



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

# DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN MENCIÓN REDES INDUSTRIALES

**“Sistema de agricultura inteligente con entorno de realidad virtual mediante el uso de tecnología LoRa orientado a minimizar el estrés abiótico”**

**Autores: Chilingua Malliquinga, Mauricio Danilo y Mañay Chochos,  
Edison David**

**Directora: Ing. Granizo Lopez Rosa Angelica**

**Latacunga, 07 de septiembre del 2021**



## AGENDA DE TRABAJO:

- Problemática**
- Objetivos del Proyecto**
  - Objetivo General
  - Objetivos Específicos
- Introducción**
- Tecnología LoRa**
- Estructura del sistema de agricultura inteligente**
- Esquema del sistema de agricultura inteligente**
- Implementación**
- Resultados**
- Conclusiones y Recomendaciones**



## Problemática

Ecuador al ser un país con producción agrícola en lugares con una altura por encima de 2500 metros sobre el nivel del mar, las heladas son frecuentes causando así el estrés abiótico por bajas temperaturas.

Las bajas temperaturas registradas en la provincia de Cotopaxi afectan sembríos de maíz, papas y frejol, se calculan que por hectárea de cultivo de maíz pierden entre 1800 a 2000 dólares y en el de papas de 4500 a 5000 dólares.

El Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura del Ecuador, afirma que el 50% de los suelos del país se encuentran en procesos de degradación, generando repercusiones importantes, no solo respecto a la sostenibilidad ambiental del territorio, sino también sobre los medios de vida de los sectores más pobres del país, cuya subsistencia depende de la agricultura.



# Las bajas temperaturas en el cultivo de papas



## OBJETIVO GENERAL:

Implementar un sistema de agricultura inteligente con entorno de realidad virtual mediante el uso de tecnología LoRa orientado a minimizar el estrés abiótico por bajas temperaturas en cultivo de papas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Diseñar e implementar una red de sensores para la medición de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, radiación solar y un nodo actuador mediante comunicación con tecnología LoRa.

Diseñar e implementar un módulo coordinador central para la comunicación entre la red de sensores, plataforma IoT y con el entorno de realidad virtual.

Implementar una interfaz gráfica de usuario en una plataforma IoT libre y un entorno de realidad virtual con la capacidad de modificar los parámetros y determinar nuevas condiciones de crecimiento.

Diseñar e implementar una planta de energía eléctrica mediante paneles solares para el funcionamiento de una bomba de 1/2 hp.

## Introducción

### Sistema de Agricultura Inteligente

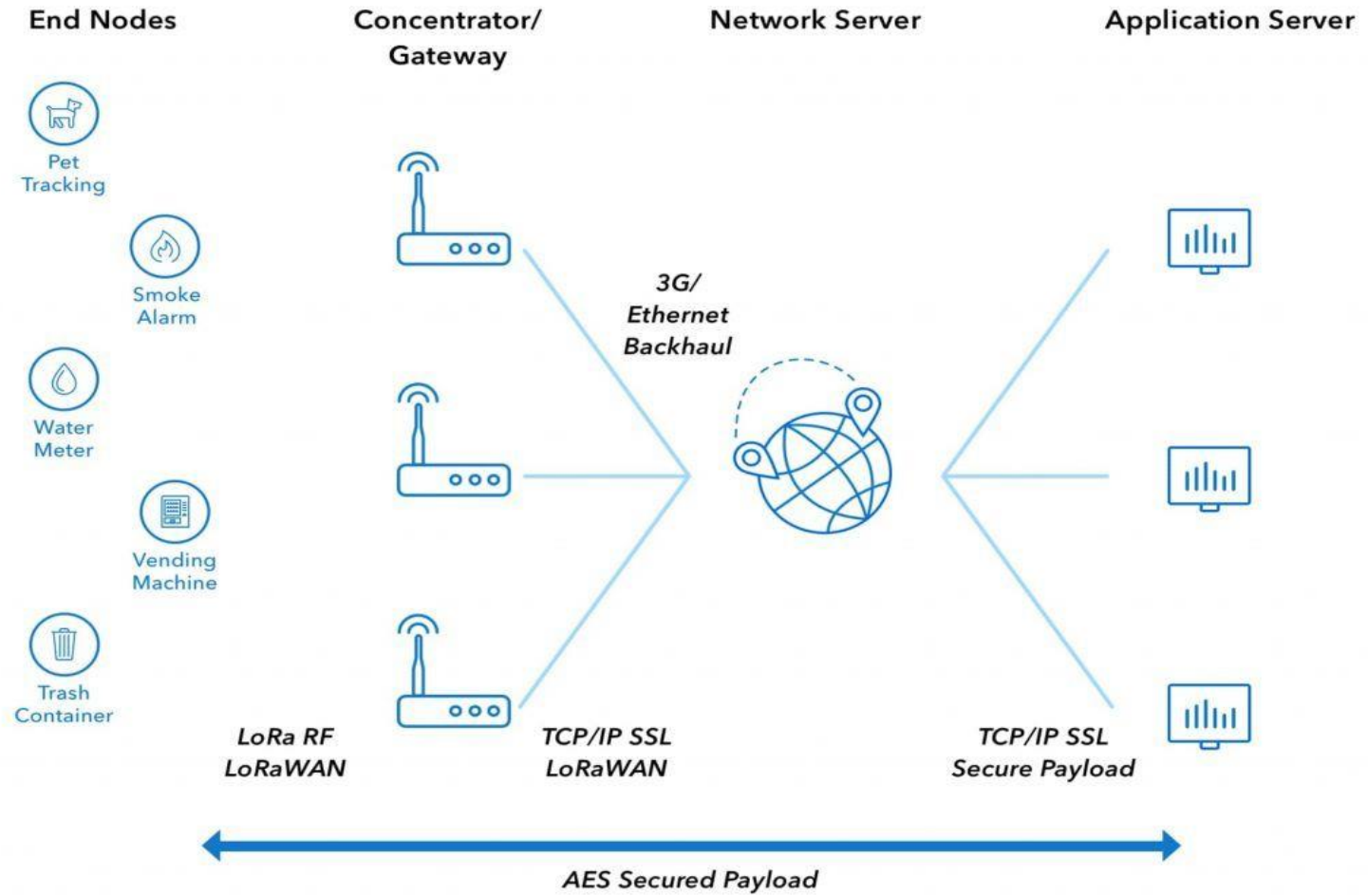
La agricultura inteligente tiene por objetivo afrontar el reto que supone para la humanidad alimentar a los 9100 millones de personas que en el año 2050 poblarán la tierra, un hecho que implica la producción de un 70 % más de alimentos entre 2005 y 2050 (Calvo.,2019).

