios y se ejecuta el siguiente comando.

```
pip3 install tuya-iot-py-sdk
```

**5.3.6 Conectar a Tuya API Cloud desde Python.** Se crea un código que permita la interacción con la plataforma Tuya para controlar y obtener información sobre dispositivos inteligentes integrados con esta plataforma.

```

From tuya_iot import TuyaOpenAPI

# Cloud project authorization info
ACCESS_ID = 'your-access-id'
ACCESS_KEY = 'your-access-key'

# Endpoint
ENDPOINT = " https://openapi.tuyaus.com"

# Project configuration
USERNAME = 'your-username'
PASSWORD = 'your-password'
DEVICE_ID = 'your-device-id'

# Initialization of tuya openapi
openapi = TuyaOpenAPI(ENDPOINT, ACCESS_ID, ACCESS_KEY)
openapi.connect(USERNAME, PASSWORD)

```

- ACCESS\_ID, ACCESS\_KEY son las credenciales de autorización del proyecto en la nube de Tuya.
- ENDPOINT es la dirección URL que corresponde a la región Western America Data Center.
- USERNAME y PASSWORD son las credenciales para el inicio de sesión en la plataforma Tuya.
- DEVICE\_ID es el identificador único del dispositivo inteligente.

Se inicializa un objeto TuyaOpenAPI utilizando el Endpoint, el ID de acceso y la clave de acceso proporcionados. Después, se establece la conexión a la API. Una vez que se establezca la conexión, se puede recuperar información de ellos, utilizando métodos proporcionados por la biblioteca `tuya_iot`.

```
{
  "result": {
    "access token": "*****",
    "expire time": 7200,
    "refresh token": "*****",
    "uid": "*****",
    "success": True,
    "t": 1633865560478
  }
}
```

Si la conexión se ejecuta correctamente se debe visualizar algo similar a lo enunciado anteriormente, en donde se da un token, su tiempo de expiración y se indica el éxito como verdadero.

**5.3.7 Control del dispositivo.** Las descripciones de las solicitudes que se pueden realizar a través de la API de Tuya en su versión 1.0 se listan a continuación:

- **GET /v1.0/functions/{category}**: Obtiene el conjunto de instrucciones por categoría.
- **GET /v1.0/devices/{device\_id}/functions**: Obtiene el conjunto de instrucciones por dispositivo.
- **GET /v1.0/devices/{device\_id}/specifications**: Obtiene las especificaciones y propiedades del dispositivo (incluyendo el conjunto de instrucciones y el conjunto de estados).
- **POST /v1.0/devices/{device\_id}/commands**: Envía instrucciones al dispositivo.
- **GET /v1.0/devices/{device\_id}/status**: Obtiene el estado más reciente del dispositivo.

Estas solicitudes permiten interactuar con dispositivos inteligentes conectados a la plataforma Tuya, como enviar instrucciones de control, obtener información sobre las especificaciones y el estado del dispositivo, y recibir actualizaciones sobre el estado

actual del dispositivo [21].

Para el proyecto se desea obtener los datos de los sensores que ya están enlazados, así que la solicitud que se debe utilizar es **GET /v1.0/devices/{device\_id}/status**. Esta solicitud va a permitir obtener el estado más reciente del dispositivo, incluyendo los datos actuales de los sensores que están asociados al dispositivo específico identificado por {device\_id}.

Los parámetros que pueden estar presentes en la respuesta de una solicitud API son los siguientes [21]:

1. **code:** Este parámetro es de tipo entero y representa el código de error devuelto en la respuesta. Si la solicitud se procesó correctamente, este código puede ser 0 o un valor específico que indique el tipo de éxito de la solicitud. Por otro lado, si ocurrió un error, el código puede indicar el tipo que se produjo.
2. **success:** Este parámetro es de tipo booleano y determina si la solicitud se ejecutó correctamente o no. Si su valor es `true`, significa que la solicitud se completó con éxito. Si su valor es `false`, indica que la solicitud falló.
3. **msg:** Este parámetro es de tipo string y proporciona un mensaje descriptivo que explica el motivo del fallo si la solicitud no se realizó correctamente. En caso de que la solicitud se haya completado con éxito, este parámetro puede devolver `null` o estar ausente en la respuesta.
4. **result:** Este parámetro es de tipo booleano y, al igual que el parámetro `success`, también puede indicar si la solicitud se ejecutó correctamente o no. Sin embargo, la presencia de este parámetro puede depender del contexto específico de la API y puede no estar presente en todas las respuestas.

**5.3.7.1 SDK.** El código que se muestra a continuación es un ejemplo de cómo utilizar la biblioteca TuyaClient para obtener el estado de un dispositivo en la región de Estados Unidos.

```
TuyaClient client = new TuyaClient(clientId, secret, RegionEnum.US);
List<Status> deviceStatus= client.getDeviceStatus(DEV_ID);
System.out.println("Get device status: ");
System.out.println(JSONObject.toJSONString(deviceStatus));
```

- **TuyaClient client = new TuyaClient(clientId, secret, RegionEnum.US);:** Se establece una instancia de clase TuyaClient con el identificador del cliente (clientId), la clave secreta (secret) y la región (en este caso, Estados Unidos).
- **List<Status> deviceStatus= client.getDeviceStatus(DEV\_ID);:** Se llama al método getDeviceStatus() del objeto client para obtener el estado del dispositivo con el identificador DEV\_ID. El resultado se almacena en una lista de objetos Status.
- **System.out.println("Get device status: ");:** Se imprime un mensaje indicando que se está obteniendo el estado del dispositivo.
- **System.out.println(JSONObject.toJSONString(deviceStatus));:** Se convierte la lista de objetos Status en formato JSON utilizando la clase JSONObject de la biblioteca JSON.simple y se imprime en la consola. Esto proporciona una representación legible del estado del dispositivo.

**5.3.7.2 Respuesta.** Este es un ejemplo de respuesta de una solicitud a la API de Tuya que proporciona información sobre los rangos de valores admitidos para diferentes parámetros, como temperatura y porcentaje.

```
{
  "success": true,
  "t": 1545447665981,
  "result": [
    {
      "unit": "C",
      "min": -200,
      "max": 800,
      "scale": 1,
      "step": 1
    },
    {
      "unit": "%",
      "min": 0,
      "max": 100,
      "scale": 0,
      "step": 1
    }
  ]
}
```

- **success:** Un booleano que indica si la solicitud fue exitosa (true) o no (false).
- **t:** Una marca de tiempo que indica cuándo se generó la respuesta.
- **result:** Una matriz que contiene objetos que describen los rangos admitidos para diferentes parámetros.
- **unit:** La unidad de medida del parámetro (por ejemplo, "C" para Celsius y "%" para porcentaje).
- **min:** El valor mínimo admitido para el parámetro.
- **max:** El valor máximo admitido para el parámetro.
- **scale:** La escala del parámetro (por ejemplo, 1 para decimales y 0 para números enteros).
- **step:** El incremento mínimo entre los valores admitidos para el parámetro.

