

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



=====
Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022.
=====

Línea de investigación: Gestión de las tecnologías de información y comunicación.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

TESISTA:

Bach. Tarazona Esparza Gabriela Estefani

ASESORA:

Dra. Pastrana Díaz Nérida del Carmen

Huánuco – Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar mi tesis. A mis padres, por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante. A mi hermano Diego, por brindarme su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar con la tranquilidad de saber que cuento con su respaldo y a Dios por guiar mi camino. También expreso mi agradecimiento a la Dra. Nérida del Carmen Pastrana Díaz por su apoyo en su condición de asesora, así como a los docentes y al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

RESUMEN

La investigación se enfoca en desarrollar y validar un prototipo funcional de un sistema sensorial IoT para mejorar la agricultura del maíz morado. Se utilizan dispositivos tecnológicos y sensores para recopilar información en tiempo real sobre parámetros clave como humedad, temperatura, nutrientes del suelo y presión atmosférica. El objetivo principal es diseñar un prototipo funcional basado en la industria 4.0 que se aplique al cultivo de maíz morado en un centro de investigación. La investigación se divide en varias etapas, comenzando por identificar los parámetros relevantes del proceso productivo. Luego, se diseña el prototipo funcional del sistema sensorial IoT seleccionando los componentes electrónicos adecuados. Entre los componentes seleccionados se encuentran placas de desarrollo Wifi, sensores de diversos tipos y una pantalla LCD. La comunicación en tiempo real se realiza a través de Wifi utilizando el lenguaje de programación C. El prototipo se valida en una parcela de maíz morado, tomando muestras durante cuatro meses en distintos momentos del proceso. Los datos obtenidos se comparan con pruebas de laboratorio, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%. Los resultados demuestran el funcionamiento exitoso del prototipo, y se utilizan mapas de calor para visualizar los datos y detectar áreas problemáticas. Uno de los hallazgos importantes es la degradación del suelo durante el proceso productivo, lo que destaca la necesidad de aplicar abonos y nutrientes de manera adecuada. En resumen, la investigación logra desarrollar y validar un prototipo funcional de un sistema sensorial IoT para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de maíz morado.

PALABRAS CLAVE: proceso productivo agrícola, sistema inteligente, maíz morado variedad INIA 601.

SUMMARY

The research focuses on developing and validating a functional prototype of an IoT sensory system to improve purple corn agriculture. Technological devices and sensors are used to collect real-time information on key parameters such as humidity, temperature, soil nutrients and atmospheric pressure. The main objective is to design a functional prototype based on industry 4.0 that is applied to the cultivation of purple corn in a research center. The investigation is divided into several stages, beginning with identifying the relevant parameters of the production process. Then, the functional prototype of the IoT sensory system is designed by selecting the appropriate electronic components. Among the selected components are Wifi development boards, sensors of various types and an LCD screen. Real-time communication is carried out through Wifi using the C programming language. The prototype is validated in a plot of purple corn, taking samples for four months at different times in the process. The data obtained is compared with laboratory tests, using a reliability level of 95% and a margin of error of 5%. The results demonstrate the successful operation of the prototype, and heat maps are used to visualize the data and detect problem areas. One of the important findings is the degradation of the soil during the production process, which highlights the need to apply fertilizers and nutrients appropriately. In summary, the research manages to develop and validate a functional prototype of an IoT sensory system to improve the productivity and sustainability of purple corn cultivation.

KEYWORDS: agricultural production process, intelligent system, purple corn variety INIA 601.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY	v
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. Fundamentación del problema de investigación	12
1.2. Justificación e importancia de la investigación	13
1.3. Viabilidad de la investigación.....	13
1.4. Formulación del problema	14
1.4.1. Problema general.....	14
1.4.2. Problemas específicos.....	14
1.5. Formulación de los objetivos	15
1.5.1. Objetivo general	15
1.5.2. Objetivos específicos	15
1.6. Formulación de las hipótesis	16
1.6.1. Hipótesis General	16
1.6.2. Hipótesis específicas	16
1.7. Operacionalización de variables	17
1.8. Definición operacional de las variables	18
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de investigación	20
2.1.1. A nivel internacional	20
2.1.2. A nivel nacional	23
2.1.3. A nivel regional.....	24
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Prototipo funcional de red sensorial IoT.....	25
2.2.1.1. Parámetros para el prototipo funcional de red sensorial IoT	26
2.2.1.2. Recopilación de datos en tiempo real por el prototipo funcional de red sensorial IoT	27
2.2.1.3. Componentes electrónicos para la recopilación de datos en tiempo real del prototipo funcional de red sensorial IoT	28
2.2.1.4. Sistema de comunicación en tiempo real para generar información.....	29
2.2.2. Monitoreo del proceso productivo agrícola del maíz	32

2.2.2.1.	Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz	33
2.2.2.2.	Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601	34
2.2.2.3.	Maíz morado variedad 601	36
2.2.2.4.	Macronutrientes, temperatura, potencial de hidrógeno, la humedad, la presión atmosférica y la altitud, consideradas en un prototipo funcional de red sensorial IoT para la siembra del maíz morado variedad 601	39
2.2.2.5.	Sensores de macronutrientes, temperatura, potencial de hidrógeno, la humedad, la presión atmosférica y la altitud, consideradas en un prototipo funcional de red sensorial IoT para la siembra del maíz morado variedad 601	40
2.2.2.6.	Sistema de comunicación en tiempo real para general información.	44
2.3.	Bases conceptuales.....	45
2.4.	Bases epistemológicas o bases filosóficas o bases antropológicas.....	46
CAPITULO III. METODOLOGÍA		49
3.1.	Ámbito	49
3.2.	Población y muestra	49
3.2.1.	Descripción de la población	49
3.2.2.	Muestra y método de muestreo	51
3.2.3.	Criterios de inclusión y exclusión.....	51
3.3.	Nivel y tipo de investigación	52
3.3.1.	Nivel de investigación.....	52
3.3.2.	Tipo de investigación.....	52
3.4.	Diseño de investigación	52
3.5.	Métodos, Técnicas e instrumentos	53
3.5.1.	Técnicas	53
3.5.2.	Instrumentos	53
3.5.2.1.	Validación de los instrumentos para la recolección de datos.	54
3.5.2.2.	Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos.	54
3.6.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	54
3.6.1.	Técnicas para el procesamiento	54
3.6.1.1.	Recolección de datos.....	54
3.6.1.2.	Procesamiento de la información	54
3.6.1.3.	Presentación de resultados	55
3.6.2.	Análisis de los datos.....	55
3.6.2.1.	Análisis de los datos mediante la estadística descriptiva	55
3.6.2.2.	Análisis de los datos mediante la estadística inferencial	55
3.7.	Consideraciones éticas	55

CAPITULO IV. RESULTADOS	57
4.1. Resultados de identificación y construcción	57
4.1.1. Identificar los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601	57
4.1.2. Determinar los valores iniciales de los parámetros iniciales de la parcela de experimentación del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchán - UNHEVAL 2022.	60
4.1.3 Determinar los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT.	61
4.1.3.1 Sistema electrónico.	61
4.1.3.2 Diseño de la parcela.	62
4.1.3.3 Diseño del sistema de riego por goteo.	64
4.1.3.4 Componentes electrónicos del prototipo.	64
4.1.4 Construcción un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022. 65	
4.1.4.1 Componentes electrónicos del prototipo.	66
4.1.4.1.1 Sensores ambientales para monitorear el proceso productivo	66
4.1.6 Componentes electrónicos y funcionamiento del prototipo.	76
A. Configuración inicial.	76
B. Conexión a la Red WiFi:	76
C. Programación del ESP32/ESP8266:	76
D. Captura de Datos:	76
K. Validación del funcionamiento del prototipo	81
L. Operatividad del prototipo:	83
M. Configuraciones en ThingSpeak	84
4.1.7. Análisis de los resultados de identificación, construcción y datos capturados 89	
4.1.7.1. Sensores ambientales	89
4.1.7.2. Sensores de nutrientes	90
4.1.7.3. Sensor de humedad para la bomba de agua	91
4.1.8. Registro de datos obtenidos en forma periódica	92
4.1.9. Análisis de los estados de la bomba de agua	98
4.1.10. Visualización de los resultados por medio de aplicación móvil ThingView. 98	
4.2 Contratación de hipótesis	100
4.2.1 Hipótesis General	100
4.2.2 Contratación de Hipótesis específica 1	100

4.2.3	Contrastación de Hipótesis específica 2.....	101
4.3	Discusión de resultados.....	102
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS.....	106
	REFERENCIAS.....	108
	ANEXOS.....	111
	ANEXO 01. Matriz de consistencia.....	112
	ANEXO 02. Consentimiento informado.....	113
	ANEXO 03. Instrumentos.....	114
	ANEXO 04. Validación del instrumento por expertos.....	116
	ANEXO 05. Evidencias.....	125

INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación es desarrollar y validar un prototipo funcional de un sistema sensorial IoT para mejorar el proceso productivo del maíz morado. Se emplearon dispositivos tecnológicos y sensores para recopilar datos en tiempo real sobre parámetros clave como humedad, temperatura, nutrientes del suelo y presión atmosférica. El enfoque se centra en diseñar un prototipo funcional basado en la industria 4.0 que se aplique específicamente al cultivo de maíz morado de la variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchán - Unheval.

La investigación se divide en varias etapas. Primero, se identificaron los parámetros relevantes del proceso productivo. A continuación, se procedió al diseño del prototipo funcional del sistema sensorial IoT, seleccionando cuidadosamente los componentes electrónicos adecuados en función de sus características técnicas y disponibilidad en el mercado. Entre los componentes seleccionados se encuentran placas de desarrollo System on Chip Wifi, modelos ESP8266 y ESP32, una pantalla LCD, relés, electroválvulas, un sistema programador y varios sensores como nitrógeno, fósforo, potasio, pH, humedad del suelo, temperatura ambiente y presión barométrica.

La comunicación en tiempo real se llevó a cabo mediante Wifi, utilizando el lenguaje de programación C para las interfaces de comunicación. El sistema electrónico se desarrolló en dos placas de control diseñadas en el software EAGLE, lo que permitió el monitoreo y control de factores físicos como humedad, temperatura, altitud y presión atmosférica. Además, se instalaron sensores de nitrógeno, fósforo, potasio y pH considerando la densidad de siembra de las semillas, y se diseñó un sistema de riego por goteo para lograr una distribución uniforme del agua.

La validación del prototipo se llevó a cabo en una parcela de 210 metros cuadrados, tomando muestras durante cuatro meses en diferentes etapas del proceso productivo. Los datos iniciales obtenidos con el prototipo se compararon con pruebas físicas y químicas de laboratorio, utilizando un nivel de confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%.

Los resultados de la investigación demostraron el funcionamiento exitoso del prototipo funcional del sistema sensorial IoT. Se utilizaron mapas de calor para visualizar los datos

recopilados, identificando áreas que estén por encima o por debajo de los límites óptimos. Además, los datos se almacenaron en la nube mediante la comunicación Wifi en tiempo real.

Uno de los hallazgos importantes de esta investigación es la degradación del suelo durante el proceso productivo, lo que resalta la necesidad de aplicar abonos y nutrientes de manera adecuada en cada etapa del cultivo de maíz morado. En resumen, En esta investigación se logró desarrollar y validar un prototipo funcional de un sistema sensorial IoT aplicado al proceso productivo del maíz morado, lo que permitió monitorear y controlar para tomar decisiones informadas y contribuir a mejorar la productividad y sostenibilidad de este cultivo.

En el capítulo I. presentamos la fundamentación del problema, en el capítulo II. El marco teórico; en el capítulo III. Los aspectos metodológicos; y en el capítulo IV los resultados.

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema de investigación

La agricultura, a través del uso de dispositivos tecnológicos genera información que permite predecir y tomar decisiones en tiempo real, generando mejora de la productividad en los procesos productivos agrícolas.

En nuestro país, En los entornos más restrictivos y difíciles -desiertos, montañas escarpadas y selvas tropicales- es donde se produce la agricultura. (Ministerio del ambiente, 2018). El terreno es accidentado, los suelos utilizados para la agricultura están degradados por el uso excesivo de productos químicos, los procesos de siembra, cosecha y poscosecha no están tecnificados, las semillas no están mejoradas, faltan conocimientos técnicos especializados y modernos y el equipamiento es primitivo. Los procesos de producción se limitan al uso de tecnologías ancestrales; esta situación conlleva a una baja productividad en comparación a otras regiones en el mejor de los casos para la autosostenibilidad de las familias y trueque, generalmente déficit, que se traduce en pobreza, malas condiciones de vida y limitación de las oportunidades de progreso. Ante esta situación, hay la necesidad de usar tecnología que permita un proceso productivo agrícola considerando la limitación de recursos.

Debido al gran número de lugares de producción y de mano de obra en Perú, el maíz se considera actualmente uno de los cultivos más esenciales en términos de extensión. Aproximadamente 82.000 hogares dependen directamente del maíz, que se cultiva en una media anual de 520.000 hectáreas en todo el país. (Agencia agraria de noticias, 2023)

Las dos variedades de maíz que se cultivan actualmente en el territorio nacional son la amarilla dura y la amilácea, así como la variedad morada 601, que se distingue por su color morado intenso, precocidad, prolificidad (rendimiento superior a 1,5), buen tipo de planta y mazorcas sanas.

Por lo tanto, hay la necesidad de conocer: ¿cuáles son los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?, ¿cuáles son los valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?, ¿cuáles son los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT?, y si ¿la construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

El desarrollo de la investigación se basó en la utilidad metodológica, ya que se expusieron nuevos métodos e instrumentos para generar nuevos conocimientos en base a la industria 4.0 en la agricultura. También es pertinente, ya que dentro del contexto actual la agricultura debe modernizarse y hacerse más productiva. Dentro de la importancia podemos afirmar que sus Los resultados ayudarán a crear una base de datos que podrá responder a las consultas sobre las mejores épocas, ubicaciones y métodos de cultivo del maíz morado de la variedad 601 en el Centro de Producción de Canchan.

1.3. Viabilidad de la investigación

En cuanto a los recursos humanos, se contó con el apoyo del equipo de investigación y el apoyo del personal que realizan actividades agrícolas en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan involucrados en el proyecto. La investigación se realizó en el Investigación y Experimentación de Canchan, durante el año 2022.

En cuanto al acceso a la información, se cuenta con la autorización para lo cual no se tendrá ningún tipo de restricción. Tanto de para el análisis documental y

como la visualización en tiempo real de los valores de cada uno de los parámetros considerados en el proyecto.

En cuanto a los recursos económicos, la investigación ha sido costeadado en su totalidad por el fondo concursable “Proyectos Especiales para Grupos de Investigación: Fortaleciendo los Centros de Producción de la UNHEVAL”.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?
- ¿Cuáles son los valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?
- ¿Cuáles son los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT?
- ¿La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022?
- ¿La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022?

1.5. Formulación de los objetivos

1.5.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601.
- Determinar los valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601.
- Determinar los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT.
- Construir un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.
- Construir un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

1.6. Formulación de las hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Hi: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

H0: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

1.6.2. Hipótesis específicas

- **HEi1:** La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.
 - **HEo1:** La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.
 - **HEi2:** La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.
- HEo2:** La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores
Prototipo funcional de red sensorial IoT	Componentes tecnológicos	Sensores	
		Dispositivos de monitoreo	
		GPS	
		Software para análisis de datos	
		Sistema de comunicación	
	DBMS	Condiciones nutricionales del suelo	
		Condiciones ambientales	
		Parámetros nutricionales	
		Parámetros ambientales	
		Datos generales	
	Conectividad	Capacidad de comunicación	
		Conectividad entre los diferentes dispositivos	
		Cobertura	
	Plataforma central de IoT	Visualización de datos numéricos	
		Visualización de gráficos	
		Reportes de información consolidado	
		Alertas para ayuda a la toma de decisiones	
	Gateway	Comunicación entre dispositivos	
Comunicación entre plataformas internas			
Monitoreo en el proceso productivo agrícola	Monitoreo de nutrientes	Fósforo	Valor inicial
			Valores en el proceso
		Potasio	Valor inicial
			Valores en el proceso
		Nitrógeno	Valor inicial
			Valores en el proceso
	Potencial de hidrógeno	Valor inicial	
		Valores en el proceso	
	Monitoreo del ambiente	Temperatura del suelo	Valores iniciales
			Valores en el proceso
		Temperatura del ambiente	Valores iniciales
			Valores en el proceso
		Humedad del suelo	Valores iniciales
			Valores en el proceso
Humedad del ambiente		Valores iniciales	
	Valores en el proceso		
Presión atmosférica	Cantidad		
Altitud	metros sobre el nivel del mar		

1.8. Definición operacional de las variables

Tabla 2

Definición operacional de las variables

Prototipo funcional de red sensorial IoT	Monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola
<p>Un prototipo funcional de red sensorial IoT para monitorear parámetros en el proceso de producción agrícola está compuesto de componentes claves que trabajan juntos para recopilar datos y transmitirlos a una plataforma central. Algunos de los elementos clave de este sistema pueden incluir:</p> <p>Sensores y dispositivos de recopilación de datos: Estos dispositivos recopilan información sobre el suelo, las condiciones climáticas, la humedad, la calidad del agua, la salud de las plantas, entre otros parámetros relevantes. Los sensores son ubicados en el campo, en las maquinarias agrícolas o incluso en los propios cultivos.</p> <p>Análisis de datos y sistemas de gestión: Los datos recopilados por los sensores se procesan y se convierten en información. Esto permite extraer información valiosa el cual puede ayudar a la toma de decisiones</p>	<p>El monitoreo ambiental y nutricional desempeña un papel crucial en el proceso productivo del maíz porque nos permite conocer los valores en tiempo real de los parámetros, contando con la información en tiempo real. Para esta investigación se ha considerado prácticas de monitoreo que se pueden implementar en estos dos aspectos.</p> <p>Monitoreo ambiental: Monitoreo climático: Se debe realizar un seguimiento regular de los indicadores ambientales, como humedad del suelo, temperatura del suelo, temperatura ambiente y humedad ambiente, la presión atmosférica y la altitud en metros sobre el nivel del mar; para obtener estos datos se utilizarán sensores de control ambiental. Para la recolección de los datos nutricionales se realizará mediante sensores. Los cuales en forma automática se registrarán en una base de datos para</p>

<p>agrícolas, como la cantidad óptima de agua o fertilizante a aplicar en una zona determinada.</p> <p>Sistemas de control y automatización: Con base en los datos recopilados y analizados, se pueden implementar sistemas de control y automatización para realizar acciones específicas, como la activación automática de sistemas de riego en función de la humedad del suelo y alertas para la aplicación precisa de fertilizantes.</p> <p>Sistemas de gestión de información y visualización: Estos sistemas permiten a los agricultores monitorear y gestionar la información generada por el sistema, así como visualizar datos en tiempo real sobre el estado de los cultivos, las condiciones del suelo y otros parámetros relevantes.</p> <p>Estos elementos o componentes serán registrados en una lista de cotejos mediante la técnica de la observación.</p>	<p>luego aplicar analítica de datos mediante algoritmos inteligentes.</p> <p>Monitoreo nutricional:</p> <p>Análisis de suelo antes de la siembra: se debe realizar un análisis de suelo para determinar su contenido de nutrientes. Esto ayuda a identificar las deficiencias o excesos de nutrientes y permite ajustar la fertilización según las necesidades específicas antes de la siembra y del cultivo de maíz.</p> <p>Análisis del suelo en el proceso productivo: Luego de la siembra se realiza el monitoreo mediante la captura de datos en tiempo real y con bastante frecuencia, consolidando en forma diaria, semanal y mensual; los parámetros nutricionales son las siguientes: Fósforo, Potasio, Nitrógeno, Potencial de hidrógeno. Para la recolección de los datos nutricionales se realizará mediante sensores. los cuales en forma automática se registrarán en una base de datos para luego aplicar analítica de datos mediante algoritmos inteligentes.</p>
--	---

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Se puede rescatar los diversos estudios realizados respecto al prototipo funcional de red sensorial IoT y la mejora de los procesos productivos agrícolas de maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchán - UNHEVAL 2022. Como antecedentes de la investigación, se consideran los siguientes:

2.1.1. A nivel internacional

El tema ha sido investigado internacionalmente y es comparable a una de nuestras variables, se hace referencia a los siguientes estudios.:

A1. (Montiel Rosales, Montalvo Romero, Purroy Vásquez, & Fernández Lambert, 2021) escribieron en la revista Tendencias en la investigación universitaria, volumen XIV el artículo Industria 4.0 como herramienta en el proceso productivo agrícola, monitoreo y control de la producción agrícola: resumen de la bibliografía, análisis e identificación de las tecnologías clave de la Industria 4.0 aplicadas al proceso de producción agrícola a partir de un estudio de diversas publicaciones de los cinco años anteriores encontradas en bases de datos como Scopus, Google Scholar, sitios web institucionales y repositorios científicos. Los autores concluyen que:

- Los principales usos de la Industria 4.0 en la agricultura son la supervisión y/o el control de los cultivos. Estas aplicaciones permiten la producción de productos agrícolas de alta calidad con un desarrollo óptimo de nutrientes al maximizar el rendimiento de los cultivos en un plazo y forma determinados, así como optimizar la asignación de recursos. Por lo tanto, las tecnologías de la industria 4.0 podrían verse como una forma de ayudar a los pequeños agricultores a tomar decisiones agrícolas proporcionando información sobre la humedad del suelo, el estado de los macronutrientes y micronutrientes y otros factores agrícolas y meteorológicos. Comprender

el estado de los factores relevantes ayuda al agricultor a elegir entre varios enfoques para producir fruta con la calidad requerida.

- Al aumentar el rendimiento de los cultivos y provocar una transformación social que creará economías y sociedades más inclusivas y equitativas en la era posterior a COVID-19, la revisión bibliográfica creada en este estudio allana el camino para el desarrollo y/o la transición de la tecnología basada en I4.0 para los pequeños productores.

A2. (Paredes, Zúñiga, Morocho Caiza, & Mendoza, 2021) escribieron en la Revista *Perspectivas*, volumen 3 el artículo *Proceso productivo agrícola mediante WSN con nodos inteligentes aplicada a un sistema de riego en cultivo de mora*. Este artículo presenta la red de sensores inteligentes utilizada para monitorizar y gestionar el riego en un cultivo de zarzamora. Los autores llegan a la conclusión de que la red implementada tiene una topología de malla con capacidades de comunicación inalámbrica, incluyendo Bluetooth, WiFi, GSM y Zigbee. Además, puede controlar el sistema de riego de 140 plantas con 180,44 litros de agua utilizados en tres horas de riego, o 1,2 litros por planta, ahorrando 60,48 litros respecto al sistema convencional. Además, mencionan que se realiza un cálculo que muestra que los riegos programados tres veces por semana ahorran 725,76 litros de agua al mes y 8709,12 litros anualmente. Suponiendo que la humedad del suelo permanezca constante hasta 100 metros alrededor de la planta, el sistema prototipo construido permite integrar hasta 64 nodos. Por último, se estima que el prototipo puede cubrir una superficie de hasta 200 hectáreas para la producción de cultivos.