### *Parámetros*

- **Productividad:** propone aumentar de forma sostenible la productividad agrícola y los ingresos de cultivos, ganado y peces, sin tener un impacto negativo en el medio ambiente (Cerem Comunicación, 2017).
- **Adaptación:** presta especial atención a la protección que los ecosistemas proporcionan a los agricultores, esenciales para mantener la capacidad para adaptarse a los cambios climáticos.
- **Mitigación:** debe ayudar a reducir e incluso eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero (Cerem Comunicación, 2017)

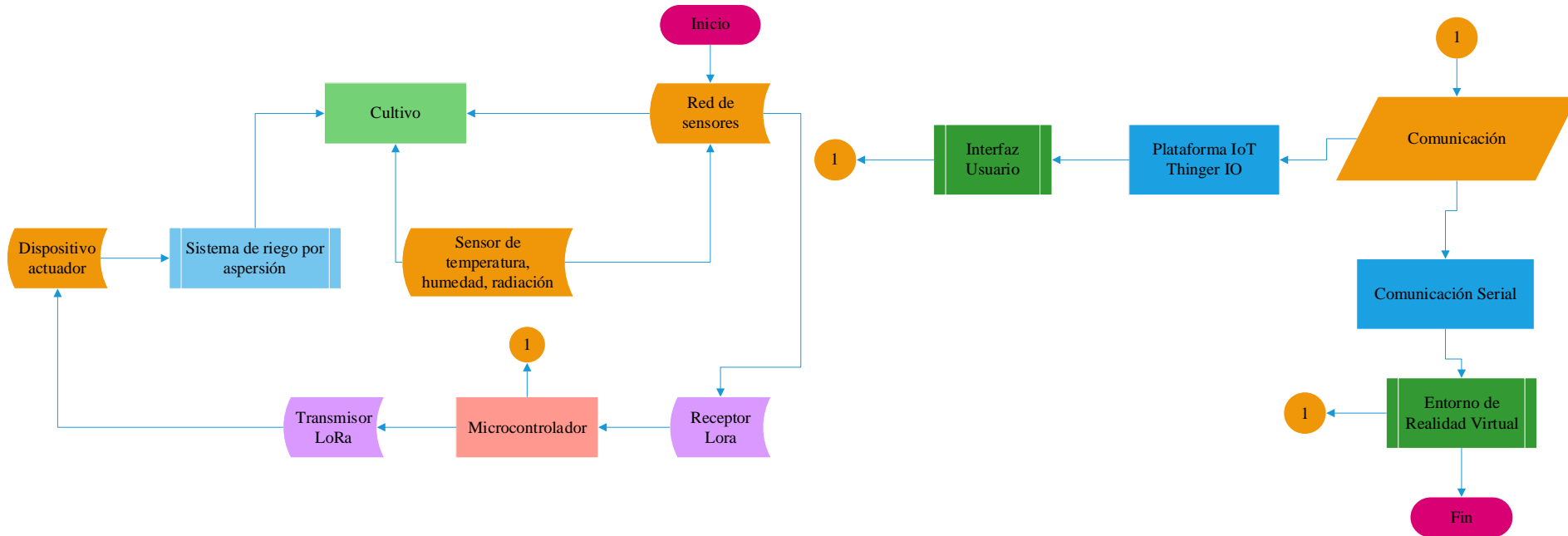


# Tecnología LoRa

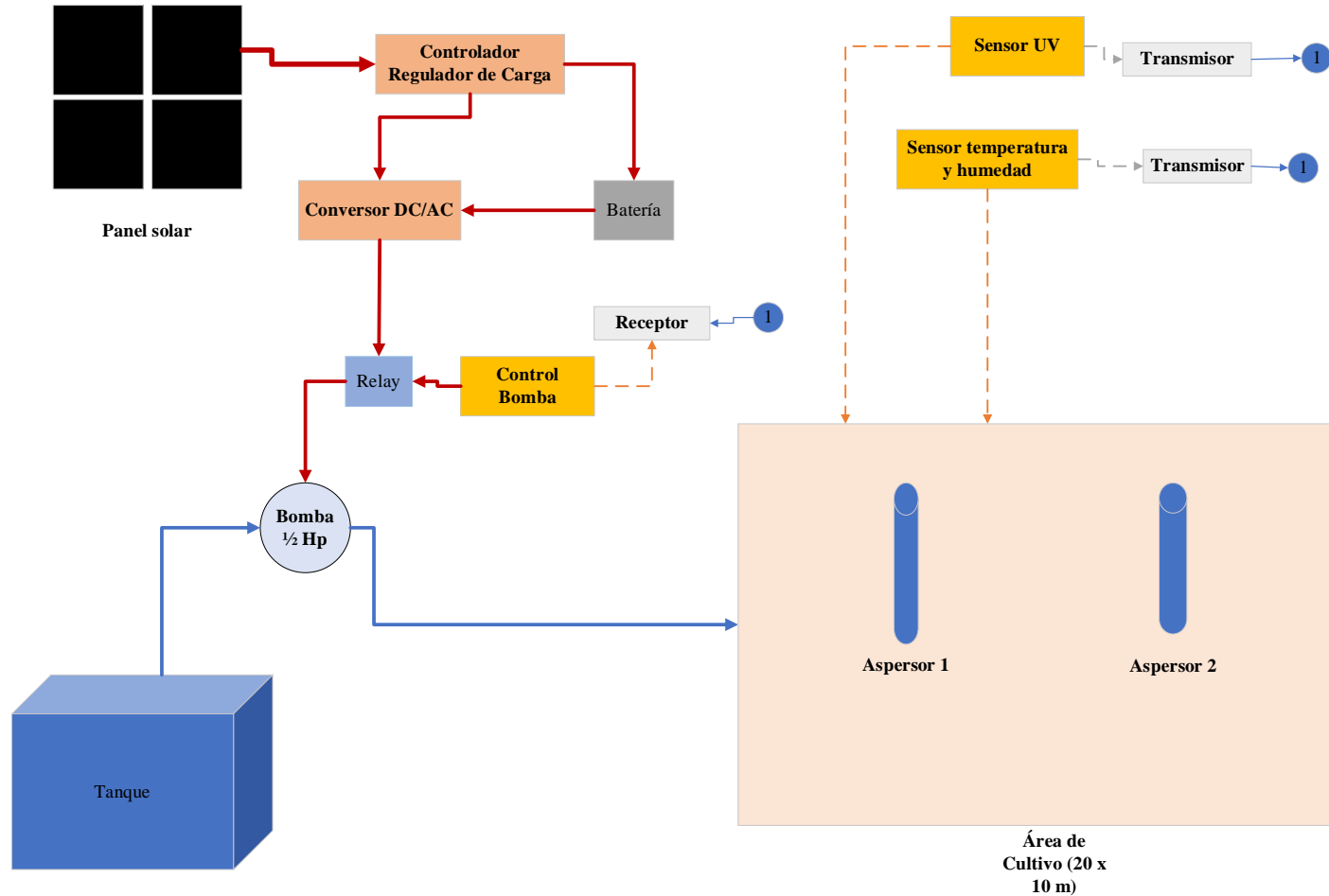


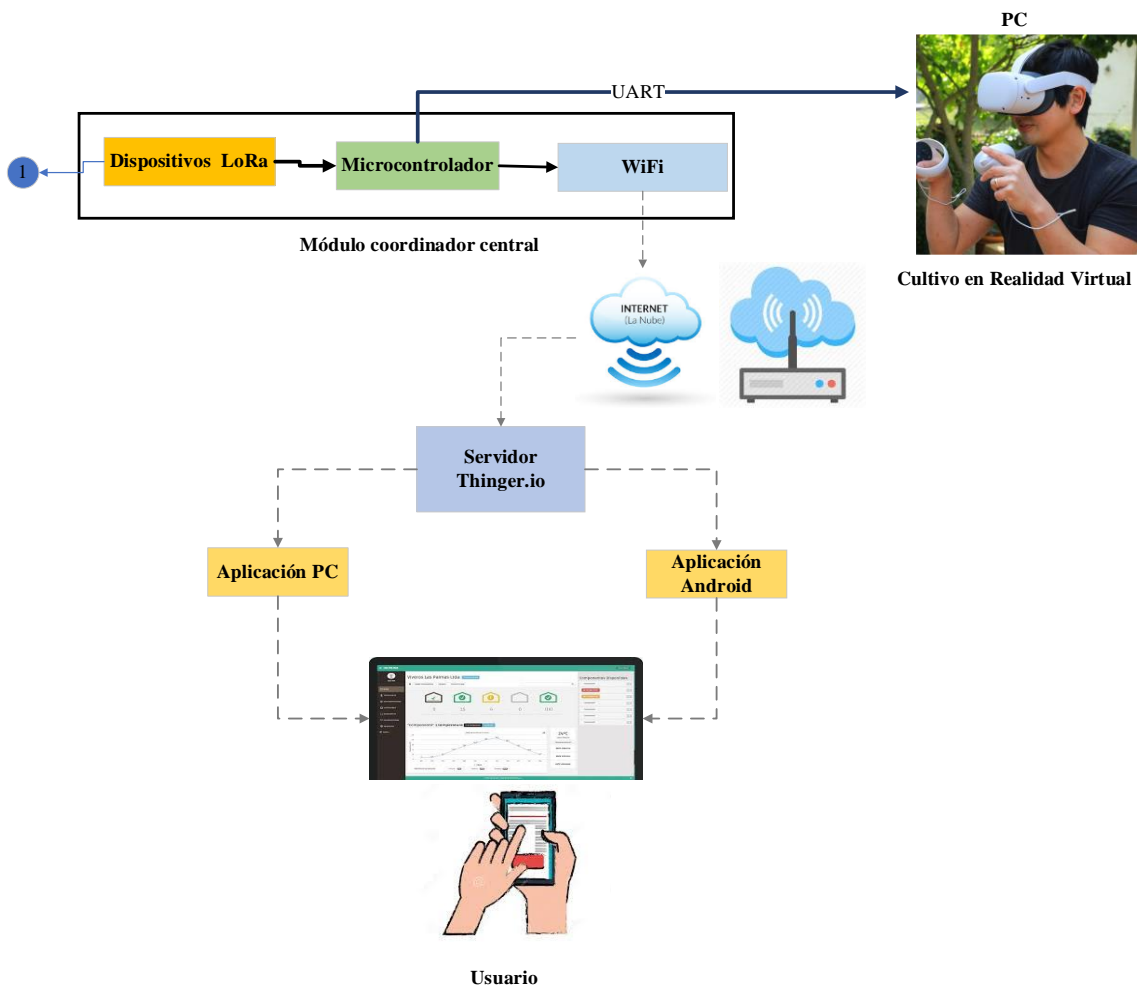


## Estructura del sistema de agricultura inteligente

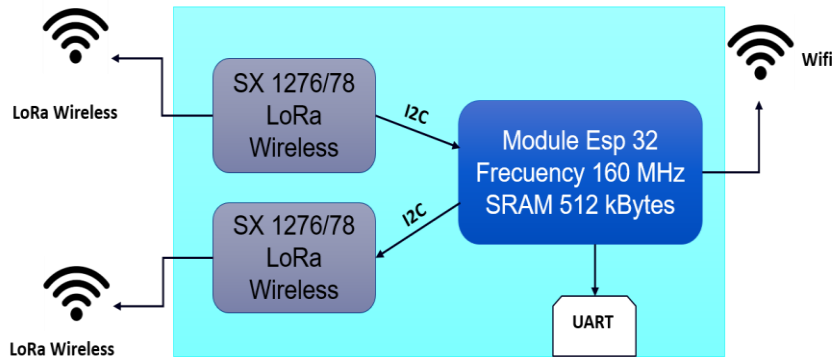


# Esquema del sistema de agricultura inteligente

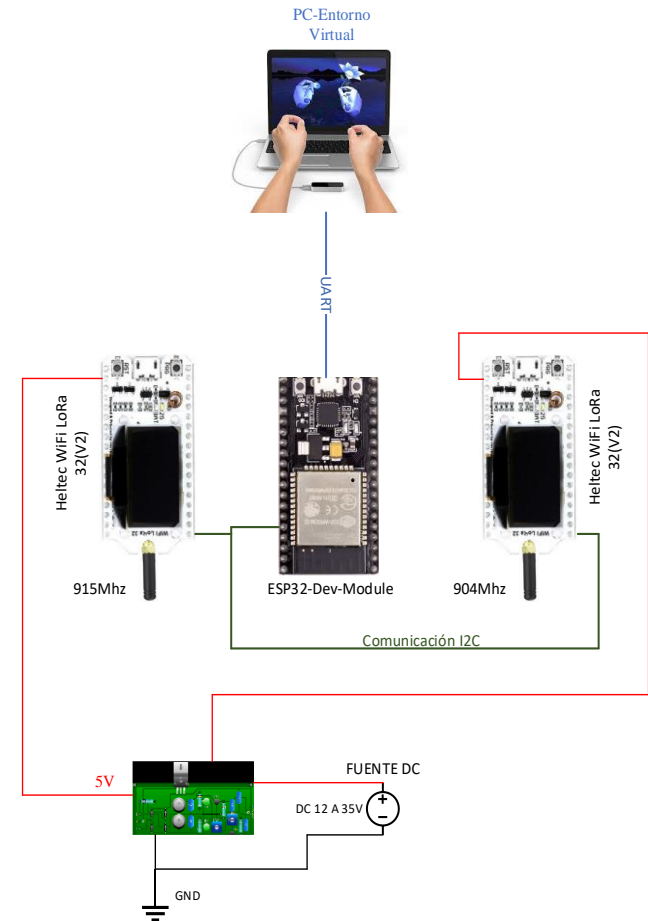




