

# **Sistema de riego automatizado con adquisición de datos en tiempo real**

Alvaro Moreno Pastrana

Asesor

Pedro Torres Silva

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2024

## **Dedicatoria**

Está dedicado para mí que me he esforzado durante varios años para lograr hacer posible esta meta de vida donde hubo momentos de altibajos y no me di por vencido y seguí luchando por que llegara este día, a Dios por bendecirme durante este camino en la carrera y mi vida para culminar cada una de las metas, a las personas que han sido participes de este camino a mis padres Sandra Patricia Pastrana , Alvaro Moreno Puentes , por creer en mí y no dejar que me rindiera apoyándome en cada paso que iba forjando a lo largo de la carrera gracias por estar hay siempre presentes por ser ese pilar fundamental en mi vida, tanto moral como en lo económico que con gran esfuerzo hacían para que no me faltara nada, a mis hermanos por su gran apoyo, a los docentes e ingenieros de la facultad de Ingeniería Electrónica de la universidad que también hicieron parte del proceso por su dedicación , tiempo y enseñanzas por inculcar siempre el deseo de superación y por ser esa guía que forjaron las bases para el proceso que voy a iniciar como Ingeniero Electrónico.

### **Agradecimientos**

Es de gran satisfacción para mí, dar un sincero agradecimiento a la Universidad nacional abierta y a distancia, a los docentes de la facultad de Ingeniería Electrónica quienes con sus grandes conocimientos, principios y ética mostrados durante el transcurso de la carrera me guiaron por el camino del conocimiento para ser una persona útil en la sociedad.

Al Ingeniero por su colaboración durante el transcurso de la carrera, además por su asesoría en el desarrollo del proyecto.

## **Resumen**

Este proyecto abordó la necesidad de aplicar en diversos campos de la agricultura inteligente y precisión un sistema de riego automatizado escalable y compatible con software y hardware de bajo costo en el cual se recopilarán datos en tiempo real, aplicando tecnologías inteligentes como el internet de las cosas (IOT) en donde se tomaron diferentes factores externos en los cuales se ven afectados los cultivos, como lo son la calidad del suelo, temperatura y humedad ambiente, de esta manera obtener una mejor calidad en los alimentos proporcionados por los agricultores y además de minimizar el uso desmesurado de agua que también es un problema que afecta al mundo hoy día.

***Palabras clave:*** Internet de las Cosas, Automatización, Agricultura Inteligente, Cambio Climático, Monitoreo en Tiempo Real, Adquisición de Datos, Agricultura de Precisión, Sensores.

### **Abstract**

This project addressed the need to apply in various fields of intelligent and precision agriculture a scalable and compatible automated irrigation system with low cost software and hardware in which data will be collected in real time, applying intelligent technologies such as the internet of things (IoT) where different external factors were taken in which the crops are affected, such as soil quality, temperature and humidity environment, thus obtaining a better quality of food provided by farmers and also minimize the excessive use of water which is also a problem that affects the world today.

**Key words:** Internet of Things, Automation, Smart Agriculture, Climate Change, Real Time Monitoring, Data Acquisition, Precision Agriculture, Sensors.

## Tabla de Contenidos

|   |    |
|---|----|
| Introducción .....                                  | 12 |
| Planteamiento del Problema .....                    | 13 |
| Antecedentes .....                                  | 14 |
| Históricos .....                                    | 14 |
| Regionales.....                                     | 14 |
| Nacionales.....                                     | 15 |
| Justificación .....                                 | 16 |
| Objetivos .....                                     | 17 |
| Objetivo General.....                               | 17 |
| Objetivos Específicos.....                          | 17 |
| Marco Referencial.....                              | 18 |
| Marco Teórico.....                                  | 18 |
| <i>Antecedentes de Investigación</i> .....          | 18 |
| <i>Limitaciones de la Investigación</i> .....       | 19 |
| Marco Conceptual.....                               | 19 |
| <i>Definición de Términos Básicos</i> .....         | 19 |
| Red de Sensores Inalámbricos .....                  | 21 |
| <i>Sensores IoT</i> .....                           | 21 |
| <i>Procesamiento de la Información</i> .....        | 21 |
| <i>Computación al Borde</i> .....                   | 21 |
| <i>Almacenamiento en la Nube</i> .....              | 22 |
| <i>Sistema MQTT</i> .....                           | 22 |
| Marco Jurídico .....                                | 23 |
| <i>Bases Legales</i> .....                          | 23 |
| Metodología .....                                   | 26 |
| Tipo de Investigación.....                          | 26 |
| Enfoque de la Investigación.....                    | 26 |
| Fases del Proyecto.....                             | 27 |
| Desarrollo ingenieril .....                         | 28 |
| Contextualización de la Zona a Intervenir .....     | 28 |
| Especificaciones Técnicas Etapas y Componentes..... | 29 |
| <i>Arquitectura IoT</i> .....                       | 29 |
| Selección de la Tecnología .....                    | 32 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Descripción de los Componentes</i> .....                                     | 32 |
| <i>Especificaciones Técnicas de la Red de Comunicación de la Solución</i> ..... | 46 |
| <i>Especificaciones Técnicas de la Aplicación Web</i> .....                     | 47 |
| Diseño y Prototipo de Sistema de Riego Automatizado.....                        | 48 |
| <i>Montaje del Prototipo y Pruebas</i> .....                                    | 48 |
| <i>Lenguaje de Programación</i> .....   | 50 |
| <i>Aplicación Web</i> .....   | 53 |
| Análisis de resultados .....  | 56 |
| Conclusiones .....  | 60 |
| Referencias.....  | 61 |

**Lista de Tablas**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Condiciones de funcionamiento recomendada ESP32.</i> ..... | 33 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Especificaciones ESP-32.</i> .....                         | 33 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Especificaciones tecnicas DHT-22.</i> .....                | 37 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Especificaciones Bateria de litio 168650.</i> .....        | 40 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Datos NASA-Power</i> .....                                 | 57 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Datos ThingSpeak.</i> .....                                | 58 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Especificaciones VRoom-32</i> ..                           | 65 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Calificaciones Maximias Absolutas.</i> .....               | 66 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Condiciones de Funcionamiento</i> ..                       | 66 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Especificaciones Tecnicas.</i> .....                      | 67 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Arquitectura IoT</i> .....                     | 31 |
| <b>Figura 2</b> <i>Diagrama de flujo</i> .....                    | 32 |
| <b>Figura 3</b> <i>ESP-VROOM 32</i> .....                         | 33 |
| <b>Figura 4</b> <i>Sensor Humedad YL-69</i> .....                 | 35 |
| <b>Figura 5</b> <i>Comparador LM 393</i> .....                    | 36 |
| <b>Figura 6</b> <i>Sensor DHT-22</i> .....                        | 37 |
| <b>Figura 7</b> <i>Panel Solar</i> .....                          | 39 |
| <b>Figura 8</b> <i>Modulo Cargador de Baterias</i> .....          | 40 |
| <b>Figura 9</b> <i>LCD 16x2 I2C</i> .....                         | 41 |
| <b>Figura 10</b> <i>Baterias de Litio</i> .....                   | 42 |
| <b>Figura 11</b> <i>Red Local LAN</i> .....                       | 43 |
| <b>Figura 12</b> <i>Protocolo OSI</i> .....                       | 43 |
| <b>Figura 13</b> <i>Caja Plastica Circuito Electrónico</i> .....  | 44 |
| <b>Figura 14</b> <i>Soporte Panel Solar</i> .....                 | 44 |
| <b>Figura 15</b> <i>Diagrama de Bloques</i> .....                 | 45 |
| <b>Figura 16</b> <i>Comunicación Entre Nodos</i> .....            | 47 |
| <b>Figura 17</b> <i>Diseño Montaje Electrónico</i> .....          | 49 |
| <b>Figura 18</b> <i>Circuito Plano Electrónico</i> .....          | 49 |
| <b>Figura 19</b> <i>Prototipo Circuito Sistema de Riego</i> ..... | 50 |
| <b>Figura 20</b> <i>Aplicación Web</i> .....                      | 54 |
| <b>Figura 21</b> <i>Codigo diagrama de bloques</i> .....          | 55 |
| <b>Figura 22</b> <i>Prueba del Sistema</i> .....                  | 56 |

|  |    |
|--|----|
|  | 10 |
| <b>Figura 23</b> <i>Datos Climate Data</i> .....                       | 57 |
| <b>Figura 24</b> <i>Terrreno</i> .....                                 | 58 |
| <b>Figura 25</b> <i>Grafico Humedad y Temperatura ThingSpeak</i> ..... | 59 |

**Lista de Apendices**

|  |    |
|--|----|
| <b>Apendice A</b> <i>Datasheet ESP-32</i> .....                | 59 |
| <b>Apendice B</b> <i>Datasheet DHT 22</i> .....                | 62 |
| <b>Apendice C</b> <i>Datasheet modulo LM-393 – YL-69</i> ..... | 64 |

## **Introducción**

Este proyecto abordó la necesidad de aplicar en diversos campos de la agricultura inteligente y precisión un prototipo de sistema de riego automatizado escalable y compatible con software y hardware de bajo costo en el cual se recopilarán datos en tiempo real, aplicando tecnologías inteligentes como el internet de las cosas (IOT) enfocado en el control con módulo ESP32, sensores y actuadores en donde se tomaron diferentes factores externos que afectan el campo de la agricultura, como lo son la calidad del terreno, Humedad del suelo, temperatura y humedad ambiente y lograr en la producción tener una mejor calidad en los alimentos proporcionados por los agricultores, de esta manera minimizar el uso desmesurado de los recursos del agua que también es un problema que afecta al mundo hoy día.

## **Planteamiento del Problema**

El mundo hoy día está cambiando y es una realidad el cambio climático, las tecnologías están dando un giro importante en la automatización y el uso del internet de las cosas (IoT) en el desarrollo de la agricultura inteligente y de precisión, Andes Pacific Technology Access (APTA).(2020) afirma que la seguridad alimentaria es un desafío que cada vez es más difícil de superar a esto sumándole el cambio climático, la contaminación del medio ambiente, las altas temperaturas y el uso desmedido del agua están impactado directamente la producción de alimentos a nivel mundial, al implementar este sistema de riego automatizado usando energías renovables y amigables con el medio ambiente, se pueden mejorar las condiciones en lugares donde el clima es de escasa lluvia y casi todo el año y las temperaturas son muy altas generando suelos pobres en nutrientes y por ende baja calidad y productividad, asimismo que el proceso de estar regando los cultivo es tedioso, se genera un gran uso desmesurado del agua, conjuntamente que el desarrollo de este sistema de riego automatizado se puede hacer el uso controlado del agua y el monitoreo de las variables en tiempo real, así preservar este valioso recurso que es el agua, generando el menor posible desperdicio y con estas tecnologías incrementar la productividad y bajar costos de producción.

## **Antecedentes**

### **Históricos**

Dias Anchesqui, L., & Mestria, M. (2023). En su publicación académica recalcan la creciente demanda de alimentos en el mundo, y de la importancia de mejorar los sistemas de producción y sostenibilidad implementando sistemas de riego inteligentes de bajo costo en pequeñas plantaciones, utilizando Arduino, sensores y un control adecuado del uso del agua, teniendo como resultado alcanzar el objetivo de conservación y eficiencia del sistema.

### **Regionales**

Medina Rojas Ferley, Arguello Fuentes Henry, & Gómez Cristina. (2016). En su publicación resaltan las condiciones que actualmente el departamento del Huila necesita para la estratificación de los cultivos que se realiza mediante la selección del tipo de suelo, altura sobre el nivel del mar, y las características de la semilla. La existencia de otros factores relacionados con las características del No se tienen en cuenta el clima y las condiciones sociales de la zona cuenta. El uso de los patrones de estratificación en cultivos del departamento del Huila permite la planificación de áreas agrícolas y contribuye a la mejora de las condiciones económicas en algunas zonas. Usando herramientas como CRISP-DM y software WEKA contribuir al diseño de estos patrones. Una segunda fase está en proceso con el uso de imágenes espectrales, tratadas con Técnicas de muestreo compresivo para ayudar a fortalecer la agricultura de precisión en este departamento.

## **Nacionales**

Marín-García, E., Torres-Marín, J.-N., & Chaverra-Lasso, A. (2023). Este texto presenta un procedimiento para implementar un invernadero automatizado con la tecnología de agricultura de precisión, En los últimos años la exportación agrícola en Colombia ha crecido, motivando a crear nuevas alternativas tecnológicas que incrementen la demanda mundial de la producción de alimentos, los invernaderos son una opción de bajo costo que ayudan a proteger los cultivos de fenómenos naturales y plagas teniendo en cuenta los avances en la electrónica han permitido dar soluciones y mejorar procesos de automatización, el internet de las cosas, las placas de control, sensores que en el invernadero medirán la humedad, temperatura y los datos obtenidos se llevaran a un servidor de Windows y base de datos MYSQL, la implementación de este servirá como prueba en procesos inteligentes de siembra adaptados a diferentes condiciones climáticas.

## **Justificación**

Debido a que el cambio climático, la agricultura han tenido efectos mutuamente recíprocos, la contaminación que a través de los años ha hecho que muchas zonas donde se cultiva los suelos en su mayoría sean áridos y bajos en nutrientes. Hoy día las altas temperaturas han generado un golpe fuerte a las plantaciones y debido a ello mantener un riego constante de agua genera un gran desperdicio de la misma, en búsqueda de dar alternativas sustentables y amigables con el medio ambiente, este proyecto de sistema de riego automatizado beneficiara en su momento a cualquier comunidad ya sea que su utilidad sea un invernadero, granja o huertas caseras, al ser de fácil implementación y a un bajo costo. Los conocimientos adquiridos me permiten la facilidad de realizar el prototipo del sistema de riego automatizado aplicando el internet de las cosas (IoT), sensores, un aplicación web de adquisición de datos en tiempo real que permita monitorear los valores que están presentes en el entorno de los cultivos, censando variables como temperatura, humedad ambiente y la humedad del suelo, además de poder controlar el proceso del riego del agua usando un mini bomba para regular el paso controlado responsable y eficiente del cuidado del agua, además de nutrientes para el suelo que va a ser distribuida de forma que sean bien aprovechados por las plantas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de sistema de riego automatizado bajo implementación de sensores, tecnología IoT que contribuirá para llevar un control monitoreado de los índices de humedad del cultivo de plátano en la zona (vereda de Neiva) Guacirco, para mejorar la productividad.