A3. (Llanes Carvajal, Romero Gelves, Sánchez Balaguera, & Sánchez Monroy, 2022) escribieron en la revista *Sennova: Revista del sistema de ciencia, tecnología e innovación* el artículo *Huertas urbanas con proceso productivo agrícola en ambientes controlados*. El objetivo del proyecto fue la construcción de una huerta en un entorno donde se puedan medir y controlar las principales variables para el desarrollo de los cultivos,

teniendo en cuenta las necesidades fisiológicas de las plantas, esto mediante el uso de sensores, tarjetas programables y actuadores, donde se brinden las condiciones necesarias y se optimice el espacio buscando una mayor productividad. Luego de cumplidos los objetivos trazados, los autores llegaron a las siguientes conclusiones: que el proceso productivo agrícola surge como una alternativa de solución para aumentar la producción de los cultivos aprovechando las tecnologías emergentes para un óptimo rendimiento de desarrollo de las plántulas, ya que se generan datos para establecer el progreso de las plantas, medir la calidad de los nutrientes del suelo y conocer el desarrollo de los diversos cultivos a implementar, con ello podemos generar un impacto sostenible y sustentable en la inocuidad alimentaria, también manifiestan que la selección de la instrumentación electrónica necesaria para el desarrollo del proyecto, depende de un gran porcentaje la efectividad de la implementación como proceso productivo agrícola. Escoger la tarjeta de IoT que cumpla con el objetivo, es la tarea más importante de buscar los equipos electrónicos, porque se debe tener en cuenta varios factores que influyen en el éxito de comunicar los datos desde el cultivo. El lenguaje de programación seleccionado se escogió basado en las múltiples pruebas realizadas, analizando diferentes tipos de variables como adaptabilidad web, velocidad de respuesta al servidor, seguridad y compatibilidad con las bases de datos.

- A4.** (Ponce Bueno & Jordán Zamora, 2022) en su tesis de pregrado, llega a los siguientes resultados: Uno de los productos agrícolas más significativos para la economía es el maíz; para producir un mayor rendimiento, el cultivo necesita tiempo, atención y las condiciones adecuadas, incluidos el riego, la temperatura y la humedad adecuados. Se ha utilizado un servicio IoT para el cultivo de maíz con protocolo de comunicación LoRaWAN para diseñar e implementar un sistema inteligente de seguimiento nutricional que mejore la supervisión. Los agricultores se beneficiarán enormemente de este sistema, ya que ahorrará tiempo y facilitará el

trabajo, garantizando el crecimiento de las plantas y una producción excelente gracias a un buen suministro de nutrientes y un suelo rico en materia orgánica.

2.1.2. A nivel nacional

A nivel nacional, si se ha profundizado el tema similar a una de nuestras variables.

- B1.** (Belupú Amaya, 2022) en su tesis titulada “Propuesta de una plataforma de agricultura inteligente basada en IoT para el monitoreo de las condiciones climáticas del cultivo de banano” plantea como objetivo proponen desarrollar una nueva plataforma de apoyo a la toma de decisiones en agricultura inteligente (DSS) basada en tecnologías IoT de largo alcance. Esta plataforma se utilizaría para supervisar una plantación de plátanos recopilando datos climáticos de diversas fuentes y utilizando modelos matemáticos y de aprendizaje automático para analizar los datos. El estudio llega a la conclusión de que recopilar y analizar estos datos de varios cultivos ayuda a tomar mejores decisiones que pueden mejorar la cadena de valor de plantación y cosecha en su conjunto. Se sugiere una arquitectura para recopilar y transferir datos sobre los factores edafoclimáticos que más influyen en el crecimiento, el mantenimiento y la cosecha del cultivo del plátano, que es el objeto de esta investigación.
- (Medina Hoyos, Narro León, & Chávez Cabrera, 2020), desarrollaron el trabajo de investigación Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) El objetivo del estudio fue evaluar el contenido de antocianinas y el rendimiento de grano de seis cultivares de maíz morado en la zona altoandina del Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y concentración de antocianinas. Según los resultados de la investigación, la siembra de la variedad INIA 601 presenta el máximo rendimiento de grano (2,77 t ha⁻¹) y la mayor concentración de antocianinas en corontas (6,12) y brácteas (3,18 mg/100 g de cianidina-3-glucósido).

- B2.** (Acero Catacora, 2019) desarrolló la tesis, cuyo objetivo principal de este proyecto es demostrar la utilidad de un sistema de internet de las cosas para optimizar la gestión del agua en la agricultura de la región de Tacna. Conclusiones: Dado que la cantidad de agua utilizada para el riego está directamente correlacionada con el número de horas de riego, un sistema de internet de las cosas optimiza la gestión del agua en la agricultura. La evidencia sugiere que este enfoque supera significativamente a otras técnicas convencionales, garantizando un uso más eficiente de un recurso natural escaso como el agua. También hace hincapié en cómo una mejor calidad de las cosechas resulta de dar al cultivo el agua que realmente necesita, y cómo el uso de sensores en dispositivos eléctricos como Damla mejora los métodos de riego en la agricultura. Dicho de otro modo, los expertos en los campos de la tecnología y la información pueden abordar soluciones de relación dentro del incipiente sector del internet de las cosas.
- B3.** (Ponce Bueno & Jordán Zamora, 2022) en su tesis de pregrado, llega a los siguientes resultados: Uno de los productos agrícolas más significativos para la economía es el maíz; para producir un mayor rendimiento, el cultivo necesita tiempo, atención y las condiciones adecuadas, incluidos el riego, la temperatura y la humedad adecuados. Se ha utilizado un servicio IoT para el cultivo de maíz con protocolo de comunicación LoRaWAN para diseñar e implementar un sistema inteligente de seguimiento nutricional que mejore la supervisión. Los agricultores se beneficiarán enormemente de este sistema, ya que ahorrará tiempo y facilitará el trabajo, garantizando el crecimiento de las plantas y una producción excelente gracias a un buen suministro de nutrientes y un suelo rico en materia orgánica.

2.1.3. A nivel regional

A nivel regional, no se cuenta con investigaciones similares o que sirvan como antecedente al menos que hayan investigado una de las variables de nuestra investigación

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Prototipo funcional de red sensorial IoT

El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT (Internet de las cosas) para monitorear parámetros en el proceso productivo agrícola implica la integración de sensores, dispositivos de comunicación y una plataforma de gestión de datos. A continuación, se presenta los pasos generales para crear dicho prototipo:

Identificación de parámetros a monitorear: Determina los parámetros clave que deseas monitorear en el proceso productivo agrícola, como temperatura, humedad, nivel de luz, pH del suelo, entre otros. Estos parámetros dependerán del tipo de cultivo y las necesidades específicas.

Selección de sensores: Se elige los sensores adecuados para cada parámetro a monitorear. Existen una variedad de sensores disponibles en el mercado que se pueden utilizar en aplicaciones agrícolas. Asegúrate de que los sensores sean compatibles con la tecnología IoT y puedan proporcionar mediciones precisas y confiables.

Diseño de la red sensorial: Define la arquitectura de la red sensorial IoT. Determina la ubicación y distribución de los sensores en el área agrícola, considerando la cobertura de la red, la distancia de transmisión y la conectividad con los dispositivos de comunicación.

Selección de dispositivos de comunicación: Elige los dispositivos de comunicación adecuados para transmitir los datos recopilados por los sensores. Puedes utilizar tecnologías de IoT como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee o LoRaWAN, dependiendo de la distancia de transmisión y el consumo de energía requerido.

Desarrollo del prototipo: Conecta los sensores a los dispositivos de comunicación y programa el firmware para recopilar datos y enviarlos a una plataforma de gestión de datos. Puedes utilizar microcontroladores como Arduino o Raspberry Pi para este propósito.

Integración con la plataforma IoT: Configura una plataforma de gestión de datos o una plataforma IoT para recibir y almacenar los datos

recopilados. Puedes utilizar servicios en la nube como AWS IoT, Google Cloud IoT o plataformas específicas para proceso productivo agrícola.

Visualización y análisis de datos: Utiliza herramientas de visualización y análisis de datos para interpretar los datos recopilados y obtener información útil. Puedes desarrollar un panel de control personalizado o utilizar herramientas existentes como Grafana o Tableau.

Pruebas y ajustes: Realiza pruebas en campo para verificar el funcionamiento del prototipo y ajustar los parámetros según sea necesario. Evalúa la precisión de los sensores y la confiabilidad de la transmisión de datos agrícolas.

2.2.1.1. Parámetros para el prototipo funcional de red sensorial IoT

Para el prototipo funcional de red sensorial IoT en el contexto agrícola, a continuación, se presentan algunos parámetros que podrían considerarse:

Temperatura del aire: Medir la temperatura ambiente para monitorear las condiciones climáticas y su impacto en los cultivos.

Humedad del aire: Registrar la humedad relativa para evaluar la disponibilidad de agua en el ambiente y su influencia en la transpiración de las plantas.

Humedad del suelo: Monitorear la humedad en el suelo para determinar la cantidad y frecuencia adecuada de riego, evitando tanto el exceso como la escasez de agua.

Luminosidad: Medir la intensidad de la luz para evaluar la radiación solar recibida por los cultivos y su influencia en la fotosíntesis.

pH del suelo: Controlar el nivel de acidez o alcalinidad del suelo para asegurar un pH adecuado que permita una absorción óptima de nutrientes.

Conductividad eléctrica (CE) del suelo: Evaluar la concentración de sales en el suelo para determinar su fertilidad y calidad.

Nivel de nutrientes: Medir la concentración de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, para asegurar una nutrición adecuada de las plantas.

Pluviometría: Registrar la cantidad de lluvia caída para monitorear y complementar las necesidades de riego.

Estos son solo algunos parámetros que pueden ser relevantes en un prototipo funcional de red sensorial IoT para la agricultura. La selección final dependerá de los requisitos específicos del sistema y los cultivos que desees monitorear. Es importante considerar la tecnología de sensores adecuados y los métodos de transmisión de datos para integrarlos en la red sensorial y así obtener mediciones precisas y confiables.

2.2.1.2. Recopilación de datos en tiempo real por el prototipo funcional de red sensorial IoT

Para la recopilación de datos en tiempo real por el prototipo funcional de red sensorial IoT de monitoreo del proceso de producción agrícola, se requiere seguir los siguientes pasos:

Instalación de sensores: Coloca los sensores en las ubicaciones adecuadas de acuerdo con los parámetros que desees monitorear. Asegúrate de que los sensores estén correctamente configurados y conectados a los dispositivos de comunicación.

Configurar dispositivos de comunicación: Configure dispositivos de comunicación, como módulos IoT o microcontroladores, para conectarse a la red y recopilar datos de sensores.

Transmisión de datos: Utiliza tecnologías de comunicación inalámbrica, como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee o LoRaWAN, para transmitir los datos recopilados desde los sensores hacia una plataforma central o una base de datos en la nube. Asegúrate de que la conexión sea estable y confiable.

Procesamiento y almacenamiento de datos en la nube: Configura una plataforma en la nube para recibir y almacenar los datos en tiempo real.

Puedes utilizar servicios en la nube como AWS IoT, Google Cloud IoT o plataformas específicas para proceso productivo agrícola.

Análisis y visualización de datos: Utiliza herramientas de análisis y visualización de datos para interpretar los datos recopilados y obtener información útil. Puedes desarrollar un panel de control personalizado o utilizar herramientas existentes como Grafana, Tableau o dashboards personalizados.

Alertas y notificaciones: Configura alertas y notificaciones para recibir avisos en tiempo real cuando los datos recolectados superen umbrales predefinidos o condiciones específicas, lo que permitirá tomar medidas rápidas ante situaciones críticas.

Acceso remoto: Diseña una interfaz de usuario que permita acceder y monitorear los datos de forma remota desde dispositivos móviles o computadoras, lo que facilitará la supervisión constante del proceso de producción agrícola.

Mantenimiento y actualización: Realiza un seguimiento regular del funcionamiento del prototipo, realiza mantenimiento preventivo y asegúrate de que los equipos y la infraestructura estén actualizados para garantizar un monitoreo continuo y confiable.

Estos pasos son generales y deben adaptarse a tu contexto específico. Además, es importante considerar aspectos de seguridad y privacidad de los datos recopilados, así como la integración con otros sistemas o equipos existentes en el proceso de producción agrícola.

2.2.1.3. Componentes electrónicos para la recopilación de datos en tiempo real del prototipo funcional de red sensorial IoT

La recopilación de datos en tiempo real del prototipo funcional de red sensorial IoT incluyen:

- Sensores: Los factores agronómicos como la temperatura del aire, la humedad del suelo, la radiación solar, la velocidad del viento y las precipitaciones se miden mediante sensores. Una unidad central de

procesamiento recibe los datos de los sensores para analizarlos y tomar decisiones.

- Dispositivos de comunicación: Los dispositivos de comunicación se utilizan para transmitir datos de los sensores a la unidad de procesamiento central y para recibir comandos de la unidad de procesamiento central. Estos dispositivos pueden incluir antenas, routers y otros dispositivos de red.

- Unidades de procesamiento: Las unidades de procesamiento se utilizan para procesar y analizar los datos recopilados por los sensores y para tomar decisiones de gestión agronómica en tiempo real. Estas unidades pueden incluir microcontroladores, computadoras y otros dispositivos de procesamiento de datos.

- Sistemas de posicionamiento global (GPS): Los sistemas de posicionamiento global se utilizan para localizar la ubicación de los sensores y para rastrear la ubicación de los dispositivos móviles utilizados en el proceso productivo agrícola. Los datos de GPS se utilizan para realizar mapas de los cultivos y para controlar los equipos agrícolas. Por lo tanto, los componentes electrónicos utilizados en la recopilación de datos en tiempo real en un prototipo funcional de red sensorial IoT incluyen sensores, dispositivos de comunicación, unidades de procesamiento y sistemas de posicionamiento global.

2.2.1.4. Sistema de comunicación en tiempo real para generar información

La recopilación de datos en tiempo real en un prototipo funcional de red sensorial IoT requiere sistemas de comunicación eficientes y confiables. Según (Gholami, Rafiee, Tabatabaeefar, & Keyhani, 2021) los sistemas de comunicación utilizados en este tipo de sistemas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Cobertura de red amplia: La cobertura de red debe ser suficiente para proporcionar una conectividad confiable entre los sensores y la unidad de procesamiento central. Esto significa que se debe utilizar una

tecnología de comunicación que tenga una amplia cobertura, como la red celular o la red de satélites.

- Consumo de energía eficiente: El consumo de energía debe ser lo más bajo posible para prolongar la vida útil de los sensores y minimizar el costo de reemplazo de baterías. Esto se puede lograr mediante el uso de tecnologías de comunicación de baja potencia, como LoRaWAN o NB-IoT.

- Fiabilidad y seguridad: "La comunicación entre los sensores y la unidad de procesamiento central debe ser confiable y segura para garantizar la integridad y la confidencialidad de los datos" (p. 2). Se pueden utilizar técnicas de cifrado y autenticación para proteger la comunicación.

- Latencia baja: La latencia de la red debe ser lo más baja posible para garantizar que los datos se recopilen en tiempo real y que las decisiones se tomen de manera oportuna. Esto se puede lograr mediante el uso de tecnologías de comunicación de baja latencia, como 5G.

Según (Wang, Zhang, & Wang, 2020) se están desarrollando nuevas tecnologías de comunicación para el proceso productivo agrícola en la industria 4.0, como la tecnología de comunicación de área amplia de baja potencia (LPWAN). Esta tecnología utiliza señales de radio de baja potencia para transmitir datos de sensores a largas distancias, lo que reduce el costo de instalación de infraestructura de red y prolonga la vida útil de las baterías de los sensores.

Por lo descrito, los sistemas de comunicación utilizados en la recopilación de datos en tiempo real en un prototipo funcional de red sensorial IoT deben tener una amplia cobertura de red, un consumo de energía eficiente, fiabilidad y seguridad, y una baja latencia. Las tecnologías de comunicación actuales incluyen redes celulares, satélites, LoRaWAN, NB-IoT y 5G, y se están desarrollando nuevas tecnologías como LPWAN.

Los equipos que integran los sistemas de comunicación en tiempo real para la recopilación de datos en un prototipo funcional de red sensorial

IoT incluyen sensores, dispositivos de comunicación, una unidad de procesamiento central, software de procesamiento de datos y una red de comunicación; estas deben garantizar una conectividad confiable entre los sensores y la unidad de procesamiento central.

Según (Gholami, Rafiee, Tabatabaefar, & Keyhani, 2021), estos sistemas pueden incluir:

- Sensores: "Los sensores son dispositivos que se utilizan para recopilar datos de campo, como temperatura, humedad, velocidad del viento, calidad del suelo, y otros parámetros que se miden con frecuencia" (p. 2). Los sensores pueden ser inalámbricos y estar equipados con una tecnología de comunicación para enviar datos en tiempo real.

- Dispositivos de comunicación: "Los dispositivos de comunicación son dispositivos que se utilizan para enviar y recibir datos de los sensores" (p. 2). Estos dispositivos pueden ser gateways o repetidores que se encargan de transmitir los datos desde los sensores a la unidad de procesamiento central.

- Unidad de procesamiento central: "La unidad de procesamiento central es el componente principal del sistema que se encarga de procesar los datos recibidos de los sensores y tomar decisiones en tiempo real" (p. 2). La unidad de procesamiento central puede ser una computadora o un servidor en la nube que está conectado a los dispositivos de comunicación.

- Software de procesamiento de datos: "El software de procesamiento de datos es una herramienta importante que se utiliza para analizar los datos recopilados de los sensores" (p. 2). Este software puede realizar análisis estadísticos y de aprendizaje automático para identificar patrones y tendencias en los datos.

- Red de comunicación: "La red de comunicación es el medio por el cual se transmiten los datos desde los sensores hasta la unidad de procesamiento central" (p. 2). La red de comunicación puede ser una red

celular, una red de satélites, una red de radiofrecuencia de corto alcance o una red LPWAN.

2.2.2. Monitoreo del proceso productivo agrícola del maíz

El monitoreo ambiental y nutricional desempeña un papel fundamental en el proceso productivo del maíz. Aquí se describen las prácticas de monitoreo que se pueden implementar en cada aspecto:

Monitoreo ambiental:

Temperatura y humedad: Se deben realizar mediciones regulares de la temperatura y la humedad del aire y del suelo para evaluar las condiciones ambientales. Esto puede hacerse mediante el uso de estaciones meteorológicas o dispositivos de medición específicos. Los datos recolectados ayudarán a determinar si las condiciones son adecuadas para el crecimiento óptimo del maíz.

Precipitación: El monitoreo de la precipitación es esencial para determinar si se está recibiendo la cantidad adecuada de agua para el cultivo. Se pueden utilizar pluviómetros o estaciones meteorológicas para registrar la cantidad de lluvia en la zona de cultivo. Esto permitirá ajustar las prácticas de riego si es necesario.

Radiación solar: La cantidad de luz solar recibida por el cultivo de maíz es importante para su desarrollo. Se pueden utilizar sensores de radiación solar para monitorear la cantidad de luz que recibe el cultivo. Esto ayuda a evaluar la disponibilidad de luz y determinar si se necesitan medidas adicionales, como la poda de árboles o la selección de variedades de maíz más adecuadas a las condiciones de iluminación.

Monitoreo nutricional:

Análisis de suelo: Antes de la siembra, se debe realizar un análisis de suelo para evaluar los niveles de nutrientes disponibles. Los resultados del análisis ayudarán a determinar las necesidades de fertilización y las enmiendas necesarias para optimizar el suministro de nutrientes al cultivo de maíz.

Análisis foliar: Durante el crecimiento del maíz, se pueden realizar análisis foliares para evaluar los niveles de nutrientes en las hojas. Esto proporciona información sobre el estado nutricional de las plantas y ayuda a identificar deficiencias o desequilibrios de nutrientes. Los análisis foliares también pueden guiar las decisiones de fertilización y corrección de nutrientes durante la temporada de crecimiento.

Monitoreo de pH: El pH del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Es importante realizar mediciones regulares del pH del suelo para asegurarse de que esté dentro del rango óptimo para el crecimiento del maíz. Si el pH está desequilibrado, pueden ser necesarias enmiendas para ajustarlo.

El monitoreo ambiental y nutricional debe realizarse de forma regular y sistemática a lo largo del proceso productivo del maíz. Los datos recopilados durante el monitoreo permitirán tomar decisiones informadas sobre la irrigación, la fertilización y otras prácticas agronómicas para optimizar el crecimiento y el rendimiento del cultivo de maíz. Es importante mantener registros detallados y utilizar herramientas de seguimiento adecuadas para facilitar el análisis y la interpretación de los datos recopilados.

2.2.2.1. Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz

Los parámetros del proceso productivo agrícola del maíz pueden variar según la ubicación geográfica, la variedad de maíz, las prácticas agrícolas y otros factores específicos de la producción agrícola. A continuación, presentamos una descripción general de algunos de los parámetros comunes del proceso productivo agrícola del maíz:

- Selección de la semilla: La selección de la semilla de maíz es un factor crítico en el proceso productivo agrícola. La elección de la semilla adecuada puede afectar la productividad, la resistencia a enfermedades, la adaptabilidad a las condiciones del clima y la calidad del maíz producido (Laidlaw, 2014).

- Preparación del terreno: El proceso de preparación del terreno incluye la limpieza del campo, la eliminación de malezas, la nivelación del suelo y la aplicación de abono. Una buena preparación del terreno es importante para maximizar la absorción de nutrientes y el crecimiento de la planta de maíz (Martínez, Marquez, Neto, Souza, & Lima, 2019).

- Siembra: La siembra del maíz debe hacerse en el momento adecuado para aprovechar al máximo las condiciones climáticas favorables. La profundidad de la siembra, la densidad de siembra y la distancia entre surcos son factores importantes que deben considerarse.

- Manejo del riego: El riego es importante para el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. El manejo del riego debe basarse en la calidad del suelo, la variabilidad climática y las necesidades hídricas de la planta.

- Manejo de plagas y enfermedades: El maíz está expuesto a una amplia gama de plagas y enfermedades que pueden afectar su productividad y calidad. El control de plagas y enfermedades debe basarse en prácticas agrícolas sostenibles y métodos de control biológico para minimizar el uso de pesticidas químicos (Jing, Xia, Chen, & Liu, 2018).

- Cosecha: La cosecha del maíz debe hacerse en el momento adecuado para evitar la pérdida de calidad y productividad. La altura de la planta de maíz, la humedad del grano y la calidad del grano son factores importantes a considerar durante la cosecha (Balkcom, Arriaga, Shaw, & Balkom, 2018).

2.2.2.2. Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601

Tener en cuenta que los parámetros pueden variar según las condiciones locales, las prácticas agrícolas y las preferencias del agricultor. Aquí hay algunos parámetros clave a considerar:

Preparación del suelo: Antes de sembrar el maíz morado variedad 601, es importante preparar el suelo adecuadamente. Esto puede incluir labores como arado, rastrillado y nivelado del terreno para eliminar

malezas, mejorar la estructura del suelo y permitir una buena germinación de las semillas.

Siembra: La siembra del maíz morado se realiza típicamente en hilera o a chorrillo. Los agricultores deben seguir las recomendaciones específicas de siembra proporcionadas por el proveedor de semillas o las prácticas agrícolas locales. Estas recomendaciones pueden incluir la densidad de siembra (número de semillas por unidad de área) y la profundidad de siembra óptima.

Fertilización: El maíz morado requiere nutrientes para un crecimiento saludable. Los agricultores suelen aplicar fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros nutrientes esenciales según las necesidades del suelo. Las cantidades y el momento de aplicación de los fertilizantes pueden variar según las condiciones específicas del cultivo y los resultados de análisis de suelo.

Riego: El riego es esencial para el crecimiento adecuado del maíz morado. Los requisitos de riego pueden depender de factores como la disponibilidad de agua en la región, las condiciones climáticas y la etapa de crecimiento del cultivo. Es importante proporcionar la cantidad adecuada de agua para evitar el estrés hídrico y optimizar el rendimiento.

Control de malezas, plagas y enfermedades: Durante el proceso de cultivo, es importante controlar las malezas, plagas y enfermedades que puedan afectar el maíz morado. Esto puede implicar el uso de herbicidas selectivos, insecticidas y fungicidas según sea necesario. Es fundamental seguir las prácticas agrícolas seguras y las regulaciones locales en relación con el uso de productos químicos.