# Arquitectura del módulo coordinador



Arquitectura sistema de comunicación	
Aplicación	Thinger IO
Sesión	
Transporte	Internet
Red	WiFi IP
Enlace de datos	I2C
Física	LoRa

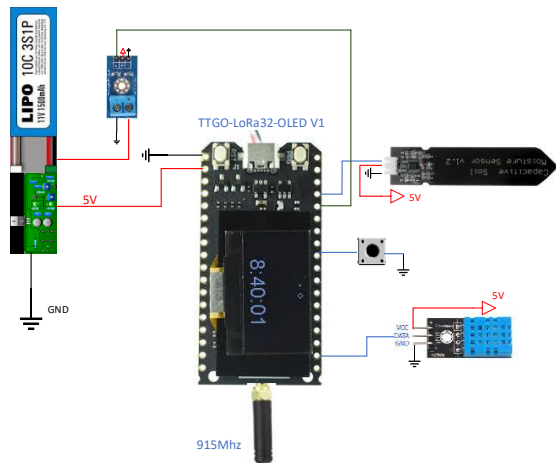


## Nodos Sensores

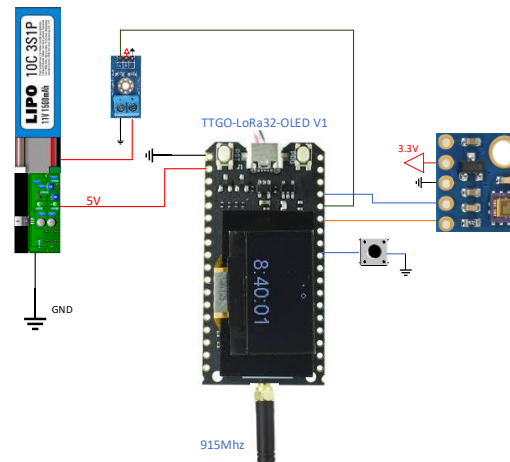
Los nodos de la red de sensores, realizan las siguientes tareas:

Nodo	Sensor
Nodo 1	Modulo DHT21, Humedad del suelo.
Nodo 2	Sensor de irradiancia UV
Nodo 3	Dispositivo final Relé 5 VDC

