



PLAN	<input type="checkbox"/>
DOCUMENTO	<input type="checkbox"/>
MANUAL	<input type="checkbox"/>
INSTRUCTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>
PROCEDIMIENTO	<input type="checkbox"/>
REGLAMENTO	<input type="checkbox"/>
ARTÍCULO	<input type="checkbox"/>

# INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE PERFIL DE PROYECTO DE GRADO



## **PERFIL DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

Quito – Ecuador



## PERFIL DE PROYECTO DE TITULACIÓN

**CARRERA:** Electrónica

**TEMA:** Diseño e implementación de un sistema de monitoreo agroclimático y calidad del aire basado en sensores IoT y tecnología LoRaWAN para la optimización de cultivos en el sector De los Nogales y Nueces

**Elaborado por:**

**Jimmy Dario Condor Tasinchano & Carlos García Ochoa**

**Tutor:**

**Oscar Núñez**

**Fecha:** Abril 2025

## Índice de contenido

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. ALCANCE.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.5.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO .....	8
1.5.2. DISEÑO DEL SISTEMA.....	9
1.5.3. IMPLEMENTACIÓN.....	9
1.5.4. PRUEBAS Y VALIDACIÓN.....	9
<b>1.6. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
1.6.1. INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO.....	9
1.6.2. BASES TEÓRICAS.....	11
1.6.2.1. INTERNET DE LAS COSAS (IOT) Y SU APLICACIÓN EN EL MONITOREO AMBIENTAL.....	11
1.6.3. TECNOLOGÍA LORA Y LORAWAN .....	12
1.6.4. COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE LARGO ALCANCE .....	13
1.6.5. SENSORES AMBIENTALES Y SU FUNCIONAMIENTO .....	15
1.6.6. SENSOR MQ135 .....	15
1.6.7. SENSOR DHT22.....	16
1.6.8. SENSOR BMP280.....	17
1.6.9. BASES CONCEPTUALES.....	18
1.6.10. TERMINOLOGÍA LORAWAN .....	18
1.6.11. MODELO Y ENFOQUES RELACIONADOS .....	19
1.6.12. RELACIÓN DEL MARCO TEÓRICO CON LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6.13. SÍNTESIS DEL MARCO TEÓRICO .....	21
<b>2. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. RECURSOS HUMANOS .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. RECURSOS TÉCNICOS Y MATERIALES .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3. VIABILIDAD .....</b>	<b>24</b>
2.3.1. VIABILIDAD TÉCNICA.....	24
2.3.2. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	24
2.3.3. VIABILIDAD LEGAL.....	24
<b>2.4. CRONOGRAMA.....</b>	<b>25</b>
<b>3. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>26</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Comparación entre las tecnologías de transmisión LoRa y ZigBee .....	13
Tabla 2 Especificaciones técnicas del sensor MQ135.....	15
Tabla 3 Especificaciones técnicas del sensor DHT22 .....	17
Tabla 4 Comparación de sensores BMP180 y BMP280 .....	18
Tabla 5 Recursos Humanos Involucrados en el Proyecto .....	23

Tabla 6 Recursos técnicos y materiales.....	23
Tabla 7 Cronograma de Actividades del Proyecto .....	25

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Formulación y planteamiento del Problema

En la ciudad de Quito, específicamente en el sector El Inca, en las calles De los Nogales y Nueces, se plantea un proyecto para la medición de factores ambientales. Actualmente, la agricultura ha logrado avances significativos en el control de variables climáticas que afectan la producción de ciertos alimentos. Sin embargo, los factores climáticos, como la variación de temperatura entre el día y la noche, así como las precipitaciones en períodos secos y lluviosos, continúan representando un desafío para la actividad agrícola en la región.

Estos factores influyen en los sistemas de cultivo de pequeña, mediana y gran escala, por lo que resulta indispensable su monitoreo para optimizar la producción. En Quito, debido a su altitud de 2,850 metros sobre el nivel del mar, las bajas temperaturas nocturnas pueden afectar cultivos que requieren condiciones térmicas específicas para su desarrollo. Además, muchos cultivos se encuentran en zonas alejadas de las áreas urbanas, lo que dificulta su supervisión directa y el acceso a datos en tiempo real.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo agroclimático de bajo costo mediante la integración de sensores IoT y tecnología LoRaWAN con esp32, para la recolección y transmisión de datos ambientales en el sector De los Nogales y Nueces.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Monitorear los niveles de CO (MQ7), temperatura ambiente, humedad ambiental (DHT11) y humedad del suelo (HW-080) mediante sensores IoT para evaluar las condiciones climáticas del terreno.
- Desarrollar un sistema de monitoreo basado en ESP32 y tecnología LoRaWAN para la recolección y transmisión de datos ambientales en tiempo real.
- Implementar una plataforma IoT que permita la visualización remota de los datos recolectados, garantizando acceso desde cualquier ubicación.
- Optimizar el procesamiento de los datos ambientales, asegurando su fiabilidad y

precisión para la toma de decisiones en la gestión del proceso.

### 1.3. Justificación

La implementación de un sistema de monitoreo agroclimático y de calidad del aire basado en tecnologías IoT y LoRaWAN permite la recopilación remota de datos ambientales con un bajo consumo energético y una cobertura de largo alcance. LoRaWAN facilita la transmisión eficiente de información desde sensores instalados en el campo de cultivo hasta una plataforma central de monitoreo, sin necesidad de infraestructura de comunicación compleja o costosa.

En la ciudad de Quito, específicamente en el sector El Inca, las variaciones extremas de temperatura entre el día y la noche, junto con los períodos de precipitación y sequía, afectan la calidad y productividad de los cultivos. Además, la presencia de contaminantes atmosféricos puede influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que resalta la necesidad de un monitoreo continuo de la calidad del aire.

La combinación de tecnología IoT con LoRaWAN proporciona una solución eficiente y de bajo costo para la supervisión en tiempo real de condiciones agroclimáticas clave, como la temperatura, la humedad ambiental, la humedad del suelo y los niveles de CO. La integración de sensores especializados permitirá generar información precisa y confiable para optimizar la gestión del cultivo y mejorar la toma de decisiones con los factores presentes.

Además, este sistema no solo beneficiará a los agricultores al proporcionar datos en tiempo real para mejorar la eficiencia del riego y la protección de los cultivos, sino también al ámbito académico y científico, ya que la información recopilada contribuirá al análisis del impacto climático y la calidad del aire en el cultivo. El uso de ESP32 y LoRaWAN en un sistema de monitoreo remoto permitirá la recopilación y transmisión de datos desde ubicaciones remotas, asegurando una supervisión continua sin necesidad de intervención manual constante.