### **Objetivos Específicos**

Identificar el problema, las causas, efectos y las necesidades que afectan a los agricultores para dar solución haciendo uso de la ingeniería electrónica.

Definir especificaciones técnicas, etapas y componentes que comprenderán el diseño del circuito electrónico, los planos del sistema y una propuesta para el algoritmo del sistema de riego automatizado.

Diseñar y planear un prototipo de sistema de riego automatizado haciendo uso de un controlador IoT que junto a una aplicación web va a permitir monitorear variables en tiempo real.

## **Marco Referencial**

### **Marco Teórico**

#### *Antecedentes de Investigación*

**A Nivel Mundial.** Gong, L., Yan, J., Chen, Y., An, J., He, L., Zheng, L., & Zou, Z. (2022). En su artículo Exploran el método de fusión de datos para realizar riego inteligente. A diferencia del sistema fuera de línea predefinido convencional, el sistema propuesto combina registros históricos, pronósticos meteorológicos y datos en tiempo real para predecir la demanda de agua adecuada para el riego futuro. Al cargar conocimiento de diferentes dominios, se espera que el modelo de fusión de datos se extienda a más escenarios de aplicaciones de IoT. La fusión de datos también se ha extendido aún más al campo de la agricultura de precisión. En 2014, Mouazen et al. presentó un enfoque de fusión de datos para la delimitación de zonas de capacidad de retención de agua para riego específico del sitio basado en múltiples sensores. presentado un sistema de riego inteligente basado en la fusión de datos. El sistema explora las técnicas LPWAN, que brindan una solución inalámbrica, de bajo consumo, bajo costo, fácil de implementar e inteligente sobre los sistemas de riego convencionales.

#### **A Nivel Nacional**

Marín-García, E., Torres-Marín, J.-N., & Chaverra-Lasso, A. (2023). Este texto presenta un procedimiento para implementar un invernadero automatizado con la tecnología de agricultura de precisión, En los últimos años la exportación agrícola en Colombia ha crecido, motivando a crear nuevas alternativas tecnológicas que incrementen la demanda mundial de la producción de

### ***Limitaciones de la Investigación***

Al llevar a cabo este proyecto y el prototipo que se desea implementar como sistema de riego podría tener limitaciones en cuanto a la calidad de los sensores y que a futuro la obtención de datos no sea la más precisa ya que son elementos de bajo costo.

**Delimitación Geográfica.** La delimitación geográfica del área de estudio donde se recogerán los datos es un corregimiento de la ciudad de Neiva , guacirco ubicado en el norte del municipio de Neiva sobre la margen izquierda del Río Magdalena. Limita al norte con el municipio de Aipe, el área de las tierras donde se realizó el estudio de aproximadamente un área de 18  $m^2$ .

### **Marco Conceptual**

#### ***Definición de Términos Básicos***

**Agricultura Inteligente.** la Andes Pacific Tecnology Access (APTA). (2020). Afirma que la agricultura inteligente o Smart farming, representa la aplicación de las tecnologías —como drones o vehículos aéreos no tripulados (UAV), Inteligencia Artificial (IA), sensores hiperespectrales, multispectrales y térmicos que recopilan y procesan información de un espectro electromagnético; sistemas de gestión predial, farmbots y farmdrones, entre otras tecnologías— para ofrecer una producción agrícola más productiva y sostenible, basada en una producción más precisa y un enfoque de uso eficiente de los recursos.

**Agricultura de Precisión.** Foladori, G. (2022). Afirma en su artículo que La agricultura de precisión (en adelante AP) es uno de los varios conjuntos de tecnologías que se desarrollaron a partir de la década de los noventa del siglo XX aplicando la microelectrónica, la óptica, el satélite, la Internet, entre otras, a sectores específicos, en este caso a la agricultura. La International Society for Precision Agriculture (ISPA, s.f.) la define así: La Agricultura de

Precisión es una estrategia de administración en la que se reúnen, procesan y analizan datos temporales, espaciales e individuales y se combinan. Con el fin de mejorar el uso eficiente los recursos, la productividad, la calidad, las ganancias y la sostenibilidad de la producción agrícola.

**Sistema de Control.** consiste en el envío de indicaciones a distancia mediante un enlace de transmisión (por ejemplo, a través de cables, radio, dirección IP..), utilizando órdenes enviadas para controlar un sistema o sistemas remotos que no están directamente conectados al lugar desde donde se envía el telecontrol. La palabra viene de dos raíces *tele* = distancia (griego), y *control* = controlar. Los sistemas que necesitan medición remota y reporte de información de interés para el diseñador del sistema o el operador deben usar la contrapartida del telecontrol, la telemetría. El telecontrol se puede llevar a cabo en tiempo real o no dependiendo de las circunstancias.

**Sistema de Sensores.** Los sensores y actuadores por sí solos generalmente no se consideran dispositivos “Smart”, pero los sensores y actuadores a menudo se conectan directa o indirectamente. Estos dispositivos generalmente transmiten información a través de protocolos inalámbricos como Bluetooth, Zigbee, wifi, celular, RFID o protocolos por cable como Ethernet. Ha habido desarrollos recientes en protocolos inalámbricos con el lanzamiento de versiones más nuevas como Wi-Fi 6, Bluetooth 5, y Thread (un protocolo similar a Zigbee basado en IPv6) que puede servir a los sistemas IoT de una manera mucho más eficiente en términos de ahorro de batería, alcance, costo y velocidad.

## **Red de Sensores Inalámbricos**

### ***Sensores IoT***

Cama Pinto, A., De la Hoz Franco, E., & Cama Pinto, D. (2012). En su artículo referente a las redes de sensores inalámbricos (WSN), afirman que en los últimos años estas redes de sensores han recibido una gran atención desde los puntos de vista académico e industrial gracias a los avances de la tecnología, en relación con los micro sensores, redes inalámbricas y el procesamiento de dispositivos embebidos. Las WSN están constituidas por sensores autónomos distribuidos espacialmente con el propósito de ser capaces de comunicarse entre sí con un mínimo de consumo de energía y entregando su colección de datos. En el contexto del Internet de las cosas (IoT) juegan un papel importante para incrementar la ubicuidad de las redes.

### ***Procesamiento de la Información***

La capa de transporte que se ocupa de la coordinación de la transferencia de datos finales y host, cuantos datos enviar a qué ritmo y donde va etc. la capa de transporte es la más conocida como el protocolo de transmisión (TCP), que se basa en el protocolo de internet (IP), comúnmente conocido como TCP/IP. (Shaw,2022). El ESP32 tiene el protocolo TCP-IP integrado, permitiendo su acceso a internet a través de un router Wifi, con el cual puede conectarse a una distancia de 3 a 5 metros en forma inalámbrica, gracias a su antena integrada al módulo.

### ***Computación al Borde***

La capa de borde se relaciona con los servicios de análisis y preprocesamiento que se encuentran en el borde de la red. Esta capa sirve como centro de integración para capas aguas abajo (capa de dispositivos). Proporciona enrutamiento y capacidades de control de dispositivos para las capas aguas arriba.

El análisis de bordes ocurre en tiempo real (o casi en tiempo real) al procesar el flujo de datos en el punto donde los datos se recopilan a medida que provienen de los sensores. Las tareas básicas de preprocesamiento, como el filtrado y la agregación de datos, se realizan en el borde, y luego los datos clave preprocesados se transfieren aguas arriba a los servicios y aplicaciones en la nube para su posterior procesamiento y análisis.

### ***Almacenamiento en la Nube***

Después de que los datos se hayan preparado, se envían aguas arriba para su posterior procesamiento, almacenamiento y uso dentro de las aplicaciones en la nube, en la capa de nube, Estos datos pueden usarse en análisis estadísticos o alimentarse a tuberías de aprendizaje automático para descubrir ideas y tomar decisiones.

Las aplicaciones en la nube que realizan el procesamiento de datos a menudo se complementan con aplicaciones móviles y aplicaciones de clientes basadas en la web que presentan los datos a los usuarios finales en una interfaz y herramientas similares al tablero para una mayor exploración y análisis a través de tableros y visualizaciones.

### ***Sistema MQTT***

Protocolo de mensajería diseñado para la comunicación ligera entre máquinas que se usa principalmente para las conexiones de poco ancho de banda con ubicaciones remotas. MQTT utiliza un patrón de publicación-suscripción y es ideal para dispositivos pequeños que requieren un uso eficiente del ancho de banda y de la batería.

MQTT se ejecuta sobre TCP/IP utilizando una topología PUSH/SUBSCRIBE. En la arquitectura MQTT, existen dos tipos de sistemas: clientes y brókeres. Un bróker es el servidor con el que se comunican los clientes: recibe comunicaciones de unos y se las envía a otros. Los

clientes no se comunican directamente entre sí, sino que se conectan con el bróker. Cada cliente puede ser un editor, un suscriptor o ambos.

MQTT es un protocolo controlado por eventos, donde no hay transmisión de datos periódica o continua. Así se mantiene el volumen de transmisión al mínimo. Un cliente sólo publica cuando hay información para enviar, y un bróker sólo envía información a los suscriptores cuando llegan nuevos datos.

## **Marco Jurídico**

### ***Bases Legales***

**Normas Nacionales.** La agencia nacional del espectro (ANE) (2022). Afirma en su documento el marco normativo que rige el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en Colombia se enmarca en la Ley 1341 de 2009 [24], modificada por la Ley 1978 de 2019 [25] y en los desarrollos reglamentarios y regulatorios de estas dos normas, las cuales para efectos del presente documento de AIN son el soporte de la temática relacionada con el espectro para atender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IoT. A continuación, se describen elementos relacionados con el régimen legal de las TIC y los mecanismos de acceso al espectro radioeléctrico.

El artículo 75 de la Constitución Política de Colombia señala que el “espectro electromagnético es un bien público inajenable (sic) e imprescriptible sujeto a la gestión y control del Estado, y garantiza la igualdad de oportunidades en el acceso a su uso en los términos que fije la ley” [26]. Por tanto, su administración está sujeta a la gestión y control del Estado, facultades que han sido desarrolladas en la Ley 1341 de 2009 y el Decreto - Ley 4169 de 2011 [27], entre otros.

Así mismo, el artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 3 de la Ley 1978 de 2019, presenta los principios orientadores para la formulación de las políticas públicas para el sector de las TIC, y lo concerniente a la regulación y fundamentos para el uso eficiente de las redes y del espectro radioeléctrico.

De otra parte, el artículo 6 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 5 de la Ley 1978 de 2019, define las TIC como “el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes”. En desarrollo del presente estudio, la mencionada definición se entenderá bajo carácter enunciativo debido a la permanente innovación disruptiva que involucra las TIC.

Consecuentemente con lo anterior, el artículo 9 de la Ley 1341 de 2009 establece que el sector de las TIC está conformado por las industrias manufactureras, comerciales y de servicios que incluyen en sus productos elementos asociados con los sistemas de información, por lo que dispone, que sus procesos productivos deben estar alineados con la función de tratamiento de la información y las comunicaciones.

Por consiguiente, atendiendo la importancia de las anteriores normas, el numeral 1 del artículo 2 de la Ley 1341 de 2009, modificado por el artículo 3 de la Ley 1978 de 2019, contempla la necesidad de involucrar a todos los sectores y niveles de la administración pública, agentes del sector de las TIC y de la sociedad en general, para priorizar el acceso y uso de las TIC en procesos de producción de bienes y servicios, entre otros.

Bajo este contexto, el artículo 3 de la Ley 1341 de 2009 señala que el acceso y uso de las TIC son parte de los pilares fundamentales que consolidan las sociedades de la información y del conocimiento, y resalta la importancia del despliegue y uso eficiente de la infraestructura y

recursos escasos, el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la protección de usuarios, la formación de talento humano en las nuevas tecnologías como eje transversal de la innovación y adopción tecnológica y de herramientas digitales en las empresas [28].

Por último, el numeral 3 del artículo 4 de la Ley 1341 de 2009 establece que el Estado podrá intervenir en el sector de las TIC con la finalidad de promover el desarrollo de contenidos y aplicaciones, la prestación de servicios que usen o tengan como fundamento las TIC y la masificación del Gobierno en Línea.

## **Metodología**

### **Tipo de Investigación**

Dado que el objetivo del estudio será dar solución a un problema haciendo uso de la ingeniería electrónica, se recurrió a un diseño experimental donde se observarán los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, se procedió a realizar una investigación de tipo explicativo va dirigido a responder causas de los eventos físicos y en qué condiciones se manifiesta las variables.

### **Enfoque de la Investigación**

El presente trabajo será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto, porque además de los datos matemático y estadísticos a recoger esta la parte objetiva y de observación que se va dar a partir del análisis de los elementos, comportamientos e información que dan los sensores adaptándola a las características y necesidades del proyecto.

El enfoque mixto utiliza la recolección y el análisis de los datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso estadístico para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández, Fernández & Baptista,2003, p,12).

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de adquisición de datos mediante los valores recopilados por los sensores, así como también se podrán apreciar los cambios y analizarlos mediante una aplicación IoT.

## **Fases del Proyecto**

### **Fase 1 Interpretar el Sentido de la Investigación**

En esta fase se identifican las necesidades que afectan una comunidad para dar una solución. inicialmente golpeadas por el cambio climático, que está afectando sus cultivos, se estudian las condiciones del terreno y se propone el modelo de un sistema automatizado que permita el riego de estas, además de evitar que se genere el uso desmesurado del agua.

### **Fase 2 Concebir el Problema**

Esto nos lleva a el problema principal, el cambio climático y las oleadas de calor que perturban el crecimiento de cualquier cultivo por ende terrenos secos.

### **Fase 3 Estructurar el Diseño Metodológico**

Seguidamente se estructura el diseño y herramientas tales como: la placa de circuito, el microcontrolador, lenguajes de programación y la implementación de sensores, actuadores, visualización gráfica, aplicaciones web y adquisición de datos en la nube, comunicación WI-FI y la alimentación del sistema.