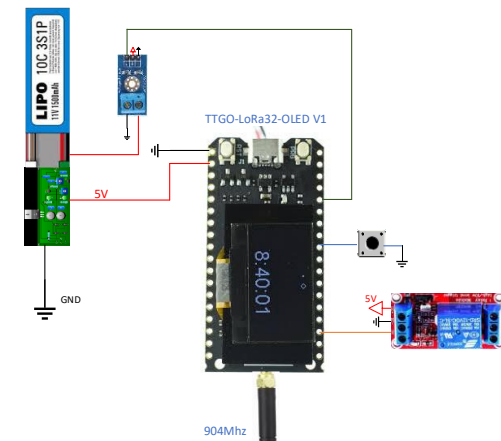
Nodo 1



Nodo 2



Nodo 3



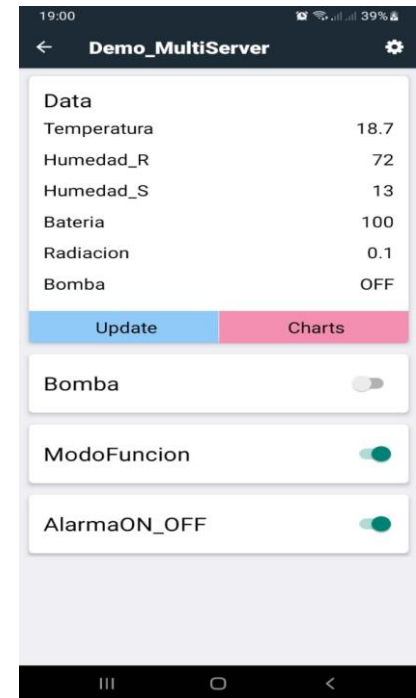
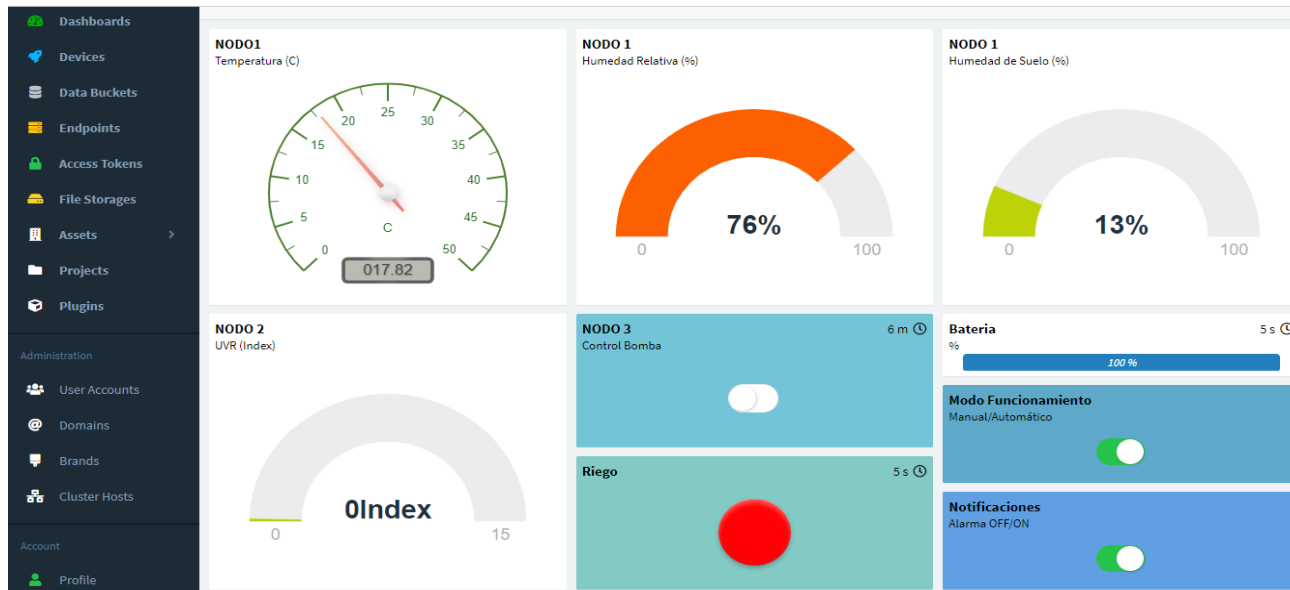
## Red de sensores LoRa

Se diseña una red tipo estrella en un área de 200 m<sup>2</sup> de cultivo. La topología estrella es una de las más utilizadas en las redes LoRa y se puede agregar nuevos dispositivos finales, sin afectar el funcionamiento del sistema.