En este contexto, la implementación del sistema propuesto representa una herramienta clave para la optimización del manejo agrícola, la sustentabilidad de los cultivos y la generación de información relevante para estudios agroclimáticos y ambientales.

#### 1.4. Alcance

El presente proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo ambiental basado en sensores IoT y tecnología LoRaWAN, con el objetivo de recopilar y analizar datos en el sector El Inca, en las calles De los Nogales y Nueces, en Quito.

El sistema permitirá el monitoreo de CO, temperatura ambiente, humedad ambiental y humedad del suelo, proporcionando información en tiempo real para evaluar las condiciones climáticas que afectan la producción agrícola dentro de un cultivo seleccionado en la zona. Se desarrollará un prototipo funcional utilizando un ESP32 como unidad central de procesamiento y comunicación, integrando sensores específicos para la adquisición de datos.

La infraestructura del sistema incluirá la transmisión de datos mediante LoRaWAN, lo que garantizará una comunicación de largo alcance y bajo consumo energético sin requerir redes de telecomunicaciones complejas. La información recolectada será enviada a una plataforma IoT, donde se visualizarán los parámetros ambientales a través de una interfaz de usuario accesible desde cualquier ubicación con conexión a internet.

El alcance del proyecto abarca desde la fase de diseño hasta la implementación y validación del sistema en un entorno de prueba, verificando la precisión de los sensores y la estabilidad de la transmisión de datos. No se incluyen en este estudio el análisis de impacto a largo plazo en cultivos específicos ni la integración con sistemas agrícolas automatizados, aunque los resultados pueden servir como base para futuras análisis de estudio.

Finalmente, el sistema podrá ser escalable y adaptable para su aplicación en otras regiones agrícolas con condiciones climáticas diferentes, contribuyendo a la mejora del monitoreo y gestión ambiental en la producción agrícola en Ecuador.

#### 1.5. Métodos de investigación

Se implementa la metodología de desarrollo, la cual, implica el diseño y validación de un sistema de monitoreo ambiental. Se presentan las siguientes fases:

##### 1.5.1. Análisis de requerimiento

- Definir que sensores se van a utilizar: CO, temperatura, humedad del aire y suelo.

- Determinar la infraestructura de comunicación basada en LoRaWAN.
- Establecer los parámetros ambientales que se van a monitorear

#### **1.5.2. Diseño del sistema**

- Creación del esquema del hardware y software
- Desarrollo de la arquitectura de comunicación (ESP32 + LoRaWAN).
- Diseño de la interfaz de visualización de datos en la plataforma IoT.

#### **1.5.3. Implementación**

- Integración de los sensores con ESP32.
- Programación de la adquisición y transmisión de datos.
- Configuración de la red LoRaWAN y los gateways.

#### **1.5.4. Pruebas y validación**

- Verificación de la precisión de los sensores.
- Evaluación del alcance de la comunicación LoRaWAN en campo.
- Análisis de los datos recolectados y comparación con valores de referencia.

### **1.6. Marco Teórico**

#### **1.6.1. Introducción al marco teórico**

El siguiente marco teórico tiene como objetivo explicar conceptos y técnicas necesarias para implementar un sistema de monitoreo ambiental de bajo costo utilizando sensores IoT y tecnología LoRaWAN. Se indagará en investigaciones previas respecto a fundamentos teóricos sobre IoT y tecnología LoRaWAN, sensores de monitoreo ambiental y técnicas de monitoreo de datos.

A lo largo de los años con la creciente importancia del cuidado del medio ambiente y su relevancia en la agricultura, se ha visto la necesidad de la implementación de nuevas tecnologías que han logrado el avance de sistemas eficaces para la recolección de datos en tiempo real. Han ayudado a monitorear variables clave como la calidad del aire, la temperatura y humedad, la presión atmosférica y altitud, así como también la radiación y luz solar.

El uso de tecnologías como el internet de las cosas (IoT), la tecnología LoRaWAN (Long

Range Wide Area Network) e implementación de sensores enlazados a las redes de estas nuevas tecnologías se han consolidado en la industria como una alternativa viable por su bajo consumo energético y transmisión de datos a largas distancias. Su eficiencia para operar en zonas de difícil acceso sin necesidad de infraestructura o redes móviles de alta velocidad sumado a su bajo costo también convierten estas tecnologías en las más viables. (*Por qué elegir LoRa para soluciones de monitoreo ambiental*, s. f.)

### 1.6.2 Antecedentes de la investigación

Hace décadas atrás surgió la tecnología LoRa (al igual que WiFi, Bluetooth, LTE, Sigfox o Zigbee) esta tecnología relativamente nueva que emplea modulación por radiofrecuencia se destacó por su amplia red y su bajo consumo, útil para establecer comunicaciones bidireccionales fiables. La tecnología de modulación se denomina Chirp Spread Spectrum (o CSS) y se emplea en comunicaciones militares y espaciales desde hace décadas. (*Tecnología LoRA y LoRAWAN - Catsensors*, s. f.)

Al igual que el resto de las tecnologías que fueron surgiendo con los años las cuales fueron ocupadas en distintos campos en la industria de telecomunicaciones la tecnología LoRa no tardo en utilizarse en sistemas de enlace punto a punto abriendo paso a un sin número de usos entre ellos el monitoreo ambiental, por ejemplo (Candia et al., s. f.), que propuso y llevo a cabo un sistema de monitoreo de la calidad del aire para áreas urbanas basado en una red LoRaWAN, utilizando entornos de hardware y software libre. El conjunto de la información sensada es transmitida a una plataforma escalable para IoT en la nube, desde donde se puede procesar el conjunto de los datos recibidos, monitorear el estado de la red y generar estadísticas. En la ciudad de La Plata, Argentina. De igual manera utilizo Los avances tecnológicos en redes de comunicación y en sensores de contaminación del aire permiten el desarrollo de sistemas de bajo costo para la gestión de la calidad del aire en ciudades.

A nivel nacional en el Ecuador también se ha utilizado la tecnología LoRaWAN aplicada a la agricultura y conservación ambiental como (Salazar Castillo et al., 2024) Que implemento y desarrollo un dispositivo con tecnología LoRa para monitorear el estrés abiótico en cultivos de lechugas. Se diseñó un dispositivo que incorpora sensores de temperatura, humedad ambiental y del suelo para el monitoreo, y luego transmite los datos a través de LoRa a una puerta de enlace, que a su vez los reenvía a una plataforma IoT en la nube para su visualización. Los resultados mostraron una temperatura promedio de 15.03°C, humedad ambiental promedio del 80.4% y humedad del suelo promedio del

79.58%. Estos valores están dentro de los rangos óptimos para el cultivo de lechugas, lo que sugiere un entorno propicio para un crecimiento saludable. Además, se observó una duración de la batería del dispositivo de monitoreo de aproximadamente 10 horas, lo que permite un monitoreo continuo en ubicaciones remotas.