### **Fase 4 Diseñar la Solución**

Finalizando con el diseño del prototipo la solución a implementar, un sistema de riego utilizando como base el diseño del circuito electrónico, el controlador ESP-32, alimentado a un panel solar y batería de litio conectando una serie de sensores DHT-11 humedad y temperatura ambiente, Sensor Humedad de suelo YL-69, y actuadores, mini bomba, modulo relevador un canal, led indicadores y pantalla de visualización, su conectividad WI-FI, y una aplicación web diseñada en MIT para Android.

## **Desarrollo ingenieril**

### **Contextualización de la Zona a Intervenir**

La razón para desarrollar este trabajo es porque hoy día el cambio climático y sus altas temperaturas están haciendo estragos en la agricultura y sus cultivos, la necesidad de implementar este sistema de riego automatizado tomando como base la agricultura inteligente en zonas donde las condiciones del clima son de escasa lluvia y casi todo el año las temperaturas son muy altas generando que los terrenos pierdan sus propiedades y se vuelvan improductivos y se sequen los cultivos. además de que el proceso de estar regando los cultivo es tedioso, se genera un gran uso desmesurado del agua, al implementar este prototipo de sistema de riego inteligente, se podrá controlar los desperdicios de agua y mantener monitoreado lo que ocurre alrededor de los cultivos, la contaminación del medio ambiente hace que se generen oleadas de calor demasiado altas que afectan de manera directa los cultivos, para realizar la idea y desarrollarla como proyecto tangible, cuento con los conocimientos adquiridos a través del proceso académico que se ha ido construyendo en la carrera de ingeniería electrónica teniendo como base las líneas de investigación ETR ( Electrónica, telecomunicaciones y redes) y los conocimientos que me permiten resolver y desarrollar un prototipo de bajo e implementando el sistema de riego inteligente automatizado aplicando el internet de las cosas (IoT) .

### **Variables Independientes**

- Temperatura
- Humedad ambiente
- Humedad suelo

### **Variables Dependientes**

- Estado del terreno

**Hipótesis de Factibilidad.** Para determinar la factibilidad del proyecto y obtener los resultados esperados es importante conocer los recursos con los que cuenta, este al ser un prototipo de bajo costo la disponibilidad técnica existente en cuanto a tecnología en hardware software y recursos humano son los idóneos con conocimientos sólidos y las herramientas necesarias para su desarrollo.

## **Especificaciones Técnicas Etapas y Componentes**

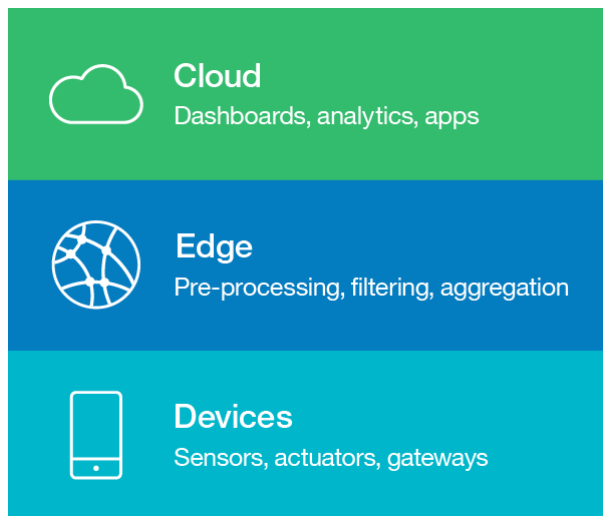
### ***Arquitectura IoT***

(*IBM Developer*, s. f.) en su artículo, (Simplify the development of your IoT solutions with IoT architectures), discute las estrategias que se pueden aplicar cuando se planifican arquitecturas IoT basadas en datos, estrategias que permiten simplificar el desarrollo, administrar la complejidad, garantizar soluciones IOT escalables, flexibles y robustas.

Una arquitectura describe la estructura de su solución IoT, incluidos los aspectos físicos (como sensores y actuadores) y los aspectos virtuales (como servicios y protocolos de comunicación).

Ha habido una tendencia en las arquitecturas de IoT para descargar el trabajo a los bordes de las redes de IoT (donde los dispositivos físicos se conectan a la nube). Esto ayuda a reducir la latencia, mejorar la privacidad y reducir los costos de ancho de banda dentro de las aplicaciones de IoT basadas en datos.

Para las aplicaciones de IoT basadas en datos que involucran análisis de borde, una arquitectura básica de tres niveles, que se muestra en la siguiente figura, captura el flujo de información desde dispositivos hasta servicios de borde, y luego a los servicios en la nube. Una arquitectura de IoT más detallada también incluiría capas verticales que atraviesan las otras capas, como la gestión de identidades, el control de acceso y la seguridad de los datos.

**Figura 1***Arquitectura IOT*

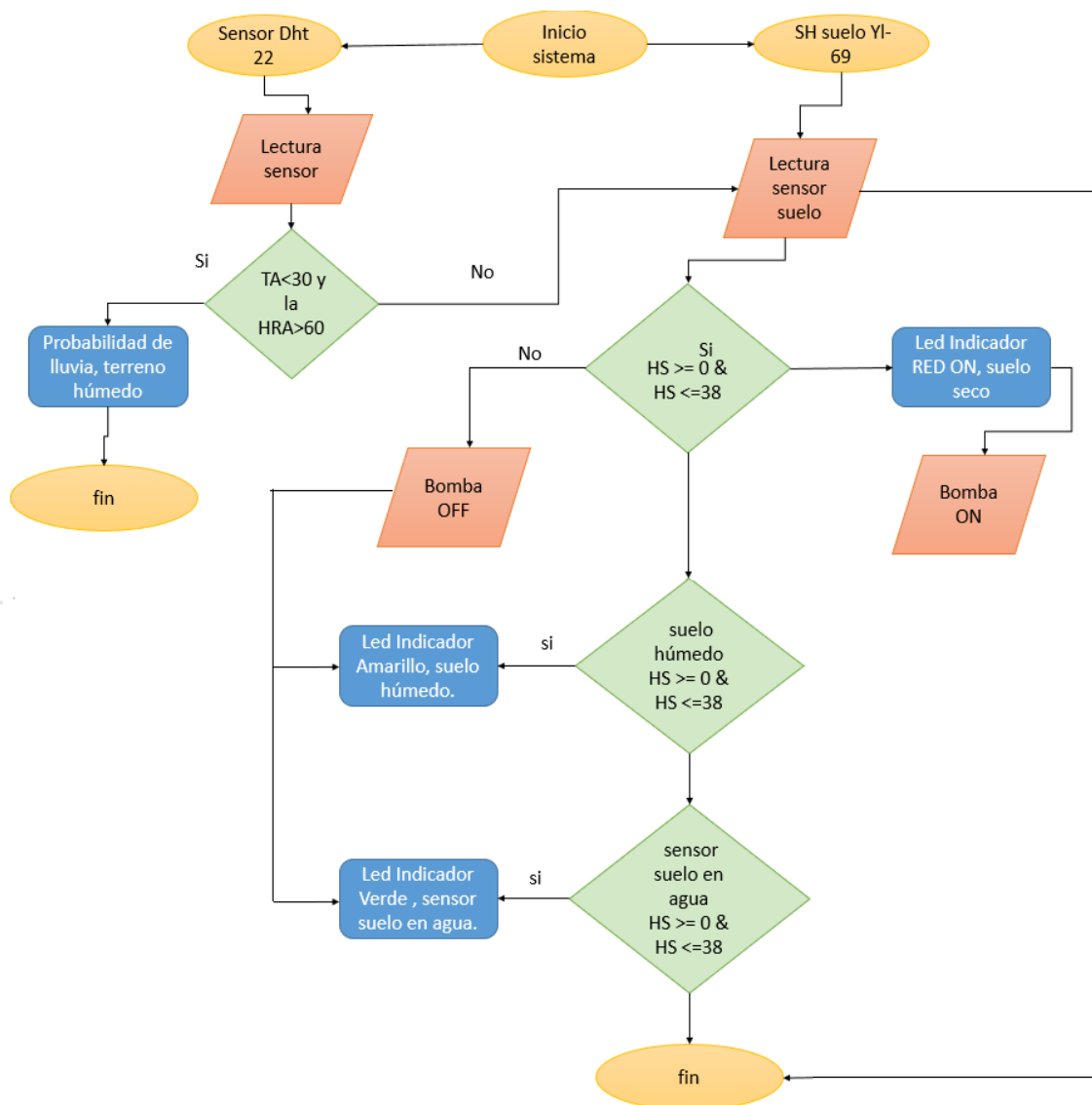
*Nota.* Arquitectura IoT. tomada de. (IBM Developer, s. f.) Gerber, A,

Kansal, S. (2020). <https://developer.ibm.com/articles/iot-lp201-iot-architectures/>

## Definición de la Arquitectura

Figura 2

Diagrama de Flujo de Datos



Nota. diseño propio realizado en power point

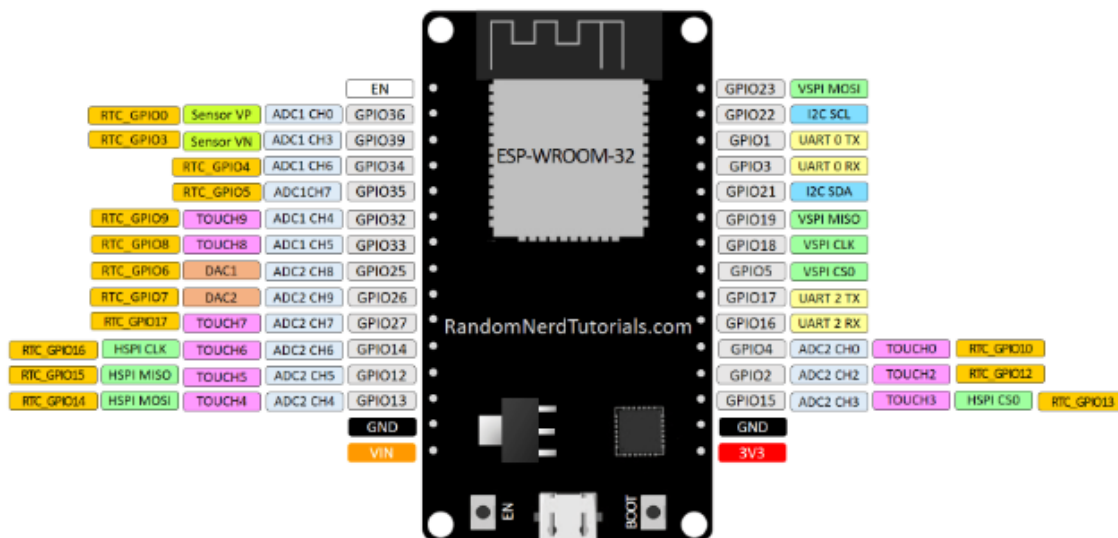
## Selección de la Tecnología

### *Descripción de los Componentes*

**Sistema de Control.** El NodeMCU ESP32 es una plataforma completa de desarrollo, módulo SoC (system on chip), basado en el microcontrolador Tensílica de 32 bits, funcionando a una frecuencia de reloj de 240 Mhz, con una memoria Flash de 4MB, y 500 KB de SRAM. Tiene conectividad inalámbrica Wifi, estándar 802.11 b/g/n, y Bluetooth integrado BLE.

### Figura 3

#### *ESP- VROOM-32*



*Nota.* Módulo ESP32 - DEVKITV1 - 30 pines. (s. f.). Teslatronica Sumador S.A.S. - NIT: 901640333-1. <https://sumador.com/products/modulo-esp32?variant=4104742744887>

**Tabla 1***Condiciones de Funcionamiento Recomendadas*

| Símbolo | Parámetros   | Min | Typical | Max | Unit  |
|---------|--|-----|---------|-----|-------|
| VDD33   | Voltaje de alimentación                                | 3.0 |         | 3.6 | V     |
| IVDD    | Corriente entregada por fuente de alimentación externa | 0.5 |         | -   | A     |
| T       | Temperatura ambiente de operación                      | -40 |         | -   | 85 °C |

*Nota.* Tomado de Esp32-c3-devkitc-02 pdf. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 23 de enero de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1424863/ESPRESSIF/ESP32-C3-DEVKITC-02.html>

**Tabla 2***Especificaciones ESP32-WROOM-32*

| Categorías    | Ítems                   | Especificaciones  |
|---------------|-------------------------|---|
| Certificación | Certificación RF        |   |
|               | Certificación Wi-fi     |   |
|               | Certificación bluetooth |   |
|               | Green certificación     |   |
| Test<br>Wi-fi | Reliability             | HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD   |
|               | Protocolos              | 802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)<br><br>A-MPDU and A-MSDU aggregation and<br>0.4<br>s guard interval<br>support        |
| Bluetooth     | Frecuencia range        | 2.4 GHz ~ 2.5 GHz   |
|               | Protocolos              | Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE<br>specification  |
|               | Radio                   | NZIF receiver with -97 dBm sensitivity<br>Class-1, class-2 and class-3 transmitter<br>AFH                                   |
|               | Audio                   | CVSD and SBC  |
| Hardware      | Module interfaces       | SD card, UART, SPI, SDIO,<br>I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S,<br>IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch<br>sensor, ADC, DAC |
|               | On-chip sensor          | Hall sensor   |
|               | Integrated crystal      | 40 MHz crystal  |

*Nota.* Tomado de Esp32-c3-devkitc-02 pdf. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 23 de enero de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1424863/ESPRESSIF/ESP32-C3-DEVKITC-02.html>

## Unidad de Sensores

### Figura 4

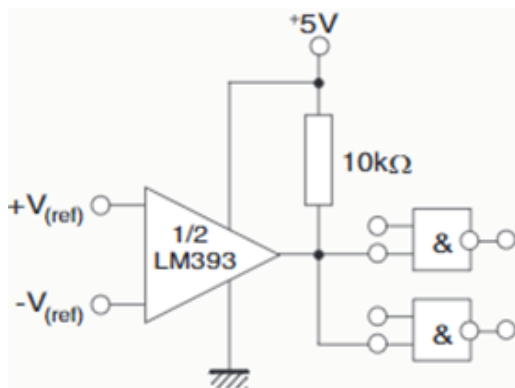
*Sensor de Humedad Suelo YL-69-*



*Nota.* Imagen tomada de Martin, L. (2020, noviembre 24)

### Figura 5

*Comparador lm393 / Sensor Humedad Suelo*



*Nota.* Comparador alldatasheet.com. (s. f.). LM393

PDF. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1260433/TI/LM393.html>

## Descripción

El comparador de Voltaje es un circuito analógico que entregan una salida de voltaje saturada, que dependen de la comparación de dos voltajes de la entrada. Uno es llamado Voltaje de Referencia ( $V_{ref}$ ) y el otro voltaje de entrada ( $V_{in}$ ). El comparador LM393 es parte de este módulo en donde podrás ajustar la salida del Voltaje de Referencia gracias al potenciómetro.