## 5.4 PROTOTIPO

Ilustración 10. Implementación del prototipo hidropónico



Fuente elaboración propia.

Ilustración 11. Implementación del prototipo hidropónico



Fuente elaboración propia.

En la anterior figura se logran apreciar los sensores ya instalados. El sensor que se ubica en la parte superior es el sensor medidor multiparámetros PH/EC/TDS/temperatura. Desde su

posición se logran ver los valores en pantalla que va midiendo a través de sus electrodos, que a su vez están distribuidos en los orificios del cultivo. A su lado, se encuentra el higrómetro. Se han ubicado juntos para poder visualizar los datos en simultáneo.

En la parte inferior, de izquierda a derecha, se ubica el tanque almacenamiento y recolección de la mezcla nutritiva. Dentro de este se encuentra una bomba de agua encargada de facilitar la circulación a lo largo de los canales. Dicha bomba es controlada por el relé Shelly1PM que regula su encendido, apagado y la potencia de descarga. Este sistema de recolección y circulación asegura un suministro constante y controlado de nutrientes, proporcionando las condiciones para el correcto crecimiento en el entorno hidropónico.

El próximo instrumento que se observa es el controlador de oxígeno. Este está midiendo los valores directamente del cultivo por medio de la sonda inteligente HI 7640-5805.

La instrumentación seleccionada se ha integrado con éxito en el sistema, permitiendo la adquisición de datos. La instalación física y configuración de los sensores y dispositivos necesarios han establecido los cimientos para la recopilación precisa de la información.

Para optimizar el aprovechamiento del espacio disponible, se implementaron dos niveles escalonados, proporcionando una superficie de cultivo vertical. Esta disposición no solo maximiza la eficiencia del espacio, sino que también facilita la gestión y monitorización individualizada de cada nivel.

## **5.5 SERVIDOR LOCAL Y EN LA NUBE**

Los servidores, tanto locales como en la web, son infraestructuras de computación utilizadas para almacenar, procesar y distribuir datos y servicios en redes de computadoras.

**5.5.1 Servidores locales.** Los servidores locales se encuentran físicamente en las instalaciones de una organización o empresa, lo que les otorga un control total sobre ellos y la capacidad de personalizar la infraestructura de acuerdo con sus necesidades específicas. Al estar en las zonas de la empresa, los servidores locales pueden

proporcionar tiempos de respuesta más rápidos y una menor latencia en comparación con los servidores en la nube.

La seguridad en los servidores locales se podrá gestionar internamente, permitiendo a las compañías implementar medidas de seguridad personalizadas para proteger sus datos. Sin embargo, los servidores locales requieren una significativa inversión en software y hardware, así como continuos costos de mantenimiento, como actualizaciones de software y reparaciones.

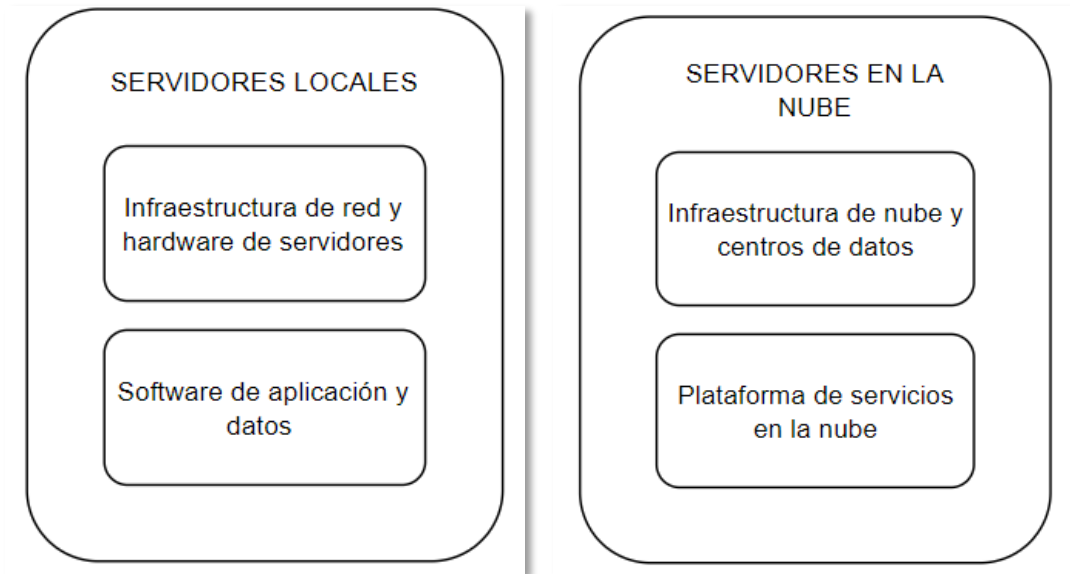
**5.5.2 Servidores en la nube.** Los servidores en la nube residen en instalaciones de centros de datos a distancia, gestionados por proveedores de servicios. Estos servicios proporcionan una escalabilidad prácticamente infinita, permitiendo a las organizaciones ajustar sus recursos informáticos según lo requieran, sin la necesidad de adquirir hardware adicional. [22].

Configurar y desplegar servidores en la nube es rápido y sencillo en comparación con la configuración de servidores locales, lo que permite poner en marcha nuevos servicios y aplicaciones más rápidamente.

Los servicios en la nube suelen tener un sistema de precios basado en el uso, significa que se paga por los recursos informáticos que consumen, siendo más rentable que teniendo servidores locales.

En adición a lo anterior, los proveedores de soluciones en la nube implementan medidas de seguridad robustas protegiendo los datos de sus clientes, aunque la responsabilidad de la seguridad aún recae en la empresa en algunos casos.

Ilustración 12. Funcionamiento servidores locales y en la nube



Fuente elaboración propia.

En este diagrama, se muestra que los servidores locales consisten en una infraestructura de red y hardware dedicada, así como software de aplicación y datos almacenados localmente. Por otro lado, los servidores en la nube se basan en una infraestructura de nube y centros de datos remotos proporcionados por proveedores de soluciones en la nube, junto con una plataforma de soluciones en la nube que incluye cómputo, almacenamiento y otros servicios.

Cada tipo de servidor tiene su propia configuración y gestión, así como ventajas y desventajas en términos de escalabilidad, seguridad, costo y facilidad de implementación.