Se puede analizar el uso que se puede dar a esta tecnología y a los diferentes problemas a los que da solución no obstante también conlleva ciertas limitaciones. En el estudio de (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020) , diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores IOT utilizando tecnología Lorawan para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores. En su estudio aborda el problema, plantea la importancia y el alcance del estudio para posteriormente delimitar el problema de forma espacial, temporal y académica.

Estos estudios evidencian la creciente adopción de soluciones IoT y LoRaWAN en el monitoreo ambiental, destacando sus beneficios en términos de eficiencia, bajo costo y adaptabilidad a diferentes entornos. Sin embargo, aún existen áreas por explorar, especialmente en la implementación de sistemas de monitoreo ambiental de bajo costo en zonas rurales específicas como De los Nogales y Nueces, donde la infraestructura tradicional es limitada.

## 1.6.2. Bases teóricas

### 1.6.2.1. Internet de las cosas (IoT) y su aplicación en el monitoreo ambiental

El internet de las cosas (IoT por su acrónimo en inglés) se define como la interconexión de objetos físicos por medio de redes de comunicación, logrando el enlace y el intercambio de datos en tiempo real. Esta tecnología a través de los años se ha implementado en diferentes sectores, entre ellos el monitoreo ambiental ayudando a la supervisión de variables claves como temperatura, humedad, calidad del aire entre otras. La implementación de IoT en entornos naturales facilita la detección temprana de cambios ambientales, aporta al manejo de situaciones orientadas a la conservación y gestión de recursos naturales. Con esta tecnología se podría invertir las causas de muerte a causa de la contaminación global ¿Cómo podemos empezar a invertir estas cifras? Hoy en día, IoT-based environmental monitoring and tecnología limpia puede apoyar la detección de sustancias nocivas, vertidos químicos, contaminantes nocivos y mucho más, lo que permite a los gobiernos e industrias limpiar y proteger nuestro aire, suelo y agua. (*IoT-Monitoreo Ambiental Basado: Tipos y casos de uso / Digi International, s. f.*)

La arquitectura IoT emplea 4 capas;

- Capa 1. Sensores y actuadores. Son los dispositivos físicos de la arquitectura encargados de medir o calcular las magnitudes físicas, mientras que los actuadores cumplen con la función de transformar la energía en una acción determinada.
  - Capa 2. Sistema de adquisición de datos. Se encargan de recopilar los datos obtenidos de los sensores y actuadores para posteriormente transferirlos a internet.
  - Capa 3. Análisis de la frontera. Esta capa se encarga de procesar los datos con el objetivo de reducir el volumen y enviar una información concreta a la nube.
  - Capa 4. Análisis en el centro de datos o en la nube. Permite alojar los datos recopilados donde se exige equipos más complejos para ponerla a disposición.
- (*¿Qué es la arquitectura IoT y dónde se emplea? / UNIR, s. f.*)

La arquitectura IoT es una composición común y corriente como las arquitecturas en telecomunicaciones y redes, Es menester tomar en cuenta otro punto de vista donde pueden existir otras arquitecturas que se adaptan a los aspectos más concretos de IoT, y todo dependerá del diseño, su finalidad y el servicio que brindan. (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020)

#### **1.6.3.      Tecnología LoRa y LoRaWAN**

Los términos LoRa ha revolucionado la industria IoT al ofrecer comunicaciones de largo alcance y bajo consumo de energía. Permite la comunicación en áreas rurales y ciudades con entornos urbanos densos, también es viable por su bajo costo sin necesidad de estructura ni tarifas de licencia, esto gracias a que opera en frecuencias no licenciadas. (*LoRaWAN y antena LoRa: guía definitiva - Tesswave, s. f.*)

Los términos LoRa y LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) no se refieren justamente a lo mismo el primer término se refiere a la capa física de conexión mientras que el segundo es una especificación LPWAN (Low Power Wide Area Network) que emplea un protocolo de acceso al medio para este tipo de redes. LoRa es un esquema de modulación de espectro expandido derivado de la modulación CSS (Chirp Spread Spectrum) donde se negocia la tasa de transmisión de datos por la sensibilidad en un canal con un ancho de banda fijo. El protocolo de acceso al medio LoRaWAN de LoRa Alliance, permite la comunicación efectiva entre gateways y dispositivos finales o nodos. Cuenta con comunicación bidireccional desbalanceada. La arquitectura típica de una red LoRa consta de tres dispositivos: nodos o dispositivos finales, gateways y servidores de red. LoRaWAN

es el protocolo de conexión entre los dispositivos finales y gateways estos últimos reenvían la trama LoRaWAN de los dispositivos al servidor de red utilizando una interfaz de mayor rendimiento operando en el protocolo TCP/IP, como por ejemplo WiFi o 3G. Una de las principales ventajas de LoRaWAN es que permite al usuario tener control total de la red (nodo, Gateway y servidor de red). (*Enhanced Reader*, s. f.)

La tecnología LoRaWAN permite configurar parámetros de transmisión como potenciómetro de transmisión, portador, factor de dispersión, ancho de banda, tasa de codificación, cumplir de manera eficiente a diferentes escenarios de comunicación y optimizar el uso de energía. Los factores de dispersión en LoRa pueden seleccionarse entre 6 y 12 y cada incremento por el SF (Factor de dispersión “Spreading Factor” en inglés) reduce la tasa de datos a la mitad LoRa es un esquema de comunicaciones de bajo diseñado para proporcionar comunicaciones de bajo consumo energético en dispositivos, como sensores, vehículos autónomos y otros dispositivos, que dependen de la comunicación a largo alcance.

Asimismo, la técnica de modulación Chirp Spread Spectrum (CSS) incorporada en LoRa ofrece una notable resistencia a interferencias, permite la transmisión incluso 195 dB por debajo del umbral del ruido y resiste el fenómeno Doppler, esencial para establecer conexiones fiables en zonas rurales o en movimiento. Actualmente, aunque la especificación LoRaWAN designa funciones como el nodo de red responsable de controlar dispositivos, no determina un método automático para el ajuste de parámetros de transmisión, por lo que muchas implementaciones en la práctica emplean parámetros de transmisión fijos. (Bor & Roedig, s. f.)