Este módulo requiere una fuente de estímulo para realizar la comparación y posteriormente entregar información de manera analógica o digital de 1 bit, por ejemplo algunos sensores que lo llevan a la práctica son: **Sensor de Fuerza Resistivo**, Sensor de Lluvia FC-37 o el Sensor de Humedad YL-69.

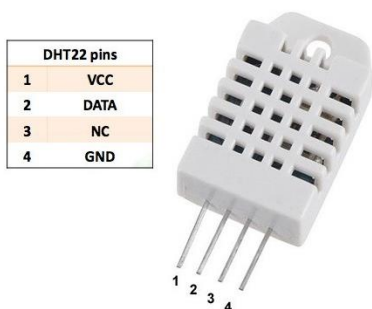
### *Especificaciones Técnicas Sensor Humedad YL-69*

- Amplio rango de voltaje de suministro único o suministros dobles: +2 V a +36 V o  $\pm 1$  V a  $\pm 18$  V
- Corriente de suministro muy baja (0,4 mA) independiente del voltaje de suministro (1 mW/comparador a +5 V)
- Corriente de polarización de entrada baja: 25 nA típ.
- Corriente de compensación de entrada baja:  $\pm 5$  nA típ.
- Tensión de compensación de entrada baja:  $\pm 1$  mV típ.
- Rango de voltaje de modo común de entrada incluye tierra
- Baja tensión de saturación de salida: 250mV típ. ( $I_o = 4$ mA)
- Rango de tensión de entrada diferencial igual a la tensión de alimentación
- Salidas compatibles con TTL, DTL, ECL, MOS, CMOS

## DHT 22 Sensor de Humedad y Temperatura

### Figura 6

*Dht 22 Sensor de Humedad y Temperatura*



*Nota.* Sensor de humedad y temperatura. tomado de yorobotics. (n.d.). [Sensor Humedad](#)

### [Temperatura DHT22](#)

#### Descripción

Salida de señal digital calibrada. Utiliza una técnica exclusiva de recolección de señales digitales y humedad. Tecnología de detección, asegurando su confiabilidad y estabilidad. Sus elementos de detección están conectados con un solo chip de 8 bits. Cada sensor de este modelo tiene compensación de temperatura. y calibrado en una cámara de calibración precisa y el coeficiente de calibración se guarda en el tipo de programa en la memoria OTP, cuando el sensor está detectando, calibración-coeficiente de memoria. El tamaño pequeño, el bajo consumo y la larga distancia de transmisión (20 m) permiten que el DHT22 pueda adaptarse a todo tipo de ocasiones de aplicación duras. Empaquetado en una sola fila con cuatro pines, lo que hace que la conexión sea muy conveniente.

## Características Sensor DHT-22

**Tabla 3**

*Especificaciones Técnicas*

| Modelo                    | DHT22  |
|---------------------------|--|
| Alimentación              | 3.3-6V DC  |
| Output signal             | digital signal via single-bus                          |
| Sensing element           | Polymer capacitor                                      |
| Operating range           | humidity 0-100%RH; temperature -40~80 Celsius          |
| Accuracy                  | humidity +-2%RH (Max +-5%RH); temperature <+0.5Celsius |
| Resolution or sensitivity | humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius                |
| Repeatability             | humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius              |
| Humidity hysteresis       | +0.3%RH  |
| Long-term Stability       | +0.5%RH/year   |
| Sensing period            | Average: 2s  |
| Dimensions                | small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm             |

Nota. Especificaciones DHT22 (S/f). Vistronica.com. Recuperado el 23 de enero de 2025, de <https://www.vistronica.com/sensores/humedad/modulo-sensor-dht22-am2302-temperatura-y-humedad-detail.html>

## Unidad de Alimentación

### Figura 7

#### *Panel Solar*



*Nota.* imagen tomada de Panel Solar 5V 0.8W. (n.d.). VISTRONICA S.A.S

### Descripción

su producción es de las más sencillas que existen en el campo de las energías verdes. Es por esta razón por la que su uso y aplicación se está extendiendo, principalmente, en aquellas zonas donde predominan las horas de luz. Su instalación está compuesta por paneles solares fotovoltaicos formados por células de silicio que convierten la luz solar en energía.

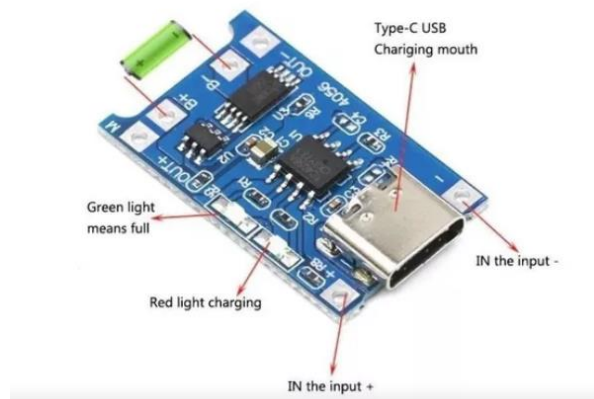
### Especificaciones Técnicas

- Células monocristalinas (eficiencia: 19%)
- Voltaje en circuito abierto: 7.3V
- Voltaje de pico: 6.0V
- Corriente pico: 500mA
- Potencia máxima: 3W

## Cargador de Baterías

### Figura 8

#### Modulo Cargador de Baterías



*Nota.* Módulo cargador de baterías. imagen tomada de [Cargador litio TP4056 5V 1A con protección de carga \\$ 1.60. \(n.d.\). https://www.bilbaoelectronics.com/124/cargador-litio-tp4056](https://www.bilbaoelectronics.com/124/cargador-litio-tp4056)

### Especificaciones Técnicas

- Módulo de carga lineal
- Corriente de 1A ajustable
- Voltaje de Entrada: 4.5V-5.5V.
- Led indicador: Rojo (Cargando), Verde (Cargado completamente).
- Conector Tipo C

### Descripción

El Módulo Cargador USB de batería litio 18650 permite cargar de forma sencilla baterías LiPo/LiOn de una celda. Funciona con baterías con voltajes de carga nominal de 3.7V y de carga completa a 4.2V. Ideal para baterías LiPo 18650. La corriente de carga es de 1A, este valor de corriente puede ser modificado al cambiar la resistencia R3.

## Unidad de Visualización

*Display LCD 16x2 I2C.*

### Figura 9

*Display Lcd 16x2*



*Nota.* Visualización sensores. Imagen tomada de <https://www.arcaelectronica.com>

### Especificaciones Técnicas

- Referencia: LCD 1602 I2C
- Interface: IIC/I2C
- Tipo de pantalla: STN, Reflective, azul negativo
- Voltaje de funcionamiento: 5V DC
- Luz de fondo: azul
- Contraste ajustable: si (con potenciómetro interno)
- Resolución: 16×2 (caracteres x líneas)
- Área de visualización tamaño: 6.5 x 1.5 c

## Baterías de Litio

### Figura 10

*Baterías de Litio 18650*



*Nota.* tomado de VISTRONICA S.A.S

### Descripción

Es una batería recargable de iones de litio, también denominada batería Li-Ion (la abreviatura es Litio y Iones), de modelo 18650 que denota las dimensiones de la batería, el primer número se refiere al diámetro de la batería que es de 18mm y el número 65 indica la longitud que tiene la batería que es 65mm. Este tipo de baterías tiene una forma cilíndrica parecidas a las pilas **AA**, pero con tamaño más grande, mayor capacidad y durabilidad.

### Tabla 4

*Especificaciones Baterías de Litio*

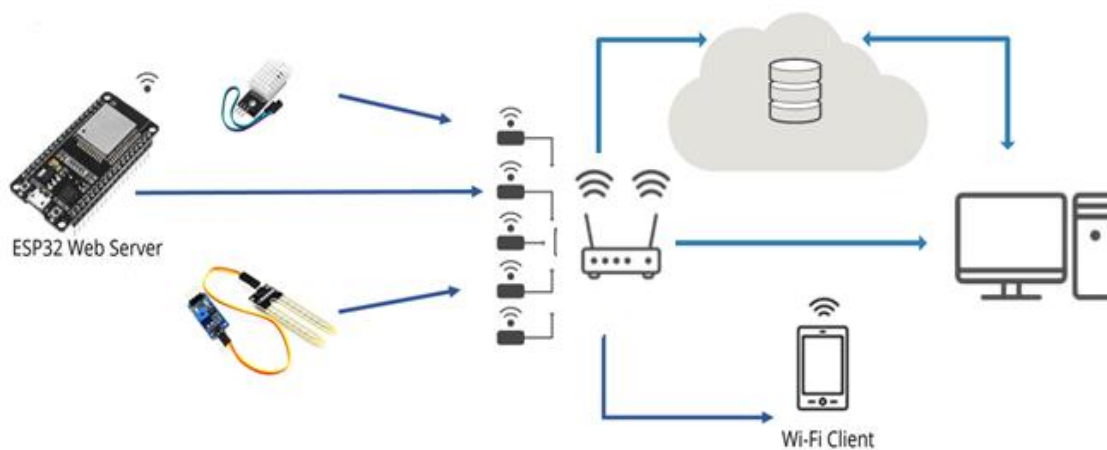
| Especificaciones        | Características   |
|-------------------------|---|
| Marca: UNIT Electronics | Voltajes: Nominal: 3.7V DC<br>Carga completa: 4.2V DC       |
| Modelo: 18650 B1        | Descarga de corte: 2.75V DC<br>Corriente: 2200 mAh $\pm$ 5% |
| Tipo de Batería: Li-ion | Potencia: 8.14Wh<br>Límite de máxima carga de corriente     |

*Nota.* Tabla tomada de VISTRONICA S.A.S

## Unidad de Comunicación

### Figura 11

#### *Red Local LAN ESP32*



*Nota.* Diseño Propio

### Figura 12

#### *Protocolo OSI, Transport Layer*

|                    |   |
|--------------------|---|
| Application Layer  | This layer facilitates human-computer interactions and access to the network layer. |
| Presentation Layer | This layer performs data encryption and delivers data in a usable format.           |
| Sessions Layer     | The sessions layer manages ports and sessions, and maintains connections.           |
| Transport Layer    | This layer is responsible for transmitting data using protocols such as TCP/IP.     |
| Network Layer      | The network layer determines the data routing path.                                 |
| Data Link Layer    | The data link layer transmits data between network nodes.                           |
| Physical Layer     | This layer facilitates human-computer interactions and access to the network layer. |

*Nota.* Protocolo OSI. imagen tomada de Faludi, R. (n.d.). How do IoT devices communicate? Digi. <https://es.digi.com/blog/post/how-do-iot-devices-communicate>

## Unidad de Montaje

### Figura 13

*Caja Plástica Para Montaje de Circuito Electrónico*



*Nota.* Caja Plástica Para Montaje Circuito Electrónico. imagen tomada de

<https://moviltronics.com>

### Figura 14

*Soporte Panel Solar*

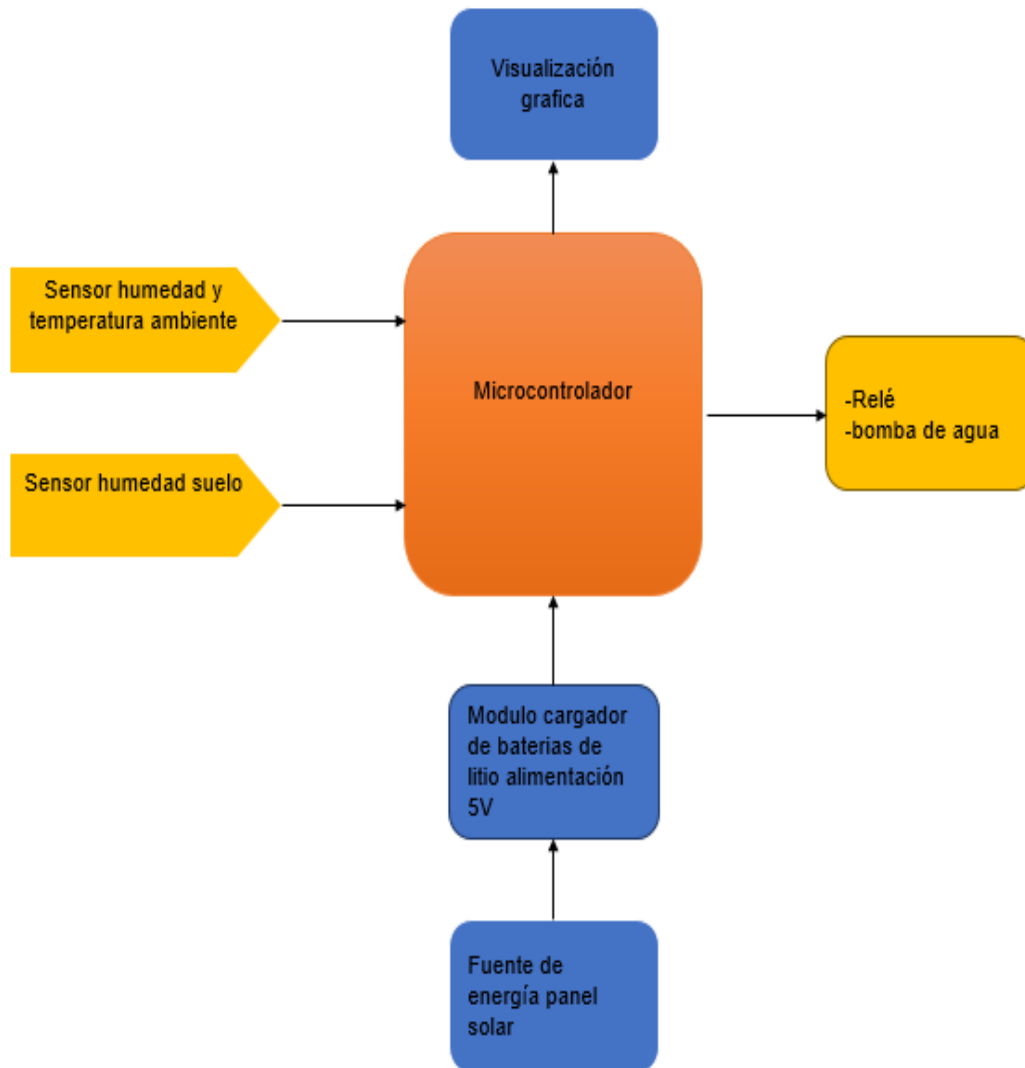


*Nota.* Soporte panel solar imagen tomada de <https://articulo.mercadolibre.com.co>