Cosecha: La cosecha del maíz morado se lleva a cabo cuando las mazorcas han alcanzado su madurez fisiológica. Esto generalmente se determina por la apariencia y el color de las mazorcas, así como por la humedad de los granos. Las prácticas de cosecha pueden variar, pero generalmente implican la recolección de las mazorcas y su posterior desgranado.

2.2.2.3. Maíz morado variedad 601

En la sierra peruana existe una gran variedad de maíz con potencial industrial y de exportación. Uno de ellos es el maíz morado, también conocido como Kulli, Cusco Morado, Morado Canteño, Morado de Caráz y Negro de Parubamba, que contiene pigmento entre morado y negro tanto en el grano como en el tallo. Uno de ellos es el maíz morado, también conocido como Kulli, Cusco Morado, Morado Canteño, Morado de Caráz, y Negro de Parubamba, y tiene pigmento que va del morado al negro tanto en el grano como en el tallo.

Dado que varios genes trabajan conjuntamente para determinar la intensidad del color, resulta especialmente difícil introducir este rasgo en tipos de alto rendimiento y amplia aclimatación. Sin embargo, los productores de maíz de la sierra norte del país pueden optar por una variedad de polinización abierta ofrecida por el Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), que combina eficazmente estas tres cualidades: color, rendimiento y adaptabilidad.

Debido a su color, rendimiento y adaptabilidad, el agricultor de tierras altas puede sembrar la variedad de maíz INIA 601 y cosechar importantes recompensas con una inversión mínima y una cuidadosa atención al cultivo.

El INIA 601 es un tipo de maíz, ya que existe una necesidad insatisfecha de maíz morado tanto a nivel nacional como internacional.

Origen. INIA 601 (INIA NEGRO) se originó en 1990 en la Subestación Experimental Cajabamba.

Con 256 progenies -108 de la variedad Morado de Caráz y 148 de la variación autóctona Negro de Parubamba- se estableció la población "NEGRO".

En la selección se utilizó la selección recurrente de medios hermanos, siendo los criterios clave de selección el fuerte color púrpura del grano, la precocidad, la prolificidad (más de 1,5 de rendimiento), el excelente tipo de planta y la sanidad de la mazorca.

En total se realizaron 6 ciclos de selección con una ganancia promedio de 0,20 t/ha/ciclo.

Principales características de la variedad.

Altura de planta: 2,16 m

Altura de mazorca: 1,24 m

Días a la floración femenina: 98

Días a la madurez: 170

Unidades de calor a la floración: $875,7 \pm 8,1^\circ \text{Cd}$

Hojas normales: Lanceoladas

Número de hojas por planta: 12

Número de mazorcas por planta: 1 a 2

Forma de la mazorca: Ligeramente cónica

Color de la mazorca: Morado intenso

Color de tusa: Morado

Longitud de mazorca: 17,5 cm

Diámetro de mazorca: 4,6 cm

Número de hileras: 10 a 12

Número de granos por hilera: 26

Consistencia del grano: Harinosa

Longitud del grano: 13 mm

Ancho del grano: 11 mm

Espesor del grano: 5 mm

Porcentaje de desgrane: 78 %

Peso de 1000 semillas: 456,2 g

Potencial de rendimiento: 6,0 t/ha

Rendimiento en campo de agricultor: 3,0 t/ha

Recomendaciones para el manejo del cultivo

INIA 601 es una variedad de polinización abierta adaptada muy bien a la sierra norte del Perú (Regiones de Cajamarca, La Libertad y Piura). Debe sembrarse entre 2 600 y 2 900 msnm.

Siembra: Para conseguir 50.000 plantas/ha, sembrar en octubre y noviembre, en cuanto empiecen las lluvias. Utilizar 35 kg de semillas de alta calidad; espaciar los surcos a 0,80 m, esparcir tres semillas por golpe cada 0,50 m y dejar dos plantas por golpe al escardar. Utilizar semillas de alta calidad y tratar los 35 kg de semillas con 150 g de Orthene PS antes de la siembra para favorecer una germinación y una emergencia óptimas.

Control de malezas: El deshierbe oportuno puede ayudarle a erradicar las malas hierbas a tiempo. Aplique herbicida a base de atrazina en suelo húmedo antes de la emergencia del maíz, si es posible, siguiendo la dosis comercial indicada. Cuando el cultivo florezca, manténgalo ordenado.

Fertilización: Aplique el fertilizante teniendo en cuenta el análisis del suelo. La fórmula de aplicación de nitrógeno sugerida es de 90-45-00 kg/ha de N, P₀ y K₀, divididos en dos partes: un tercio aplicado durante la primera escarda y dos tercios aplicados antes de la floración.

Control de plagas: Cuando el clima es seco, se presenta ataque de cogollero (*Spodoptera frugiperda*), para evitar los daños debe aplicarse insecticida granulado, Dipterex p.e. en la dosis comercial recomendada. Para evitar el ataque de los gusanos mazorqueros *Heliothis zea* y *Euxesta* spp, al momento de la floración femenina, aplicar 3 gotas de aceite comestible a los pistilos con ayuda de un gotero o de un mechón de lana, en 3 oportunidades (con una semana de intervalo). La dosis es de 3 litros de aceite/ha/aplicación.

Cosecha: Teniendo en cuenta que este maíz debe cosecharse en plena madurez fisiológica porque se vende en mazorca con un contenido de humedad del grano superior al 15%.

La calidad del producto disminuirá como consecuencia del tiempo necesario para cosechar el maíz más allá de este punto.

Antes de venderlas, retire las espigas que presenten síntomas de putrefacción o el hongo *Penicillium* spp. (se manifiesta como un polvo azul verdoso entre los granos o en la superficie de la cáscara). El maíz húmedo puede ser atacado por hongos que crean sustancias químicas

venenosas que no son seguras para el consumo humano ni para la alimentación animal, por lo que es mejor no guardarlo en lugares cerrados o poco ventilados.

Calidad culinaria: La deliciosa "mazamorra morada", la igualmente popular "aloja o aloha" y la sabrosa "chicha morada" pueden elaborarse utilizando el tipo INIA 601. Una vez eliminado el colorante, las mazorcas hervidas se utilizan principalmente para alimentar cerdos y aves de corral durante la elaboración de la "chicha morada". (Abanto, Medina, & Injante, 2014)

2.2.2.4. Macronutrientes, temperatura, potencial de hidrógeno, la humedad, la presión atmosférica y la altitud, consideradas en un prototipo funcional de red sensorial IoT para la siembra del maíz morado variedad 601

Según Hatfield y Prueger (2015), la temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas de un sistema y tiene un gran impacto en la salud y el crecimiento de las plantas. El potencial de hidrógeno (pH), una medida de la acidez o alcalinidad de una solución influye en la absorción de nutrientes por las plantas (Sánchez-López et al., 2014). La humedad se refiere a la cantidad de agua disponible en el suelo para las plantas y es un factor crítico para el crecimiento y desarrollo de las plantas (FAO, 2016). El peso de la atmósfera que presiona sobre la superficie de la Tierra se conoce como presión atmosférica y puede influir en la cantidad de dióxido de carbono que absorben las plantas (Jones, 2013). Por último, pero no por ello menos importante, la altitud es la altura sobre el nivel del mar y repercute en la cantidad de oxígeno que pueden absorber las plantas (Jones, 2013).

2.2.2.5. Sensores de macronutrientes, temperatura, potencial de hidrógeno, la humedad, la presión atmosférica y la altitud, consideradas en un prototipo funcional de red sensorial IoT para la siembra del maíz morado variedad 601

a) Sensores de fósforo

El sensor de fósforo es un dispositivo utilizado para medir los niveles de fósforo en el suelo en tiempo real. Según Gupta et al. (2018), los sensores de fósforo se basan en la técnica de espectroscopía visible y cercana al infrarrojo (VNIR), que mide la reflectancia de la luz en el suelo y la utiliza para estimar la concentración de fósforo en el suelo. El sensor emite una señal de luz que es reflejada por el suelo y luego detectada por un receptor. La intensidad de la señal reflejada está relacionada con la cantidad de fósforo en el suelo.

Además, según Mulla et al. (2017), los sensores de fósforo también pueden utilizar la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) para medir los niveles de fósforo. En este caso, el sensor emite rayos X que excitan los átomos de fósforo en el suelo, lo que produce fluorescencia. La cantidad de fluorescencia producida está relacionada con la concentración de fósforo en el suelo.

b) Sensores de potasio

Los sensores de potasio son dispositivos que se utilizan para medir la concentración de potasio en el suelo y/o en la solución del suelo. Según Liu et al. (2021), "Los sensores de potasio pueden utilizarse en combinación con otros sensores para recopilar datos de múltiples parámetros, incluyendo la humedad del suelo, la temperatura y la conductividad eléctrica, para proporcionar información precisa y en tiempo real sobre el estado del suelo y las necesidades de las plantas" (p. 10).

Estos sensores pueden utilizarse en sistemas de proceso productivo agrícola basados en la industria 4.0 para mejorar la eficiencia y la productividad de los cultivos. Los datos recopilados por los sensores pueden ser analizados por algoritmos de aprendizaje automático para

proporcionar información útil para los agricultores, como la cantidad de fertilizante que se necesita aplicar para alcanzar los niveles óptimos de nutrientes en el suelo.

Desde el punto de vista tecnológico, varias versiones de sensores de potasio evalúan el contenido de potasio en el suelo mediante espectroscopia de emisión óptica (OES) o espectroscopia de absorción atómica (AA). Otros sensores miden el contenido de potasio en una solución mediante electrodos exclusivos para iones. En general, los sensores de potasio pueden mejorar la productividad y la sostenibilidad de la producción agrícola y son partes cruciales de los sistemas de procesos de producción agrícola basados en la Industria 4.0.

c) Sensores de temperatura

Un sensor de temperatura es un dispositivo que mide la temperatura del entorno en el que se encuentra. Según Kumar et al. (2016), un sensor de temperatura es "un transductor que convierte el cambio de temperatura en una señal eléctrica". Estos sensores son ampliamente utilizados en aplicaciones de control de temperatura en diversos sectores, incluyendo el proceso productivo agrícola basada en la Industria 4.0.

En un prototipo funcional de red sensorial IoT, los sensores de temperatura se utilizan para medir la temperatura del suelo, la temperatura ambiente y la temperatura de las plantas. De esta manera, se pueden identificar las condiciones óptimas de temperatura para el crecimiento y desarrollo de las plantas y, en consecuencia, tomar decisiones de gestión adecuadas.

Según Saikia et al. (2020), existen diferentes tipos de sensores de temperatura, tales como los termistores, los termopares, los sensores RTD (Resistance Temperature Detector) y los sensores de temperatura basados en circuitos integrados. Cada tipo de sensor tiene sus propias características y ventajas, por lo que la elección dependerá de las necesidades específicas del sistema de proceso productivo agrícola.

d) Sensores de potencial de hidrógeno (pH)

El sensor de potencial de hidrógeno (pH) es una herramienta para determinar la acidez o alcalinidad de una solución. Kovacs et al. (2017) afirman que el sensor de pH funciona mediante un electrodo de vidrio sumergido en el fluido. Se aplica al electrodo una capa muy fina de vidrio que contiene iones de hidrógeno. Se produce una diferencia de potencial eléctrico cuando el electrodo y la solución entran en contacto porque los iones de hidrógeno del electrodo se intercambian con los iones de la solución que se mide y se convierte en una lectura de pH.

Además, según Cobo-Costa et al. (2019), los sensores de pH modernos pueden estar equipados con tecnologías de comunicación inalámbrica, lo que permite la transmisión de datos en tiempo real a través de redes de sensores inalámbricos (WSN) en sistemas de proceso productivo agrícola basados en la Industria 4.0.

e) Sensores de humedad

Un instrumento llamado sensor de humedad se utiliza para medir la cantidad de agua de una sustancia o un entorno. Estos sensores se utilizan para evaluar la humedad del suelo en el contexto de la producción agrícola, lo que ayuda a decidir cuándo y cuánto regar las plantas.

Según Li et al. (2018), los sensores de humedad del suelo miden la humedad del suelo utilizando diferentes técnicas, como la capacitancia, la resistencia eléctrica, la impedancia, la reflectometría en el dominio del tiempo y la reflectometría en el dominio de la frecuencia. Estos sensores se colocan en diferentes profundidades del suelo para medir la humedad en diferentes capas.

Además, los sensores de humedad del aire se utilizan para medir la humedad en el aire, lo que puede ser importante para determinar cuándo es seguro aplicar ciertos productos químicos en el campo sin que se evaporen rápidamente.

En cuanto al funcionamiento, según Duan et al. (2019), los sensores de humedad del suelo miden la cantidad de agua presente en el suelo midiendo la capacitancia o la resistencia eléctrica del suelo. Los sensores

de humedad del aire miden la humedad del aire midiendo la humedad relativa y la temperatura del aire.

f) Sensores de presión atmosférica

Un sensor de presión atmosférica es un dispositivo que mide la presión ejercida por la atmósfera en un punto determinado. Estos sensores se utilizan para medir la presión barométrica, que es la presión atmosférica a nivel del mar, y pueden proporcionar información sobre la elevación y las condiciones climáticas.

Según Mishra et al. (2019), los sensores de presión atmosférica se utilizan en el proceso productivo agrícola para medir la presión barométrica y predecir el clima. Además, pueden ayudar en la toma de decisiones en cuanto a la siembra y el riego. En el mismo sentido, Zhang et al. (2021) destacan que los sensores de presión atmosférica se utilizan en el proceso productivo agrícola para medir la altitud, la presión barométrica y la temperatura del aire, lo que permite la monitorización en tiempo real de las condiciones ambientales en la zona de cultivo.

En cuanto a su funcionamiento, según Gollakota et al. (2014), los sensores de presión atmosférica pueden basarse en la medición de la deformación de un material elástico o en la medición de la resonancia de un objeto en respuesta a la presión atmosférica. También pueden utilizar tecnologías de microelectromecánica para medir la presión mediante la deformación de un material sensible a la presión.

g) Sensores de altitud

Un sensor de altitud es un dispositivo que mide la altura sobre el nivel del mar o la elevación de un objeto o lugar en relación con una altitud de referencia. Según Haeussermann y Recknagel (2018), "los sensores de altitud miden la presión atmosférica y la convierten en información de altitud utilizando la ecuación barométrica de altura" (p. 2). Estos sensores pueden ser utilizados en aplicaciones de proceso productivo agrícola para medir la altitud de un campo o terreno, lo que puede ser útil para determinar la ubicación precisa de una cosecha o para analizar las variaciones en la altitud en diferentes partes de un campo.

Además, según Gupta, Biswas y Panda (2016), los sensores de altitud pueden ser utilizados para mejorar la precisión de los sistemas de posicionamiento global (GPS) en entornos con obstáculos como edificios, árboles o montañas, lo que los hace particularmente útiles en el proceso productivo agrícola en áreas rurales o montañosas (p. 136).

h) Sensor NPK

El sensor NPK es un tipo de sensor utilizado para medir los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. Estos tres elementos son esenciales para el crecimiento de las plantas y la producción de cultivos saludables. La medición precisa de los niveles de NPK en el suelo permite a los agricultores ajustar la cantidad de fertilizante que se aplica a un área determinada, lo que puede mejorar la eficiencia y reducir el costo de la producción agrícola.

Los sensores NPK utilizan diferentes tecnologías para medir los niveles de cada elemento en el suelo. Algunos sensores utilizan la espectroscopia para analizar la luz reflejada por el suelo, mientras que otros utilizan la electroquímica para medir la concentración de iones en el suelo. Los sensores NPK se pueden utilizar de forma individual o en conjunto con otros sensores para proporcionar una imagen completa de la salud del suelo.

2.2.2.6. Sistema de comunicación en tiempo real para general información.

Wifi

La Wi-Fi Alliance, asociación comercial que se adhiere a las normas 802.11 relativas a las redes de área local inalámbricas, es la propietaria de la marca comercial Wi-Fi. Su nombre original era Wireless Ethernet Compatibility Alliance ("Wi-Fi (Wireless Fidelity)." In Encyclopaedia Britannica. Para realizar la comunicación se desarrolló el interfaz de comunicación entre la el ESP8266 y la antena satelital mediante wifi (tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos) ThingSpeak es un servicio de plataforma de análisis IoT basado en la nube que le permite recopilar, ver y examinar flujos de datos

en tiempo real. Es posible enviar alarmas, enviar datos de sus dispositivos a ThingSpeak y ver al instante datos en tiempo real.

El software

El software es todo el flujo del proceso desde la captura de datos y procesamiento del sistema lector de sensores que va a ser gobernada por el microcontrolador ESP8266, según Hans van Vlie (Software Engineering: Principles and Practice) software de control se refiere a los programas, instrucciones y datos que controlan el funcionamiento de un sistema informático. Es la parte lógica y no tangible de una computadora o dispositivo electrónico, que permite a los usuarios realizar diversas tareas, desde la ejecución de aplicaciones y la gestión de datos hasta el control de hardware y la automatización de procesos.

2.3. Bases conceptuales

Prototipo funcional de red sensorial IoT basado en la Industria 4.0: En el contexto agrícola, un prototipo funcional de red sensorial IoT basado en la Industria 4.0, utiliza tecnologías de la Industria 4.0 para recopilar datos en tiempo real y analizarlos, Mediante la optimización del uso de recursos como el agua y los fertilizantes, el seguimiento de las condiciones meteorológicas y del suelo, y la utilización de tecnologías como la automatización de los procesos de producción agrícola y de los procesos de producción, las tecnologías de la Industria 4.0 pueden mejorar la eficiencia operativa y reducir los costes, al tiempo que recopilan y analizan datos en tiempo real y facilitan una toma de decisiones más informada y precisa.

El proceso productivo agrícola: Es una metodología que utiliza tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para optimizar y personalizar la producción agrícola. Esta técnica consiste en recopilar y analizar datos sobre las condiciones del suelo, el clima, el crecimiento de las plantas y otros factores relevantes para la producción agrícola, con el fin de tomar decisiones más

informadas y precisas sobre el uso de recursos, la aplicación de fertilizantes y pesticidas, y la gestión de los cultivos en general.

Placa de cobre: La placa de cobre de baquelita es un tipo de placa de circuito impreso fabricada con un material aislante llamado baquelita, con una capa de cobre en una cara como también en ambas caras. La baquelita es un material termoestable con alta resistencia dieléctrica, lo que la hace ideal para aplicaciones eléctricas de alta tensión. La placa de cobre de baquelita es conocida por su durabilidad y capacidad para soportar altas temperaturas. Sin embargo, su conductividad eléctrica es menor en comparación con otros PCB, lo que limita su uso en aplicaciones de alta potencia.

A pesar de sus limitaciones, la placa de cobre de baquelita sigue siendo una opción popular para aplicaciones de baja potencia y dispositivos electrónicos más antiguos debido a su resistencia y durabilidad.

NodeMCU ESP8266: El ESP8266 NodeMCU V2 es un módulo microcontrolador con capacidad de WiFi y control GPIO programable en JavaScript a través de Mongoose-IoT y Espruino para versiones de firmware de ESP8266. Con características como la usabilidad en una placa de pruebas, el tamaño de la memoria flash y las capacidades del MCU. Es necesario contar con un módulo USB-TTL para comunicarse y programar el módulo. (Chen, Kribus, Lim, Lim, Chong (Chen, y otros, 2004), Karni, Buck, Pfahl, Bligk, 2004).

2.4. Bases epistemológicas o bases filosóficas o bases antropológicas

Prototipo funcional de res sensorial IoT basado en la Industria 4.0: En el contexto agrícola, un prototipo funcional de res sensorial IoT basado en la Industria 4.0 utiliza tecnologías de la Industria 4.0 para recopilar datos en tiempo real y analizarlos.

Bases antropológicas:

El proceso productivo agrícola del maíz morado, al igual que cualquier otro cultivo, está influenciado por una serie de factores antropológicos que afectan su desarrollo. A continuación, se presenta algunas bases antropológicas relevantes para comprender este proceso:

Domesticación del maíz: La domesticación del maíz se llevó a cabo hace miles de años en las regiones mesoamericanas, donde las comunidades indígenas desarrollaron técnicas agrícolas para cultivar y mejorar esta planta. Estas prácticas se transmitieron de generación en generación y sentaron las bases para la producción agrícola del maíz morado.

Conocimiento tradicional: Las comunidades indígenas que han cultivado maíz morado durante siglos poseen un conocimiento tradicional profundo sobre su cultivo. Este conocimiento se basa en observaciones empíricas, prácticas de cultivo y rituales asociados con el maíz morado. Estas prácticas transmitidas oralmente han sido fundamentales para el desarrollo del proceso productivo agrícola.

Relación cosmológica: El maíz morado tiene una importancia simbólica y cosmológica en muchas culturas mesoamericanas. Se le atribuyen propiedades espirituales y se considera un alimento sagrado. Estas creencias influyen en las prácticas agrícolas, los rituales y las ceremonias asociadas con el cultivo del maíz morado.

Sistemas de intercambio: El maíz morado ha sido un producto de intercambio importante en las sociedades precolombinas y contemporáneas. A través de redes de intercambio, las comunidades han obtenido variedades de maíz morado de otras regiones y han compartido sus propias variedades. Estos sistemas de intercambio han contribuido a la diversidad genética y al enriquecimiento del proceso productivo.

Transformaciones históricas: A lo largo de la historia, el proceso productivo agrícola del maíz morado ha experimentado transformaciones significativas debido a cambios demográficos, económicos y culturales. La colonización, la globalización y otros factores han tenido un impacto en las prácticas agrícolas, el acceso a recursos y la comercialización del maíz morado.

Estas bases antropológicas son solo algunos aspectos relevantes para comprender el proceso productivo agrícola del maíz morado. Es importante tener en cuenta que el contexto cultural y geográfico específico de cada comunidad puede influir en las prácticas agrícolas y en la relación con el maíz morado.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Ámbito

Dado que nos encontramos en la transformación de sistemas de producción y la fusión con la tecnología del internet (Schwab, 2015), el área de estudio es la Industria 4.0.

El ámbito donde se desarrolló la investigación es en el área geográfica que está ubicada en el Kilómetro 12 de la carretera Huánuco la Unión - Centro de Producción Canchan de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Los integrantes están conformados por un equipo de investigadores: docentes, tesista y colaboradores de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, departamento de Huánuco.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Descripción de la población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Lepkowski, 2008). En tal sentido, para la presente investigación dado que la unidad de análisis fueron los datos del proceso productivo agrícola del maíz morado mediante la utilización del proceso productivo agrícola y el prototipo funcional de res sensorial IoT basado en la Industria 4.0, en una parcela de 30m. x 7m. igual al área de 210 m², ubicada en Canchan, la población del Maíz Morado 601 es de 675 y los datos recolectados por los 9 sensores será por segundo durante cuatro meses haciendo un total de 60 segundos x 60 minutos x 24 horas x 30 días x 4 meses que es igual a 10'368,000 por sensor; multiplicado por 9 sensores la población de datos a analizar será de 93'312,000.

Tabla 3*Recolección de datos en el proceso de producción*

Detalle	Unidad de medida	Datos almacenados
Cantidad de datos por minuto	60 segundos	60
Cantidad de datos por hora	60 minutos	3600
Cantidad de datos por día	24 horas	86400
Cantidad de datos por mes	30 días	2592000
Cantidad de datos por 4 meses	4 meses	10368000
Cantidad de datos de los 9 sensores	9 sensores	93,312.000

Nota. En la tabla se muestra la cantidad total de datos que se obtendrán mediante el prototipo funcional de red sensorial para realizar el análisis de datos.

Tabla 4*Cantidad de plantas de maíz morado en el área de 210m²*

Detalle	Cantidad de Plantas
Planta de maíz por hilera	75
Cantidad de hileras	9
Total, de plantas de maíz morado	675

Nota. Se muestra la cantidad de plantas de maíz morado 601 que se sembraron en la parcela.