## **5.6 PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA**

Se implementará Home Assistant como plataforma central para la integración y gestión de todos los sensores seleccionados.

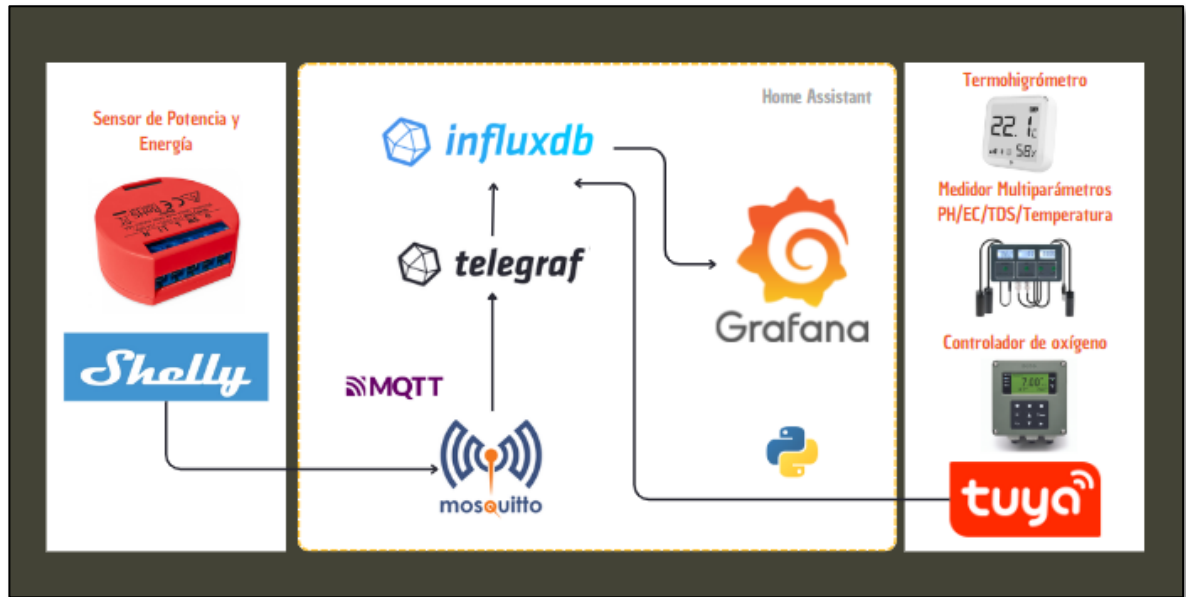
En primer lugar, Home Assistant se destaca por su flexibilidad y capacidad para funcionar con una variedad extensa de dispositivos incluyendo los sensores Shelly1PM y los sensores Tuya. Esta interoperabilidad garantiza una integración de todos los componentes

del sistema, permitiendo la creación del entorno de monitoreo coherente y completo. Además, la capacidad del Home Assistant al momento de gestionar múltiples protocolos de comunicación y su flexibilidad en cuanto a la conectividad aseguran una adaptación sencilla a los diferentes requisitos de cada sensor.

La plataforma facilita la configuración y automatización de reglas, permitiendo la creación de escenarios específicos de monitoreo y respuesta a eventos predefinidos. Su interfaz de usuario intuitiva ofrece un acceso conveniente y centralizado a la información recopilada por los sensores. Esto no solo simplifica la supervisión continua. Otro aspecto crucial es la capacidad de proporcionar notificaciones y alertas personalizadas asegurando que el personal a cargo pueda recibir información crítica de manera oportuna, lo que es esencial para abordar cualquier situación que pueda surgir.

Dentro del servidor que se ha habilitado para el Home Assistant, el adaptador de la red se ha conectado utilizando adaptador puente, lo que permitirá que el sistema anfitrión comparta la interfaz de red usada por defecto con la máquina virtual. Es como si hubiese dos dispositivos conectados a la misma tarjeta de red y se asignen dos IPs distintas, una para el anfitrión y otra a la máquina virtual.

Ilustración 13. Integración del sistema de monitorización



Fuente elaboración propia.

En la figura anterior se ilustra la integración de varios componentes del sistema de monitoreo. A continuación, se explica a detalle:

En línea discontinua se representa el servidor (HA) que actúa como el esquema operativo central en el cual ejecutan todas las herramientas y servicios del sistema. Proporciona una plataforma sólida y confiable para alojar y administrar aplicaciones y servicios relacionados con la agricultura hidropónica. El servidor puede ser local o mediante servicios de computación en la nube.

La conexión entre Home Assistant y Shelly comienza con los sensores de Potencia y Energía, estableciéndose a través del protocolo MQTT. Este protocolo facilita la transmisión eficiente de datos y comandos, proporcionando una comunicación en tiempo real y sin problemas.

Shelly utiliza MQTT para publicar mensajes relacionados con su estado, eventos o cambios en temas específicos. Home Assistant, suscrito a estos temas, recibe y procesa estos mensajes para mantenerse actualizado con el estado del dispositivo. La inclusión de Mosquitto como broker MQTT añade una capa de organización, mejorando la

comunicación en la red. En la configuración, Home Assistant se conecta a Mosquitto como el broker MQTT, y Shelly se configura para la transmisión de mensajes a través de Mosquitto.

Telegraf desempeña el papel de agente recolector de datos, recopilando información de varios nodos en la red para luego enviar estos datos a InfluxDB. La información recopilada se guarda en la base de datos utilizando el protocolo HTTPS, asegurando la seguridad durante la transmisión de datos hacia el servidor.

La conexión entre Tuya e InfluxDB con la ayuda de Python se puede realizar utilizando la API de Tuya y las bibliotecas de Python correspondientes.

Primero, se autentica con la API de Tuya utilizando las credenciales de desarrollador. Una vez autenticado, se puede usar la API de Tuya para obtener los datos de los dispositivos conectados, lo que incluye las lecturas de los sensores como temperatura, humedad, estado de encendido/apagado, entre otros.

Utilizando las bibliotecas de Python para InfluxDB, se puede hacer conexión con la base de datos. Esto te permite enviar los obtenidos en los dispositivos Tuya y almacenarlos en la base de datos para así poder analizar y observar.

Una vez establecida la conexión, se cargan los datos procesados en InfluxDB. Esto implica enviar los datos en el formato adecuado y utilizando la API de InfluxDB para insertarlos en el almacén de datos.

Con los datos guardados en InfluxDB, se usa Grafana para visualizarlos y analizarlos. Grafana puede conectarse directamente a InfluxDB para visualizar tus datos de forma efectiva.