El poder generar enlaces de largo alcance y baja potencia para comunicar dispositivos entre si facilita el monitoreo y control de cualquier sistema a bajo costo, resuelve el tener que diseñar y construir una estructura de redes, cableado o líneas de telefonía y datos. Las aplicaciones de los enlaces de comunicación inalámbrica de largo alcance son diversas.

#### **1.6.4. Comparación entre tecnologías de comunicación inalámbrica de largo alcance**

##### **Tabla 1**

*Comparación entre las tecnologías de transmisión LoRa y ZigBee*

Característica	LoRa	ZigBee
<b>Tecnología de transmisión</b>	Utiliza una modulación de espectro ensanchado única dentro de la banda Sub-GHz (915/868/430 MHz) para permitir largo alcance, baja potencia y alta capacidad de penetración.	A través de 16 canales situados en el rango de frecuencias de 2.4 GHz, 868 y 902-928 MHz, con un ancho de banda de 5 MHz por canal.
<b>Alcance</b>	Cobertura en línea de vista hasta 15 km y hasta 5 km sin línea de vista.	Cobertura en línea de vista hasta 120 m y hasta 40 m sin línea de vista.
<b>Velocidad de datos</b>	Hasta 300 kilobit/seg con modulación FSK y hasta 12.5 kilobit/seg con modulación LoRa.	1.2 kilobit/seg hasta 1 megabit/seg.
<b>Tensión de operación</b>	2.1 V a 3.6 V	2.1 V a 3.6 V
<b>Consumo corriente de transmisión</b>	124 mA	45 mA
<b>Consumo corriente en reposo</b>	2.2 $\mu$ A	3 $\mu$ A
<b>Modulación</b>	LoRa - FSK	OQPSK

*Nota. Adaptado de (Alejandro Cárdenas Lancheros Omar Jose Castro Castro Universidad Distrital Francisco José Caldas Facultad De Ingeniería Ingeniería Electrónica Bogotá Dc, 2019)*

El alcance que se logra conseguir con esta tecnología en Ecuador nos beneficia de manera que se puede recopilar datos del ambiente en zonas rurales de difícil acceso. Por ejemplo, en la aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del río paute donde la información de los sensores de nivel de agua y de intensidad de lluvia disponibles en tiempo real puede contribuir además con la reducción del tiempo de reacción de la gestión de riesgos y prevención de inundaciones en ciudades como Cuenca atravesada por sus 4 ríos y con experiencias previas y continuas de desbordamiento de

estos. La evolución de las tecnologías inalámbricas de bajo consumo y largo alcance como LoRa y su arquitectura LoRaWAN han evidenciado su utilidad y mejores prestaciones en comparación con tecnologías de WSN anteriores en términos de bajo consumo, alcance y escalabilidad. (*Aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del Río Paute*, s. f.)

#### 1.6.5. Sensores ambientales y su funcionamiento

Los sensores para el monitoreo del ambiente son dispositivos diseñados para medir las variables físicas o químicas del entorno como la calidad del aire la temperatura, humedad, entre otros. Los sensores se encargan de recibir la magnitud física luego esta pasa por distintos procesos para convertir la magnitud de la señal medida a señal eléctrica. En este proyecto se usará tres sensores esenciales y altamente utilizados en el monitoreo del ambiente. MQ-135 sensor de calidad del aire, DHT22 sensor de temperatura y humedad y BMP280 sensor de presión atmosférica y altitud. -Tipos de sensores utilizados en el monitoreo ambiental.

#### 1.6.6. Sensor MQ135

El MQ-135 es un sensor de gas semiconductor útil para detectar una variedad de gases nocivos en el aire, incluyendo amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y otros compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Este sensor es comúnmente empleado en sistemas de monitoreo de calidad del aire debido a su sensibilidad y bajo costo. En proyectos prácticos MQ-135 se ha usado junto con un Arduino para medir los niveles de  $\text{CO}_2$  en el aire de manera precisa y eficiente. Junto con un módulo RTC (Real Time Clock) para registrar la fecha y hora de cada lectura y una pantalla LCD para mostrar los resultados en tiempo real. También en aplicaciones industriales, se puede utilizar para detectar fugas de gases nocivos en entornos de trabajo. (*Calidad De Air Sensor Mq - 135 : 7 Steps - Instructables*, s. f.)

#### Especificaciones técnicas

Tabla 2

Especificaciones técnicas del sensor MQ135

Parámetro	Valor
Modelo	MQ135

<b>Tipo de sensor</b>	Semiconductor
<b>Encapsulación estándar</b>	Baquelita, tapa metálica
<b>Gases detectados</b>	Amoníaco, sulfuro, vapor de benceno, tolueno, humo, hidrógeno
<b>Rango de detección</b>	10~1000 ppm
<b>Condiciones estándar del circuito</b>	
<b>Voltaje del circuito (Vc)</b>	$\leq 24V$ DC
<b>Voltaje del calentador (Vh)</b>	$5.0V \pm 0.1V$ AC o DC
<b>Resistencia de carga (RL)</b>	Ajustable
<b>Resistencia del calentador (RH)</b>	$29\Omega \pm 3\Omega$ (a temperatura ambiente)
<b>Consumo del calentador (PH)</b>	$\leq 950mW$
<b>Características bajo condiciones de prueba estándar</b>	
<b>Sensibilidad (S)</b>	$Rs(\text{en aire})/Rs(\text{en } 400\text{ppm H}_2) \geq 5$
<b>Voltaje de salida (Vs)</b>	$2.0V \sim 4.0V$ (en 400ppm H <sub>2</sub> )
<b>Pendiente de concentración (a)</b>	$\leq 0.6$ ( $R400\text{ppm} / R100\text{ppm H}_2$ )
<b>Condiciones de prueba estándar</b>	
<b>Temperatura y humedad</b>	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; $55\% \pm 5\% \text{RH}$
<b>Voltaje de prueba estándar</b>	Vc: $5.0V \pm 0.1V$ ; Vh: $5.0V \pm 0.1V$
<b>Tiempo de precalentamiento</b>	Más de 48 horas

*Nota. Adaptado de (MQ135 Datasheet(PDF) - Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd., n.d.)*

### 1.6.7. Sensor DHT22

El sensor DHT22, es un sensor digital que mide la temperatura y la humedad relativa del ambiente. Es reconocido por su precisión y estabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren monitoreos ambientales confiables. Un ejemplo de su aplicación es en proyectos de monitoreo climático utilizando Arduino, donde el DHT22 se emplea para registrar datos de temperatura y humedad, proporcionando información precisa para análisis ambientales (*Arduino: Monitoreo de Variables Climáticas Haciendo*