Tabla 5*Distribución de la parcela asignada de 210m² para el proceso de producción*

Áreas	Dimensiones	Metros cuadrados
área 1	10m x 7m	70m ²
área 2	10m x 7m	70m ²
área 3	10m x 7m	70m ²
Total		210m ²

Nota. Se visualiza las dimensiones de las tres áreas de la parcela

3.2.2. Muestra y método de muestreo

El método utilizado en esta investigación para la selección de la muestra es el método no probabilístico opinático o intencional.

Para realizar el estudio se considerará 210 metros cuadrados (30m x7m) de la parte central de la parcela asignada el cual tendrá 675 plantas de maíz morado variedad 601; el cual será dividido en tres unidades muestrales, cada uno de 70m² y cada uno de ellos contendrá 225 plantas de maíz morado variedad 601. Las tres unidades muestrales se denominarán de la siguiente manera: área 1: 70m² con 225 plantas; área 2: 70m² con 225 plantas; área 3: 70m² con 225 plantas.

Área total de la muestra 210m² con 675 plantas de maíz morado variedad 601, dividido en tres partes:

G1. área 1 Valores de los 9 parámetros registrados cada segundo x cuatro meses

G2. área 2 Valores de los 9 parámetros registrados cada segundo x cuatro meses

G3. área 3 Valores de los 9 parámetros registrados cada segundo x cuatro meses

Para los datos recolectados, la muestra es de tipo censal por cuanto se ha considerado todos los datos de la población para procesarlos.

3.2.3. Criterios de inclusión y exclusión

Criterio de inclusión:

Se incluye las tres áreas que se encuentran en la parte central de la parcela donde se encuentran las plantas a distancias definidas por los cuatro lados.

En cuanto a los datos, se ha considerado todos los datos válidos capturado por los sensores.

Criterio de exclusión:

Se excluyen las áreas de los contornos donde los parámetros iniciales no son tan homogéneas y las plantas son afectados por condiciones externas no controlables a la investigación.

En cuanto a los datos, se ha excluido, datos de pruebas iniciales y datos erróneos por cuanto en algunos momentos los sensores arrojaban datos nulos o cero.

3.3. Nivel y tipo de investigación

3.3.1. Nivel de investigación

El nivel de investigación es aplicativo. Para (Supo, 2012), el nivel descriptivo - Aplicativo, “El objetivo es resolver los problemas o influir en el curso natural de la enfermedad. Junto con la innovación científica, enmarca la innovación artesanal, industrial y técnica. El objetivo de las herramientas estadísticas es evaluar la eficacia de la intervención en términos de proceso, resultados e impacto. Para ello, hay que determinar los signos relevantes”.

3.3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo Básico - Aplicada. Para (Alvarez Risco, 2020) Los tipos de estudio se seleccionan en función del problema a resolver, los recursos disponibles y los objetivos planteados. Según la orientación de la Investigación Aplicada, la investigación se lleva a cabo con el objetivo de adquirir conocimientos novedosos para abordar problemas del mundo real.

3.4. Diseño de investigación

El diseño es preexperimental porque se realiza ajustes, se configuraciones, y validaciones al prototipo funcional de red sensorial IoT para la puesta en funcionamiento; luego será observacional porque se visualizará los datos de los parámetros almacenados en la base de datos para realizar análisis y generar alertas, será longitudinal porque se tomarán datos en diferentes tiempos de las mismas variables, y es de nivel aplicativo.

Preexperimental – Observacional

G1:	P	---	O1
G2:	P	---	O2
G3:	P	---	O3

Donde:

P. Prototipo funcional de red sensorial IoT

G1, G2, G3: Áreas de los grupos muestrales.

O1, O2, O3: Observaciones de los valores de los parámetros por cada segundo durante cuatro meses.

3.5. Métodos, Técnicas e instrumentos

Según Tamayo (1998), El proceso de planificación y organización de las técnicas e instrumentos de recogida de datos se conoce como "procedimientos e instrumentos de recogida de datos". Se refiere a cómo se construirán los instrumentos de recogida de datos a partir de lecturas, encuestas, análisis de documentos u observación directa de los hechos, así como a las directrices para los encargados de recoger los datos. En este estudio se emplearán:

3.5.1. Técnicas

Para obtener información sobre los valores de los parámetros en el proceso productivo agrícola la **técnica de adquisición de datos basados en sensores**.

3.5.2. Instrumentos

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizará el siguiente instrumento:

Sistema de adquisición de datos. Este Instrumento es un dispositivo o conjunto de dispositivos que se conectan a los sensores y registran las mediciones realizadas por estos últimos. Estos instrumentos están diseñados para capturar, almacenar y procesar los datos recopilados por los sensores de manera precisa y confiable.

3.5.2.1. Validación de los instrumentos para la recolección de datos.

Estos instrumentos no requieren validación, porque fueron validados por el fabricante, pero sí se validará por expertos, algunas características de los sensores que han sido considerados en el diseño del prototipo

3.5.2.2. Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos.

Para hallar la confiabilidad de los instrumentos se realizó una muestra piloto de 60 datos por parámetro y se valuó la precisión, la estabilidad y la repetibilidad de las mediciones realizadas por los sensores comparando con los valores iniciales.

3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

A continuación, describimos las técnicas para el procesamiento y análisis de datos.

3.6.1. Técnicas para el procesamiento

3.6.1.1. Recolección de datos

Implica crear un plan minucioso de pasos que recopilarán datos para un objetivo determinado:

1. Codificar las categorías de ítems o preguntas y las categorías de contenido u observación no precodificadas.
2. Elaborar el índice de códigos.
3. Efectuar la codificación en las tablas para la generación de reportes.
4. Guarda los datos en un archivo digital.

3.6.1.2. Procesamiento de la información

Es el procedimiento por el cual se ordenan y organizan hechos discretos para responder a:

Problema de Investigación.

Objetivos.

Hipótesis del estudio.

3.6.1.3. Presentación de resultados

Los resultados se presentan mediante ecuaciones, gráficos y tablas, y se interpretan.

3.6.2. Análisis de los datos

Como dice Encinas (1993), los datos en sí mismos tienen limitada importancia, es necesario «hacerlos hablar», esto resume básicamente el análisis y la interpretación de los datos.

Teniendo en cuenta los resultados del trabajo de campo y en términos de:

Problema de Investigación.

Objetivos.

Hipótesis del estudio.

El marco teórico del estudio.

Existen dos técnicas que son, el análisis estadístico y el análisis de contenido descriptivo.

3.6.2.1. Análisis de los datos mediante la estadística descriptiva

Mediante el uso de gráficos, tablas, cuadros, dibujos, figuras y diagramas producidos por el análisis de datos, describir el tratamiento estadístico de los datos.

Explicar los datos, valores, puntuación y distribución de frecuencias de cada variable.

3.6.2.2. Análisis de los datos mediante la estadística inferencial

El diseño de investigación utilizado indica el tipo de análisis requerido para la comprobación de hipótesis.

3.7. Consideraciones éticas

La ética depende de la escala, tanto temporal como espacialmente. La virtud de prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601, por ejemplo, está estrechamente ajustada a la manipulación de la parcela y a los productos químicos que se pueden utilizar para la producción, por lo tanto es necesario

que los investigadores y personal de apoyo conozcan de todos los insumos y componentes que se usarán en la investigación, así como la no manipulación o alteración de las condiciones iniciales sin autorización del responsable del equipo investigador.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de identificación y construcción

4.1.1. Identificar los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601

Los parámetros elementales para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 son:

1. **Hidrógeno (pH):** Mediante el uso de gráficos, tablas, cuadros, dibujos, figuras y diagramas producidos por el análisis de datos, describir el tratamiento estadístico de los datos.
Explicar los datos, valores, puntuación y distribución de frecuencias de cada variable.
2. **Potasio:** Es un elemento de la tabla periódica con el número atómico 19 y el símbolo químico K (derivado de la frase árabe القلية, DMG al-qalya, "ceniza de plantas" y del latín Kalium). Es un metal alcalino de color blanco plateado que está ampliamente distribuido en elementos relacionados con la sal y otros minerales que se encuentran en la naturaleza. Es muy reactivo, sobre todo en el agua, y se oxida rápidamente en el aire. Químicamente, es similar al sodio.
3. **Fósforo:** es un mineral que existe en todas las células de nuestro cuerpo. Los huesos, los dientes y algunas partes del ADN contienen la mayor parte del fósforo. El fósforo es esencial para la producción de energía del cuerpo y otras reacciones químicas críticas.
4. **Nitrógeno:** El nitrógeno es un elemento químico de número atómico 7, símbolo N, su masa atómica es de 14,0067 g/mol y en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78 % del aire atmosférico.

5. **Temperatura de suelo:** Se utiliza un termómetro angular único para medir la temperatura del subsuelo a profundidades de 50 y 100 cm. El depósito de mercurio del termómetro está situado en el interior de la tierra, y la escala de medición es visible para el observador. Por supuesto, debe protegerse de los rayos directos del sol, y el termómetro debe leerse sin moverlo de su posición original.
6. **Temperatura del ambiente:** La temperatura se indica generalmente en Kelvin (K) y, para el uso cotidiano, se mide en grados Celsius (°C).
7. **Humedad del suelo:** La cantidad de agua que se adhiere al suelo se indica mediante el potencial de humedad del suelo o la tensión de humedad del suelo. Se expresa en bares, que son unidades de presión.
8. **Humedad del ambiente:** La presencia de vapor de agua en la atmósfera es la causa de la humedad atmosférica. El vapor se produce por la evaporación de las masas de agua terrestres y, en menor medida, por la evapotranspiración de las plantas y el suelo. La temperatura del aire influye en la cantidad de vapor de agua que puede absorber. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.
9. **Presión atmosférica:** La presencia de vapor de agua en la atmósfera es la causa de la humedad atmosférica. El vapor se produce por la evaporación de las masas de agua terrestres y, en menor medida, por la evapotranspiración de las plantas y el suelo. La temperatura del aire influye en la cantidad de vapor de agua que puede absorber. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.
10. **Altitud:** Es la distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar.

4.1.1.1 Parámetros iniciales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan - UNHEVAL 2022.

Se identificaron los parámetros del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601, a través de revisión bibliográfica, precisándose, los respectivos rangos, tal como se indica en la tabla 6:

Tabla 6

Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601

Parámetros	RANGO
PH	pH<6
	6 y 7
	8<pH
POTASIO ppm	K<160
	160 a 180
	200<K
FOSFORO ppm	P<16
	16 a 20
	20P
NITROGENO Kg/ha	N<200
	200 a 250
	250 <N
TEMPERATURA SUELO	T°<11
	11 a 20
	20<T°
TEMPERATURA AMBIENTE	Mínimo
	Máximo
HUMEDAD SUELO	H<24%
	24 % a 75%
	75% <H
HUMEDAD AMBIENTE	PROMEDIO
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	hectopascal - hPa
ALTITUD	En metros sobre nivel del mar

Nota: Tomado del repositorio del INIA (INIA, 2019) (INIA, 2021)

4.1.2. Determinar los valores iniciales de los parámetros iniciales de la parcela de experimentación del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchán - UNHEVAL 2022.

Considerando la parcela de terreno de 210 m² asignada al proyecto, esta fue dividida en 3 áreas: área 1 (70m²), área 2 (70 m²) y área 3 (70m²). Antes de la preparación del terreno para proceso de sembrado del maíz morado variedad INIA 601, se tomaron muestras de tierra de cada una de las 3 áreas y fueron enviadas al laboratorio para efectos de su evaluación a nivel de macronutrientes y micronutrientes, cuyos resultados fueron contrastados con los parámetros iniciales, para ver condiciones de suelo obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Parámetros iniciales de parcelas asignadas

Proceso productivo	Parámetros	Valores teóricos de los Parámetros	Valores iniciales de los Parámetros		
			Área 1	Área 2	Área 3
Parámetros del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601	Fósforo	16 - 20	21.95	18.79	25.35
	Potasio	160 - 180	104.75	166.48	191.02
	Nitrógeno	200 - 250	0.14	0.08	0.08
	Potencial de hidrógeno (pH)	6 - 7	6.30	6.20	6.46
	Temperatura de suelo	11 - 20	15	15	15

Temperatura ambiente	10 – 21*	10-20	10-20	10-20
Humedad de suelo	24 % a 75%	30%	30%	30%
Humedad de ambiente	Promedio	18 %	18 %	18 %
Presión atmosférica	hectopascal - hPa	80549 mPa	80549 mPa	80549 mPa
Altitud	1894 msnm	1894 msnm	1894 msnm	1894 msnm

Fuente: Inía (2022). Climate-data.org.

Se advierte que los resultados de las cantidades de Fósforo (18,79) y de Potasio (166,48) del área 2, se encuentran dentro de los parámetros iniciales establecidos para obtener una buena producción del maíz morado variedad Inía 601, mientras que las áreas 1 y 3 se encuentran por encima del valor máximo. Respecto al pH, las tres áreas se encuentran dentro de los rangos establecidos. (Medina Hoyos A. E., 2022)

Se ha sembrado en el mes de noviembre, en esta época de lluvia se presentaron sequías, así como limitaciones en el sistema de riego a consecuencia de las sequías.

4.1.3 Determinar los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT.

4.1.3.1 Sistema electrónico.

Para el diseño del sistema electrónico del prototipo funcional, primero se diseñó el sistema físico del sembrío del maíz

4.1.3.2 Diseño de la parcela.

Para el diseño se tuvo en cuenta que planta se va a instalar, en nuestro caso maíz morado variedad 601 cuya densidad de hileras es de 80 cm y densidad de gotero a gotero es de 40 cm.

Antes de iniciar la instalación se realizó un esquema para tener claro la cantidad de manguera, conexiones y goteros que vamos a necesitar. Se dibujó el área que regaremos, con esto podemos verificar por donde pasará la manguera y cuantos accesorios se necesitarán según la configuración del área, en nuestro caso 210 m cuadrados divididos en 3 partes iguales, así mismo se podrá determinar la cantidad de goteros, a que distancia deberán ser instalados entre ellos con el fin de lograr un riego uniforme.

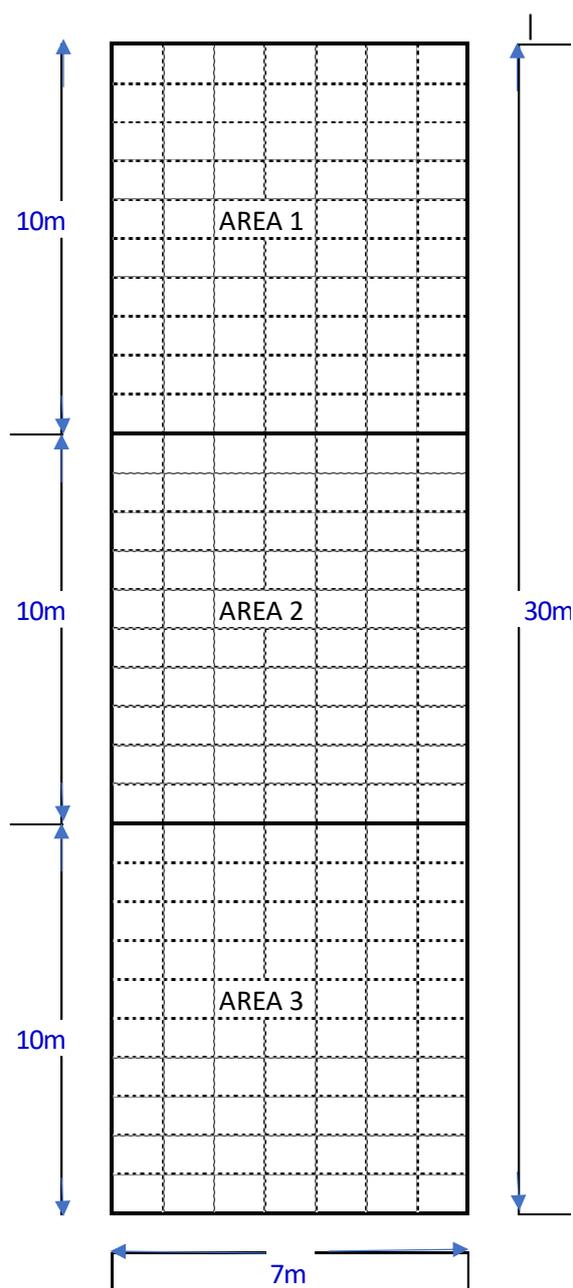
Figura 1

Toma fotográfica del área de 210 m² asignado para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.



Figura 2

Diseño del área de 210 m² asignado para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.



Nota. La parcela donde se llevó a cabo el estudio tuvo un área de 210 m², esta se dividió en tres áreas denominadas área 1 (70m²), área2 (70 m²) y área 3 (70m²).

4.1.3.3 Diseño del sistema de riego por goteo.

El riego por goteo es un tipo de riego localizado que consiste en suministrar el agua en forma de gotas que acceden a la zona radicular de cada planta, a través de unos pequeños goteros.

El sistema de riego por goteo consto de las siguientes partes:

1. Fuente de agua, es el lugar de donde se obtiene el agua para el riego el agua se obtuvo del canal de regadío
2. Bomba, se encarga de impulsar el agua a través de las tuberías del sistema de riego se utilizó una bomba centrífuga de 1 hP m³/h o de acuerdo a la necesidad de presión del agua.
3. Filtro: se utiliza para eliminar las impurezas y partículas que puedan obstruir las tuberías o los emisores de goteo.
4. Tuberías principales, son las tuberías que transportan el agua desde la fuente hasta los diferentes sectores del terreno se utilizó tuberías de PVC de 2 pulgadas de diámetro
5. Válvulas, se utilizan para controlar el flujo de agua en el sistema, se usó válvulas de paso de 1 pulgadas.
6. Tuberías secundarias, son las tuberías que distribuyen el agua desde las tuberías principales hasta los emisores de goteo. se utilizó tuberías de PVC de 1 pulgadas de diámetro
7. Emisores de goteo: son los dispositivos que suministran el agua a las plantas de manera uniforme y controlada.
8. Accesorios: incluyen codos, tees, conectores y otros accesorios necesarios para conectar todas las partes del sistema.
9. Controlador: es un dispositivo que se utiliza para programar el sistema de riego y controlar la frecuencia y duración de los riegos.
10. Sensores: se pueden utilizar sensores de humedad del suelo para controlar el riego de manera más eficiente y precisa.

4.1.3.4 Componentes electrónicos del prototipo.

Los componentes electrónicos que se utilizó teniendo en cuenta los factores externos que afectan según zona de experimentación y recursos electrónicos

que contamos en nuestra región, como también los factores técnicos suficientes para el desarrollo de proyecto, determinándose los siguientes: La placa de desarrollo por sus siglas del inglés, System on Chip Wifi modelo ESP8266, ESP32, LCD, reles, electroválvulas, sistema programador, sensores de nitrógeno, fósforo, potasio y Ph RS465-3 pines, sensor de humedad SH2-FC-28, sensor de humedad y temperatura relativa ambientales y sensor barométrico. Ver tabla 8.

Tabla 8

Componentes electrónicos para el prototipo

Componentes	Características
Baquelita	Placa Cobre
ESP8266	NodeMCU V2
ESP32	NODEMCU-32
LCD	2x16
Rele	5Pines/12 voltios DC
Electroválvulas	24VAC
Electroválvulas 220AC	24VAC
Sensor de Humedad Ambiente	DHT11
Sensor de Humedad Ambiente	DHT22
Sensor de Presión	BMP280
Sensor de Nutrientes	Soil NPK
Sensor de Humedad y temperatura del Suelo	FC-28

4.1.4 Construcción un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

4.1.4.1 Componentes electrónicos del prototipo.

4.1.4.1.1 Sensores ambientales para monitorear el proceso productivo

Para el monitoreo del ambiente se ha acondicionado la parcela que consta de tres áreas definidas, para lo cual se ha considerado los siguientes parámetros:

1. Temperatura del suelo
2. Temperatura del ambiente
3. Humedad del suelo
4. Humedad del ambiente
5. Presión atmosférica
6. Altitud.

- a. **Sensor de Humedad y Temperatura del suelo:** Sensor de temperatura y humedad del suelo de cuatro pines que mide estas variables y puede utilizarse para almacenar datos para su posterior acceso y análisis o para leer los datos en tiempo real. Su tamaño y forma facilitan su inserción en el suelo, lo que permite vigilar las plantas o los cultivos en general. Dado que el sensor FC-28 se monta en la placa, este sensor de temperatura y humedad del suelo es perfecto para aplicaciones de jardinería que necesitan regular el crecimiento saludable de las plantas. (Avalon, s.f.)

|Figura 3

Sensor de humedad y temperatura del suelo.



Características técnicas:

Voltaje de trabajo: 3.3V ~ 5V

Corriente de trabajo: 35mA

Tipo de salida: Digital y analógica

Tipo de sensor: FC28

<https://avalontechsv.com/producto/sensor-humedad-temperatura-suelo/>

```
int Bomba = 10;
int Sensor = A0;
void setup() {

  pinMode(Bomba, OUTPUT);
  pinMode(Sensor, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {

  int almacenador = analogRead(Sensor);
  int valor = (almacenador / 10.23); // Valor de humedad
  if(valor >= 60){
    digitalWrite(Bomba, HIGH);
    delay(10000);
    digitalWrite(Bomba, LOW);
  }
  Serial.print(valor);
  delay(2000);
}
```

- b. **Sensor de Humedad y Temperatura del ambiente DHT11-DHT22:** Los sensores digitales de temperatura y humedad DHT11 y DHT22 son fáciles de usar con cualquier microcontrolador. Miden el aire ambiente utilizando un termistor y un sensor de humedad capacitivo, y leen los datos utilizando un solo pin. La velocidad a la que leen y el tiempo que tardan en obtener nuevas lecturas (dos segundos para una nueva medición) pueden ser un inconveniente, pero ambos son menores porque la temperatura y la humedad no son variables que varíen con rapidez. (Naylamp, s.f.)

Figura 4

Sensor de humedad y temperatura del ambiente



Características técnicas:

DHT11. Este sensor trabaja con un rango de medición de temperatura de 0 a 50 °C con precisión de ± 2.0 °C y un rango de humedad de 20% a 90% RH con precisión de 4% RH. Los ciclos de lectura deben ser como mínimo 1 o 2 segundos.

DHT22. El rango de medición de temperatura es de -40°C a 80 °C con precisión de ± 0.5 °C y rango de humedad de 0 a 100% RH con precisión de 2% RH, el tiempo entre lecturas debe ser de 2 segundos.

https://naylorpmecatronics.com/blog/40_tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22.html

Realizar la lectura del sensor es simple, el siguiente ejemplo muestra como leer la humedad, temperatura en Celsius y en Fahrenheit

```
#define DHTPIN 2 // Pin donde está conectado el sensor

// #define DHTTYPE DHT11 // Descomentar si se usa el DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // Sensor DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Iniciando...");
  dht.begin();
}

void loop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity(); // Leemos la Humedad
  float t = dht.readTemperature(); // Leemos la temperatura en grados Celsius
```

```

float f = dht.readTemperature(true); //Leemos la temperatura en grados Fahrenheit
//-----Enviamos las lecturas por el puerto serial-----
Serial.print("Humedad ");
Serial.print(h);
Serial.print(" %t");
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(t);
Serial.print(" *C ");
Serial.print(f);
Serial.println(" *F");
}

```

- c. **Sensor de Presión atmosférica BMP280:** El BMP280 es un sensor que permite medir la presión barométrica. Así mismo, dado que la altitud sobre el nivel del mar está relacionada con la presión, puede hacer estimaciones sobre la altitud local con una precisión de $\pm 1\text{m}$. (Turibot, s.f.)