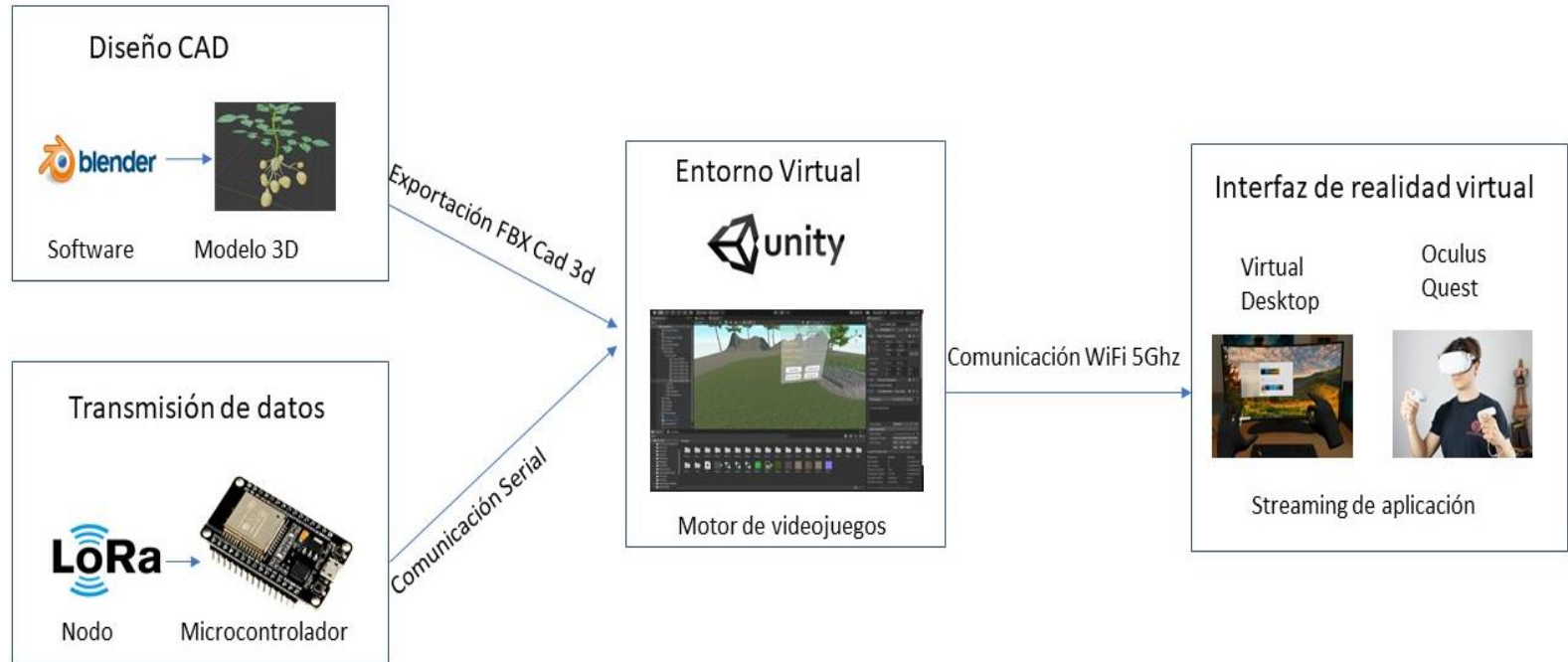


## Interfaz de usuario

Las plataformas de IoT es considerada el componente más importante del ecosistema del internet de las cosas, permiten visualizar, gestionar y controlar los dispositivos de las redes de sensores.