## Diagramas de Bloques por Cada Etapa del Diseño

**Figura 15**

*Diagrama de Bloques*



*Nota.* Diseño propio

### ***Especificaciones Técnicas de la Red de Comunicación de la Solución***

Los dispositivos IoT se comunican mediante protocolos de IoT. El protocolo de Internet (IP) es un conjunto de reglas que determina cómo se envían los datos a Internet. Los protocolos de IoT garantizan que un dispositivo, una puerta de enlace o un servicio lea y comprenda la información enviada por otro dispositivo o un sensor

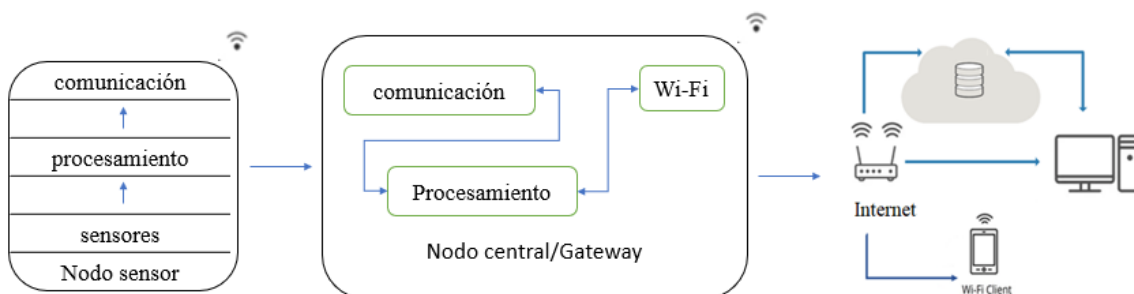
El nivel de aplicación actúa como interfaz entre el usuario y el dispositivo en un protocolo de IoT determinado.

Para la etapa del sistema de comunicación se basó en las 7 capas del modelo OSI, la capa de transporte que se ocupa de la coordinación de la transferencia de datos finales y host, cuantos datos enviar a qué ritmo y donde va etc. la capa de transporte es la más conocida como el protocolo de transmisión (TCP), que se basa en el protocolo de internet (IP), comúnmente conocido como TCP/IP. (Shaw,2022). El ESP32 tiene el protocolo TCP-IP integrado, permitiendo su acceso a internet a través de un router Wifi, con el cual puede conectarse a una distancia de 3 a 5 metros en forma inalámbrica, gracias a su antena integrada al módulo.

### **Comunicación Entre Nodos**

#### **Figura 16**

#### *Diagrama de Comunicación*



*Nota.* Diseño propio

La comunicación entre nodos, está conformada por los dispositivos que son los sensores, seguido del procesamiento de los datos y la comunicación que va dirigida al nodo central o Gateway y todos estos datos conectados a internet van a ser recolectados en una plataforma en la nube y mediante una aplicación móvil que captura y reenvía datos para el procesamiento y análisis.

### **Comunicación en la Nube**

La comunicación en la nube se va a implementar el uso de una plataforma llamada ThingSpeak, esta es un servicio de plataforma IoT analytics que le permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. Puede enviar datos a ThingSpeak desde sus dispositivos, crear visualizaciones instantáneas de datos en vivo y enviar alertas utilizando servicios web como Twitter y Twilio. Con el análisis MATLAB dentro de ThingSpeak, puede escribir y ejecutar código MATLAB para realizar preprocesamiento, visualizaciones y análisis. ThingSpeak permite a ingenieros y científicos crear prototipos y construir sistemas de IoT sin configurar servidores ni desarrollar software web.

### ***Especificaciones Técnicas de la Aplicación Web***

**Dispositivo.** la aplicación se va a desarrollar para dispositivos smartphone y Tablet.

**Sistema Operativo.** funcional para sistemas Android y OS.

**Tecnología de la App.** la tecnología es la de aplicación web para dispositivos móviles ya que se ofrece una mejor experiencia para el usuario, orientada en funciones sencillas de entender para el usuario.

**Plataforma de Desarrollo.** la plataforma de desarrollo utilizada será APP INVENTOR, un entorno de desarrollo de software del MIT, que dentro de sus lenguajes de programación manejan Java, JavaScript, Swift, Scheme, Objective-C, Kawa .

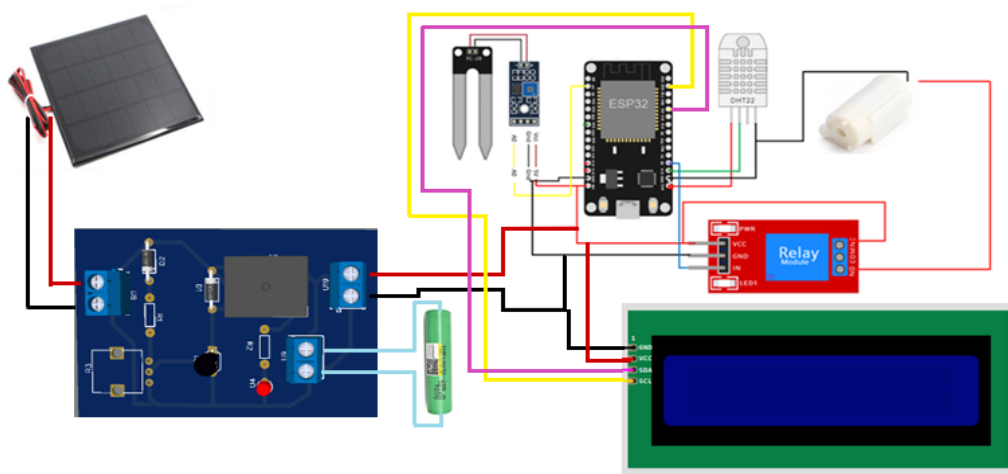
**Frameworks de Desarrollo.** esta plataforma no permite manejar múltiples plataformas de desarrollo de hardware y software basados Java, JS, Swift, Scheme, Objective-C, Kawa.

## Diseño y Prototipo de Sistema de Riego Automatizado

### Montaje del Prototipo y Pruebas

**Figura 17**

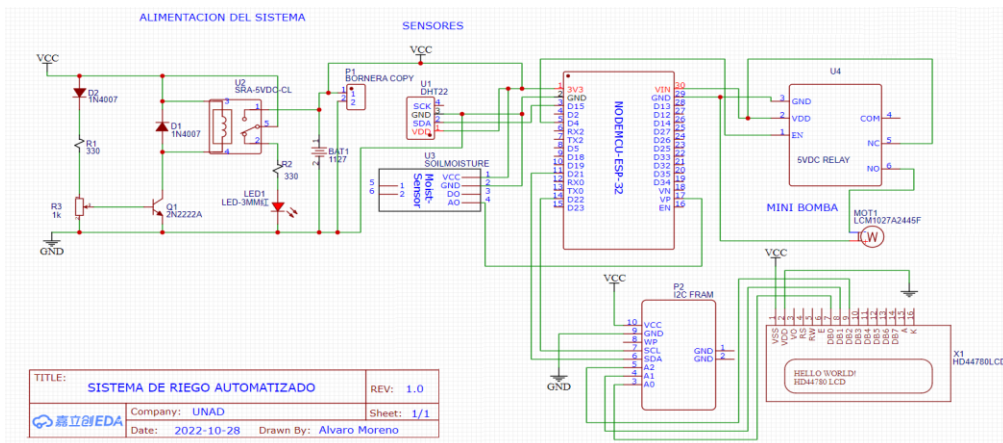
### Diseño Montaje Electrónico



*Nota.* Diseño propio

**Figura 18**

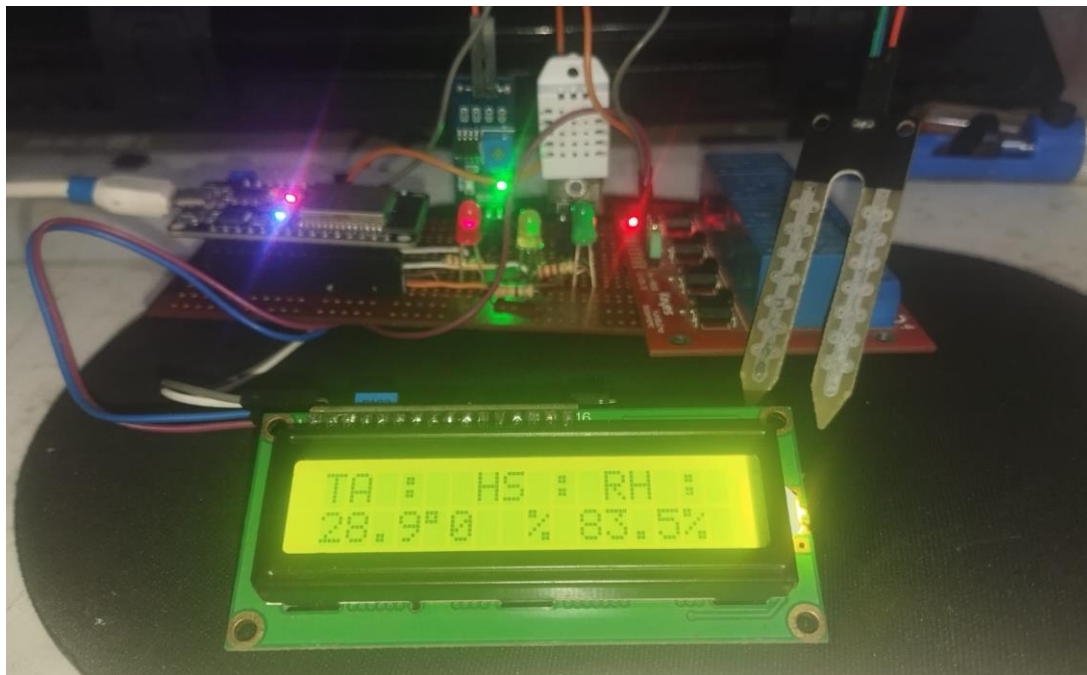
### Diseño Plano Electrónico



*Nota.* Diseño propio, plano electrónico realizado en EasyEDA

**Figura 19**

*Prototipo Circuito Sistema de Riego*



*Nota. Diseño Propio del Montaje*

## Lenguaje de Programación

### Código Arduino

```

// channel id : 2287851
//channel api key : RJNZ8VT604C4JE1L
//const char* WIFI_NAME = "FLIA-MORENO";
//const char* WIFI_PASSWORD = "Alvaro9457.S";
//const char* WIFI_NAME = "Redmi Note 12";
//const char* WIFI_PASSWORD = "jbbkazmqi3b7nw";

//LIBRERIAS

#include <WiFi.h>
#include "DHTesp.h"
#include "ThingSpeak.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16,2);

// DECLARACION DE VARIABLES

int humedads,Humedad_suelo;

const int DHT_PIN = 15;
const int LED_ROJO = 13;
const int LED_AMARILLO = 12;
const int LED_VERDE = 14;
const int LED_PIN = 26;

//CONXION WIFI THINGSPEAK ESP32

const char* WIFI_NAME = "Redmi Note 12";
const char* WIFI_PASSWORD = "jbbkazmqi3b7nw";
//const char* WIFI_NAME = "FLIA-MORENO";
//const char* WIFI_PASSWORD = "Alvaro9457.S";
const int myChannelNumber = 2287851 ;
const char* myApiKey = "RJNZ8VT604C4JE1L";
const char* server = "api.thingspeak.com";

#define RELAY_PIN    17 // ESP32 pin GPIO17 conexion relay
#define MOISTURE_PIN 36 // ESP32 pin GPIO36 (ADC0) conexion AOUT senor
humedad suelo

DHTesp dhtSensor;
WiFiClient client;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Hello!");
  lcd.init();

```

```

    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("Test Sensores ");
    dhtSensor.setup(DHT_PIN, DHTesp::DHT22);
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_ROJO, OUTPUT);
    pinMode(LED_AMARILLO, OUTPUT);
    pinMode(LED_VERDE, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);

    WiFi.begin(WIFI_NAME, WIFI_PASSWORD);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println("Wifi not connected");
    }
    Serial.println("Wifi connected !");
    Serial.println("Local IP: " + String(WiFi.localIP()));
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    ThingSpeak.begin(client);
}

void loop() {

    int humedads = analogRead(MOISTURE_PIN); // lee el valor analogo del sensor
    humedad suelo
    Humedad_suelo = ((100 - (humedads/4095.00) * 100 ) ); // La salida del
    sensor de humedad del suelo cambia en el rango del valor ADC de 0 a 4095
                                                    //se hace
    conversion %//

    Serial.print("humedad suelo : ");
    Serial.print(Humedad_suelo);
    Serial.println(" %");

    TempAndHumidity data = dhtSensor.getTempAndHumidity();
    ThingSpeak.setField(1, data.temperature);
    ThingSpeak.setField(2, data.humidity);
    ThingSpeak.setField(3, Humedad_suelo);

    if (data.temperature > 35 || data.temperature < 12 || data.humidity >
70 || data.humidity < 40) {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    } else {
        digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    }

    int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myApiKey);

    Serial.println("Temp: " + String(data.temperature, 2) + "°C");
    Serial.println("Humidity: " + String(data.humidity, 1) + "%");
    Serial.println("---"); // LCDI2C
    lcd.clear();