Figura 5

Sensor de presión atmosférica



Características técnicas:

Rango de presión: 300 – 1100 hPa $\pm 1\text{hPa}$

<https://www.turibot.es/blog/index.php/2020/02/18/bmp280-sensor-de-presion-atmosferica/>

Para hacer las lecturas del sensor podemos usar la librería Adafruit_BMP280_Library desarrollada por Adafruit. En esta librería, la dirección por defecto I2C está definida en el archivo Adafruit_BMP280.h, en la instrucción define BMP280_ADDRESS (0x77)

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
```

```
#include "Adafruit_BMP280.h"

Adafruit_BMP280 bmp;

float presion;
float temperatura;
int altitud;

void setup() {
  bmp.begin();
}

void loop() {
  presion = bmp.readPressure()/100;
  temperatura = bmp.readTemperature();
  altitud = bmp.readAltitude (1015); // Ajustar con el valor local

  delay(1000);
}
```

4.1.5 Construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

4.1.5.1 Sensores de nutrientes para monitorear el proceso productivo.

Para el monitoreo de los nutrientes se ha acondicionado la parcela que consta de tres áreas definidas, para lo cual se ha considerado los siguientes parámetros:

1. Potasio
2. Fósforo
3. Nitrógeno
4. Hidrógeno

a. sensor NPK

El sensor NPK del suelo es adecuado para detectar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, y determinar la esterilización del suelo detectando el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, lo que

facilita la evaluación del estado del suelo por el sistema del cliente. Es ampliamente utilizado en campos de maíz, cultivo de invernadero, maíz, cultivo de verduras, vivero de huerto, flores y investigación del suelo. (I+D, s.f.)

Figura 6

Sensor NPK



Características técnicas:

Rango de medición: 0-199 mg/kg

Precisión de medición: $\pm 2\%$ f. s

Resolución: 1 mg/kg (mg/l)

Tiempo de respuesta (t_{90} , s): menos de 10

Temperatura de funcionamiento: 5 a 45°C

Humedad de trabajo: 5 a 95% (humedad relativa), sin condensación

Periodo de garantía: 2 años para motor principal y 1 año para sonda

Velocidad de transmisión: 2400/4800/9600

Puerto de comunicación: RS485

Fuente de alimentación: 12V-24V CC

b. Sensor de hidrógeno (PH)

El sensor de pH mide la concentración de iones de hidrógeno de una solución. Cuanto mayor es la concentración de iones de hidrógeno, menor es el pH; cuando el pH está por encima de 7, la solución es básica (alcalina), y cuando está por debajo de 7, la solución es ácida.

Figura 7

Sensor de hidrógeno



T-king RS485 Transmisor de conductividad líquida, sensor de conductividad de PH, solución PH Sensor de calidad de agua ECPH Detector de sonda de electrodo. (AMAZON, s.f.)

Características técnicas:

Salida: ± 59 mV/pH unit

Rango ph: 0 to 14

4.1.5.2 Diseño del sistema electrónico.

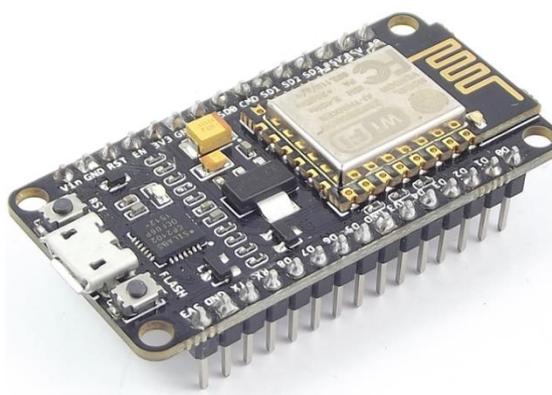
Para el diseño se tuvo en consideración los modelos de la placa de control ESP que nos dé mejor resultado y estabilidad de en la comunicación mediante WIFI. En el proyecto el sistema electrónico se desarrolló en 2 placas de control diferente, uno para el control y monitoreo de factores físicos como Humedad, temperatura, altitud y presión atmosférica, y el otro para el control y monitoreo de los nutrientes. Estas 2 placas de control se desarrollaron en el software EAGLE en plano 2D con sus respectivas disposiciones de componentes electrónicos según requerimiento. Una tercera placa se ha construido en una Baquelita Placa de cobre con: Rele 5Pines/12 voltios DC para el control de Electroválvulas 24VAC y Electroválvulas 220AC 24VAC.

A. Placa de control NODEMCU V2 ESP8266 WIFI es una plataforma de desarrollo similar a Arduino especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). La placa NodeMcu v2 ESP8266 tiene como núcleo al SoM ESP-12E que a su vez está basado en el SoC Wi-Fi ESP8266, integra además el conversor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. NodeMcu v2 ESP8266 está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND. Los pines de entradas/salidas (GPIO) trabajan a 3.3V por lo que para conexión a sistemas de 5V es necesario utilizar convertidores de nivel como: Conversor de nivel 3.3-5V 4CH o Conversor de nivel bidireccional 8CH - TXS0108E.

NodeMCU viene con un firmware pre-instalado el cual nos permite trabajar con el lenguaje interpretado LUA, enviándole comandos mediante el puerto serial (CP2102). Las tarjetas NodeMCU y Wemos D1 mini son las plataformas más usadas en proyectos de Internet de las cosas (IoT). No compite con Arduino, pues cubren objetivos distintos. (Naylamp, s.f.)

Figura 8

Placa de control NODEMCU V2 ESP8266 WIFI



B. Placa de control NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI. Tarjeta de desarrollo perfecta para prototipar rápidamente proyectos IoT con la

plataforma ESP32. Posee conectividad WiFi y Bluetooth, además de un poderoso CPU 32-bit de doble núcleo Tensilica Xtensa LX6. (Naylamp, s.f.)

Figura 9

Placa de control NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI

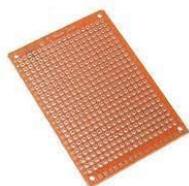


C. Placa de cobre construido para el control del flujo del agua.

Esta tercera placa se ha construido en una Baquelita Placa de cobre con: Relé 5Pines/12 voltios DC para el control de Electroválvulas 24VAC y Electroválvulas 220AC 24VAC

Figura 10

Placa de cobre, Relé y Control de flujo de agua



4.1.5.3 Instalación.

La instalación de las placas electrónicas se realizó en 2 cajas de paso, teniendo en consideración la distancia no mayor a 10 metros entre la antena satelital y los componentes electrónicos para mejorar la comunicación, estas cajas con los componentes fueron instalados con sus respectivas fuentes de alimentación como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 9

Toma fotográfica del ambiente donde se instalaron las placas



Figura 10

Toma fotográfica de los componentes del prototipo



4.1.6 Componentes electrónicos y funcionamiento del prototipo.

4.1.6.1 Sistema de comunicación.

A. Configuración inicial

Se tiene un entorno de desarrollo para programar los microcontroladores ESP32 y ESP8266, como el Arduino IDE con las respectivas placas instaladas.

B. Conexión a la Red WiFi:

Los microcontroladores ESP32 y ESP8266 necesitan conectarse a una red WiFi para poder acceder a Internet y enviar datos a ThingSpeak. Proporciona las credenciales de la red WiFi (SSID y contraseña) en el código de tu programa para que el dispositivo pueda conectarse.

C. Programación del ESP32/ESP8266:

Se instaló el entorno de desarrollo de Arduino para ESP32 y/o ESP8266 y hizo las pruebas correspondientes de lectura de datos.

D. Captura de Datos:

Se utilizó sensores para medir los valores de NPK, humedad y temperatura ambiental ya antes mencionados. Cada sensor está conectado a los pines GPIO adecuados en tu ESP32/ESP8266.

E. Procesamiento de Datos:

Se recopiló los valores de los sensores utilizando las bibliotecas correspondientes en tu programa. Se almacenó estos valores en variables para su posterior uso y visualización en la plataforma.

F. Software WIFI

```
#include <WiFi.h>
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
String apiKey = "J217RMZYJ6SITN9T";
```

```

const char* ssid = "GALAXY12";
const char* password = "ihub2022";
const char* server = "api.thingspeak.com";
RF24 radio(4, 5);
const uint64_t address = 0xF0F0F0F0E1LL;
struct MyVariable
{
    byte soilmoisturepercent;
    byte nitrogen;
    byte phosphorous;
    byte potassium;
    byte temperature;
};
MyVariable variable;
WiFiClient client;
void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    radio.begin(); //Starting the Wireless communication
    radio.openReadingPipe(0, address); //Setting the address at which we will receive
    the data
    radio.setPALevel(RF24_PA_MIN); //You can set this as minimum or maximum
    depending on the distance between the transmitter and receiver.
    radio.startListening(); //This sets the module as receiver

    Serial.println("Receiver Started....");
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    Serial.println();
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
}

int recvData()
{
    if ( radio.available() )
    {
        radio.read(&variable, sizeof(MyVariable));
        return 1;
    }
    return 0;
}

void loop()
{
    if(recvData())
    {
        Serial.println("Data Received:");
        Serial.print("Soil Moisture: ");
        Serial.print(variable.soilmoisturepercent);
        Serial.println("%");
        Serial.print("Nitrogen: ");
        Serial.print(variable.nitrogen);
    }
}

```

```

Serial.println(" mg/kg");
Serial.print("Phosphorous: ");
Serial.print(variable.phosphorous);
Serial.println(" mg/kg");
Serial.print("Potassium: ");
Serial.print(variable.potassium);
Serial.println(" mg/kg");
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(variable.temperature);
Serial.println("*C");
Serial.println();
if (client.connect(server, 80))
{
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(variable.soilmoisturepercent);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(variable.nitrogen);
    postStr += "&field3=";
    postStr += String(variable.phosphorous);
    postStr += "&field4=";
    postStr += String(variable.potassium);
    postStr += "&field5=";
    postStr += String(variable.temperature);
    postStr += "\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n";
    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
    client.print("Content-Type:application/x-www-form-
urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);
    delay(1000);
    Serial.println("Data Sent to Server");
}
client.stop();
}
}

```

G. Creación de la URL y Envío de Datos:

Se utiliza una solicitud HTTP para enviar los datos capturados a ThingSpeak. Y crea una URL que incluya la API Key del canal de ThingSpeak y los valores de NPK, humedad y temperatura que se utilizó. Estableció una conexión HTTP con ThingSpeak utilizando la biblioteca (#include <WiFi.h>, #include <SPI.h> en el caso de ESP8266).

H. Respuesta de ThingSpeak:

ThingSpeak responde con un código de estado HTTP para indicar si la solicitud fue exitosa o no. Puedes verificar este código para asegurarte de que los datos se hayan enviado correctamente.

I. Visualización en ThingSpeak:

Una vez que los datos son enviados con éxito, ThingSpeak los registra en el canal creado del proyecto. Puedes acceder a tu canal de ThingSpeak a través del panel de control en línea para visualizar los datos en tiempo real como se demuestra en los resultados.

J. Software lector de sensores

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
/*#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
#define OLED_RESET -1 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);
*/
#define RE 2
#define DE 0

//const byte code[] = {0x01, 0x03, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x03, 0x65, 0xCD};
const byte nitro[] = {0x01,0x03, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x01, 0xe4, 0x0c};
const byte phos[] = {0x01,0x03, 0x00, 0x1f, 0x00, 0x01, 0xb5, 0xcc};
const byte pota[] = {0x01,0x03, 0x00, 0x20, 0x00, 0x01, 0x85, 0xc0};

byte values[11];
SoftwareSerial mod(14,12);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  mod.begin(4800);
  pinMode(RE, OUTPUT);
  pinMode(DE, OUTPUT);

  /* display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); //initialize with the I2C
  addr 0x3C (128x64)
  delay(500);
  display.clearDisplay();
  display.setCursor(25, 15);
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println(" NPK Sensor");
  display.setCursor(25, 35);
  display.setTextSize(1);
```

```

        display.print("Initializing");
        display.display();*/
        delay(3000);
    }

void loop() {
    byte val1,val2,val3;
    val1 = nitrogen();
    delay(250);
    val2 = phosphorous();
    delay(250);
    val3 = potassium();
    delay(250);

    Serial.print("Nitrogen: ");
    Serial.print(val1);
    Serial.println(" mg/kg");
    Serial.print("Phosphorous: ");
    Serial.print(val2);
    Serial.println(" mg/kg");
    Serial.print("Potassium: ");
    Serial.print(val3);
    Serial.println(" mg/kg");
    delay(2000);

    /*display.clearDisplay();

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0, 5);
    display.print("N: ");
    display.print(val1);
    display.setTextSize(1);
    display.print(" mg/kg");

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0, 25);
    display.print("P: ");
    display.print(val2);
    display.setTextSize(1);
    display.print(" mg/kg");

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0, 45);
    display.print("K: ");
    display.print(val3);
    display.setTextSize(1);
    display.print(" mg/kg");

    display.display();*/
}

byte nitrogen(){
    digitalWrite(DE,HIGH);
    digitalWrite(RE,HIGH);
    delay(10);
    if(mod.write(nitro,sizeof(nitro))==8){
        digitalWrite(DE,LOW);
    }
}

```

```

        digitalWrite(RE,LOW);
        for(byte i=0;i<7;i++)
            {
                //Serial.print(mod.read(),HEX);
                values[i] = mod.read();
                //Serial.print(values[i],HEX);
            }
        //Serial.println();
    }
    return values[4];
}

byte phosphorous(){
    digitalWrite(DE,HIGH);
    digitalWrite(RE,HIGH);
    delay(10);
    if(mod.write(phos,sizeof(phos))==8){
        digitalWrite(DE,LOW);
        digitalWrite(RE,LOW);
        for(byte i=0;i<7;i++){
            //Serial.print(mod.read(),HEX);
            values[i] = mod.read();
            //Serial.print(values[i],HEX);
        }
        //Serial.println();
    }
    return values[4];
}

byte potassium(){
    digitalWrite(DE,HIGH);
    digitalWrite(RE,HIGH);
    delay(10);
    if(mod.write(pota,sizeof(pota))==8)
        {
            digitalWrite(DE,LOW);
            digitalWrite(RE,LOW);
            for(byte i=0;i<7;i++){
                //Serial.print(mod.read(),HEX);
                values[i] = mod.read();
                //Serial.print(values[i],HEX);
            }
        }
    Serial.println();
}
return values[4];
}

```

K. Validación del funcionamiento del prototipo

En el proyecto de investigación el sistema está integrado por 3 placas de control diseñados en el software EAGLE:

- Primera placa de control de los parámetros físicos (humedad del ambiente, temperatura del ambiente) gobernada por un microcontrolador ESP8266

quien nos envía mediante el sistema de comunicación wifi IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things libre en la red para poder visualizarlo en un sistema Windows o en un sistema Android en tiempo real los datos obtenidos de los sensores DHT11, DHT22 (humedad y temperatura ambiental), el sensor BMP280 de presión atmosférica (datos de la altitud, temperatura y presión atmosférica).

- La segunda placa de control está gobernada por un microcontrolador ESP32 y se encarga de capturar los datos de los nutrientes NPK (nitrógeno, fósforo, potasio) y potencial de hidrógeno (pH), los mismos que son enviados a una plataforma web en la nube en tiempo real mediante el sistema de comunicación wifi IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things libre en la red.
- La tercera placa de control se encarga del control de la humedad del suelo y control automático de la electroválvula mediante un rele de 24 voltios para la apertura y cierre de la compuerta del solenoide de la electroválvula, según los rangos de humedad determinados del maíz morado para el proceso productivo, siendo de 25% a 50% de humedad óptima, y de 0% a 24% el sistema productivo con insuficiencia de agua.

El prototipo desarrollado, es una herramienta, cuya aplicación en la agricultura, ha permitido recopilar información de un proceso productivo, en el caso del presente estudio el maíz morado variedad 601, obtener información en tiempo real con visualización en LCD 20x4 mediante la captura de datos de los sensores de pH, K, P, Humedad del suelo, humedad del ambiente, temperatura del suelo, temperatura del ambiente, altitud y presión atmosférica, siendo un punto crítico de control el pH, de acuerdo a los parámetros establecidos.

El prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola de maíz morado variedad 601 permite monitorear las variables del proceso productivo las 24 horas del día, el comportamiento del suelo va variando en función al crecimiento de la planta.

L. Operatividad del prototipo:

1. Encendido del prototipo. – Activar el switch que está conectado en serie con una batería de litio de 3.7Vdc a 2.2 amperios.
2. Lectura del pH. - El prototipo tiene un sensor analógico de pH conectado a la placa de control a 1 metro de distancia, el cual se conecta la sonda en el terreno aproximadamente 8 cm de profundidad, estos datos pasan al proceso de digitalización mediante la placa de control y es visualizado en el LCD en tiempo real.
3. Lectura de Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P). – El sensor RS485 está conectado a la placa a 1 metro de distancia, tiene 3 sondas que se introduce al terreno para la toma de datos a una profundidad aproximada de 8 cm, estos datos son procesados y mostrados en el LCD en tiempo real.
4. Lectura de la temperatura T °C.- Para la toma de datos del suelo se utiliza el sensor ST1-DS18B20 conectado a 1 metro de la placa de control, se introduce la sonda a 8 cm aproximadamente, estos datos capturados se procesan en la placa de control y visualiza en tiempo real en el LCD.
5. Lectura de Humedad del Suelo H%. - Mediante el sensor SH2-FC-28 se captura los datos de la humedad del suelo con una sonda que se introduce aproximadamente a 8 cm y luego de ser procesados se pueden visualizar en el LCD.
6. Lectura de la Humedad Relativa del Ambiente y Temperatura Ambiente. – Se utiliza un sensor DHT 22 que está conectado en el prototipo, estos datos después de ser procesados se pueden visualizar en tiempo real.
7. Lectura de la Altitud y Presión Atmosférica. - Estos datos son capturados mediante el sensor BMP280 que está conectado en la placa de control en tiempo real y visualizados en el LCD.
8. Toma de datos a distancia. – Los datos recolectados con los diferentes sensores que cuenta el prototipo se puede visualizar en tiempo real desde cualquier parte del mundo que tenga conexión a internet mediante el ESP8266 (Modulo WIFI), son visualizados mediante la IP del dispositivo.

M. Configuraciones en ThingSpeak

A continuación, detallamos las configuraciones realizadas a nivel de ThingSpeak para el monitoreo remoto de los parámetros obtenidos por los sensores del prototipo IoT. En la Figura 11 se observa la pantalla de inicio de ThingSpeak, la cual se accede con el enlace <https://thingspeak.com/>, inicialmente se debe crear una cuenta con usuario de MathWorks, se debe disponer de un usuario de MatLab para poder acceder a la herramienta de ThingSpeak. (ThingSpeak, s.f.)

Figura 11

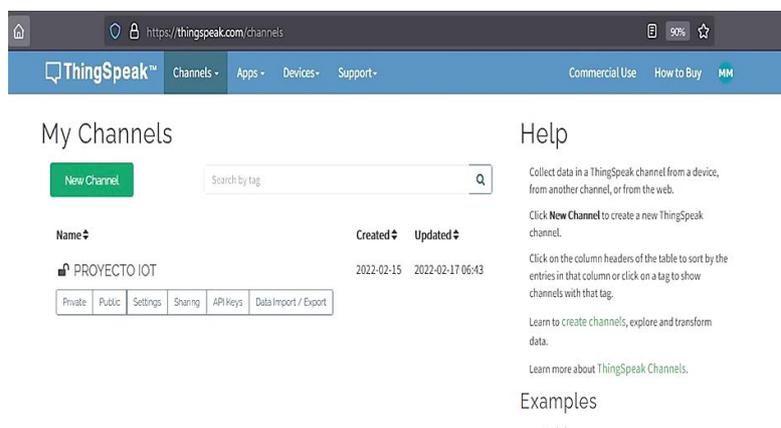
Pantalla de inicio de ThingSpeak



El proyecto dispone de licencia de campus MathWorks con su correo institucional, para este trabajo se utiliza un correo hecho exclusivamente para el canal. Se accede con usuario y contraseña tal como se observa en la Figura 12.

Figura 12

Pantalla para la creación de canales



Se crea un proyecto denominado “Proyecto IoT”, dentro de este proyecto se procede a realizar las configuraciones necesarias para esta investigación. En la Figura 13 se observa el canal configurado para el proyecto

Figura 13

Pantalla del Proyecto IoT

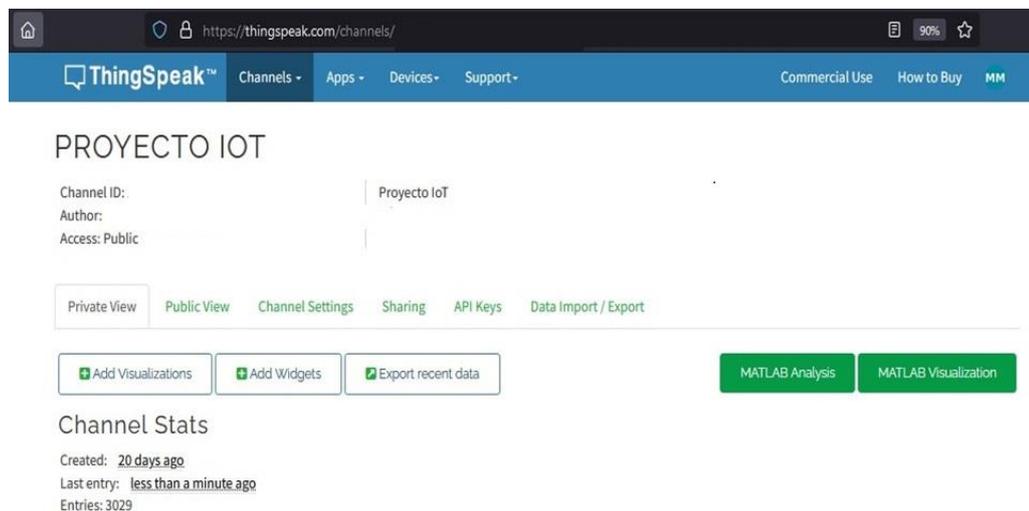
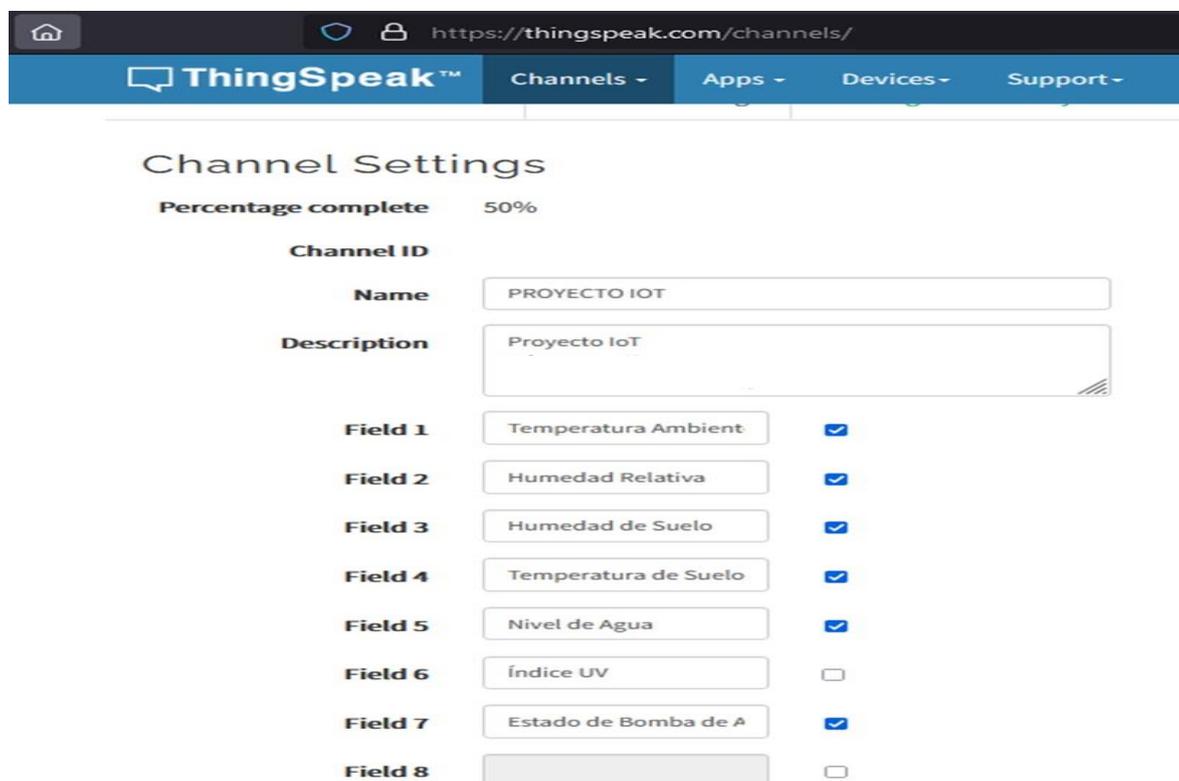


Figura 14

Pantalla de configuración de parámetros



En la Figura 15 se observa la sección de import y export para realizar respaldos de los datos obtenidos por el sistema de sensores

Figura 15

Ventana de importación y exportación de datos

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Import

Upload a CSV file to import data into this channel.