En la ilustración también se muestra la integración del sistema de monitorización con Tuya, Home Assistant, InfluxDB y Grafana. La conexión entre Tuya y Home Assistant se establece a través de la plataforma Tuya Cloud, que permite la transferencia eficiente de datos entre estos dos sistemas. Tuya Cloud actúa como un servicio intermedio, facilitando la comunicación y sin inconvenientes entre los dispositivos y la plataforma de

automatización del hogar. Luego, los datos recopilados por Tuya se envían a InfluxDB utilizando el protocolo HTTPS.

En ambos casos la visualización de datos se lleva a cabo mediante Grafana, que se conecta al almacén de datos para recuperar y representar gráficamente la información almacenada. La comunicación entre Grafana e InfluxDB comúnmente se establece mediante los protocolos HTTP o HTTPS.

## 5.7 INTEGRACIÓN DE DATOS EN EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

### 5.7.1 Información del servidor local

Inicialmente, Home Assistant adoptará la dirección IP asignada por el router mediante el (DHCP).

<b>IPv4 addresses for enp0s3:</b>	192.168.1.7/24
<b>IPv6 addresses for enp0s3:</b>	fe80::8767:36b9:e2d3:3a5/64
<b>OS Version:</b>	Home Assistant OS 11.5
<b>Home Assistant Core:</b>	2024.2
<b>Home Assistant URL:</b>	<a href="http://homeassistant.local:8123">http://homeassistant.local:8123</a>
<b>Observer URL:</b>	<a href="http://homeassistant.local:4357">http://homeassistant.local:4357</a>

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el tiempo de alquiler de esta dirección puede cambiar periódicamente. Esta fluctuación podría resultar en la incapacidad de los dispositivos dependientes para localizar a Home Assistant en distintos momentos.

Para abordar esta cuestión, se considerará la asignación de una dirección IP estática a Home Assistant. Esta selección deberá realizarse con cuidado, tomando en cuenta el rango gestionado por el router. La elección de una dirección IP estática garantiza la estabilidad de la conexión y facilita la localización consistente de Home Assistant por parte de los dispositivos dependientes, sin importar cualquier cambio en el tiempo de alquiler DHCP.

Una vez completa la configuración del servidor, se deben añadir los complementos correspondientes y además se procede a crear el almacén de datos, en donde los datos recopilados por los diferentes sensores se transmitirán y guardaran.

Para habilitar la integración de InfluxDB con Home Assistant, se debe acceder a la configuración de Home Assistant. Este archivo, comúnmente denominado *configuration.yaml*, actúa como el corazón de la configuración, permite la personalización y extensión del sistema.

#### **/homeassistant/configuration.yaml**

```
influxdb:  
  
  host: 192.168.1.200  
  port: 8086  
  database: homeassistant  
  username: homeassistant  
  password: xxxxxxxxxxxxxxxxx  
  max_retries: 3  
  default_measurement: state
```

Este código es una configuración de la conexión entre Home Assistant e InfluxDB, define cómo deben comunicarse entre sí para recuperar y almacenar datos relacionados con el estado de los dispositivos o entidades del sistema.

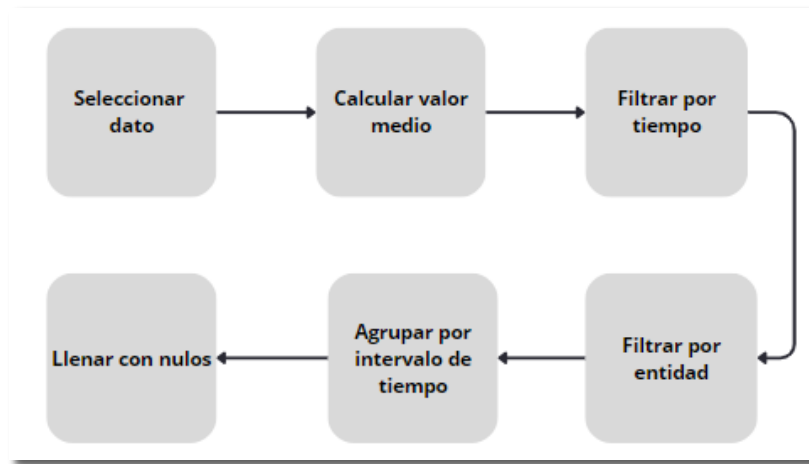
Explorando cada aspecto de este código y desglosando su funcionalidad para comprender mejor su papel en la integración:

- **influxdb:** Indica que se está configurando la integración con InfluxDB.
- **host:** Es la dirección IP del servidor InfluxDB al que Home Assistant se conectará.
- **port:** Es el puerto en el que InfluxDB está escuchando para las conexiones entrantes. El valor típico es 8086.
- **database:** Nombre del almacén de datos en InfluxDB donde se almacenarán los datos. En este caso, se utiliza "homeassistant".

- **username y password:** Credenciales de autenticación para acceder a InfluxDB. En este ejemplo, el usuario es "homeassistant" y la contraseña está representada de la siguiente manera "xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx".
- **max\_retries:** Indica el número máximo de intentos que Home Assistant realizará para conectarse a InfluxDB en caso de fallos de conexión.
- **default\_measurement:** Especifica la medida predeterminada que se utilizará para almacenar datos en InfluxDB. En este caso, se ha establecido en "state", pero esto puede variar según la configuración específica.

Para extraer información necesaria del almacén de datos, se utilizan consultas que permiten seleccionar y examinar datos relevantes.

Ilustración 14. Diagrama de Flujo de Proceso para Consulta InfluxDB



Fuente elaboración propia.

El diagrama de flujo ilustra de manera visual los pasos clave en la obtención de datos desde la fuente InfluxDB hasta la presentación del resultado. Inicia conectándose al almacén de datos, seguida de una consulta específica que incluye operaciones como selección de datos, cálculo del valor medio, aplicación de filtros temporales y de entidad, agrupación por intervalo de tiempo y, finalmente, el llenado con nulos para asegurar una presentación coherente.

A continuación, ejemplos de las consultas a en InfluxDB, que ilustran cómo recuperar datos de una serie temporal específica dentro de un intervalo de tiempo determinado:

### 5.7.2 Tuya Cloud – Home Assistant

```
SELECT mean("value") AS "mean_value" FROM "homeassistant"."autogen"."°F"  
WHERE time > :dashboardTime: AND time < :upperDashboardTime: AND  
"entity_id"='smart_hygrograph_temperature' GROUP BY time(:interval:) FILL(null)
```



Ilustración 15. Consulta Temperatura InfluxDB

```
SELECT mean("value") AS "mean_value" FROM "homeassistant"."autogen"."°%"  
WHERE time > :dashboardTime: AND time < :upperDashboardTime: AND  
"domain"='sensor' AND "entity_id"='smart_hygrograph_humidity' GROUP BY  
time(:interval:) FILL(null)
```

Tomado de la plataforma desarrollada.