*Uso de los Sensores Bmp-180, Dht-22 y Neo-6m, s. f.)*

### **Especificaciones técnicas**

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas del sensor DHT22*

Parámetro	Valor
<b>Modelo</b>	DHT22
<b>Alimentación</b>	3.3-6V DC
<b>Señal de salida</b>	Señal digital a través de un bus único
<b>Elemento sensor</b>	Condensador de polímero
<b>Rango de operación</b>	Humedad: 0-100% RH; Temperatura: -40~80°C
<b>Precisión</b>	Humedad: $\pm 2\%$ RH (Máx $\pm 5\%$ RH); Temperatura: $\pm 0.5^\circ\text{C}$
<b>Resolución o sensibilidad</b>	Humedad: 0.1% RH; Temperatura: $0.1^\circ\text{C}$
<b>Repetibilidad</b>	Humedad: $\pm 1\%$ RH; Temperatura: $\pm 0.2^\circ\text{C}$
<b>Histéresis de humedad</b>	$\pm 0.3\%$ RH
<b>Estabilidad a largo plazo</b>	$\pm 0.5\%$ RH/año
<b>Período de muestreo</b>	Promedio: 2s
<b>Intercambiabilidad</b>	Totalmente intercambiable
<b>Dimensiones</b>	Tamaño pequeño: 14×18×5.5 mm; Tamaño grande: 22×28×5 mm

*Nota. Adaptado de (DHT22 pdf, DHT22 Description, DHT22 Datasheet, DHT22 view :::: ALLDATASHEET ::::, s. f.)*

#### **1.6.8. Sensor BMP280**

El BMP280 es una versión mejorada del BMP180, con mayor precisión y menor consumo de energía. El BME280 incluye además un sensor de humedad, pero a menudo se vende por varios fabricantes con la etiqueta incorrecta para el BMP280. Dado que utiliza el protocolo I2C o SPI, es fácilmente utilizable con cualquier placa ESP32. (*Explorando los sensores de temperatura compatibles con ESP32, s. f.*)

## **Especificaciones técnicas y comparación con el sensor BMP180**

**Tabla 4**

*Comparación de sensores BMP180 y BMP280*

Parámetro	BMP180	BMP280
<b>Dimensiones</b>	3.6 × 3.8 mm	2.0 × 2.5 mm
<b>Voltaje mínimo VDD</b>	1.80 V	1.71 V
<b>Voltaje mínimo VDDIO</b>	1.62 V	1.20 V
<b>Consumo de corriente @3 Pa</b>	12 µA	2.7 µA
<b>RMS ruido</b>		
<b>Ruido RMS</b>	3 Pa	1.3 Pa
<b>Resolución de presión</b>	1 Pa	0.16 Pa
<b>Resolución de temperatura</b>	0.1°C	0.01°C
<b>Interfaces</b>	I <sup>2</sup> C	I <sup>2</sup> C y SPI (3 y 4 hilos, modos '00' y '11')
<b>Modos de medición</b>	Solo P o T, forzado	P&T, forzado o periódico
<b>Frecuencia de medición</b>	Hasta 120 Hz	Hasta 157 Hz
<b>Opciones de filtrado</b>	Ninguna	Cinco anchos de banda

*Nota. Adaptado de (BMP280 Datasheet (PDF) - Bosch Sensortec GmbH, n.d.)*

### **1.6.9. Bases conceptuales**

El Internet de las cosas (IoT por su acrónimo en inglés) se refiere al enlace de dispositivos físicos por medio del internet, logrando la recopilación e intercambio de datos en tiempo real. Esta tecnología permite automatizar procesos y monitoreo remoto de variables en diferentes campos, ya sea industrial, agrícola y ambiental. (*IoT-Monitoreo Ambiental Basado: Tipos y casos de uso* | Digi International, s. f.).

### **1.6.10. Terminología LoRaWAN**

El factor de dispersión SF (Spreading Factor) diagnostica la expansión de la señal contra el tiempo. Los valores van desde los valores (SF7 a SF12) si bien permiten la comunicación a mayor distancia reducen la tasa de datos y los valores de SF bajos envían datos a mayor

velocidad en menor distancia.

La relación del factor de dispersión, el alcance y la tasa de datos es inversamente proporcional, esto quiere decir que a mayor factor de dispersión mayor distancia de comunicación, pero a costa de menor velocidad de transmisión, así mismo a menor factor de dispersión, menor distancia de comunicación, pero mayo velocidad de transmisión de datos. (LoRaWAN Spreading Factor, Range, and Data Rate Explained | RF Wireless World, s. f.).

De acuerdo a (Spreading Factors | The Things Network, s. f.). CSS es el esquema de modulación que utiliza LoRa en la capa física, es decir, lo que ocurre con las ondas de radio. CSS envía señales al variar continuamente las frecuencias, algo así como el "chirp" o "pío" de un pájaro. Esto hace que las transmisiones sean más resistentes al ruido y a las interferencias en comparación con otras modulaciones, como FSK.

Gracias a CSS, LoRa puede captar señales que están 19.5 dB por debajo del ruido de fondo, algo que sería prácticamente imposible con tecnologías inalámbricas tradicionales, Además, CSS ofrece tolerancia al efecto Doppler, lo que permite que LoRa funcione incluso cuando los dispositivos están en movimiento.

De acuerdo con (*¿Qué es LoRa? Tecnología IoT y Diferencias con LoRaWAN*, s. f.) LoRa (Long Range) que su traducción al español significa larga distancia es una tecnología de comunicación inalámbrica que usa la conexión de sensores, dispositivos y sistemas que funcionan enviando pequeñas cantidades de datos a largas distancias, logrando un equilibrio entre alcance, eficiencia y bajo costo.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) es un protocolo de comunicación que opera sobre la modulación LoRa, conlleva una arquitectura de red escalable y segura para la comunicación de dispositivos IoT. LoRaWAN es útil en aplicaciones que requieren comunicación bidireccional, seguridad de extremo a extremo y movilidad. -Definiciones clave: IoT, LoRaWAN, sensores ambientales, redes LPWAN, monitoreo ambiental.

#### **1.6.11. Modelo y enfoques relacionados**

El modelo de arquitectura ampliamente adoptada en proyectos y estudios de monitoreo ambiental consta de:

- **Nodos de sensores:** También conocidos como los dispositivos finales, son los

sensores físicos (como DHT22 para la temperatura, MQ-135 para la calidad del aire y BMP280 para la presión atmosférica) que en primera instancia miden la magnitud física y la recopilan, posteriormente estos nodos conectados a módulos de comunicación LoRa transmiten la información.