File Ningún arc...leccionado

Time Zone

Export

Download all of this Channel's feeds in CSV format.

Time Zone

Help

Import

The correct format for data impc field names *field1*, *field2*, and so

CSV Import Format

```
created_at,field1,field3,1
2019-01-01T10:11:12-05:00,
```

Other Import and E

You can also use MATLAB, the RE

[Read Data](#)

[Write Data](#)

En la Figura 16 se observan las configuraciones de la APP para el envío de mails de alertas, en caso de que la temperatura sobrepase el umbral configurado en el prototipo

Figura 16

Ventana de configuraciones de la APP para el envío de mails de alertas

→ ↻ 🏠 🔒 https://thingspeak.com/apps/matlab_analyses

ThingSpeak™ Channels Apps Devices Support

Apps / MATLAB Analysis

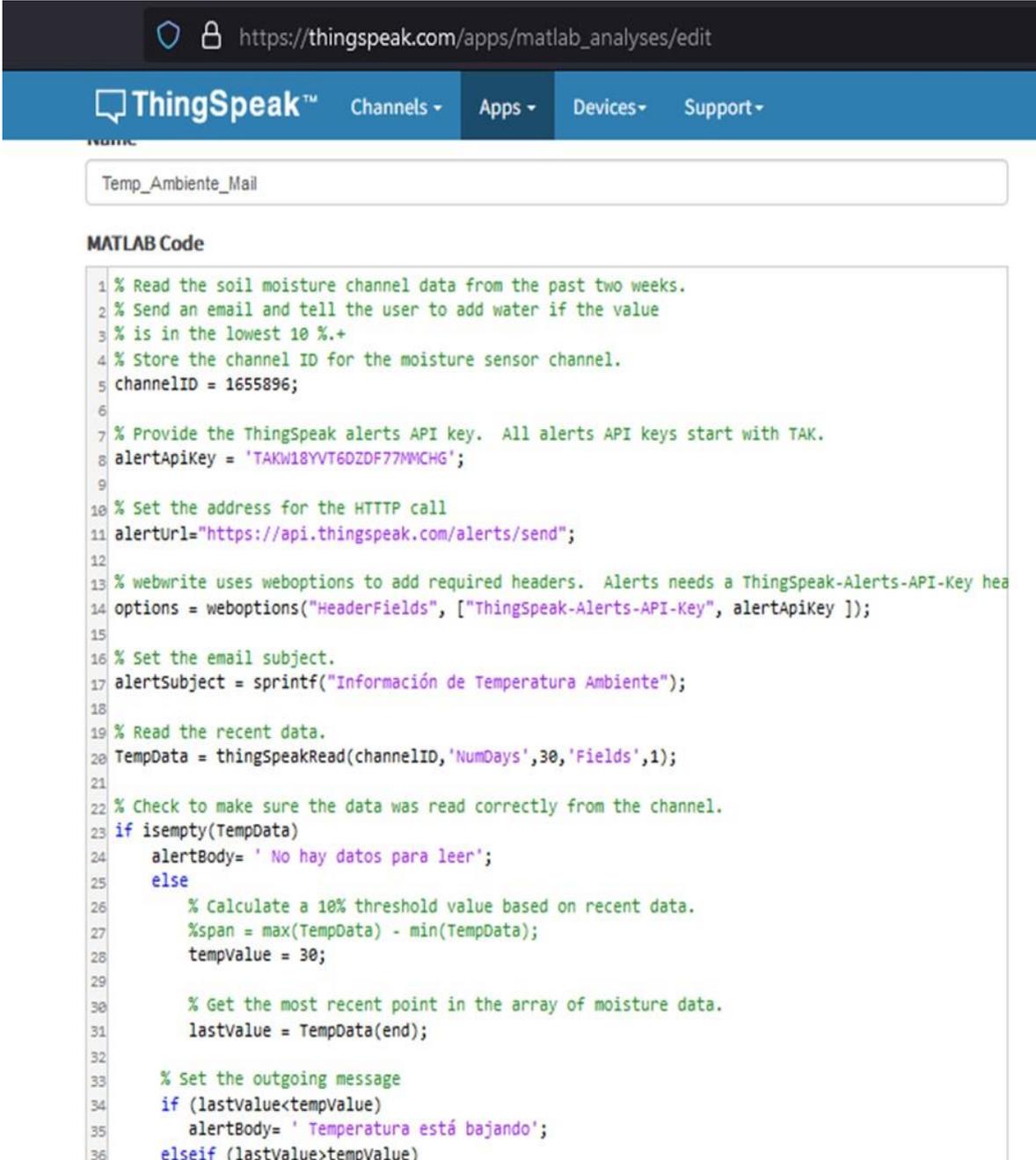
Click **New** and choose a template to get started. Templates contain sample MATLAB® code for analyzing data.

Name	Created
Temp_Ambiente_Mail	2022-02-15

En la Figura 17 se aprecia la programación del envío de mails, el cual consiste en un código de programación de Matlab que se ejecuta cada cierto tiempo según lo configurado, de esta manera si se cumple la condición, la regla se activa y se envía el mail al configurado inicialmente en la cuenta de ThingSpeak

Figura 17

Ventana de programación del envío de mails



The screenshot shows the ThingSpeak web interface for editing an application. The browser address bar shows https://thingspeak.com/apps/matlab_analyses/edit. The application name is "Temp_Ambiente_Mail". The MATLAB code is as follows:

```

1 % Read the soil moisture channel data from the past two weeks.
2 % Send an email and tell the user to add water if the value
3 % is in the lowest 10 %.+
4 % Store the channel ID for the moisture sensor channel.
5 channelID = 1655896;
6
7 % Provide the ThingSpeak alerts API key. All alerts API keys start with TAK.
8 alertApiKey = 'TAKW18YVT6DZDF77MMCHG';
9
10 % Set the address for the HTTP call
11 alerturl="https://api.thingspeak.com/alerts/send";
12
13 % webwrite uses weboptions to add required headers. Alerts needs a ThingSpeak-Alerts-API-Key header
14 options = weboptions("HeaderFields", ["ThingSpeak-Alerts-API-Key", alertApiKey]);
15
16 % Set the email subject.
17 alertSubject = sprintf("Información de Temperatura Ambiente");
18
19 % Read the recent data.
20 TempData = thingspeakRead(channelID,'NumDays',30,'Fields',1);
21
22 % Check to make sure the data was read correctly from the channel.
23 if isempty(TempData)
24     alertBody= ' No hay datos para leer';
25 else
26     % Calculate a 10% threshold value based on recent data.
27     %span = max(TempData) - min(TempData);
28     tempValue = 30;
29
30     % Get the most recent point in the array of moisture data.
31     lastValue = TempData(end);
32
33     % Set the outgoing message
34     if (lastValue<tempValue)
35         alertBody= ' Temperatura está bajando';
36     elseif (lastValue>tempValue)

```

En la Figura 18, Figura 19 y Figura 20 se observan las configuraciones de React el cual determina la acción cuando la temperatura sube o baja.

Figura 18

Ventana de configuración 1

Schedule Actions			
<input checked="" type="checkbox"/> Notify me via email if this MATLAB Analysis fails when triggered by TimeControl or React.			
🔗 TimeControl			
Name	Recurrence	Last Ran	Run At
<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura Ambiente_Mail_Alert	Every 5 minutes	2022-02-23 9:55 pm	2022-02-23 10:00 pm
🔗 React			
Name	Test Frequency		
<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura Ambiente_Mail_Up	On Data Insertion		
<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura Ambiente_Mail_Down	On Data Insertion		

Figura 19

Ventana de configuración 2

Apps / React / Temperatura Ambiente_Mail_Up / Edit

React Name	<input type="text" value="Temperatura Ambiente_Mail_Up"/>
Condition Type	<input type="text" value="Numeric"/>
Test Frequency	<input type="text" value="On Data Insertion"/>
Condition	If channel <input type="text" value="Proyecto IoT"/>
	field <input type="text" value="1 (Temperatura Ambiente)"/>
	<input type="text" value="is greater than or equal to"/>
	<input type="text" value="28"/>
Action	<input type="text" value="MATLAB Analysis"/>

Figura 20*Ventana de configuración 3*

is greater than or equal to

28

Action MATLAB Analysis

Code to execute Temp_Ambiente_Mail

Options

Run action only the first time the condition is met

Run action each time condition is met

Save React

Want to delete this React?

4.1.7. Análisis de los resultados de identificación, construcción y datos capturados

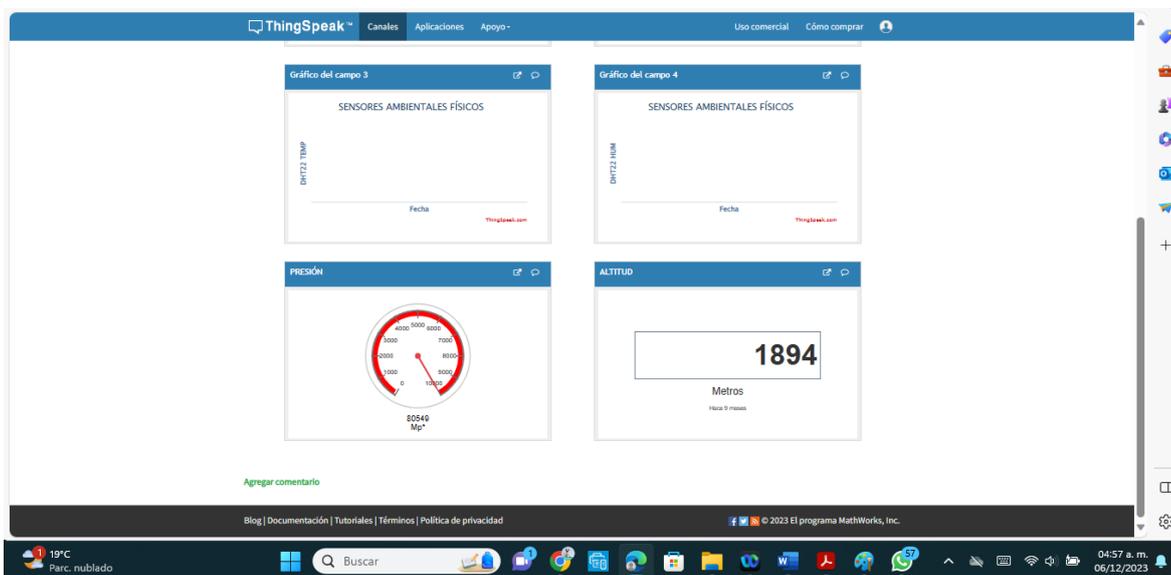
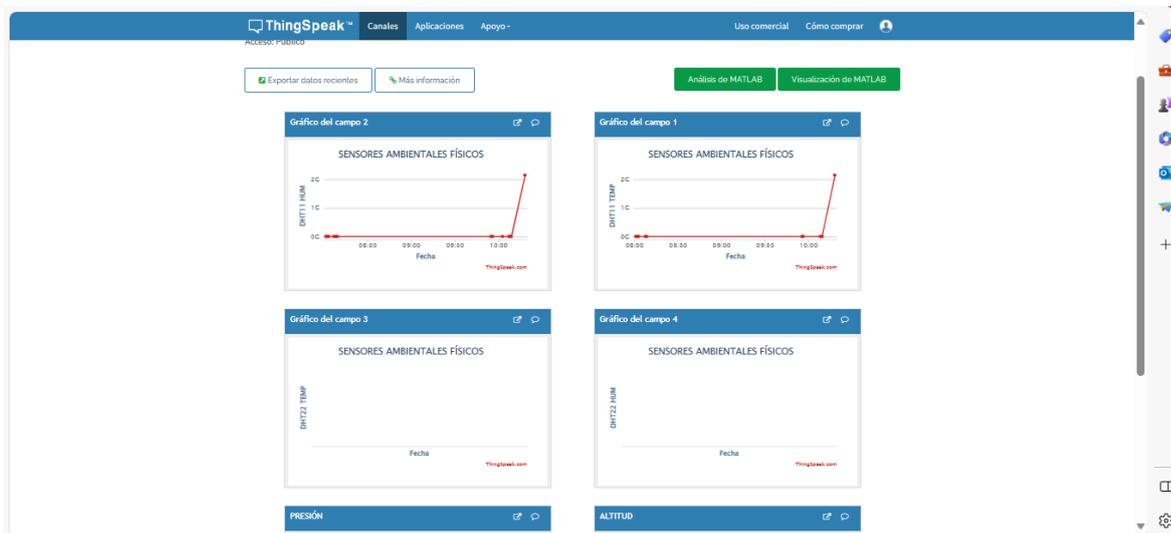
Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 se implementó en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022, desde esa ubicación se tomaron los datos que a continuación se muestran en esta sección.

En las figuras siguientes se observan los resultados en los dashboards de los sensores, los datos visualizados son en tiempo real tomados cada 5 minutos.

4.1.7.1. Sensores ambientales

En la figura 21, se muestra los resultados de los sensores ambientales los cuales son: Temperatura del suelo; Temperatura del ambiente; Humedad del suelo; Humedad del ambiente; Presión atmosférica; Altitud.

Figura 21
Resultados de los sensores ambientales

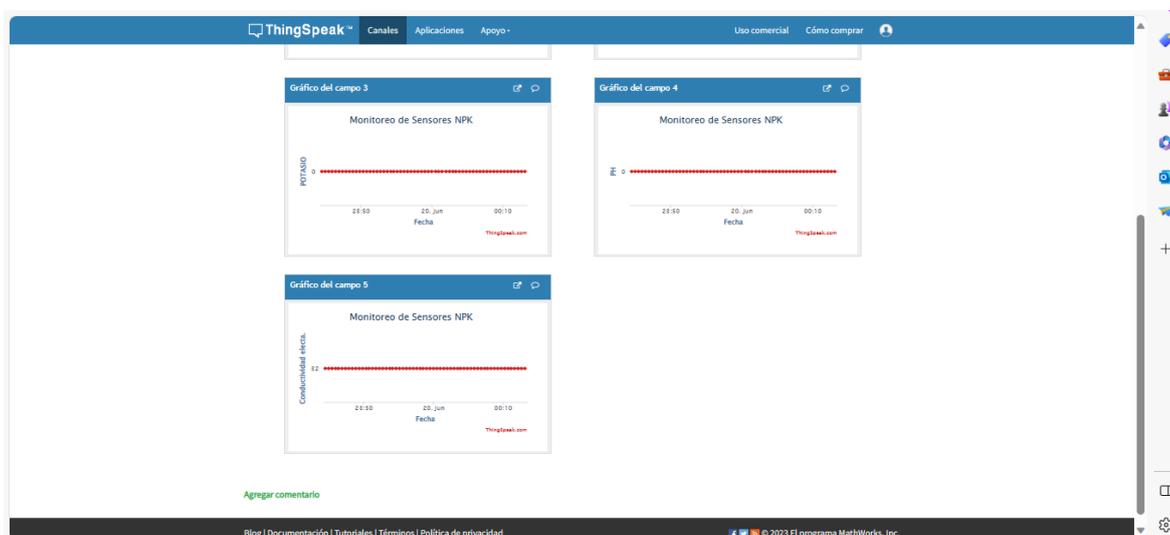
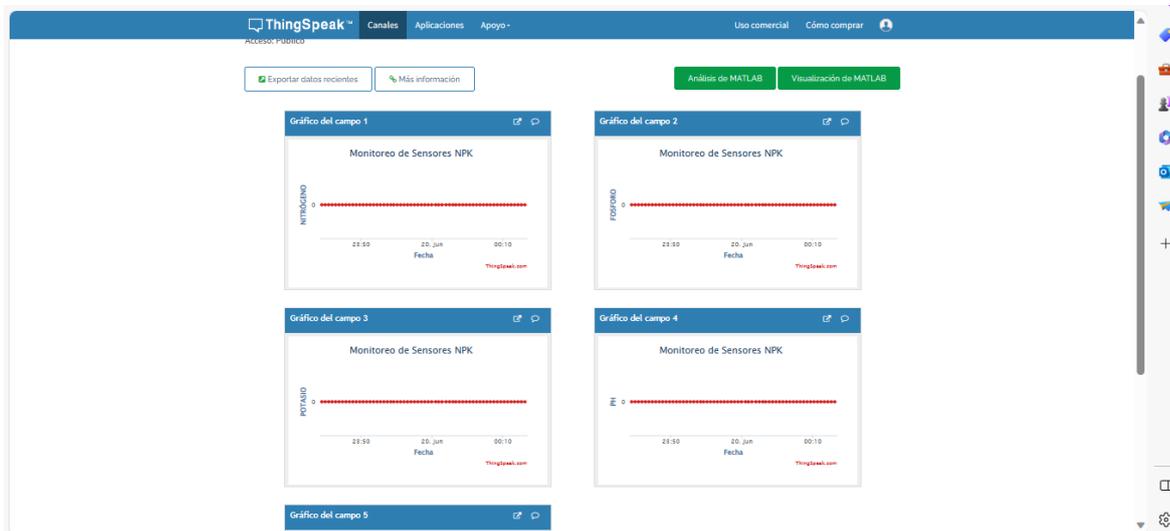


Nota. En la figura se muestran ventanitas con datos de los sensores ambientales capturados del siguiente link <https://thingspeak.com/channels/1837787>

4.1.7.2. Sensores de nutrientes

En la figura 22, se muestra los resultados de los sensores de nutrientes los cuales son: Potasio; Fósforo; Nitrógeno; Hidrógeno.

Figura 22
Resultado de los sensores de nutrientes



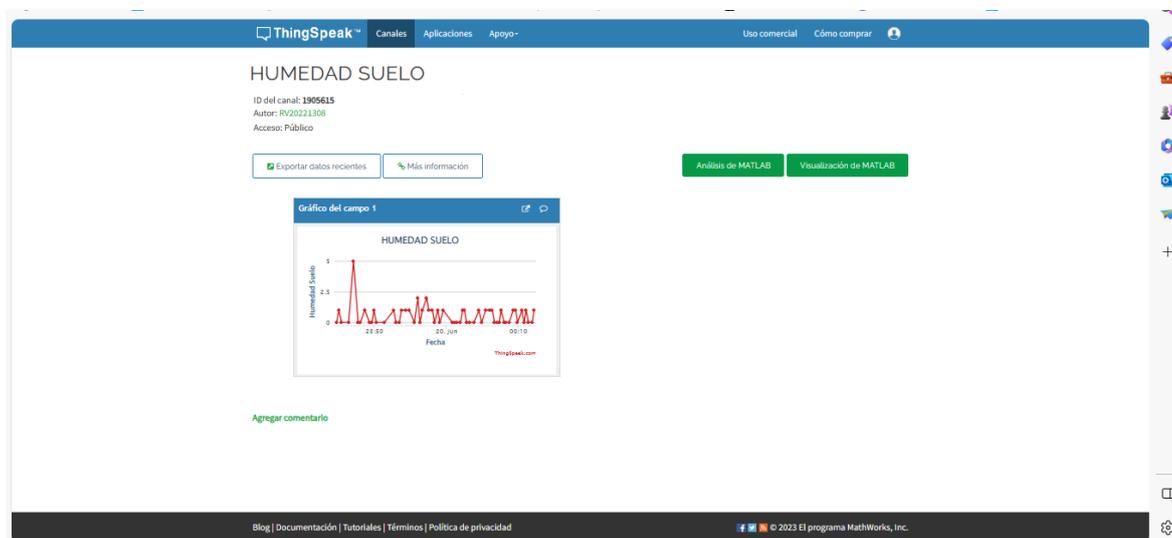
Nota. En la figura se muestran ventanitas con datos de los sensores de nutrientes capturados del siguiente link <https://thingspeak.com/channels/1897123>

4.1.7.3. Sensor de humedad para la bomba de agua

En la figura 23 se muestra los resultados del sensor de humedad del suelo.

Figura 23

Resultados del sensor de humedad del suelo



Nota. En la figura se muestra la ventana con datos del sensor de humedad, datos con lo cual se activa la bomba de agua. Capturado del siguiente link <https://thingspeak.com/channels/1905615>

4.1.8. Registro de datos obtenidos en forma periódica

El prototipo ha registrado datos durante 4 meses; para efectos de análisis presentamos los datos recopilados en promedio de las tres áreas y en días específicos de los 9 sensores. Ver tabla 9.

Tabla 9

Registro de datos periódicos en promedio de las tres áreas, obtenidos de los 9 sensores.