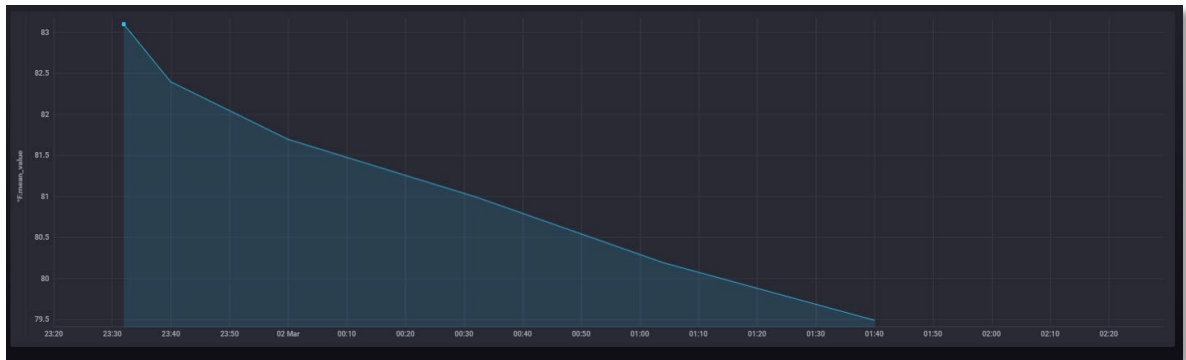


Ilustración 16. Consulta Humedad InfluxDB

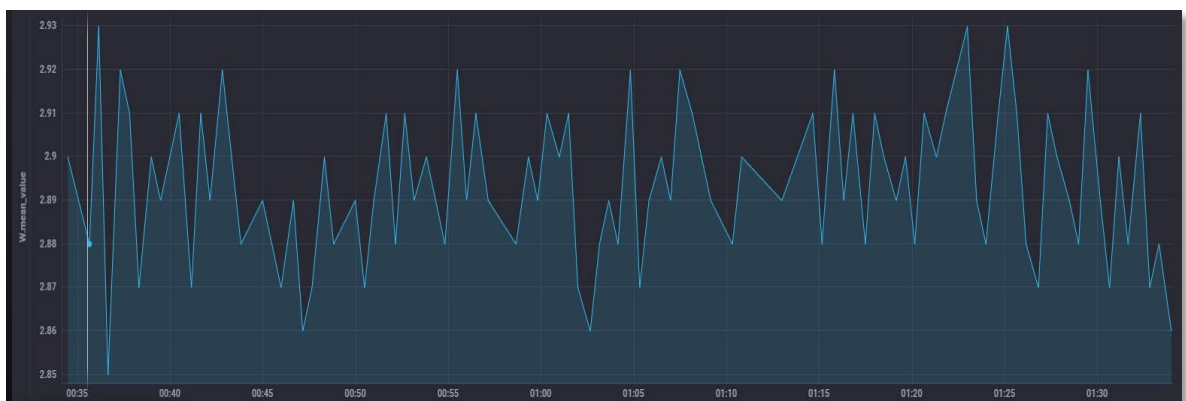
Tomado de la plataforma desarrollada.

Las figuras 15 y 16 ofrecen una representación visual de las consultas de los valores de humedad y temperatura a lo largo del tiempo, extraídos desde Tuya Cloud. Esto permite detectar las fluctuaciones diarias, como picos durante el día y descensos durante la noche.

### 5.7.3 Shelly – Home Assistant

```
SELECT mean("value") AS "mean_value" FROM "homeassistant"."autogen"."W" WHERE
time > :dashboardTime: AND time < :upperDashboardTime: AND
"entity_id"='shelly_power' GROUP BY time(:interval:) FILL(null)
```

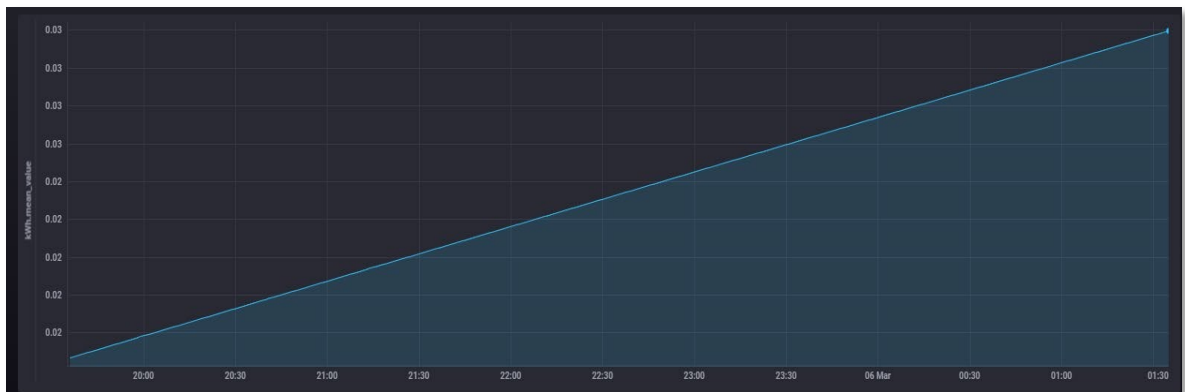
Ilustración 17. Consulta Potencia InfluxDB



Tomado de la plataforma desarrollada.

```
SELECT mean("value") AS "mean_value" FROM "homeassistant"."autogen"."kWh"  
WHERE time > :dashboardTime:AND time < :upperDashboardTime: AND  
"entity_id"='shelly_energy' GROUP BY time(:interval:) FILL(null)
```

Ilustración 18. Consulta Energía InfluxDB



Tomado de la plataforma desarrollada.

Las figuras 17 y 18 ofrecen una visualización de las consultas de los valores de potencia y energía en el sistema a lo largo del tiempo, generada a partir de datos de dispositivos Shelly integrados con Home Assistant.