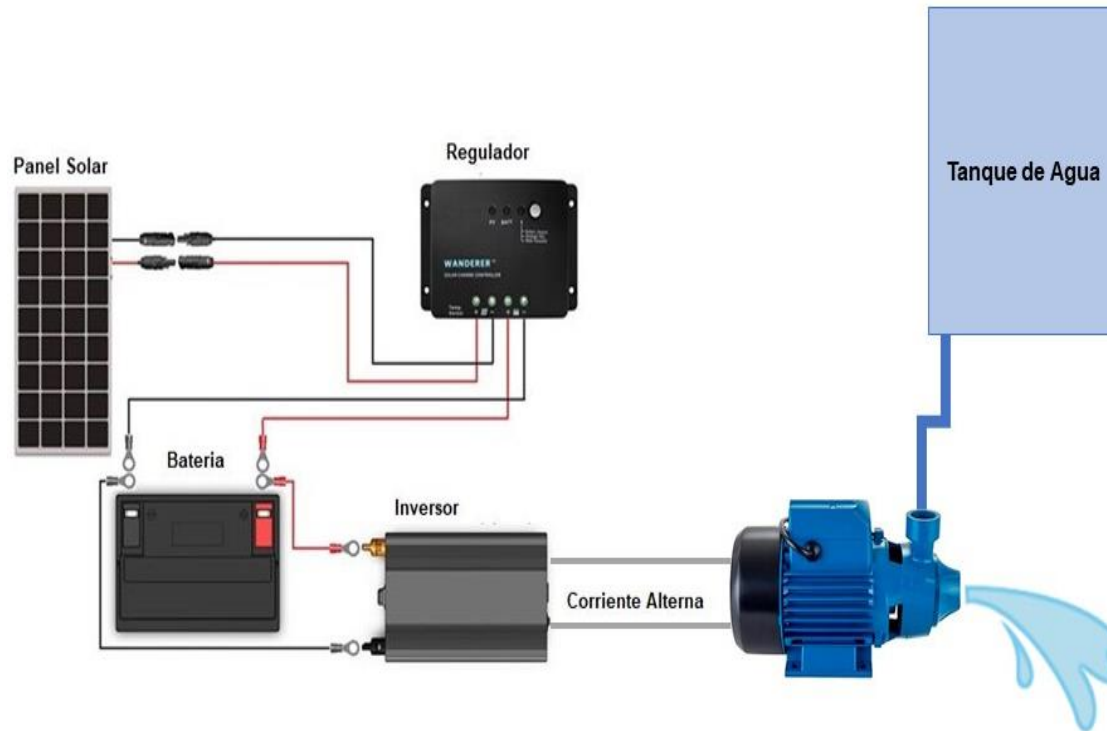


# Interfaz de Realidad Virtual





## Sistema de Alimentación Eléctrica para una Bomba de 1/2 hp con Energía Solar.



# Sistema de agricultura inteligente

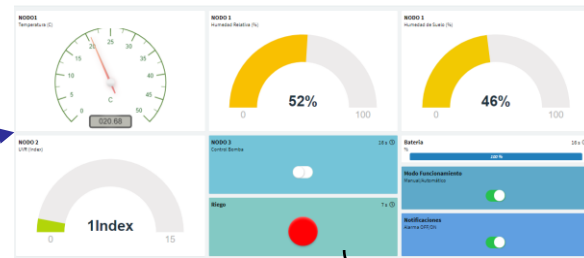
## Nodos



## Gateway



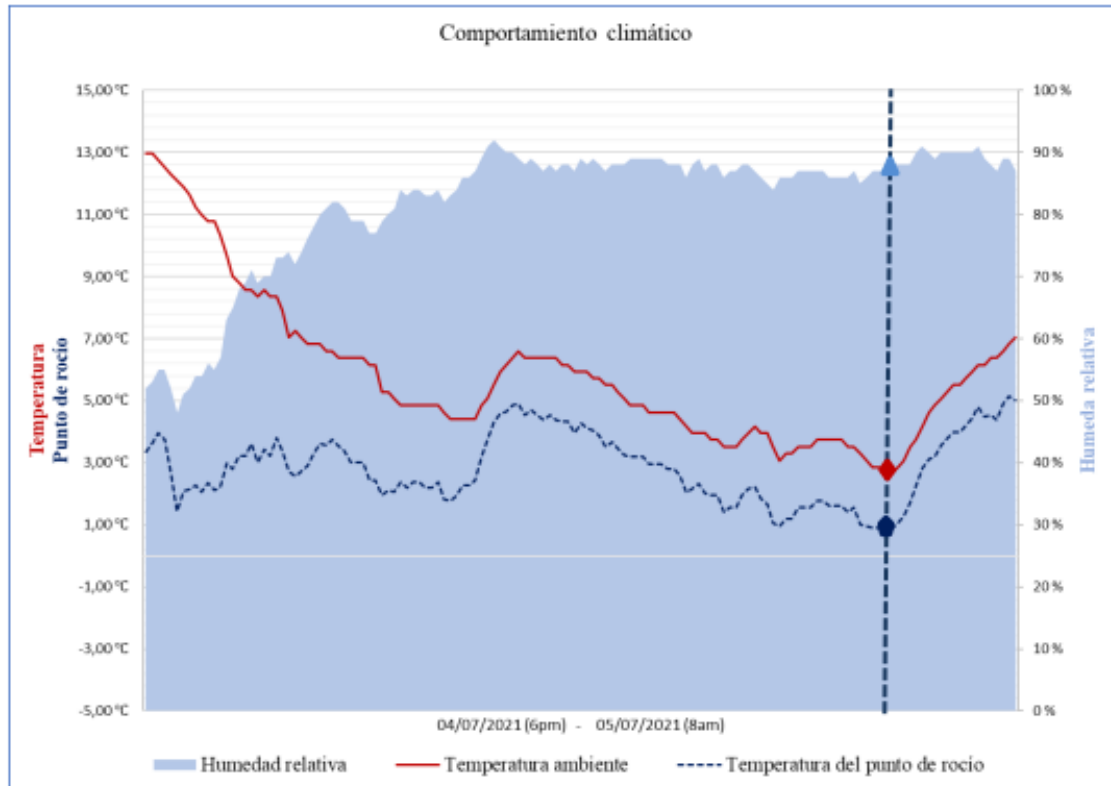
## Interfaz Grafica



## RESULTADOS

Un sistema de agricultura inteligente engloba un amplio conjunto de funciones que permiten la mitigación de anomalías en los cultivos.

*Comportamiento climático: 5 de julio*



El día 5 de julio a las 6:06 am, la temperatura descendió ( $T_a = 2,64 \text{ }^\circ\text{C}$ ), con una humedad relativa ( $RH = 87\%$ ) y el punto de rocío ( $T_d = 0,70 \text{ }^\circ\text{C}$ )



## Eficiencia del sistema de agricultura inteligente

Se desarrolla mediante la comparación con una estación meteorológica de Rumipamba – Salcedo, el cual se encuentra a una altitud de 2685 metros sobre el nivel del mar.

Comparación de variables climáticas

Hora	Fecha d/m/a	Estación Meteorológica Rumipamba - Salcedo			Proyecto Implementado		
		$T_a$ °C	RH %	$T_d$ °C	$T_a$ °C	RH %	$T_d$ °C
07h00	17/07/2021	11,8	90	10,21	11	89	9,26
07h00	18/07/2021	10,5	94	9,58	9,68	95	8,92
07h00	19/07/2021	10,9	92	9,65	10,34	90	8,77
07h00	20/07/2021	10,7	98	10,40	9,46	92	8,23
07h00	21/07/2021	9,6	87	7,55	8,58	88	6,71
Promedio variación $T_d$ :				9,48	8,38		

Se determino una presión del 88,39% en las lecturas de las variables climáticas monitoreadas.

$$Efectividad = 100\% - \left| \frac{T_d Estacion_{Rumipamba} - T_d Proyecto}{T_d Estacion_{Rumipamba}} \right| * 100\%$$

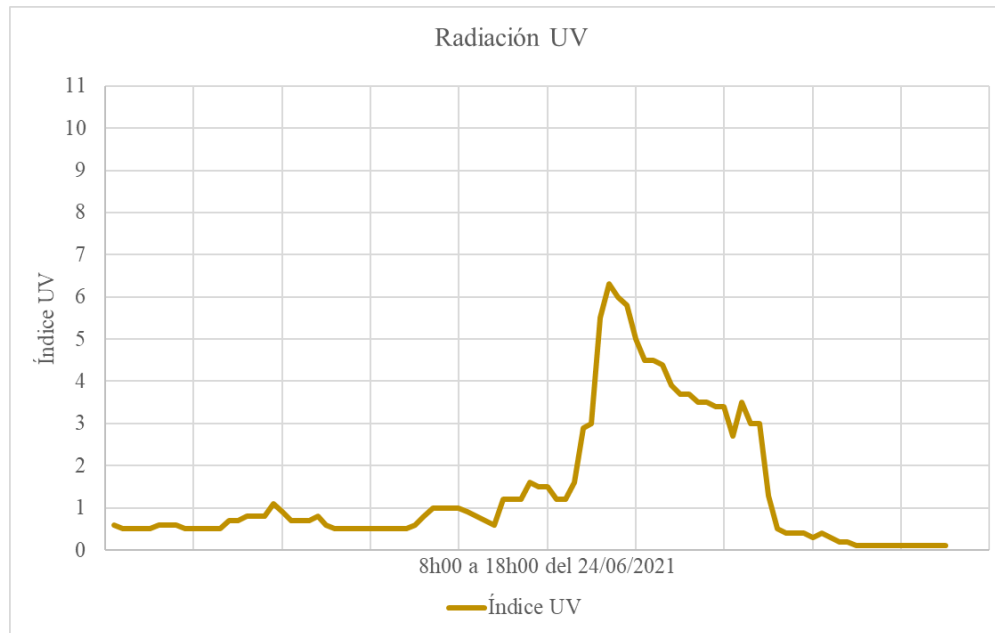
$$Efectividad = 100\% - \left| \frac{9,48 - 8,38}{9,48} \right| * 100\%$$