- **Puertas de enlace (Gateways):** Encargados de recibir los datos y retransmitirlos a un servidor central mediante conexiones IP estándar.
- **Servidor de Red:** Gestiona el protocolo LoRaWAN, garantizando la correcta recepción y enrutamiento de los datos hacia las aplicaciones correspondientes
- **Aplicaciones de usuarios:** Interfases donde se visualizan y analizan los datos recopilados.

Un ejemplo práctico de esta arquitectura es el proyecto desarrollado por (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020) quienes implementaron una red de sensores IoT utilizando LoRaWAN para monitorear parámetros ambientales en interiores y exteriores.

#### 1.6.12. Relación del marco teórico con la investigación

El desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental de bajo costo utilizando sensores IoT y tecnología LoRaWAN se fundamenta en los conceptos y modelos descritos previamente en el marco teórico.

La implementación de la tecnología IoT enfocado en el monitoreo ambiental permite el enlace de dispositivos que recopilan información y logran transmitirla en tiempo real los datos de variables ambientales que son claves. La destreza de esta tecnología permite aplicarla en zonas rurales de difícil acceso donde la infraestructura de monitoreo o el uso de otro tipo de tecnología de comunicación inalámbrica es inviable. Por ejemplo, el proyecto desarrollado por (De & De Sistemas, s. f.), se propuso un sistema de monitorización basado en IoT/LoRaWAN para un invernadero, demostrando la eficacia de esta tecnología en entornos agrícolas -Justificación de la elección de sensores y tecnología LoRaWAN.

La elección de LoRaWAN como protocolo de comunicación bidireccional es gracias a su característica de largo alcance y bajo consumo energético, lo que la convierte en la tecnología ideal para áreas rurales y de difícil acceso, esto aunado a su bajo costo ya que no se necesita implementar algún tipo de infraestructura de comunicación costosa o pago de licencia para su uso ya que opera en frecuencias no licenciadas, de igual manera sus características y ventajas Conexiones bidireccionales seguras mediante encriptación de

extremo a extremo, Bajo consumo de energía (duración de las pilas hasta 10 años) Largo alcance de comunicación (10 - 20 km), Conexión de infinidad de sensores y equipos a redes públicas o privadas (hasta 1 millón de nodos en red), Bajas velocidades de datos, Baja frecuencia de transmisión, movilidad y servicios de localización. Interoperabilidad de las diversas redes LoRaWAN en todo el mundo de acuerdo con (*Tecnología LoRA y LoRAWAN - Catsensors, s. f.*) .

La integración de sensores como el MQ-135, DHT22 y BMP280 en el sistema propuesto permite la medición precisa de variables ambientales como calidad del aire, temperatura, humedad y presión atmosférica. Estos sensores han demostrado su eficacia en proyectos similares, proporcionando datos confiables para el monitoreo ambiental. Por ejemplo, en el trabajo de (*Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja: Buscando en DSpace, s. f.*), se implementó una red LoRaWAN para el monitoreo de gases ambientales, utilizando sensores específicos para la detección de contaminantes.

La estructura en estrella típica de las redes LoRaWAN ayudo a la comunicación eficiente entre los nodos sensores y las puertas de enlace, optimizando la recopilación y transmisión de datos. Este modelo facilita proyectos de monitoreo ambiental, donde se requiere cobertura en áreas amplias con recursos limitados.

La implementación de sistemas de monitoreo basados en IoT y LoRaWAN contribuye significativamente a la gestión eficiente de recursos naturales y agrícolas. Al proporcionar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales, estos sistemas permiten una toma de decisiones informada, mejorando la productividad y sostenibilidad llegando al impacto esperado en las zonas rurales de De los Nogales y Nueces.

#### **1.6.13. Síntesis del marco teórico**

El análisis teórico realizado en las secciones anteriores ha contribuido establecer una los cimientos para el desarrollo del presente proyecto. La integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y LoRaWAN se ha evidenciado efectiva y útil en diversos estudios para el monitoreo ambiental, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso. Estas tecnologías ofrecen soluciones de bajo costo, bajo consumo energético y amplia cobertura, características esenciales para la implementación en zonas con infraestructura limitada.

Los sensores específicos, como el MQ-7 para la detección de gases o calidad del aire, el DHT11 para la medición de temperatura y humedad, se fundamenta en su precisión,

disponibilidad y costo accesible. Estos dispositivos han sido utilizados con éxito en proyectos similares, lo que los hacen idóneos para el proyecto a realizar.

Además, la revisión y comprensión de modelos y arquitecturas de redes IoT con LoRaWAN ha evidenciado la eficacia de estructuras en estrella y la utilización de gateways para la recolección y transmisión de datos. Estas configuraciones ayudan a una comunicación eficiente y escalable, adaptándose a las necesidades específicas del monitoreo ambiental en tiempo real.

En resumen, el marco teórico desarrollado no solo respalda la viabilidad técnica del proyecto, sino que también orienta y capacita la metodología y técnicas que se pueden llevar a cabo. La combinación de tecnologías IoT y LoRaWAN, junto con la selección adecuada de sensores y arquitecturas de red, sienta las bases para la implementación exitosa de un sistema de monitoreo ambiental de bajo costo, contribuyendo al mejoramiento de la gestión ambiental y agrícola en las zonas de De los Nogales y Nueces.

## 2. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 2.1. Recursos humanos

**Tabla 5**

*Recursos Humanos Involucrados en el Proyecto*

Categoría	Responsable	Funciones
<b>Investigador principal</b>	Jimmy Condor; Carlos García	Diseño y supervisión del proyecto, análisis de datos y toma de decisiones.
<b>Agricultor</b>	Josefina Quindigalli	Aportación de conocimientos sobre cultivos y necesidades específicas de monitoreo.
<b>Asesor académico</b>	Oscar Nuñez	Revisión y validación metodológica del proyecto.

*Nota.* La asignación de roles y funciones dentro del proyecto permite una distribución eficiente de las responsabilidades y garantiza el cumplimiento de los objetivos establecidos.