```

```

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("TA : ");
    lcd.setCursor(11, 0);
    lcd.print("RH : ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(data.temperature,1);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(11, 1);
    lcd.print(data.humidity,1);
    lcd.print("%");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print("HS : ");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print(Humedad_suelo);
    lcd.setCursor(9,1);
    lcd.print("%");
    lcd.print(" ");
    delay(2000); // Wait

    // control bomba de agua

    if(Humedad_suelo >= 0 & Humedad_suelo <= 38){
        Serial.println("Sensor en suelo seco");
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        digitalWrite(LED_ROJO, HIGH);
        digitalWrite(LED_AMARILLO, LOW);
        digitalWrite(LED_VERDE, LOW);

        delay(1000);

    } else if(Humedad_suelo > 38 & Humedad_suelo <= 55){
        Serial.println("Sensor en suelo húmedo");
        digitalWrite(LED_ROJO, LOW);
        digitalWrite(LED_AMARILLO, HIGH);
        digitalWrite(LED_VERDE, LOW);

    }else if(Humedad_suelo >= 60){
        Serial.println("Sensor en agua");
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        digitalWrite(LED_ROJO, LOW);
        digitalWrite(LED_AMARILLO, LOW);
        digitalWrite(LED_VERDE, HIGH);

        delay(1000);

    }
    delay(1000);
}

```

## Aplicación Web

Figura 20

Diseño Aplicación App Inventor

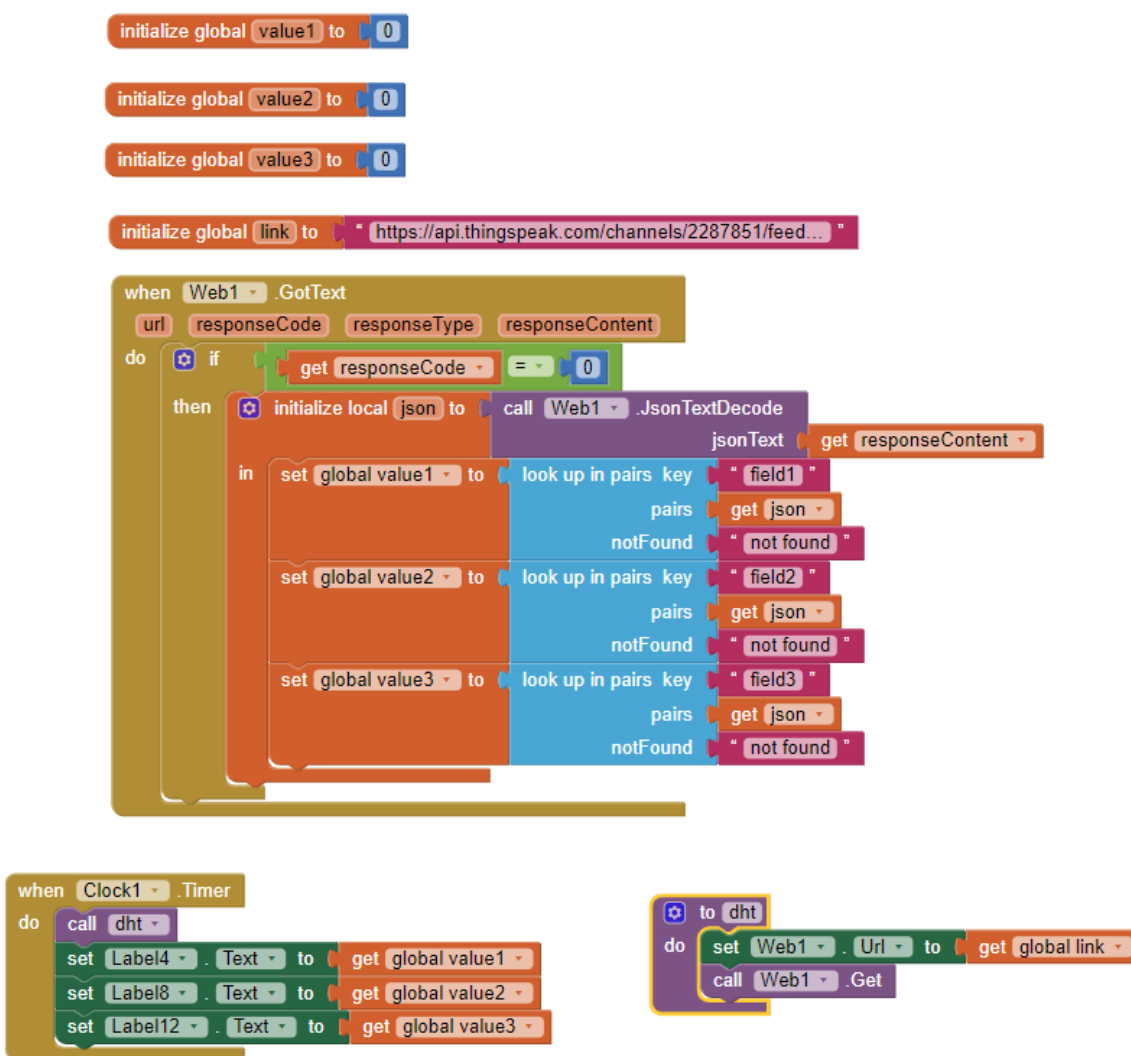


Nota. Diseño Propio. Software App Inventor

## Programación Mediante Bloques MIT

Figura 21

Programación Código de Bloques App Inventor

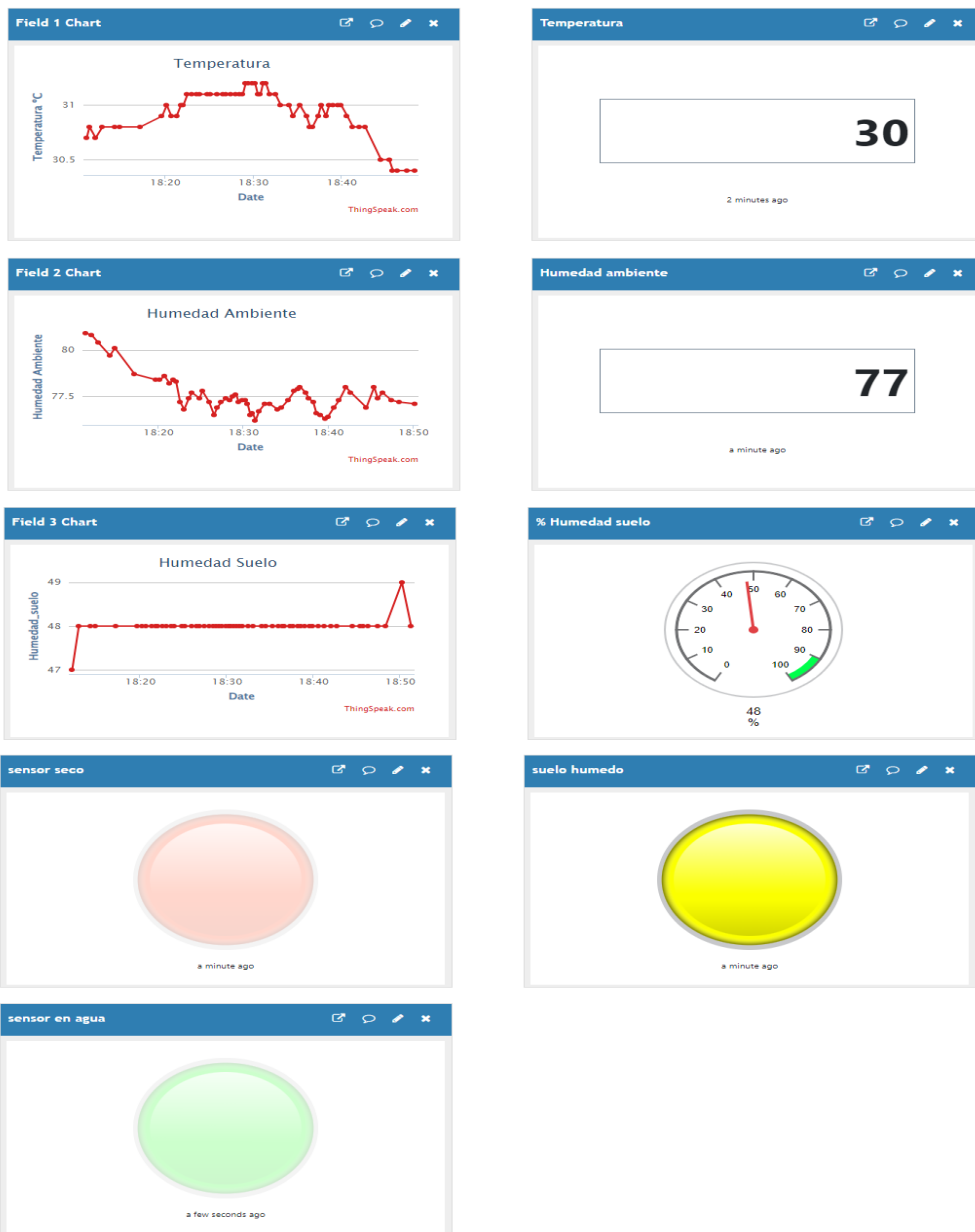


Nota. Diseño propio

## Recolección de Información

### Figura 22

#### Pruebas del Sistema



Nota. Pruebas del sistema. Imagen tomada de <https://thingspeak.com/> diseño propio.

## Análisis de Resultados

Para obtención de los resultados de la prueba de sensores de humedad y temperatura se compararon los datos del sitio web de climatología, NASA-POWER, CLIMATE-DATE, con los valores obtenidos en ThingSpeak, como se observa en la siguiente *figura.23* y *la tabla 5*. los parámetros de la temperatura máxima, mínima y el porcentaje de humedad relativa, de recolección de datos de los días 21 a 24 octubre 2024.

Comparado con los valores obtenidos de los sensores en ThingSpeak como se observan en la *tabla 6*. el día 21 a 24 de octubre la temperatura se mantuvo en un promedio mínimo de 35.5 °C y máximo de 36°C, la humedad ambiente en un valor mínimo de 50,9 % y un máximo de 52,9%.

### Figura 23

#### Datos Humedad y Temperatura

| Octubre                          |      | Temperatura (°C) | La temperatura máxima (°C) | La temperatura min (°C) |       |
|----------------------------------|------|------------------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Temperatura media (°C)           | 26.4 | 21. Octubre      | 26 °C                      | 31 °C                   | 23 °C |
| Temperatura mínima promedio (°C) | 22.7 | 22. Octubre      | 26 °C                      | 31 °C                   | 23 °C |
| Temperatura máxima (°C)          | 31.1 | 23. Octubre      | 26 °C                      | 30 °C                   | 23 °C |
| Precipitación (mm)               | 117  | 24. Octubre      | 26 °C                      | 31 °C                   | 23 °C |
| Humedad(%)                       | 63%  |                  |                            |                         |       |
| Días de lluvia (jree)            | 11   |                  |                            |                         |       |
| Horas de sol (h)                 | 9.8  |                  |                            |                         |       |

*Nota.* Datos humedad y temperatura. tomado de <https://fr.climate-data.org/amerique-du-sud/colombie/huila/neiva-1021987/>

## Nasa Power Daily Data

**Figura 24**

*Terreno*



*Nota.* Localización del terreno. tomado de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

**Tabla 5**

*Datos NASA-POWER*

| AÑO  | DIA | T_MAX | T_MIN | HM_R  |
|------|-----|-------|-------|-------|
| 2024 | 21  | 27.87 | 15.7  | 76.56 |
| 2024 | 21  | 28.1  | 17.35 | 74.75 |
| 2024 | 21  | 26.48 | 16.7  | 77.19 |
| 2024 | 21  | 24.62 | 17.24 | 82.56 |
| 2024 | 21  | 27.38 | 16.31 | 76.62 |
| 2024 | 22  | 23.78 | 17.28 | 83.62 |
| 2024 | 22  | 26.43 | 16.5  | 79.44 |
| 2024 | 22  | 25.41 | 17.38 | 81.75 |
| 2024 | 23  | 26.57 | 16.94 | 79.06 |
| 2024 | 23  | 26.0  | 16.21 | 77.94 |
| 2024 | 23  | 25.76 | 15.34 | 78.69 |
| 2024 | 23  | 23.45 | 15.91 | 80.12 |
| 2024 | 23  | 26.46 | 15.32 | 78.56 |
| 2024 | 24  | 26.77 | 16.54 | 78.31 |
| 2024 | 24  | 26.94 | 16.14 | 78.94 |
| 2024 | 24  | 27.44 | 16.55 | 78.25 |
| 2024 | 24  | 26.32 | 17.68 | 80.75 |
| 2024 | 24  | 26.68 | 18.29 | 79.62 |

*Nota:* Datos tomados para comparacion de humedad y temperatura tomado de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

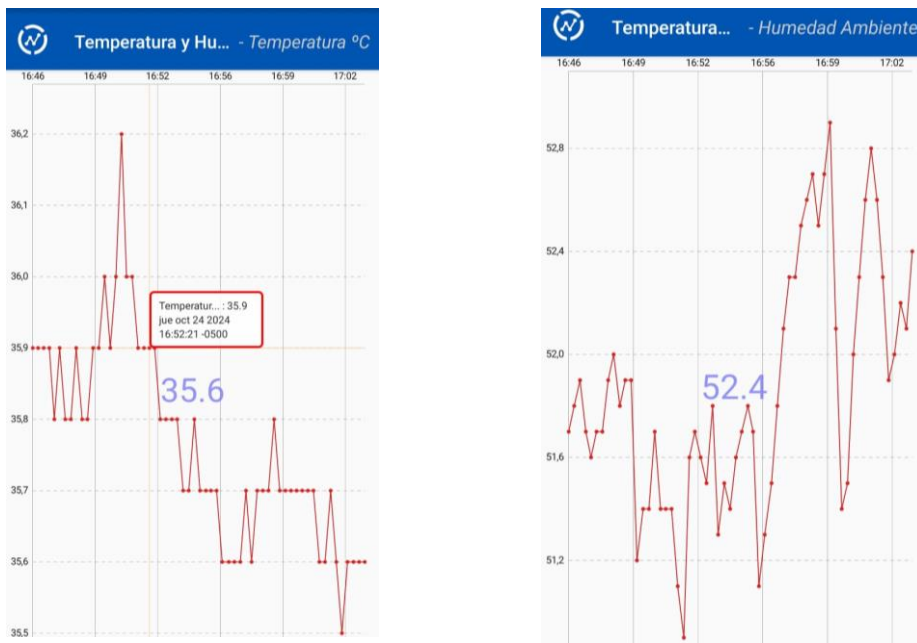
**Tabla 6***Datos Sensores Humeda y Temperatura.*

| <b>DATOS THINGSPEAK</b> |             |                 |
|-------------------------|-------------|-----------------|
| <b>FECHA</b>            | <b>TEMP</b> | <b>HUMEDADR</b> |
| <b>21/10/2024</b>       | 34          | 54              |
| <b>21/10/2024</b>       | 34          | 54              |
| <b>21/10/2024</b>       | 34          | 54              |
| <b>22/10/2024</b>       | 32          | 64              |
| <b>22/10/2024</b>       | 32          | 64              |
| <b>22/10/2024</b>       | 32          | 64              |
| <b>23/10/2024</b>       | 30          | 77              |
| <b>23/10/2024</b>       | 30          | 77              |
| <b>23/10/2024</b>       | 30          | 77              |
| <b>24/10/2024</b>       | 35          | 52              |
| <b>24/10/2024</b>       | 35          | 52              |
| <b>24/10/2024</b>       | 35          | 52              |
| <b>24/10/2024</b>       | 35          | 52              |

*Nota.* Diseño propio. [https://thingspeak.mathworks.com/channels/2287851/private\\_show](https://thingspeak.mathworks.com/channels/2287851/private_show)

**Figura 25**

Gráfico Temperatura y Humedad ThingSpeak.