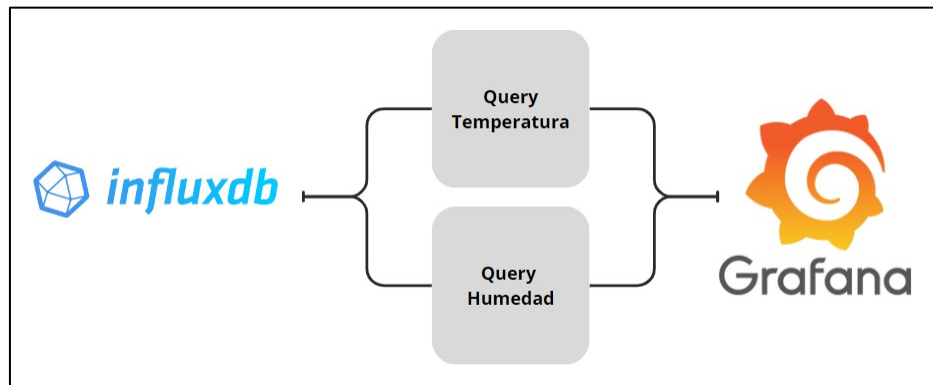
## 5.8 VISUALIZACIÓN

A medida que se vinculan los sensores con Home Assistant, se abre la puerta a un nuevo espectro de posibilidades para la monitorización y el control del entorno. Una vez que estos dispositivos están conectados, el siguiente paso es sumergirse en la plataforma para comenzar a visualizar y entender los datos que generan.

El Inspector de Consultas en Grafana proporciona a los usuarios la capacidad de examinar solicitudes y respuestas sin procesar de las consultas realizadas en sus paneles. Para recopilar estos datos, Grafana llevará a cabo una nueva consulta obteniendo la

información solicitada. Al habilitar el Inspector de Consultas, se puede interactuar entre Grafana e InfluxDB. Este proceso implica la ejecución de consultas específicas para obtener datos y respuestas detalladas.

Ilustración 19. Consultas InfluxDB y Grafana



Fuente elaboración propia.

Es importante destacar que, al utilizar el Inspector de Consultas, Grafana realizará consultas adicionales recuperando detalles sin procesar, ofreciendo así una herramienta valiosa para la depuración y la mejora de la eficiencia en la visualización de datos.

## 5.9 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS

**5.9.1 Prueba Higrómetro (Humedad - Temperatura).** Durante la fase de prueba, se llevará a cabo la visualización de datos capturados por el higrómetro.

### Query Humedad:

```
SELECT last("value") FROM "% " WHERE  
"entity_id"::tag = 'smart_hygraph_humidity'  
AND time >= 1708520054595ms and time <= 1  
708541654595ms GROUP BY time(30s) fill(nul  
l) ORDER BY time ASC
```

### Query Temperatura:

```
SELECT last("value") FROM "% " WHERE  
"entity_id"::tag = 'smart_hygrograph_temperatur  
e' AND time >= 1708520054595ms and time <=  
1708541654595ms GROUP BY time(30s) fill(n  
ull) ORDER BY time ASC
```

Esta consulta busca el último valor registrado en la serie temporal "value" para la etiqueta "entity\_id" igual a 'smart\_hygrograph\_humidity' o 'smart\_hygrograph\_temperature', dentro de un tiempo específico, agrupando los resultados en intervalos de 30 segundos y llenando los posibles vacíos con valores nulos.

En las siguientes imágenes, se presenta la visualización inicial de los sensores que han sido exitosamente vinculados con Grafana. En esta representación gráfica, los datos recopilados de los sensores, tales como temperatura y humedad, son presentados de manera clara y comprensible.

Ilustración 20. Time Series datos Humedad y temperatura



Tomado de la plataforma desarrollada.

Las gráficas muestran una relación inversamente proporcional de la temperatura y la humedad, revelando un patrón de disminución de la humedad a medida que la temperatura aumenta. A temperaturas más altas, el aire contiene mayor vapor de agua, lo que resulta en una humedad relativa más baja. Por lo tanto, al incrementar la temperatura, la capacidad del aire para retener la humedad se incrementa, lo que conduce a una disminución de la humedad relativa.

**5.9.2 Prueba Shelly (Potencia - Energía).** Durante la fase de prueba, se llevará a cabo la visualización de datos capturados por el sensor Shelly.

Para verificar el correcto funcionamiento, se llevaron a cabo pruebas con una carga conectada al sensor. A través del tablero, se logró observar las variaciones en las mediciones de energía y potencia durante un periodo de tiempo específico. Esta evaluación en tiempo real permitió

identificar de manera efectiva cómo el sistema respondía ante la carga conectada, brindando una visión detallada de las fluctuaciones en los parámetros eléctricos.

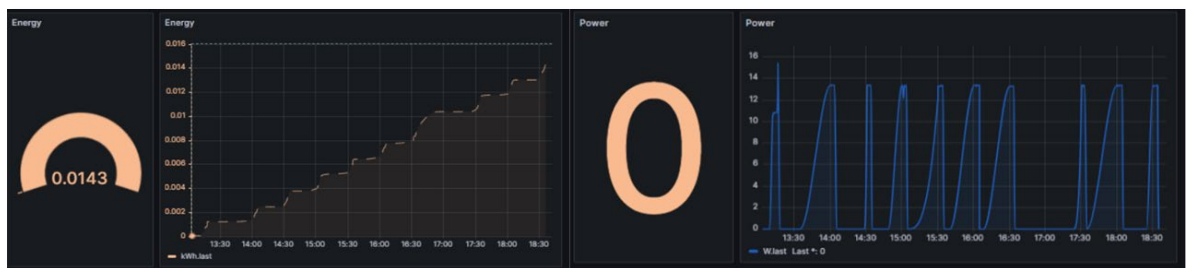
Ilustración 21. Time series Energía y Potencia – Carga



Tomado de la plataforma desarrollada.

La prueba se ejecutó al conectar una carga que consumía aproximadamente 3 W de potencia, como se puede observar en las mediciones de la *figura 23*. Además, se evidenció el incremento lineal en la energía registrada durante el período de la prueba. Estos resultados proporcionan una confirmación tangible del funcionamiento del sensor, revelando su capacidad para detectar y reflejar con precisión el gasto de energía. La visualización detallada de las mediciones en el tablero no solo valida la respuesta del sensor ante la carga conectada, sino que también ofrece una comprensión más profunda de los patrones de consumo eléctrico en tiempo real.

Ilustración 22. Time series Energía y Potencia



Tomado de la plataforma desarrollada.

En la siguiente prueba (*figura 20*), se conectó la bomba de agua, programada para encenderse y apagarse periódicamente, simulando así el sistema de riego que se utilizará en el cultivo. La observación detallada de las mediciones en el tablero permitió evaluar la capacidad del sistema para gestionar eventos programados y ajustar dinámicamente las mediciones correspondientes. Este escenario de prueba específico proporciona información valiosa sobre el rendimiento del sistema en situaciones prácticas y respalda la confiabilidad de la automatización del riego mediante la monitorización de parámetros clave.