### 2.2. Recursos técnicos y materiales

Se procede a especificar los elementos dentro del proyecto en la siguiente tabla:

**Tabla 6**

*Recursos técnicos y materiales*

Categoría	Elemento	Descripción	Cantidad
<b>Microcontrolador</b>	TTGO LoRa32	Microcontrolador con comunicación LoRa integrada para la recolección y transmisión de datos	2
<b>Sensor de temperatura y humedad ambiental</b>	DHT11	Sensores para medir temperatura y humedad relativa del ambiente	1
<b>Sensor de humedad del suelo</b>	YL-69	Permite medir la humedad presente en el suelo para monitoreo de riego	1
<b>Sensor de CO</b>	MQ7	Sensor para medir la concentración de dióxido de carbono en el aire	1
<b>Fuente de alimentación</b>	Batería LiPo 3.7V / Panel solar	Fuente de energía para alimentar el ESP32 y los sensores en exteriores	1
<b>Antena LoRa</b>	868 MHz o 915 MHz	Mejora la señal y el alcance de la transmisión de datos	2
<b>Plataforma IoT</b>	APP INVENTOR	Plataforma para visualizar y analizar los datos en la nube	-

<b>Cables y conectores</b>	Jumper cables, conectores Dupont	Conexión de sensores con el ESP32	Variado
<b>Caja de protección</b>		Protección del sistema contra factores climáticos en campo	1

*Nota. \*Materiales necesarios para un sistema de monitoreo en El Inca.*

### 2.3. **Viabilidad**

El desarrollo e implementación del sistema de monitoreo ambiental mediante sensores IoT y tecnología LoRaWAN en el sector El Inca, calles De los Nogales y Nueces, en Quito, es viable desde los siguientes enfoques:

#### 2.3.1. **Viabilidad Técnica**

- Disponibilidad de tecnología: Los componentes electrónicos necesarios, como ESP32 LoRa, sensores de temperatura, humedad, CO y sensor de humedad del suelo, están accesibles en el mercado nacional e internacional.
- Infraestructura de comunicación: La implementación de LoRaWAN permite la transmisión de datos a larga distancia sin requerir infraestructura de red celular o WiFi en el sitio de monitoreo.
- Compatibilidad: El hardware seleccionado es compatible con plataformas IoT como Firebase para la visualización remota de los datos ambientales.

#### 2.3.2. **Viabilidad Económica**

- Costos accesibles: La tecnología utilizada es de bajo costo en comparación con soluciones comerciales avanzadas.
- Mantenimiento mínimo: Los sensores y dispositivos LoRaWAN tienen un bajo consumo energético, lo que reduce los costos de mantenimiento y operación en el tema de alimentación.
- Disponibilidad de financiamiento: Se realiza por parte de los involucrados en el tema de tesis.

#### 2.3.3. **Viabilidad Legal**

- Normativas de comunicación: LoRaWAN opera en bandas de frecuencia no licenciadas (ISM 868 MHz en Europa y 915 MHz en América), lo que facilita su implementación sin necesidad de permisos adicionales.

## 2.4. Cronograma

Se debe establecer de manera gráfica, (diagrama de Gantt) las actividades y fechas límite para la elaboración del proyecto. (se sugiere consignar los avances por semana)

**Tabla 7**

*Cronograma de Actividades del Proyecto*

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
<b>Fase 1: Primer borrador</b>	●	●						
Revisión bibliográfica y estado del arte	●	●						
Definición de requerimientos	●	●						
<b>Fase 2: Diseño del sistema</b>			●	●				
Selección de sensores y componentes		●						
Diseño de la arquitectura LoRaWAN			●	●				
<b>Fase 3: Implementación</b>					●	●		
Programación del ESP32 y sensores				●	●			
Configuración de la red LoRaWAN				●	●	●		
Integración con plataforma IoT					●	●		
<b>Fase 4: Pruebas y validación</b>						●	●	
Pruebas en campo						●	●	
Ánalisis de datos y optimización						●	●	
<b>Fase 5: Documentación y entrega</b>							●	●
Elaboración del informe final							●	●
Presentación de resultados							●	●

*Nota.* El cronograma se estructura en cinco fases principales, indicando las semanas en las que se ejecuta cada actividad. El símbolo ● representa el periodo en el que se lleva a cabo la actividad.

### 3. Bibliografía

- Alejandro Cárdenas Lancheros Omar Jose Castro Castro Universidad Distrital Francisco José Caldas Facultad De Ingeniería Ingeniería Electrónica Bogotá Dc, E. DE. (2019). *Aplicación mediante la cual se realice el control y gestión de un sistema de iluminación led basado en la tecnología inalámbrica LoRa*. <http://hdl.handle.net/11349/14807>
- Aplicación de tecnologías inalámbricas al monitoreo climatológico en la cuenca del Río Pauta*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de [https://portal.amelica.org/amelia/journal/368/3681862012/html/Arduino:\\_Monitoreo\\_de\\_Variables\\_Climáticas\\_Haciendo\\_Uso\\_de\\_los\\_Sensores\\_Bmp-180,\\_Dht-22\\_y\\_Neo-6m](https://portal.amelica.org/amelia/journal/368/3681862012/html/Arduino:_Monitoreo_de_Variables_Climáticas_Haciendo_Uso_de_los_Sensores_Bmp-180,_Dht-22_y_Neo-6m).
- (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de [https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/831-cyt-numero-74/1739-arduino-monitoreo-de-variables-climáticas-haciendo-uso-de-los-sensores-bmp-180-dht-22-y-neo-6m?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/831-cyt-numero-74/1739-arduino-monitoreo-de-variables-climáticas-haciendo-uso-de-los-sensores-bmp-180-dht-22-y-neo-6m?utm_source=chatgpt.com)
- BMP280 Datasheet(PDF) - Bosch Sensortec GmbH*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1132069/BOSCH/BMP280.html>
- Bor, M., & Roedig, U. (s. f.). *LoRa Transmission Parameter Selection*.
- Calidad De Air Sensor Mq - 135 : 7 Steps - Instructables*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de [https://www.instructables.com/Calidad-De-Air-Sensor-Mq-135/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.instructables.com/Calidad-De-Air-Sensor-Mq-135/?utm_source=chatgpt.com)
- Candia, A., Ángel Luengo, M., Natacha Represa, S., Atilio Porta, A., Giuliani, D., & Armando Marrone, L. (s. f.). *Soluciones para SmartCities: propuesta de un*.
- De, C., & De Sistemas, I. (s. f.). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO*.
- DHT22 pdf, DHT22 Description, DHT22 Datasheet, DHT22 view :: ALLDATASHEET ::* (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132459/ETC2/DHT22.html>
- Enhanced Reader*. (s. f.).
- Explorando los sensores de temperatura compatibles con ESP32*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de [https://www.espboards.dev/es/blog/esp32-temperature-sensor-types/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.espboards.dev/es/blog/esp32-temperature-sensor-types/?utm_source=chatgpt.com)
- IoT-Monitoreo Ambiental Basado: Tipos y casos de uso | Digi International*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://es.digi.com/blog/post/iot-based-environmental-monitoring>
- LoRa bitrate calculator and understanding LoRa parameters | unsigned.io*. (s. f.). Recuperado 24 de abril de 2025, de <https://unsigned.io/understanding-lora-parameters/>
- LoRaWAN Spreading Factor, Range, and Data Rate Explained | RF Wireless World*. (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2025, de <https://www.rfwireless-world.com/terminology/iot/lorawan-spreading-factor-range-data-rate>
- LoRaWAN y antena LoRa: guía definitiva - Tesswave*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.tesswave.com/es/what-are-lorawan-and-lora-antenna/>
- MQ135 Datasheet(PDF) - Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1307647/WINSEN/MQ135.html>
- Narváez Narváez, K. S., & Contreras Pérez, V. A. (2020). *Diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores IOT utilizando tecnología Lorawan para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19439>
- Por qué elegir LoRa para soluciones de monitoreo ambiental*. (s. f.). Recuperado 16 de febrero de 2025, de [https://www.mokolora.com/es/lora-environmental-monitoring-solutions/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mokolora.com/es/lora-environmental-monitoring-solutions/?utm_source=chatgpt.com)
- ¿Qué es la arquitectura IoT y dónde se emplea? | UNIR*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de <https://www.unir.net/revista/ingenieria/arquitectura-iot/>
- ¿Qué es LoRa? Tecnología IoT y Diferencias con LoRaWAN*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2025, de [https://mbservices.cl/que-es-lora-tecnologia-iot-y-diferencias-lorawan/?utm\\_source=chatgpt.com](https://mbservices.cl/que-es-lora-tecnologia-iot-y-diferencias-lorawan/?utm_source=chatgpt.com)
- Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja: Buscando en DSpace*. (s. f.). Recuperado 18 de febrero de 2025, de [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=A\\_ponte+Ortiz%2C+Paul+Alexander](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=A_ponte+Ortiz%2C+Paul+Alexander)
- Salazar Castillo, P. A., Vásquez Ojeda, M. A., Montoya Puglla, S. D., García Rodriguez, J. C., & Robalino Peñaloza, D. A. (2024). Diseño y Desarrollo de un Dispositivo con Tecnología LoRa para el Monitoreo del Estrés Abiótico en Cultivos de Lechugas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 6827-6845. [https://doi.org/10.37811/CL\\_RCM.V8I2.11096](https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V8I2.11096)
- Spreading Factors | The Things Network*. (s. f.). Recuperado 25 de abril de 2025, de <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/spreading-factors/>
- Tecnología LoRA y LoRAWAN - Catsensors*. (s. f.). Recuperado 16 de febrero de 2025, de <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnología-lora-y-lorawan>