Nota. Imagen tomada de  
thingspeak.[https://thingspeak.mathworks.com/channels/2287851/private\\_show](https://thingspeak.mathworks.com/channels/2287851/private_show)

## Conclusiones

Según el objetivo general se desarrolló el prototipo de sistema de riego automatizado bajo implementación de sensores y tecnología IoT como se observa en los resultados se logró tener un monitoreo de humedad y temperatura y se comparó con los datos obtenidos en ThingSpeak.

Se identificó el problema, las causas, efectos y las necesidades que afectan a los agricultores y se brindó una solución aplicando la ingeniería electrónica.

Se definieron las especificaciones técnicas, etapas y componentes que comprenden el diseño del circuito electrónico, los planos del sistema y una propuesta para el algoritmo del sistema de riego automatizado.

Se diseñó el circuito y plano electrónico del prototipo de sistema de riego automatizado haciendo uso del controlador IoT, se diseñó la aplicación web en la app inventor en la cual se monitorean variables en tiempo real.

## Referencias

Agencia Nacional del Espectro | Inicio. (2022, julio). Espectro Para Atender el Crecimiento

Futuro y Masificación de Aplicaciones IOT. Recuperado 22 de marzo de 2024,

de <https://www.ane.gov.co/>

Agricultura inteligente con respecto al clima. (s. f.). World

Bank. [https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-](https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-agriculture#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico)

[agriculture#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico](https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-agriculture#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico). Fundación Aquae. (2021, June 22). ¿Qué es

la energía solar? Definición y usos- Fundación

Aquae. [https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmw)

[solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmw](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmw)

[mSS2vbvAyZMI33XqmkoHv6SoaAtyREALw\\_wcB](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmw)

[mSS2vbvAyZMI33XqmkoHv6SoaAtyREALw\\_wcB](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmw)

Gong, L., Yan, J., Chen, Y., An, J., He, L., Zheng, L., & Zou, Z. (2022). An IoT-based

intelligent irrigation system with data fusion and a self-powered wide-area

network. Journal of Industrial Information

Integration, 29. <https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.jii.2022.100367>

IBM Developer. (s. f.). <https://developer.ibm.com/articles/iot-lp201-iot-architectures/>

La agricultura climáticamente inteligente | Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura. (s. f.). [https://www.fao.org/climate-smart-](https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/overview/es/)

[agriculture/overview/es/](https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/overview/es/)

Latinoamérica. [https://news.microsoft.com/es-xl/empresas-nativas-digitales-impulsan-un-agro-](https://news.microsoft.com/es-xl/empresas-nativas-digitales-impulsan-un-agro-basado-en-datos-e-ia-en-latinoamerica/)

[basado-en-datos-e-ia-en-latinoamerica/](https://news.microsoft.com/es-xl/empresas-nativas-digitales-impulsan-un-agro-basado-en-datos-e-ia-en-latinoamerica/)

- Marín-García, E., Torres-Marín, J.-N., & Chaverra-Lasso, A. (2023). Smart Greenhouse and Agriculture 4.0. *Revista Científica*, 46(1), 37–50. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.14483/23448350.19816>
- Medina Rojas Ferley, Arguello Fuentes Henry, & Gómez Cristina. (2016). Diseño de Patrones de Estratificación de Cultivos en el Departamento del Huila Colombia, Minería de Datos para una Agricultura de Precisión. Proceedings of the 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability.”
- Modulo Carga y Descarga Baterias 18650 2 Celdas 2S 10A. (n.d.). Ferretrónica. Retrieved February 24, 2024, from [https://ferretronica.com/products/modulo-carga-y-descarga-baterias-18650-2-celdas-2s-10a?variant=31519219908701&currency=COP&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic&utm\\_campaign=gs-2021-10-19&utm\\_source=google&utm\\_medium=smart\\_campaign](https://ferretronica.com/products/modulo-carga-y-descarga-baterias-18650-2-celdas-2s-10a?variant=31519219908701&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=gs-2021-10-19&utm_source=google&utm_medium=smart_campaign)
- Molina, C. (2023, 21 septiembre). Por qué implementar un sistema alimentario climáticamente inteligente. Blogs del Banco Mundial. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/por-que-implementar-un-sistema-alimentario-climaticamente-inteligente#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- News Center Microsoft Latinoamérica. (2023, 21 junio). Empresas nativas digitales impulsan agro basado en datos e IA en Latinoamérica. News Center

Paguayo. (2023, April 3). Interfaz de sensores DHT11 y DHT22 con Arduino - MCI

Capacitación. MCI Capacitación. <https://cursos.mcielectronics.cl/2023/03/24/interfaz-de-sensores-dht11-y-dht22-con-arduino/>

Pal, A., & Purushothaman, B. (2017). IoT : Technical Challenges and Solutions. Artech House.

Panel solar 6V (3W) con cable Sparkfun | BricoGeek.com.

(n.d.). <https://tienda.bricogeek.com/placas-solares/1742-panel-solar-6v-3w-con-cable.html>

Sandoval, A. (2020, 24 abril). Las redes de IoT, su evolución y beneficios. Think

Big. <https://empresas.blogthinkbig.com/las-redes-utilizadas-en-el-iot/>

Strangeways, I. (2000). Telemetry. In *Measuring the Natural Environment* (pp. 273-303).

Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511612367.012

ThingSpeak Documentation - MathWorks España.

(s. f.). <https://es.mathworks.com/help/thingspeak/>

Vista de Las redes de sensores inalámbricos y el internet de las cosas.

(n.d.). <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/253/232%20https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1743876/ESPRESSIF/ESP-WROOM-32UE.html>

## Apéndices

### Apéndice A

#### Datasheets Esp-32

##### *Descripción General*

ESP32-WROOM-32 es un módulo MCU potente y genérico Wi-Fi+BT+BLE que se dirige a una amplia variedad de aplicaciones, que van desde redes de sensores de bajo consumo hasta las tareas más exigentes, como codificación de voz, transmisión de música y MP3. Decodificación. En el núcleo de este módulo se encuentra el chip ESP32-D0WDQ6\*. El chip integrado está diseñado para ser escalable y adaptable. Hay dos núcleos de CPU que se pueden controlar individualmente y la frecuencia del reloj de la CPU se puede ajustar de 80 MHz a 240 MHz. El usuario también puede apagar la CPU y utilizar el coprocesador de bajo consumo para monitorear constantemente los periféricos en busca de cambios o cruce de umbrales. ESP32 integra un amplio conjunto de periféricos, que van desde sensores táctiles capacitivos, sensores Hall, interfaz de tarjeta SD, Ethernet, SPI de alta velocidad, UART, I<sup>2</sup>S e I<sup>2</sup>C. Nota:\* Para obtener detalles sobre los números de pieza de la familia de chips ESP32, por favor consulte la hoja de datos del documento ESP32. La integración de Bluetooth, Bluetooth LE y Wi-Fi garantiza que se pueda apuntar a una amplia gama de aplicaciones y que el módulo sea versátil: el uso de Wi-Fi permite un gran alcance físico y una conexión directa a Internet a través de un enrutador Wi-Fi, mientras que el uso de Bluetooth permite al usuario conectarse cómodamente al teléfono o transmitir balizas de baja energía para su detección. La corriente de reposo del chip ESP32 es inferior a 5 A, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de electrónica portátil y alimentadas por batería. El módulo admite una velocidad de datos de hasta 150 Mbps y una potencia de salida de 20 dBm en la antena para garantizar el rango físico más amplio.

**Tabla 7***Especificaciones ESP32-WROOM-32*

| categorias    | ítems   | especificaciones   |
|---------------|---|--|
| certificación | Certificación RF<br>Certificación Wi-fi<br>Certificación bluetooth<br>Green certificación |  |
| Test<br>Wi-fi | reliability<br>protocolos   | HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD<br>802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)<br>A-MPDU and A-MSDU aggregation and<br>0.4<br>s guard interval<br>support  |
|               | Frecuencia range  | 2.4 GHz ~ 2.5 GHz  |
| Bluetooth     | protocolos<br>radio   | Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE<br>especificación<br>NZIF receiver with -97 dBm sensitivity<br>Class-1, class-2 and class-3 transmitter<br>AFH |
| Hardware      | Audio<br>Module interfaces  | CVSD and SBC<br>SD card, UART, SPI, SDIO,<br>I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S,<br>IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch<br>sensor, ADC, DAC  |
|               | On-chip sensor  | Hall sensor  |
|               | Integrated crystal  | 40 MHz crystal   |
|               | Integrated SPI flash  | 4 MB   |
|               | Operating voltage/Power supply  | 3.0 V~3.6 V  |
|               | Operating current   | Average: 80 mA   |
|               | Minimum current delivered by<br>power supply  | 500 mA   |
|               | Recommended operating tem-<br>perature range  | -40 °C~+85 °C  |
|               | Package size  | (18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm ×<br>(3.10±0.10) mm  |
|               | Moisture sensitivity level (MSL)  | Lvl3   |

## Características Eléctricas

### *Calificaciones Máximas Absolutas*

Las tensiones más allá de las clasificaciones máximas absolutas enumeradas en la Tabla 5 a continuación pueden causar daños permanentes al dispositivo. Estas son clasificaciones de estrés únicamente y no se refieren al funcionamiento funcional del dispositivo que debe seguir las condiciones de funcionamiento recomendadas.

**Tabla 8**

### *Calificaciones Máximas Absolutas*

| Símbolo | parámetros                   | Min  | Max   | unidad |
|---------|------------------------------|------|-------|--------|
| VDD33   | Power supply voltage         | -0.3 | 3.6   | V      |
| Ioutput | Cumulative IO output current | -    | 1,100 | mA     |
| Tstore  | Storage temperatura          | -40  | 105   | °C     |

## Condiciones de Funcionamiento Recomendadas

**Tabla 9**

### *Condiciones de Funcionamiento Recomendadas*

| Símbolo | parámetros                                 | Min | typical | Max | unit |
|---------|--|-----|---------|-----|------|
| VDD33   | Power supply voltage                       | 3.0 |         | 3.6 | V    |
| IVDD    | Current delivered by external power supply | 0.5 | -       | -   | A    |
| T       | Operating ambient temperature              | -40 | -       | 85  | °C   |

## Apéndice B

### *Datasheets DHT-22*

**Descripción.** Salida de señal digital calibrada. Utiliza una técnica exclusiva de recolección de señales digitales y humedad. Tecnología de detección, asegurando su confiabilidad y estabilidad. Sus elementos de detección están conectados con un solo chip de 8 bits. Cada sensor de este modelo tiene compensación de temperatura. y calibrado en una cámara de calibración precisa y el coeficiente de calibración se guarda en el tipo de programa en la memoria OTP, cuando el sensor está detectando, calibración-coeficiente de memoria. El tamaño pequeño, el bajo consumo y la larga distancia de transmisión (20 m) permiten que el DHT22 pueda adaptarse a todo tipo de ocasiones de aplicación duras. Empaquetado en una sola fila con cuatro pines, lo que hace que la conexión sea muy conveniente.

### Tabla 10

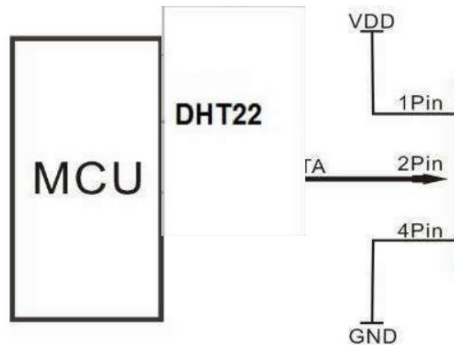
#### *Especificaciones Técnicas*

| Model                     | DHT22   |
|---------------------------|---|
| Power supply              | 3.3-6V DC   |
| Output signal             | digital signal via single-bus                         |
| Sensing element           | Polymer capacitor                                     |
| Operating range           | humidity 0-100%RH; temperature -40~80 Celsius         |
| Accuracy                  | humidity +-2%RH(Max +-5%RH); temperature <+0.5Celsius |
| Resolution or sensitivity | humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius               |
| Repeatability             | humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius             |
| Humidity hysteresis       | +0.3%RH   |
| Long-term Stability       | +0.5%RH/year  |
| Sensing period            | Average: 2s   |
| Interchangeability        | fully interchangeable                                 |
| Dimensions                | small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm            |

## Diagrama Conexiones Eléctricas:

**Figura 23**

*Conexiones Eléctricas*



*Nota: imagen tomada de Datasheets*

## Especificaciones de Funcionamiento

(1) Alimentación y pines. El voltaje de alimentación debe ser de 3,3 a 6 V CC. Cuando se suministra energía al sensor, no envíe ninguna instrucción al sensor dentro de un segundo para pasar el estado inestable. Se puede agregar un capacitor con un valor de 100 nF entre VDD y GND para el filtrado de ondas.