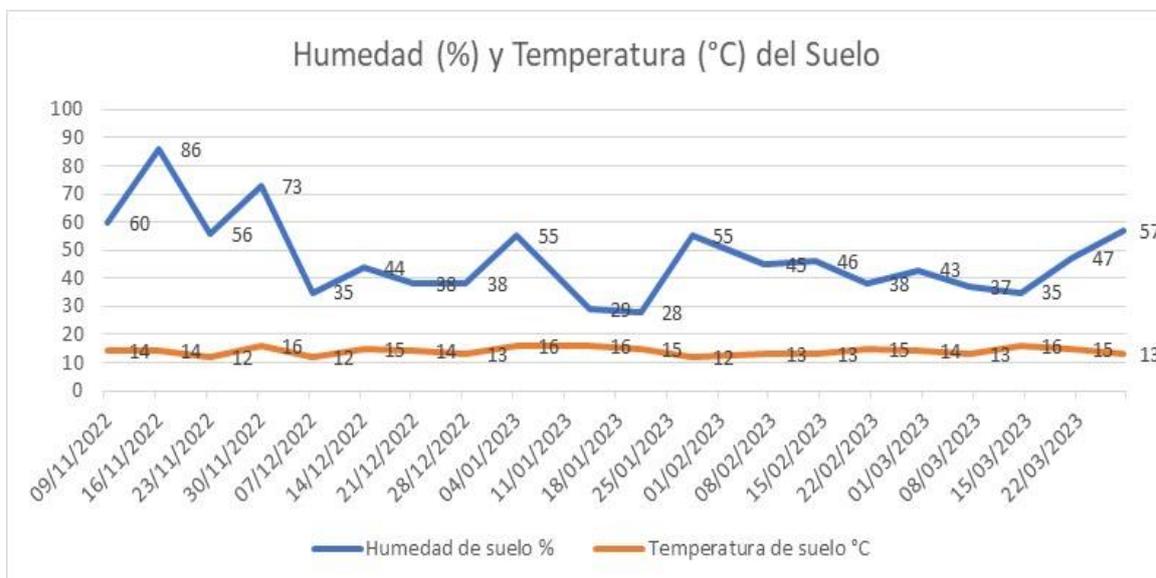
Fecha	Humedad de suelo %	Temperatura de suelo °C	PH	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Temperatura ambiente °C	Humedad de ambiente %	Altitud	Presión atmosférica
09/11/2022	50	14	0	184	3	184	28.9	36.4	1916	80333
16/11/2022	86	14	0	184	120	0	22.2	64.6	1880	80684
23/11/2022	46	12	0	0	42	43	25.8	48	1917	80331
30/11/2022	73	16	0	184	33	0	28.7	34.9	1953	79967
07/12/2022	15	12	1	0	121	73	22.2	48.6	1891	80585
14/12/2022	24	15	0	0	39	0	26.6	51.1	1910	80390
21/12/2022	18	14	0	68	0	0	22.3	71.7	1904	80453
28/12/2022	18	13	0	255	255	255	26.3	42.6	1912	80382
04/01/2023	35	16	0	255	255	255	26.3	70.5	1922	80279
14/01/2023	19	16	0	195	120	192	16.8	70.1	1940	80084
21/01/2023	18	15	0	192	120	192	26.2	51.7	1914	80344
28/01/2023	45	12	0	192	125	192	17.4	65.9	1897	80508
07/02/2023	35	13	0	192	127	192	17.1	93	1890	80583
14/02/2023	36	13	2	0	192	0	19.8	70.9	1900	80486
21/02/2023	28	15	0	0	110	0	26.1	55	1928	80209
28/02/2023	33	14	0	0	114	0	19.2	70.9	1870	80799
07/03/2023	27	13	1	0	72	0	29.4	44.3	1917	80316
14/03/2023	15	16	3	0	72	0	22	44.9	1895	80548
21/03/2023	37	15	1	0	57	0	24.9	73	1890	80502
28/03/2023	57	13	0	0	32	0	17	60.9	1900	84512

Nota. La tabla muestra los datos en promedio de las tres áreas y en un determinado día.

A continuación, representamos mediante gráficos los datos de cada sensor.

Figura 24

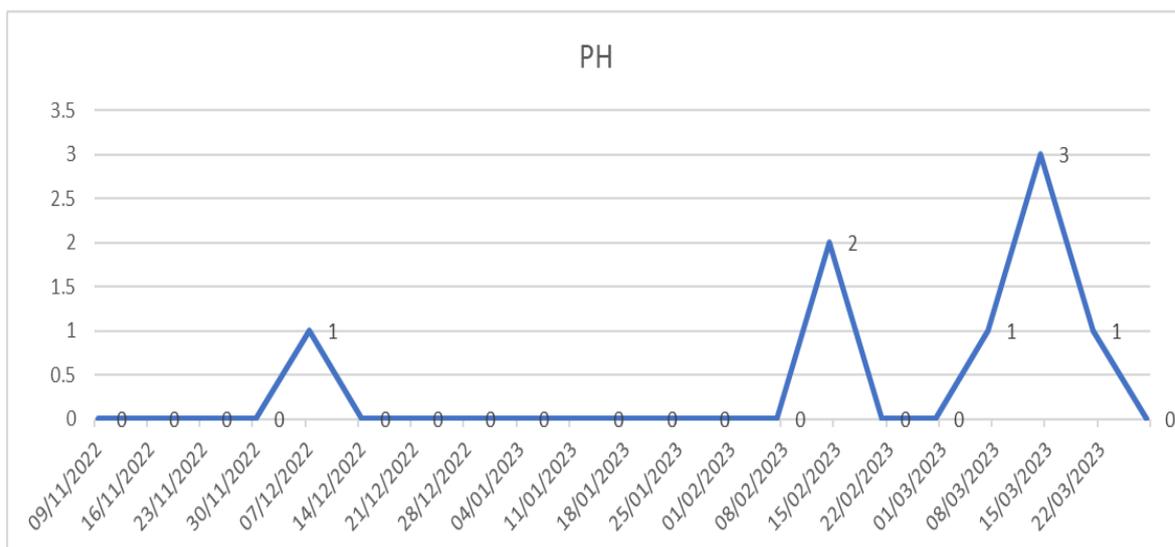
Cambios de la Humedad y temperatura del Suelo



Nota. En la figura se muestra los datos de Humedad y temperatura del suelo, recolectados mediante los sensores durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 25

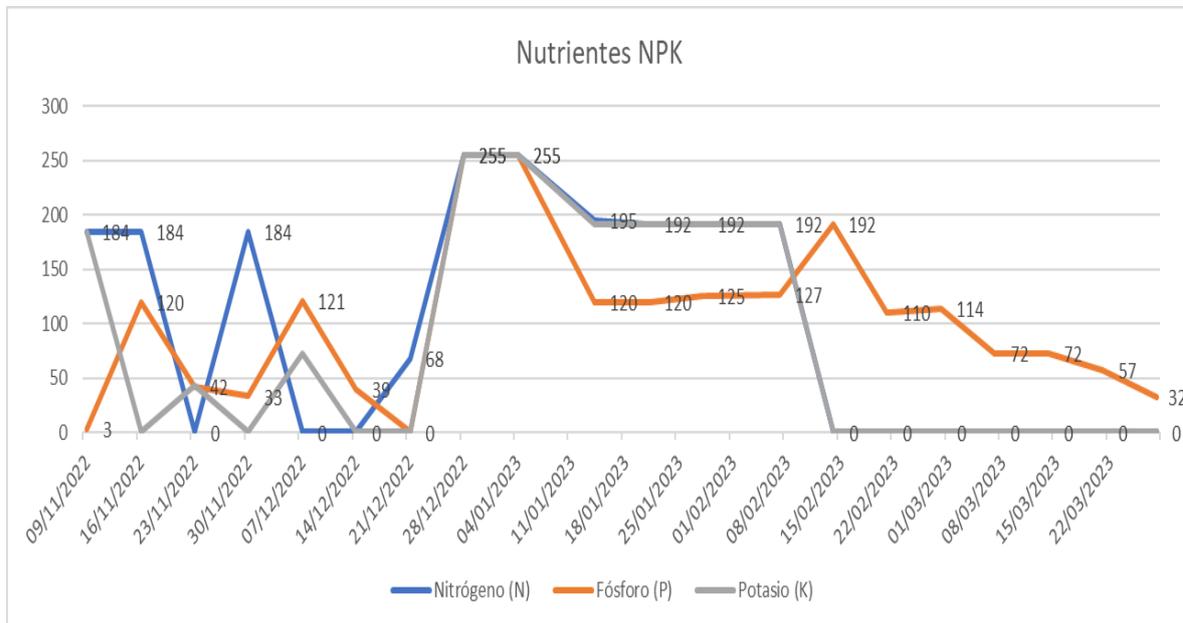
Cambios del PH



Nota. En la figura se muestra los datos del PH, recolectados mediante el sensor durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 26

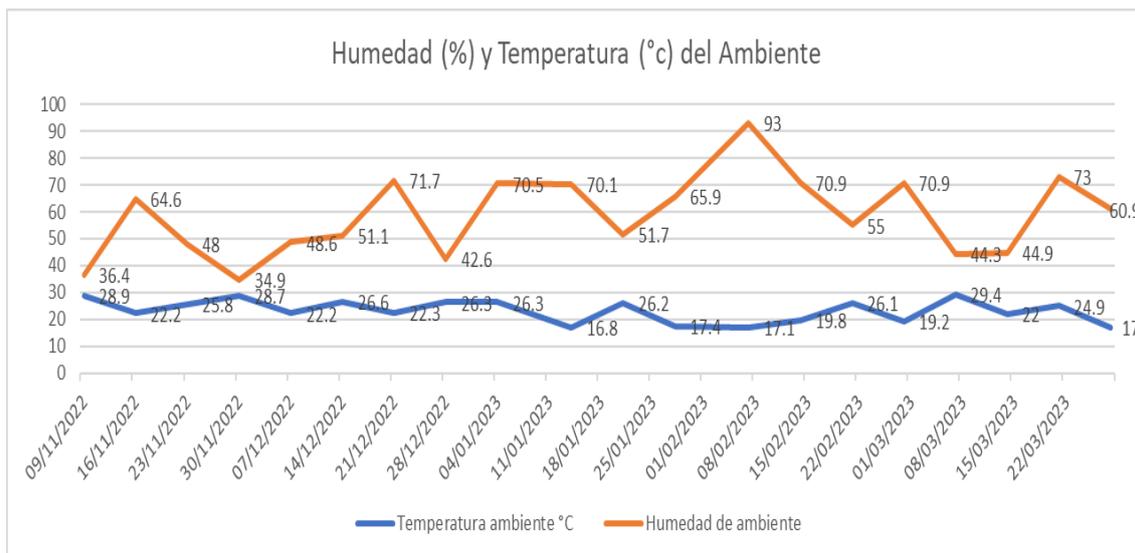
Cambios de la proporción de los nutrientes en el suelo: Nitrógeno, Fósforo y Potasio



Nota. En la figura se muestra los datos de la cantidad de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del suelo, recolectados mediante los sensores durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 27

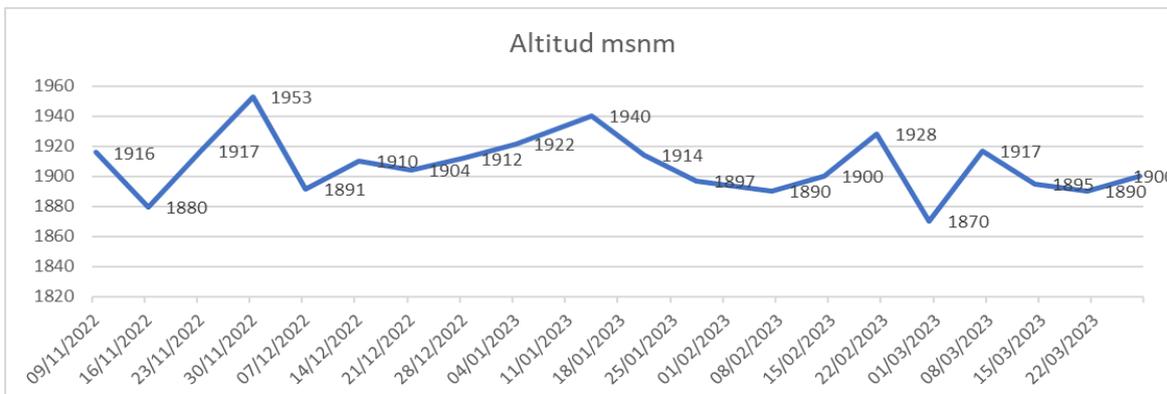
Cambios de la Humedad y temperatura del ambiente



Nota. En la figura se muestra los datos de Humedad y Temperatura del ambiente, recolectados mediante los sensores durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 28

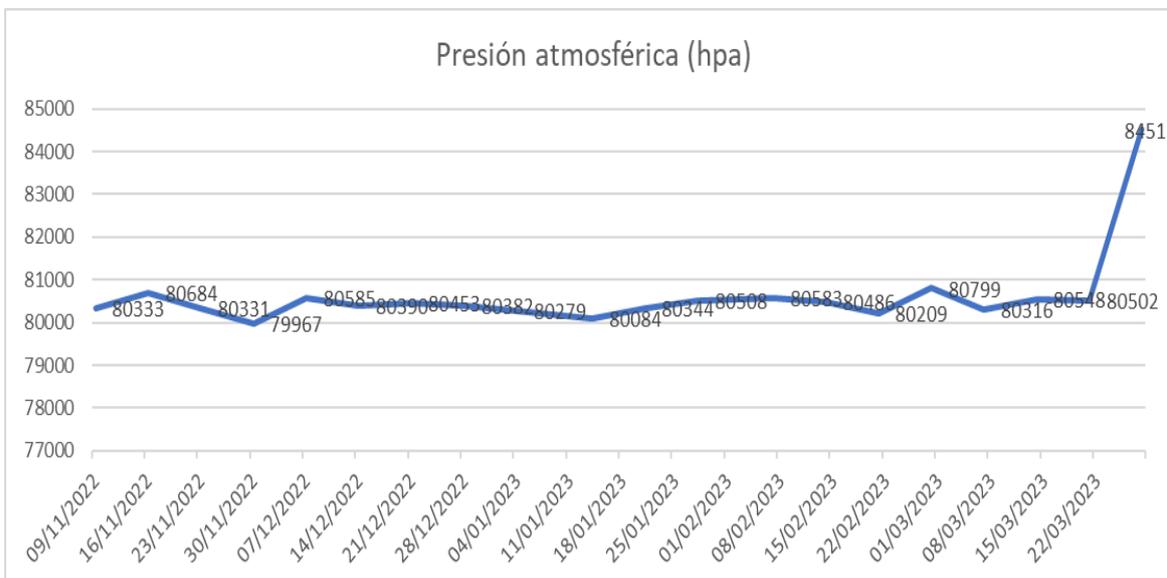
Variación de datos sobre la altitud con respecto a los metros sobre el nivel del mar.



Nota. En la figura se muestra la variación de la altura en metros sobre el nivel del mar, recolectados mediante el sensor durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 29

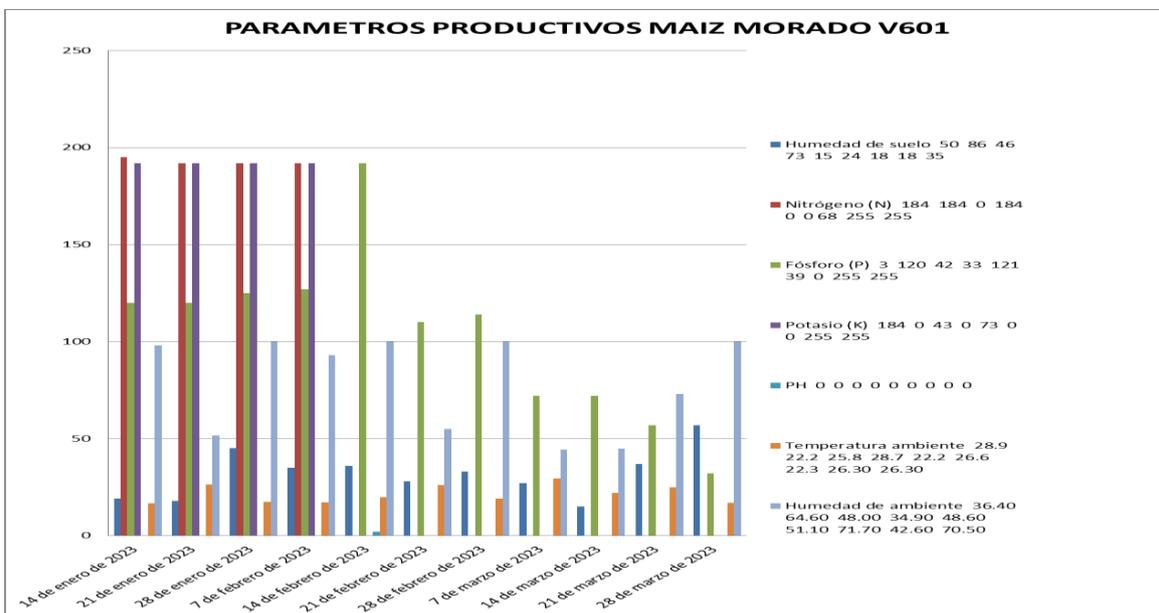
Cambios sobre la Presión atmosférica



Nota. En la figura se muestra la variación de la presión atmosférica, recolectados mediante el sensor durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601.

Figura 30

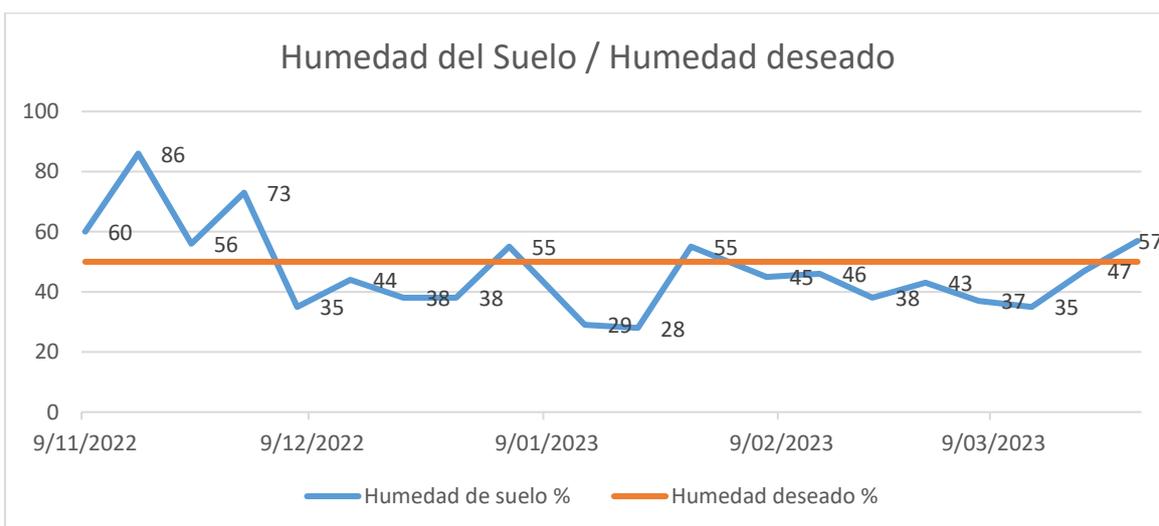
Parámetros productivos del maíz morado variedad 601



Nota. En la figura se muestra la variación de los parámetros productivos, recolectados mediante los sensores durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601

Figura 31

Cambios de la humedad del suelo controlado por el prototipo



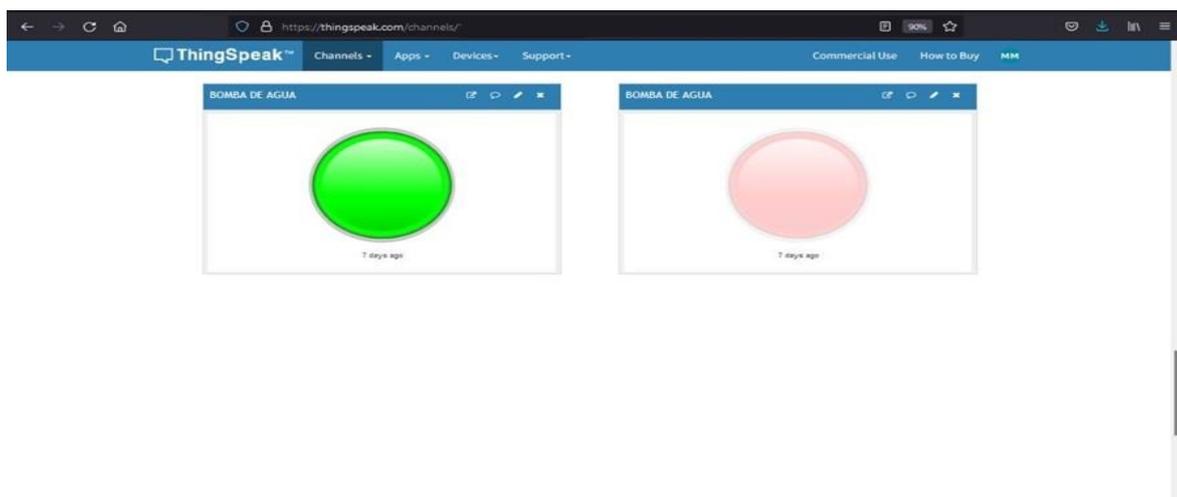
Nota. En la figura se muestra la variación de la humedad del suelo, datos recolectados mediante el sensor y controlado por el prototipo IoT. durante los cuatro meses del proceso de producción del maíz variedad 601

4.1.9. Análisis de los estados de la bomba de agua

En la plataforma de ThingSpeak, se configuró las opciones de tal forma que nos indique cuando la bomba de agua se encuentra encendida o apagada, en la Figura 32 se observa que la bomba de agua se encendió debido a que la lectura del sensor del nivel de agua detectó que su nivel fue menor al establecido en la configuración.

Figura 32

Tablero de control de la bomba de agua



4.1.10. Visualización de los resultados por medio de aplicación móvil

ThingView

Por medio de la aplicación para teléfonos móviles llamada ThingView como se muestra en la Figura 33, también se puede visualizar los valores tomados por los sensores. El procedimiento es sencillo, se descarga la aplicación al dispositivo, luego se introduce el número del canal y automáticamente se visualizan las gráficas con el comportamiento de los parámetros ambientales que se están monitoreando. (ThingView, s.f.)

Figura 33*App para móvil ThingView*

4.2 Contrastación de hipótesis

4.2.1 Hipótesis General

Hi: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

H0: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

Contrastación argumentativa

Con la identificación de los parámetros, determinación de los valores iniciales y la determinación de los componentes electrónicos; se ha logrado desarrollar un prototipo funcional de red sensorial IoT que mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022

4.2.2 Contrastación de Hipótesis específica 1

HEi1: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

HEo1: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

Contrastación argumentativa

Con la identificación de los parámetros, determinación de los valores iniciales y la determinación de los componentes electrónicos; se ha logrado desarrollar un prototipo funcional de red sensorial IoT que mejora el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022}

4.2.3 Contratación de Hipótesis específica 2

HEi2: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

HEo2: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

Contratación argumentativa

Con la identificación de los parámetros, determinación de los valores iniciales y la determinación de los componentes electrónicos; se ha logrado desarrollar un prototipo funcional de red sensorial IoT que mejora el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

4.3 Discusión de resultados

El desarrollo de este Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022, Gracias a la estrategia del proyecto de investigación, hemos podido desarrollar un prototipo versátil con componentes de precio razonable y fácilmente disponibles en el mercado. Además del requisito de programarlo de forma modular (es decir, poder añadir y quitar métodos sin dañar el funcionamiento) para hacerlo escalable y permitir mejoras, admitir más sensores y otros dispositivos para poder adaptarlo a más contextos (agricultura a pequeña escala, invernaderos, jardines de interior, etc.), la planificación del proyecto de investigación nos permitió crear un prototipo flexible utilizando componentes fácilmente disponibles en el mercado, asequibles y fiables. siendo un procedimiento largo que dio lugar al análisis de muchos métodos de transmisión inalámbrica y al rechazo de otros debido a su complejidad.

Nuestro resultado general es que se ha desarrollado un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022; el proyecto es de suma importancia para ayudar a los agricultores a monitorear el proceso de producción.

Es corroborado por (Montiel Rosales, Montalvo Romero, Purroy Vásquez, & Fernández Lambert, 2021) donde destaca la importancia de la Industria 4.0 en el proceso productivo agrícola y sugiere que su adopción puede llevar a mejoras significativas en la productividad y en el desarrollo socioeconómico del sector agrícola.

También es corroborado por (Paredes, Zúñiga, Morocho Caiza, & Mendoza, 2021) donde sus resultados presentados en el artículo demuestran que la implementación de una red de sensores inteligentes para el control del riego en un cultivo de mora puede conducir a un ahorro significativo de agua en comparación con los sistemas de riego tradicionales. Estos hallazgos son relevantes para la eficiencia y sostenibilidad de los procesos productivos agrícolas

Así mismo afirman. (Llanes Carvajal, Romero Gelves, Sánchez Balaguera, & Sánchez Monroy, 2022); estos autores resaltan la importancia de seleccionar la instrumentación electrónica adecuada para el desarrollo del proyecto, ya que esto influye significativamente en la efectividad de la implementación del proceso productivo agrícola. La elección de la tarjeta de IoT apropiada es crucial para garantizar la comunicación efectiva de los datos desde el cultivo. Asimismo, el lenguaje de programación seleccionado se basó en múltiples pruebas y consideró variables como adaptabilidad web, velocidad de respuesta al servidor, seguridad y compatibilidad con las bases de datos. Los resultados presentados en el artículo destacan que la implementación de huertas urbanas con un proceso productivo agrícola en ambientes controlados, utilizando tecnologías emergentes, puede contribuir a aumentar la producción de cultivos y lograr un impacto sostenible en la inocuidad alimentaria. La selección adecuada de la instrumentación electrónica y el uso de un lenguaje de programación apropiado son factores clave para el éxito de la implementación

Con respecto al monitoreo de parámetros ambientales, se ha desarrollado el módulo 1 del prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022. Nuestro resultado es corroborado con:

(Belupú Amaya, 2022) donde afirma que el monitoreo de las condiciones climáticas del cultivo de banano es de gran importancia porque permite recopilar y procesar estos datos de diferentes cultivos el cual puede conducir a mejores decisiones que benefician a toda la cadena de valor de la siembra y cosecha de productos.