$$Efectividad = 100\% - 11,60\% = 88,39\%$$



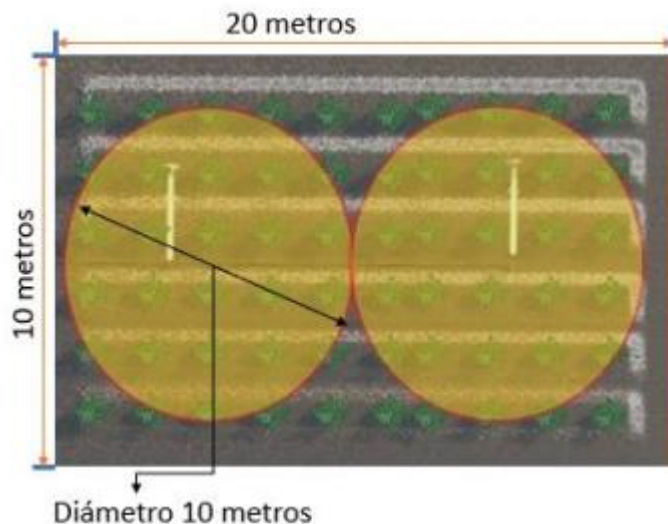
## La Radiación Solar en los Cultivos de Campo Abierto.

Se presenta el índice de ultravioletas máximos registrados en los días del mes de junio y julio.



## Análisis del Estrés Abiótico en el Cultivo de Papas

Se visualiza el sistema de riego por aspersión para la protección ante bajas temperaturas en un área de 200 metros cuadrados de cultivo; donde se dispone 2 aspersores con un diámetro de alcance de 10 metros.



- Se estableció que en 1 metro cuadrado de siembra hay 6 plantas de papa.
- El número de plantas con protección es de 78.53% equivalente a 942.36 plantas y la zona sin protección es de 21.47% equivalente a 257.64 plantas.
- Un área de protección de 157,06 metros cuadrados; mientras que el área sin protección es de 42,94 metros cuadrados

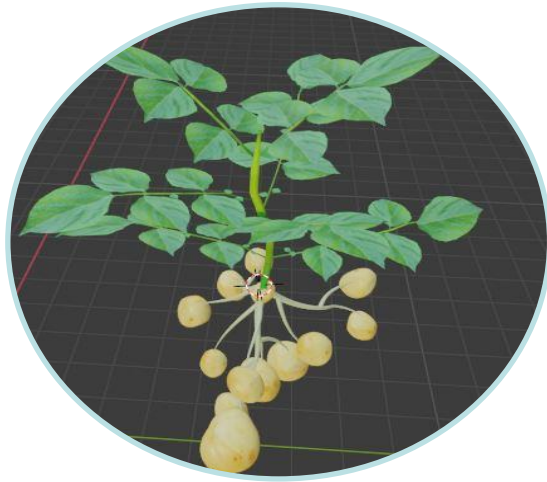
## Comportamiento Fisiológico de la Papa INIAP-Suprema

El comportamiento fisiológico, en un escenario de Realidad Virtual combina factores que afectan a la morfología como el tipo de suelo, tipo de semilla y temperatura ambiente.

Temperatura ambiente	Tipo de suelo	Tipo de semilla		
		Semilla Certificada	Semilla Seleccionada	Semilla Desgenerada
Normal 7- 25 °C	Andisoles	Producción normal de 5-6 kg por planta	Producción normal de 4-5 kg por planta	Producción normal de 3-4 kg por planta
	Molisoles	Producción normal de 4-5 kg por planta	Producción normal de 4 kg por planta	Producción normal de 3-4kg por planta
	Aridisoles	Producción es nula por falta de nutrientes del suelo		
Bajas 1.8 °C	Andisoles	Producción anormal por el efecto de la baja temperatura menor a 1kg.		
	Molisoles	Producción anormal por el efecto de la baja temperatura menor a 1kg.		



## Comportamiento Fisiológico de la planta de papas





## CONCLUSIONES

La implementación del sistema de agricultura inteligente, permitió minimizar el estrés abiótico por bajas temperaturas en los cultivos de papas en un 78%, la experimentación se efectuó en un cultivo de papas con un área de sembrío de 200 metros cuadrados.

El sistema implementado presenta una precisión del 88% en las lecturas de las variables climáticas monitoreadas tal como: temperatura ambiente y humedad relativa, en comparación a la estación meteorológica próxima a la zona de análisis ubicada en Rumipamba-Salcedo.

La implementación de la red de sensores permite que alrededor de 80 familias de la comunidad de Chirinche Bajo, se beneficien con el monitoreo de las variables climáticas: temperatura y humedad; que son factores que generan directamente el estrés abiótico por bajas temperaturas en los cultivos de papas.



## RECOMENDACIONES

Para aumentar el tiempo de autonomía de las baterías de los nodos sensores, se debería realizar un análisis de factibilidad, para implementar generadores de energía fotovoltaica de modo que recarguen las baterías para aumentar el tiempo de operación.

Al encontrarse los nodos sensores en los cultivos, su instalación debe ser protegida, para evitar que ingrese polvo o líquido, ya que puede provocar que la transmisión de datos falle o disminuya el tiempo de durabilidad.

Utilizar un computador con capacidad de desarrollar aplicaciones de Realidad Virtual que operen con una tarjeta gráfica, equivalente o superior a una NVIDIA GTX 970 o una AMD R9 290.





# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