**CARRERA: ELECTRONICA****FECHA DE PRESENTACIÓN:**28      abril      2025  
DÍA      MES      AÑO**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO:**

CONDOR TASINCHANO JIMMY DARIO 1720669397

GARCIA OCHOA CARLOS ALEJANDRO 1750314112

**TITULO DEL PROYECTO:**

Diseño e implementación de un sistema de monitoreo agroclimático y calidad del aire basado en sensores IoT y tecnología LoRaWAN para la optimización de cultivos en el sector De los Nogales y Nueces.

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

CUMPLE

NO CUMPLE

- OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN
- ANÁLISIS
- DELIMITACIÓN.
- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO
- FORMULACIÓN PREGUNTAS/AFIRMACIÓN
- DE INVESTIGACIÓN

 X  
  

  
  

 X  
 X

  

**PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS:****GENERALES:**

REFLEJA LOS CAMBIOS QUE SE ESPERA LOGRAR CON LA INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

 X

**ESPECÍFICOS:**

GUARDA RELACIÓN CON EL OBJETIVO GENERAL PLANTEADO

 X

<b>JUSTIFICACIÓN:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CUMPLE</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>IMPORTANCIA Y ACTUALIDAD</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>BENEFICIARIOS</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>FACTIBILIDAD</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				CUMPLE	NO CUMPLE	IMPORTANCIA Y ACTUALIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BENEFICIARIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FACTIBILIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	CUMPLE	NO CUMPLE															
IMPORTANCIA Y ACTUALIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
BENEFICIARIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
FACTIBILIDAD	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<b>ALCANCE:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CUMPLE</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>ESTA DEFINIDO</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				CUMPLE	NO CUMPLE	ESTA DEFINIDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
	CUMPLE	NO CUMPLE															
ESTA DEFINIDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<b>MARCO TEÓRICO:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">SI</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">NO</td> </tr> <tr> <td>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>DESCRIBE EL PROYECTO A REALIZAR</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				SI	NO	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DESCRIBE EL PROYECTO A REALIZAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	SI	NO															
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
DESCRIBE EL PROYECTO A REALIZAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<b>TEMARIO TENTATIVO:</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">CUMPLE</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">NO CUMPLE</td> </tr> <tr> <td>ANTECEDENTES, FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ANÁLISIS Y SOLUCIONES PARA EL PROYECTO</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>APLICACIÓN DE SOLUCIONES</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				CUMPLE	NO CUMPLE	ANTECEDENTES, FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ANÁLISIS Y SOLUCIONES PARA EL PROYECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	APLICACIÓN DE SOLUCIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	CUMPLE	NO CUMPLE															
ANTECEDENTES, FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
ANÁLISIS Y SOLUCIONES PARA EL PROYECTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
APLICACIÓN DE SOLUCIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
EVALUACIÓN DE LAS SOLUCIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN PLANTEADA</b> <p>OBSERVACIONES : La heurística, en este caso, posibilita explorar soluciones funcionales para el diseño e implementación de un sistema de monitoreo agroclimático utilizando tecnologías emergentes</p>																	
<b>MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADOS:</b> <p>OBSERVACIONES : Se implementa la metodología de desarrollo, la cual, implica el diseño y validación de un sistema de monitoreo ambiental.</p>																	
<b>CRONOGRAMA :</b> <p>OBSERVACIONES : ----- ----</p>																	

FUENTES DE INFORMACIÓN: -----

-

**RECURSOS:**

CUMPLE

NO CUMPLE

HUMANOS

ECONÓMICOS

MATERIALES

**PERFIL DE PROYECTO DE GRADO**

Aceptado

Negado

el diseño de investigación por las  
siguientes razones:

a) -----

-----

b) -----

-----

c) -----

-----

**ESTUDIO REALIZADO POR EL ASESOR:**

**NOMBRE Y FIRMA DEL ASESOR:** Oscar Fernando Núñez Barrionuevo

01      05      2025  
DÍA      MES      AÑO

**FECHA DE ENTREGA DE INFORME**