(2) Comunicación y señal Se utilizan datos de un solo bus para la comunicación entre MCU y DHT22; la comunicación única cuesta 5 mS.

## Apendice C

### *Datsheet Modulo (LM393) Sensor Humedad Suelo YL-69*

Comparadores duales de voltaje de compensación baja La serie LM393 son comparadores de voltaje de precisión independientes duales capaces de funcionar con suministro simple o dividido. Estos dispositivos están diseñados para permitir un rango de modo común a nivel de tierra con operación de suministro único. Las especificaciones de voltaje de compensación de entrada tan bajas como 2,0 mV hacen de este dispositivo una excelente selección para muchas aplicaciones en electrónica industrial y automotriz de consumo.

- Amplio rango de suministro único: 2,0 V CC a 36 V CC
- Rango de suministro dividido:  $\pm 1,0$  V CC a  $\pm 18$  V CC
- Consumo de corriente muy bajo independiente del voltaje de suministro: 0,4 mA
- Corriente de polarización de entrada baja: 25 nA
- Corriente de compensación de entrada baja: 5,0 nA
- Compensación de entrada baja Voltaje: 2,0 mV (máx.) LM393A 5,0 mV (máx.)

### **LM293/393**

- Rango de modo común de entrada al nivel del suelo
- Rango de voltaje de entrada diferencial igual al voltaje de la fuente de alimentación
- Voltaje de salida Compatible con DTL, ECL, TTL, MOS y CMOS Logiclevels
- Las abrazaderas de ESD en las entradas aumentan la robustez del dispositivo sin afectar el diagrama esquemático de performanceRepresentative (el diagrama que se muestra es para 1 comparador) VCC+ Entrada - Enumer

## Resumen Analítico Educativo

## RAE

|  |   |
|--|---|
| <b>Título del texto</b>  | <b>Sistema de riego automatizado con adquisición de datos en tiempo real</b>  |
| <b>Nombres y Apellidos del Autor</b>   | Alvaro Moreno Pastrana  |
| <b>Año de la publicación</b>   | 27-01-2025  |
| <p><b>Resumen:</b> Este proyecto abordó la necesidad de aplicar en diversos campos de la agricultura inteligente y precisión un sistema de riego automatizado escalable y compatible con software y hardware de bajo costo en el cual se recopilarán datos en tiempo real, aplicando tecnologías inteligentes como el internet de las cosas (IOT) en donde se tomaron diferentes factores externos en los cuales se ven afectados los cultivos, como lo son la calidad del suelo, temperatura y humedad ambiente, de esta manera obtener una mejor calidad en los alimentos proporcionados por los agricultores y además de minimizar el uso desmesurado de agua que también es un problema que afecta al mundo hoy día.</p> |   |
| <b>Palabras Claves</b>   | IoT, Automatización, Agricultura Inteligente, cambio climático, monitoreo en tiempo real, adquisición de datos, Agricultura de precisión, sensores. |
| <p><b>Problema que aborda el texto:</b> El mundo hoy día está cambiando y es una realidad el cambio climático, las tecnologías están dando un giro importante en la automatización y el uso del internet de las cosas (IoT) en el desarrollo de la agricultura inteligente y de precisión, Andes Pacific Technology Access (APTA).(2020) afirma que la seguridad alimentaria es un desafío que cada vez es más difícil de superar a esto sumándole el cambio climático, la contaminación del medio ambiente, las altas temperaturas y el uso</p>   |   |

desmedido del agua están impactado directamente la producción de alimentos a nivel mundial, al implementar este sistema de riego automatizado usando energías renovables y amigables con el medio ambiente, se pueden mejorar las condiciones en lugares donde el clima es de escasa lluvia y casi todo el año y las temperaturas son muy altas generando suelos pobres en nutrientes y por ende baja calidad y productividad, asimismo que el proceso de estar regando los cultivo es tedioso, se genera un gran uso desmesurado del agua, conjuntamente que el desarrollo de este sistema de riego automatizado se puede hacer el uso controlado del agua y el monitoreo de las variables en tiempo real, así preservar este valioso recurso que es el agua, generando el menor posible desperdicio y con estas tecnologías incrementar la productividad y bajar costos de producción.

**Objetivos del texto:**

Desarrollar un prototipo de sistema de riego automatizado bajo implementación de sensores, tecnología IoT que contribuirá para llevar un control monitoreado de los índices de humedad del cultivo de plátano en la zona (vereda de Neiva) Guacirco, para mejorar la productividad.

**Hipótesis planteada por el autor:**

Para determinar la factibilidad del proyecto y obtener los resultados esperados es importante conocer los recursos con los que cuenta, este al ser un prototipo de bajo costo la disponibilidad técnica existente en cuanto a tecnología en hardware software y recursos humano son los idóneos con conocimientos sólidos y las herramientas necesarias para su desarrollo.

**Tesis principal del autor:**

identificar las necesidades que afectan una comunidad para dar una solución. inicialmente golpeadas por el cambio climático, que está afectando sus cultivos, se estudian las

condiciones del terreno y se propone el modelo de un sistema automatizado que permita el riego de estas, además de evitar que se genere el uso desmesurado del agua.

#### **Argumentos expuestos por el autor:**

La razón para desarrollar este trabajo es porque hoy día el cambio climático y sus altas temperaturas están haciendo estragos en la agricultura y sus cultivos, la necesidad de implementar este sistema de riego automatizado tomando como base la agricultura inteligente en zonas donde las condiciones del clima son de escasa lluvia y casi todo el año las temperaturas son muy altas generando que los terrenos pierdan sus propiedades y se vuelvan improductivos y se sequen los cultivos. además de que el proceso de estar regando los cultivo es tedioso, se genera un gran uso desmesurado del agua, al implementar este prototipo de sistema de riego inteligente, se podrá controlar los desperdicios de agua y mantener monitoreado lo que ocurre alrededor de los cultivos, la contaminación del medio ambiente hace que se generen oleadas de calor demasiado altas que afectan de manera directa los cultivos, para realizar la idea y desarrollarla como proyecto tangible, cuento con los conocimientos adquiridos a través del proceso académico que se ha ido construyendo en la carrera de ingeniería electrónica teniendo como base las líneas de investigación ETR ( Electrónica, telecomunicaciones y redes) y los conocimientos que me permiten resolver y desarrollar un prototipo de bajo e implementando el sistema de riego inteligente automatizado aplicando el internet de las cosas (IoT) .

#### **Conclusiones del texto:**

Según el objetivo general se desarrolló el prototipo de sistema de riego automatizado bajo implementación de sensores y tecnología IoT como se observa en los resultados se logró

tener un monitoreo de humedad y temperatura y se comparó con los datos obtenidos en ThingSpeak.

Se identifico el problema, las causas, efectos y las necesidades que afectan a los agricultores y se brindó una solución aplicando la ingeniería electrónica.

Se definieron las especificaciones técnicas, etapas y componentes que comprenden el diseño del circuito electrónico, los planos del sistema y una propuesta para el algoritmo del sistema de riego automatizado.

Se diseño el circuito y plano electrónico del prototipo de sistema de riego automatizado haciendo uso del controlador IoT, se diseñó la aplicación web en la app inventor en la cual se monitorean variables en tiempo real.

#### **Bibliografía citada por el autor:**

Agencia Nacional del Espectro | Inicio. (2022, julio). Espectro Para Atender el Crecimiento Futuro y Masificación de Aplicaciones IOT. Recuperado 22 de marzo de 2024, de <https://www.ane.gov.co/>

Agricultura inteligente con respecto al clima. (s. f.). World

Bank. <https://www.bancomundial.org/es/topic/climate-smart-agriculture#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>. Fundación Aquae. (2021, June 22). ¿Qué es la energía solar? Definición y usos- Fundación Aquae. [https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmwmSS2vbvAyZMl33XqmkoHv6SoaAtyREALw\\_wcB](https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/?gclid=Cj0KCQiAgK2qBhCHARIsAGACuznk7WoJ1QawfjJ5uInklIFl4rYADmwmSS2vbvAyZMl33XqmkoHv6SoaAtyREALw_wcB)

Gong, L., Yan, J., Chen, Y., An, J., He, L., Zheng, L., & Zou, Z. (2022). An IoT-based intelligent irrigation system with data fusion and a self-powered wide-area network. *Journal of Industrial Information Integration*, 29. <https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1016/j.jii.2022.100367>

IBM Developer. (s. f.). <https://developer.ibm.com/articles/iot-lp201-iot-architectures/>

La agricultura climáticamente inteligente | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/overview/es/>

Latinoamérica. <https://news.microsoft.com/es-xl/empresas-nativas-digitales-impulsan-un-agro-basado-en-datos-e-ia-en-latinoamerica/>

Marín-García, E., Torres-Marín, J.-N., & Chaverra-Lasso, A. (2023). Smart Greenhouse and Agriculture 4.0. *Revista Científica*, 46(1), 37–50. <https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.14483/23448350.19816>

Medina Rojas Ferley, Arguello Fuentes Henry, & Gómez Cristina. (2016). Diseño de Patrones de Estratificación de Cultivos en el Departamento del Huila Colombia, Minería de Datos para una Agricultura de Precisión. *Proceedings of the 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability.”*

Modulo Carga y Descarga Baterias 18650 2 Celdas 2S 10A. (n.d.). Ferretrónica. Retrieved February 24, 2024, from [https://ferretronica.com/products/modulo-carga-y-descarga-baterias-18650-2-celdas-2s-10a?variant=31519219908701&currency=COP&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_so](https://ferretronica.com/products/modulo-carga-y-descarga-baterias-18650-2-celdas-2s-10a?variant=31519219908701&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_so)

urce=google&utm\_content=sag\_organic&utm\_campaign=sag\_organic&utm\_campaign=gs-2021-10-19&utm\_source=google&utm\_medium=smart\_campaign

Molina, C. (2023, 21 septiembre). Por qué implementar un sistema alimentario climáticamente inteligente. Blogs del Banco Mundial. <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/por-que-implementar-un-sistema-alimentario-climaticamente-inteligente#:~:text=La%20agricultura%20inteligente%20con%20respecto,alimentaria%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>.

News Center Microsoft Latinoamérica. (2023, 21 junio). Empresas nativas digitales impulsan agro basado en datos e IA en Latinoamérica. News Center

Paguayo. (2023, April 3). Interfaz de sensores DHT11 y DHT22 con Arduino - MCI Capacitación. MCI Capacitación. <https://cursos.mcielectronics.cl/2023/03/24/interfaz-de-sensores-dht11-y-dht22-con-arduino/>

Pal, A., & Purushothaman, B. (2017). IoT : Technical Challenges and Solutions. Artech House. Panel solar 6V (3W) con cable Sparkfun | BricoGeek.com. (n.d.). <https://tienda.bricogeek.com/placas-solares/1742-panel-solar-6v-3w-con-cable.html>

Sandoval, A. (2020, 24 abril). Las redes de IoT, su evolución y beneficios. Think Big. <https://empresas.blogthinkbig.com/las-redes-utilizadas-en-el-iot/>

Strangeways, I. (2000). Telemetry. In *Measuring the Natural Environment* (pp. 273-303). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511612367.012

ThingSpeak Documentation - MathWorks España. (s. f.). <https://es.mathworks.com/help/thingspeak/>

Vista de Las redes de sensores inalámbricos y el internet de las cosas. (n.d.). <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/253/232%20https://pdf>

1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1743876/ESPRESSIF/ESP-WROOM-32UE.html

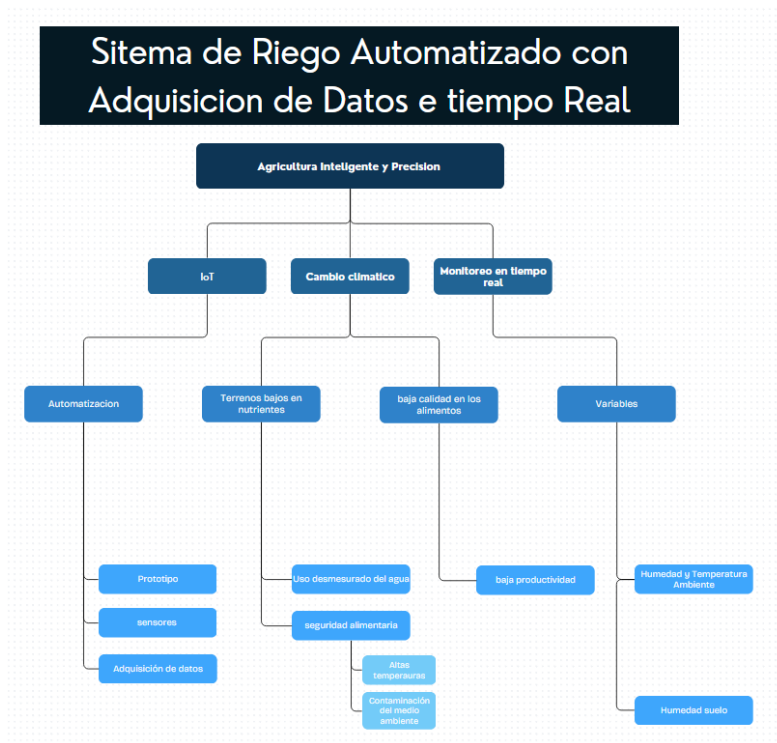
**Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE**

Alvaro Moreno Pastrana

**Fecha en que se elaboró este RAE**

24-01-2025

**Imagen (mapa conceptual) que resume e interconecta los principales conceptos encontrados en el texto:**



**Comentarios finales**