El aumento en la medida de energía a lo largo del tiempo, como se observa en las mediciones, indica un patrón de consumo creciente durante el período de la prueba. Esto indica la activación periódica de dispositivos, como la bomba en la simulación del sistema. Cada vez que la bomba se enciende, se espera un aumento en el consumo de energía. Además, el encendido y apagado de dispositivos según un cronograma, contribuyen al aumento gradual en la medida de energía a medida que se producen.

**5.9.3 Prueba medidor multiparámetros.** Al llevar a cabo la prueba del medidor multiparámetros para un potencial de hidrógeno alcalino y uno ácido, se prepararon diferentes soluciones: usando una base fuerte (hidróxido de sodio) y agua destilada para un pH alcalino y un ácido fuerte como ácido clorhídrico y agua destilada para un pH ácido.

Ilustración 23. Pruebas pH



Tomado de la plataforma desarrollada.

El proceso de calibración es esencial antes de realizar mediciones. Se lleva a cabo utilizando soluciones de pH conocido para establecer la relación entre las lecturas del medidor y los valores reales de pH. Una vez calibrado, se sumergen las sondas del medidor en las soluciones alcalina y ácida, registrando los valores de pH una vez que las lecturas se han estabilizado.

Para evaluar la precisión, se realizan múltiples mediciones en cada solución, permitiendo así la evaluación de la consistencia y repetibilidad de los resultados. La discrepancia entre las mediciones y los valores conocidos guía la evaluación final de la confiabilidad del medidor.

**5.9.3.1 Prueba de pH ácido.** Los valores de medición en la prueba de acidez tuvieron una medida promedio de 3.4, confirmando así que el medidor utilizado proporciona resultados consistentes. Esta medida está dentro del rango de valores esperado, que era de 3 a 4, según la solución preparada.

Ilustración 24. Valores medidor multiparámetros pH ácido



Tomado de la plataforma desarrollada.

**5.9.3.1 Prueba de pH alcalino.** Los valores de medición en la prueba de alcalinidad tuvieron una medida promedio de 8.59, confirmando así que el medidor utilizado proporciona resultados consistentes. Esta medida está dentro del rango de valores esperado, que era de 8.3 a 8.6, según la solución preparada.

Ilustración 25. Valores medidor multiparámetros pH alcalino



Tomado de la plataforma desarrollada.

En el sistema de monitorización para el cultivo hidropónico, se han implementado gráficos interactivos que ofrecen una visión completa y detallada de las variables. Estos gráficos permiten seleccionar rangos de tiempo específicos, lo que facilita un análisis preciso y centrado en detalles relevantes.

Ilustración 26. Panel de monitorización implementado en Grafana (humedad, temperatura, pH, cF, TDS, energía y potencia)



Tomado de la plataforma desarrollada.

La plataforma no solo ofrece visualizaciones dinámicas, sino que también proporciona una experiencia personalizada mediante la posibilidad de desplegar un menú de opciones.

Este menú permite acceder a una tabla detallada con el registro de datos numéricos, ofreciendo así una amplia visión de la evolución de las variables a lo largo del tiempo.

La interfaz gráfica se enriquece con elementos visuales que indican el estado actual de las variables críticas. Se incluyen indicadores de alerta, como valores de pH fuera del rango óptimo, niveles ideales de TDS, valores de cF y de sanidad. La representación gráfica de las variaciones de temperatura y humedad a través de histogramas y gráficos proporciona una comprensión clara de las condiciones del entorno.

Un aspecto distintivo es la codificación de colores utilizada en los gráficos, donde el cambio de color refleja la zona de operación. En situaciones críticas, el color rojo alerta de forma inmediata, mientras que el amarillo indica condiciones de alerta. Este enfoque visual intuitivo facilita la identificación rápida de problemas o tendencias preocupantes.

Adicionalmente, los medidores incorporan información sobre el gasto de potencia y energía de la bomba, ofreciendo una perspectiva integral de la eficiencia energética del sistema. Esta combinación de gráficos interactivos, indicadores visuales y datos detallados contribuye a una plataforma de monitorización completa y fácil de usar, diseñada para optimizar el rendimiento y el control en el cultivo hidropónico.

## 6 CONCLUSIONES

La investigación en el ámbito de la monitorización de cultivos hidropónicos, habilitado para el Internet de las Cosas (IoT), ha revelado la sinergia de tecnologías clave, incluyendo InfluxDB, Grafana, Home Assistant (HA) y servicios web, que en conjunto ofrecen una solución integral y altamente eficaz. La aplicación del sistema de riego por película de nutrientes (NFT) con recirculación de la solución nutritiva, gestionado por un temporizador y una bomba reguladora, ha demostrado ser una estrategia eficiente para optimizar el uso de recursos, asegurando un flujo constante de la mezcla nutritiva a través de las raíces de las plantas.

La implementación de sensores y dispositivos IoT en un sistema agrícola no solo es fundamental para optimizar la eficiencia y la productividad, sino también para mejorar la calidad de los cultivos y reducir los costos operativos. Al monitorear de manera precisa y continua factores como la humedad, la temperatura ambiente y la calidad del agua, se pueden tomar decisiones informadas y proactivas para maximizar el rendimiento de los cultivos. Además, la automatización de tareas como el riego permite una gestión más eficiente de los recursos y una reducción del desperdicio.

La integración eficiente de sistemas de información respaldada por plataformas de visualización en línea y servicios web es fundamental para optimizar la gestión y el análisis de datos en diversas aplicaciones. Estas plataformas ofrecen herramientas para recopilar, almacenar, procesar y presentar datos de manera efectiva, lo que permite tomar decisiones informadas y rápidas en función de la información obtenida.

En el caso del uso de Grafana Cloud, se facilita el acceso a los datos en tiempo real desde cualquier ubicación. Esto permite a los usuarios monitorear y analizar el rendimiento de los sistemas y procesos de manera remota, lo que resulta especialmente útil en entornos distribuidos o en aplicaciones de monitoreo continuo. Además, la integración con servicios web proporciona una forma eficiente de compartir datos entre diferentes sistemas y aplicaciones. Los servicios web permiten la comunicación y la transferencia

de datos de manera estandarizada y segura a través de la web, lo que facilita la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos.

Es importante considerar la categoría de los dispositivos admitidos por Tuya y Home Assistant. La compatibilidad entre categorías garantiza una integración sin problemas y un rendimiento óptimo dentro de la red de automatización. Reconocer y respetar las categorías admitidas por ambas plataformas es clave para asegurar una experiencia coherente y la plena funcionalidad de los dispositivos dentro del ecosistema de automatización del hogar. Para superar la incompatibilidad, es necesario realizar un cargue indirecto. Este enfoque implica emplear estrategias y herramientas adicionales que actúan como intermediarios para facilitar la comunicación entre dispositivos o plataformas que, de manera nativa, no son compatibles. Al realizar un cargue indirecto, se establece una capa intermedia que traduce y adapta la información, permitiendo así la interacción efectiva entre los elementos no compatibles.

Este método de cargue indirecto puede implicar el uso de puentes, adaptadores o servicios de interoperabilidad que actúan como facilitadores entre las plataformas o dispositivos incompatibles. Por un lado, una alternativa común para implementar cargues indirectos es utilizar Python debido a su versatilidad y a la amplia variedad de bibliotecas y *frameworks* disponibles para facilitar la integración entre sistemas heterogéneos. Al utilizar APIs, se establece una interfaz común que posibilita la comunicación entre diferentes dispositivos o plataformas. Esta integración basada en APIs facilita la transferencia estructurada de datos, permitiendo la interconexión entre sistemas no diseñados para trabajar juntos. En el intercambio de datos entre plataformas, se emplean comúnmente dos formatos JSON y CSV.

La conexión entre Tuya e InfluxDB mediante la Tuya API y Python facilita la transmisión eficiente de datos para su almacenamiento y análisis, permitiendo una carga de datos de manera indirecta. La Tuya API proporciona una interfaz de programación que permite a las aplicaciones interactuar con los dispositivos y servicios de Tuya, mientras que Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado que ofrece herramientas y bibliotecas para la integración de sistemas. Al utilizar la Tuya API junto con Python, se

puede desarrollar un script que extraiga datos de los dispositivos Tuya y los transmita a la base de datos de InfluxDB para su almacenamiento y análisis. Esta conexión facilita una carga de datos de manera indirecta, ya que los datos recopilados por los dispositivos Tuya se envían primero a través de la Tuya API al script desarrollado en Python. Luego, este script o aplicación procesa los datos y los transmite a la base de datos de InfluxDB para su almacenamiento y análisis posteriores.

En conclusión, este proyecto no solo ha logrado los objetivos propuestos, sino que también ha mejorado futuras investigaciones y desarrollos en el área de la agricultura hidropónica. La combinación de tecnologías avanzadas y prácticas agrícolas innovadoras abre nuevas posibilidades para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y productividad en este método de cultivo

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Shrivastava, C. K. Nayak, R. Dilip, S. R. Samal, S. Rout, y S. M. Ashfaque, «Automatic robotic system design and development for vertical hydroponic farming using IoT and big data analysis», *Mater. Today Proc.*, vol. 80, pp. 3546-3553, ene. 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.294.
- [2] G. Kaur, P. Upadhyaya, y P. Chawla, «Comparative analysis of IoT-based controlled environment and uncontrolled environment plant growth monitoring system for hydroponic indoor vertical farm», *Environ. Res.*, vol. 222, p. 115313, abr. 2023, doi: 10.1016/j.envres.2023.115313.
- [3] «Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar – Generación Verde». Accedido: 14 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>
- [4] J. Beltrano y D. O. Gimenez, «CULTIVO EN HIDROPONÍA».
- [5] A. D. Juan Carlos *et al.*, «Monitoring system of environmental variables for a strawberry crop using IoT tools», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 1083-1089, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.067.
- [6] «Hidroponia Industrial». Accedido: 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://hidroponiaindustrial.com/>
- [7] M. A. Zamora-Izquierdo, J. Santa, J. A. Martínez, V. Martínez, y A. F. Skarmeta, «Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing», *Biosyst. Eng.*, vol. 177, pp. 4-17, ene. 2019, doi: 10.1016/j.biosystemseng.2018.10.014.
- [8] «Introducción de Grafana y de su uso».
- [9] V. Palande, A. Zaheer, y K. George, «Fully Automated Hydroponic System for Indoor Plant Growth», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 129, pp. 482-488, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.03.028.
- [10] «Qué es InfluxDB y primeros pasos», OpenWebinars.net. Accedido: 10 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://openwebinars.net/blog/que-es-influxdb-y-primeros-pasos/>
- [11] «Shelly Plus 1PM - All products - Shop - Shelly». Accedido: 7 de abril de 2024.

- [En línea]. Disponible en: <https://www.shelly.com/en/products/shop/shelly-plus-1-pm>
- [12] «Smart Sensor Solutions | Control smart products in a smarter way to achieve an easier and safer life | Tuya Smart». Accedido: 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tuya.com/solution/hardware/sensor>
- [13] «Medidor De Agua Profesional 8 En 1 Multiparámetro - \$ 413.565». Accedido: 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-2276264392-medidor-de-agua-profesional-8-en-1-multiparametro-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-2276264392-medidor-de-agua-profesional-8-en-1-multiparametro-_JM)
- [14] «HI 510-0320 Controlador universal de procesos | HANNA Instruments Colombia». Accedido: 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-510-0320-controlador-universal-de-procesos>
- [15] «HI 7640-5805 Sonda inteligente de proceso de oxígeno disuelto óptico - Cable 5m | HANNA Instruments Colombia». Accedido: 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-7640-5805-sonda-inteligente-de-proceso-de-oxigeno-disuelto-optico---cable-5m>
- [16] J. Pitakphongmetha, N. Boonnam, S. Wongkoon, T. Horanont, D. Somkiadcharoen, y J. Prapakornpilai, «Internet of things for planting in smart farm hydroponics style», en *2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, dic. 2016, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICSEC.2016.7859872.
- [17] R. McCollam, «Grafana Cloud», en *Getting Started with Grafana: Real-Time Dashboards for IT and Business Operations*, R. McCollam, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2022, pp. 3-17. doi: 10.1007/978-1-4842-8309-7\_1.
- [18] «SaaS Development Framework - Tuya Smart - Global IoT Development Platform». Accedido: 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://developer.tuya.com/en/saas-development-framework?\\_source=d7fa1fb282ec0e0cb6444f42d869ed1e](https://developer.tuya.com/en/saas-development-framework?_source=d7fa1fb282ec0e0cb6444f42d869ed1e)
- [19] «Tuya IoT Platform». Accedido: 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://us.iot.tuya.com/cloud/basic?id=p1699930361018cwnduk&region=AZ&toptab=related&deviceTab=all>
- [20] «Request Structure-Tuya IoT Development Platform-Tuya Developer». Accedido: 8

de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://developer.tuya.com/en/docs/iot/api-request?id=Ka4a8uuolj4t4>

[21] «Device Control-Cloud Services API Reference-Tuya Developer». Accedido: 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://developer.tuya.com/en/docs/cloud/device-control?id=K95zu01ksols7>

[22] «IBM Documentation». Accedido: 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=systems-client-server>