Así mismo se corrobora con (Acero Catacora, 2019) donde sus resultados concluyen que la implementación de un sistema IoT optimiza la gestión del agua en la agricultura, ya que permite utilizar el agua de manera más eficiente al ajustar las horas de riego según las necesidades reales de los cultivos. Esto se traduce en mejoras significativas en comparación con los métodos tradicionales, garantizando un uso más adecuado de este recurso natural escaso. Además, se destaca un incremento en la calidad del cultivo debido a que este recibe la cantidad de agua necesaria para su

crecimiento óptimo. El uso de sensores en dispositivos electrónicos, como el mencionado en la tesis, proporciona mejoras en el proceso de riego en la agricultura

Con respecto al monitoreo de parámetros nutricionales, se ha desarrollado el módulo 2 del prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022. Nuestro resultado es corroborado con:

(Ponce Bueno & Jordán Zamora, 2022) En su tesis de pregrado "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo nutricional inteligente mediante servicio IoT de cultivo de maíz con protocolo de comunicación LoRaWAN" realizada por Ponce Bueno y Jordán Zamora en 2022, se obtuvieron los siguientes resultados. Se destaca que el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes en la economía y su cultivo requiere una atención cuidadosa, incluyendo un sistema de riego adecuado, la regulación de la temperatura y la humedad para lograr un mejor rendimiento. Para mejorar el monitoreo de los nutrientes, se diseñó e implementó un sistema de monitoreo nutricional inteligente basado en IoT, utilizando el protocolo de comunicación LoRaWAN. Este sistema proporciona beneficios significativos para los agricultores, ya que les permite ahorrar tiempo, facilitar la mano de obra y garantizar el crecimiento saludable de las plantas y una excelente producción, gracias al suministro adecuado de nutrientes y a una tierra rica en materia orgánica.

En el manual de cultivo, promedio recomendado por el Inia para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601, es en promedio de 50 a 65% de humedad. En el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, donde nos asignaron una parcela para llevar a cabo la implementación del prototipo IoT, el terreno es seco, pero tiene una ventaja que hay un canal de regadío que abastece a los agricultores de la zona, pero esto no es suficiente. Con el prototipo se logró controlar la humedad del suelo, acercándonos casi siempre al límite inferior y en algunos días pasándolo. Esta constancia se logró gracias a que la bomba y válvulas de agua que han sido controlado por la placa 3 y monitoreado por el sistema ThingSpeak. Al final se tuvo una cosecha exitosa, lo cual en otra investigación haremos comparaciones.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022

Se ha identificado los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601

Se logró determinar los valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601.

Se ha determinado los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT.

Se ha construido el módulo 1 del prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022.

Se ha construido el módulo 2 del prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022

Se ha construido el módulo 3 del prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del riego en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2022. Con el cual se ha logrado controlar la humedad del suelo, el cual es muy importante para el crecimiento y desarrollo de la planta. En algunos casos sobrepasamos a la humedad inferior recomendado y en la mayoría de los días nos aproximamos frecuentemente al límite inferior, esto permitió que las plantas se desarrollen con normalidad y uniformidad.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

Basado en el resultado de la investigación, se sugiere considerar la implementación y expansión del prototipo funcional de red sensorial IoT en otras áreas de producción agrícola. Dado que el prototipo ha demostrado ser efectivo en el monitoreo de parámetros en el proceso productivo del maíz morado variedad 601, su aplicación en otros cultivos puede proporcionar beneficios similares.

Se recomienda realizar estudios y pruebas piloto en diferentes cultivos agrícolas para evaluar la viabilidad y adaptabilidad del prototipo en diversos entornos. Esto permitirá recopilar datos y evidencia adicional sobre la eficacia de la red sensorial IoT en la optimización del proceso productivo. Además, se sugiere colaborar con agricultores y expertos en agricultura para identificar los parámetros clave que deben monitorearse en cada cultivo y adaptar el prototipo en consecuencia.

Asimismo, se recomienda explorar la posibilidad de integrar tecnologías adicionales, como el uso de drones o sistemas de análisis de datos avanzados, para mejorar aún más la precisión y el alcance del monitoreo. Esto podría proporcionar información valiosa sobre el estado de los cultivos, permitiendo una toma de decisiones más informada y una gestión más eficiente de los recursos agrícolas

Se sugiere continuar con la construcción y desarrollo del prototipo funcional de red sensorial IoT para ampliar su implementación en el monitoreo del ambiente en otros procesos productivos agrícolas. Este prototipo ha demostrado ser efectivo en el monitoreo del ambiente en el cultivo de maíz morado, por lo que su aplicación en otros cultivos puede brindar beneficios similares.

Se sugiere continuar el desarrollo y la implementación del módulo 2 del prototipo funcional de red sensorial IoT para ampliar su aplicación en el monitoreo de nutrientes en otros cultivos agrícolas. El prototipo ha mostrado ser efectivo en el monitoreo de los nutrientes en el cultivo de maíz morado variedad 601, lo que indica su potencial para mejorar la producción agrícola de manera generalizada. Se recomienda realizar pruebas adicionales en diferentes tipos de cultivos para evaluar la viabilidad y adaptabilidad del prototipo en distintos entornos agrícolas. Esto

permitirá obtener datos adicionales y evidencia sobre la eficacia del módulo 2 en condiciones variables.

Se recomienda realizar pruebas adicionales en diferentes tipos de cultivos y condiciones de riego para evaluar la eficacia y adaptabilidad del módulo 3 en diversos entornos agrícolas. Estas pruebas permitirán recopilar datos y obtener evidencia adicional sobre el rendimiento y la utilidad del prototipo en diferentes realidades; así mismo se sugiere explorar la integración de tecnologías complementarias, como la utilización de sensores de humedad del suelo, sistemas de automatización y control de riego, y análisis de datos en tiempo real. Estas adiciones tecnológicas pueden mejorar la precisión y la eficiencia del monitoreo del riego, permitiendo una gestión más precisa y sostenible del recurso hídrico.

REFERENCIAS

- Abanto, W., Medina, A., & Injante, P. (2014). *Instituto Nacional de Investigación Agraria*. Obtenido de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/65/4/Trip-ma%C3%ADz_INIA_601.pdf#:~:text=El%20mejoramiento%20se%20realiz%C3%B3%20mediante%20selecci%C3%B3n%20recurrente%20de,buen%20tipo%20de%20planta%20y%20santidad%20de%20mazorca.
- Acero Catacora, C. C. (2019). Implementación de un Sistema de Internet de las Cosas para Optimizar la Gestión del Agua en la Agricultura de la Región Tacna, 2018. *Tesis de pregrado*. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1304>
- Agencia agraria de noticias. (2023). *Agraria.pe*. (D. SAC, Editor) Obtenido de [https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033#:~:text=\(Agraria.pe\)%20El%20ma%C3%ADz,importancia%20socioecon%C3%B3mica%20para%20el%20pa%C3%ADs](https://agraria.pe/noticias/el-maiz-es-el-cultivo-mas-importante-en-extension-para-el-pe-22033#:~:text=(Agraria.pe)%20El%20ma%C3%ADz,importancia%20socioecon%C3%B3mica%20para%20el%20pa%C3%ADs).
- Alvarez Risco, A. (2020). Clasificación de las Investigaciones. *Repositorio de la Universidad de Lima*, 3. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%C3%A9mica%20C%20-%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- AMAZON. (s.f.). *Instrumento de análisis de sustancias*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Transmisor-conductividad-soluci%C3%B3n-Detector-electrodo/dp/B08LPWYLP7>
- Avalon. (s.f.). *Sensor de humedad y temperatura para suelo*. Obtenido de <https://avalontechsv.com/producto/sensor-humedad-temperatura-suelo/>
- Balkcom, K. S., Arriaga, F. J., Shaw, J. N., & Balkom, D. J. (2018). *Maize grain yield response to planting date and plant population in the southeastern*.
- Belupú Amaya, C. I. (2022). *Propuesta de una plataforma de agricultura inteligente basada en IoT para el monitoreo de las condiciones climáticas del cultivo de banano*. Universidad de Piura, Piura.
- Gholami, A., Rafiee, S., Tabatabaeefar, A., & Keyhani, A. (2021). *Internet of things and big data in smart agriculture*.
- I+D. (s.f.). *I+D Electrónica*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/nuevos/npk-rs485-12v-detail>
- Jing, X., Xia, Y., Chen, L., & Liu, X. (2018). *Integrated management of pests and diseases in maize cultivation*.
- Laidlaw, H. K. (2014). *The effects of seed choice and nutrient availability on maize*. University of Wisconsin.

- Llanes Carvajal, J. C., Romero Gelves, R. O., Sánchez Balaguera, M., & Sánchez Monroy, O. A. (2022). *Huertas urbanas con agricultura de precisión en ambientes controlados*. Colombia. doi:10.23850/23899573.5423
- Martinez, A., Marquez, D. A., Neto, M. A., Souza, P. F., & Lima, A. F. (2019). *Preparation and fertilization of soil in maize crop*.
- Medina Hoyos, A. E. (2022). *Guía de manejo de cultivo de Maíz Morado*. doi:978-9972-44-093-9
- Medina Hoyos, A., Narro León, L. A., & Chávez Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *SciELO*. doi:2077-9917
- Ministerio del ambiente. (2018). *línea base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad*. (M. d. ambiente, Ed.) Lima: Grupo Raso. doi:978-612-4174-31-5
- Montiel Rosales, A., Montalvo Romero, N., Purroy Vásquez, R., & Fernández Lambert, G. (2021). *Industria 4.0 como herramienta en la agricultura de precisión—monitoreo y control de producción agrícola*. España. doi:978-980-7857-48-2
- Naylamp. (s.f.). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/40_tutorial-sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11-y-dht22.html
- Naylamp. (s.f.). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>
- Naylamp. (s.f.). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>
- Paredes, M., Zúñiga, W., Morocho Caiza, A. F., & Mendoza, M. (2021). *Agricultura de precisión mediante WSN con nodos inteligentes aplicada a un sistema de riego en cultivo de mora*. España. doi:2661-6688
- Ponce Bueno, C. G., & Jordán Zamora, E. F. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo nutricional inteligente mediante servicio IoT de cultivo de maíz con protocolo de comunicación LoRaWAN*. Huayaquil.
- Ramirez, T. (2010). *Cómo hacer un proyecto de investigación*. Caracas: Panapo. doi:980-733903-2
- Supo, J. (2012). *Seminario de Investigación Científica*. Mexico. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/centro-de-estudios-e-investigaciones-de-bioetica/investigacion/jose-supoinvestigacion-metodologia-de-la-investigacion/17183644>
- ThingView. (s.f.). *ThingView - ThingSpeak viewer*. Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview&hl=es_419&gl=US&pli=1
- TingSpeak. (s.f.). *ThingSpeak for IoT projects*. Obtenido de <https://thingspeak.com/>

- Turibot. (s.f.). *Turibot Electrónica y robótica*. Obtenido de <https://www.turibot.es/blog/index.php/2020/02/18/bmp280-sensor-de-presion-atmosferica/>
- Wang, X., Zhang, C., & Wang, D. (2020). *A novel wireless comunicarti3n system for agricultural internet of things based on LoRa and NB-IoT*. doi:10870-10878

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia

Formulación de problemas	Formulación de objetivos	Formulación de hipótesis	Variables, dimensiones e indicadores	Aspectos metodológicos
¿El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023?	Desarrollar un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	Hi: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	Prototipo funcional de red sensorial IoT Componentes tecnológicos Indicadores del 1 al 5 DBMS Indicadores del 6 al 10 Conectividad Indicadores del 11 al 13 Plataforma central de IoT Indicadores del 14 al 17 Gateway Indicadores del 18 al 19	Ámbito Centro de Producción Canchan de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán Tipo de Investigación Aplicada Nivel de Investigación Aplicativo Población 93'312,000 datos generados para los 9 sensores en una parcela de extensión de 600m2 con 1320 plantas de maíz morado variedad 601
¿Cuáles son los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?	Identificar los parámetros elementales del proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601	H0: El desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejora el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023		Muestra 93'312,000 datos generados por los 9 sensores en un área de 210m2 con 462 plantas, divididas en tres áreas, cada uno de 70m2 y 154 plantas de maíz morado
¿Cuáles son valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601?	Determinar los valores iniciales de los parámetros de la parcela de experimentación para el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601	HEi1: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023		Diseño de Investigación Pre experimental - Observacional
¿Cuáles son los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT?	Determinar los componentes para el desarrollo de un prototipo funcional de red sensorial IoT	HEo1: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT no mejorará el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	Monitoreo en el proceso productivo agrícola Monitoreo de nutrientes - Fosfato (indicadores 20 y 21) - Potasio (indicadores 22 y 23) - Nitrógeno (indicadores 24 y 25) - Potencial de hidrógeno (indicadores 26 y 27)	Técnica adquisición de datos basados en sensores
¿La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023?	Construir un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo del ambiente en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	HEi2: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	Monitoreo del ambiente - Temperatura de suelo (indicadores 30 y 31) - Temperatura del ambiente (indicadores 30 y 31) - Humedad de suelo (indicadores 32 y 33) - Humedad del ambiente (indicador 34) - Presión atmosférica (indicadores 36 y 37) - Altitud (indicador 38)	Instrumento Sistema de adquisición de datos
¿La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023?	Construir un prototipo funcional de red sensorial IoT para mejorar el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023	HEo2: La construcción de un prototipo funcional de red sensorial IoT mejorará el monitoreo de los nutrientes en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan – UNHEVAL 2023		

ANEXO 02. Consentimiento informado

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN” HUÁNUCO

Yo....., Personal de apoyo a la investigación “Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022

”, consistirá en respetar y realizar las actividades estrictamente encomendadas para no alterar los resultados de la investigación.

Declaro que se me ha informado ampliamente sobre los posibles beneficios, riesgos y molestias derivados de mi participación en el estudio, y que se me ha asegurado que el apoyo brindado estará protegido por el anonimato y la confidencialidad.

El investigador tesista de pregrado es Gabriela Estefani Tarazona Esparza

Quien se ha comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos que se llevarán a cabo, riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

He leído esta hoja de consentimiento y acepto participar en este estudio según las condiciones establecidas.

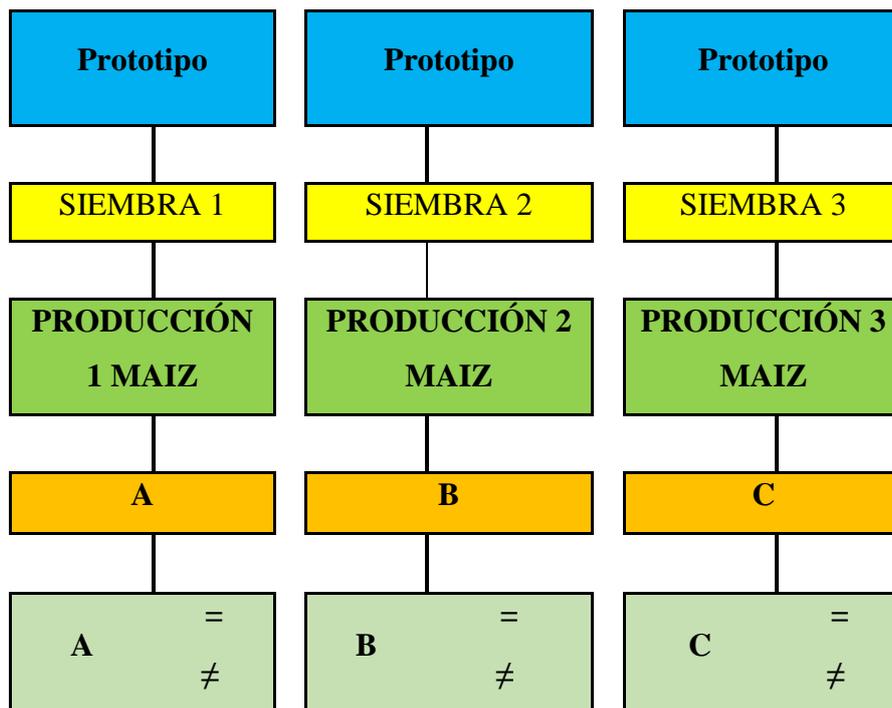
Huánuco de noviembre de 2022

.....

Firma participante

.....

Firma investigador



ANEXO 04. Validación del instrumento por expertos



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN
 HUÁNUCO - PERÚ
 FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Título: Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022

Nombre del experto: *Mg. Jimmy Flores Udoz* especialidad *Gestión Tecnológica Empresarial*
 Calificar con 1, 2, 3, 4, cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad

prototipo funcional de red sensorial IoT		ITEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Componentes tecnológicos	Sensores		4	4	4	4
	Dispositivos de monitoreo		4	4	4	4
	GPS		4	4	4	4
	Software para análisis de datos		4	4	4	4
DBMS	Sistema de comunicación		4	4	4	4
	Condiciones nutricionales del suelo		4	4	4	4
	Condiciones ambientales		4	4	4	4
	Parámetros nutricionales		4	4	4	4
	Parámetros ambientales		4	4	4	4
Conectividad	Datos generales		4	4	4	4
	Capacidad de comunicación		4	4	4	4
	Conectividad entre los diferentes dispositivos		4	4	4	4
	Cobertura		4	4	4	4

DIMENSIÓN	ITEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Plataforma central de IoT	Visualización de datos numéricos	4	4	4	4
	Visualización de en gráficos	4	4	4	4
	Reportes de información concolidad	4	4	4	4
	Alertas para ayuda a la toma de decisiones	4	4	4	4
	Comunicación entre plataformas internas	4	4	4	4
Gateway					
Monitoreo en el proceso productivo agrícola					
	Monitoreo de nutrientes				
Fósforo	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potasio	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Nitrogeno	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potencial de hidrógeno	Valor inicial	4	4	4	4
Fósforo	Valores en el proceso	4	4	4	4
Monitoreo del ambiente					
Temperatura del suelo	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Temparatura del ambiente	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
	Valores iniciales	4	4	4	4

Humedad del suelo	Valores en el proceso	4	4	4	4
Humedad del ambiente	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Presión atmosférica	Cantidad	4	4	4	4
Altitud	msnm	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) ¿Qué dimensión o ítem falta?
DECISION DEL EXPERTO

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()

Firma y sello del experto



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN
 HUÁNUCO – PERÚ
 FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Título: Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022

Nombre del experto: *Mg. Elmer Chagojari Subinspección Base de Datos*
 Calificar con 1, 2, 3, 4, cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad

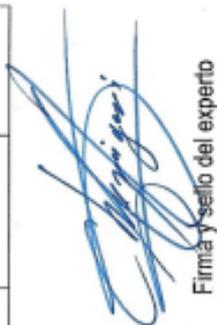
prototipo funcional de red sensorial IoT		ITEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Componentes tecnológicos	Sensores		4	4	4	4
	Dispositivos de monitoreo		4	4	4	4
	GPS		4	4	4	4
	Software para análisis de datos		4	4	4	4
	Sistema de comunicación		4	4	4	4
DBMS	Condiciones nutricionales del suelo		4	4	4	4
	Condiciones ambientales		4	4	4	4
	Parámetros nutricionales		4	4	4	4
	Parámetros ambientales		4	4	4	4
	Datos generales		4	4	4	4
	Capacidad de comunicación		4	4	4	4
Conectividad	Conectividad entre los diferentes dispositivos		4	4	4	4
	Cobertura		4	4	4	4

DIMENSIÓN	ITEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Plataforma central de IoT	Visualización de datos numéricos	4	4	4	4
	Visualización de en gráficos	4	4	4	4
	Reportes de información concolidad	4	4	4	4
	Alertas para ayuda a la toma de decisiones	4	4	4	4
	Comunicación entre dispositivos	4	4	4	4
	Comunicación entre plataformas internas	4	4	4	4
Monitoreo en el proceso productivo agricola					
Monitoreo de nutrientes					
Fósforo	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potasio	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Nitrogeno	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potencial de hidrógeno	Valor inicial	4	4	4	4
Fósforo	Valores en el proceso	4	4	4	4
Monitoreo del ambiente					
Temperatura del suelo	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Temperatura del ambiente	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
	Valores iniciales	4	4	4	4

Humedad del suelo	Valores en el proceso	4	4	4	4
Humedad del ambiente	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Presión atmosférica	Cantidad	4	4	4	4
Altitud	msnm	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) . ¿Qué dimensión o ítem falta?
DECISION DEL EXPERTO

El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



Firma y sello del experto



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
 HUÁNUCO – PERÚ
 FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Título: Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022

Nombre del experto: *Dr. Ines Jesús Tolentino* especialidad *Internet de las Cosas*
 Calificar con 1, 2, 3, 4, cada ítem respecto a los criterios de relevancia, coherencia, suficiencia y claridad

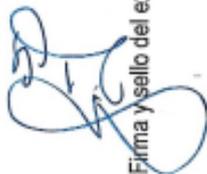
prototipo funcional de red sensorial IoT		RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
DIMENSIÓN	ÍTEM				
Componentes tecnológicos	Sensores	4	4	4	4
	Dispositivos de monitoreo	4	4	4	4
	GPS	4	4	4	4
	Software para análisis de datos	4	4	4	4
	Sistema de comunicación	4	4	4	4
DBMS	Condiciones nutricionales del suelo	4	4	4	4
	Condiciones ambientales	4	4	4	4
	Parámetros nutricionales	4	4	4	4
	Parámetros ambientales	4	4	4	4
	Datos generales	4	4	4	4
Conectividad	Capacidad de comunicación	4	4	4	4
	Conectividad entre los diferentes dispositivos	4	4	4	4
	Cobertura	4	4	4	4

DIMENSIÓN	ITEM	RELEVANCIA	COHERENCIA	SUFICIENCIA	CLARIDAD
Plataforma central de IoT	Visualización de datos numéricos	4	4	4	4
	Visualización de en gráficos	4	4	4	4
	Reportes de información concolidad	4	4	4	4
	Alertas para ayuda a la toma de decisiones	4	4	4	4
	Comunicación entre dispositivos	4	4	4	4
Gateway	Comunicación entre plataformas internas	4	4	4	4
Monitoreo en el proceso productivo agrícola					
Monitoreo de nutrientes					
Fósforo	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potasio	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Nitrogeno	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Potencial de hidrógeno	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Fósforo	Valor inicial	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Monitoreo del ambiente					
Temperatura del suelo	Valores Iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Temparatura del ambiente	Valores Iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
	Valores Iniciales	4	4	4	4

Humedad del suelo	Valores en el proceso	4	4	4	4
Humedad del ambiente	Valores iniciales	4	4	4	4
	Valores en el proceso	4	4	4	4
Presión atmosférica	Cantidad	4	4	4	4
Altitud	msnm	4	4	4	4

¿Hay alguna dimensión o ítem que no fue evaluada? SI () NO (X) , ¿Qué dimensión o ítem falta?
DECISION DEL EXPERTO

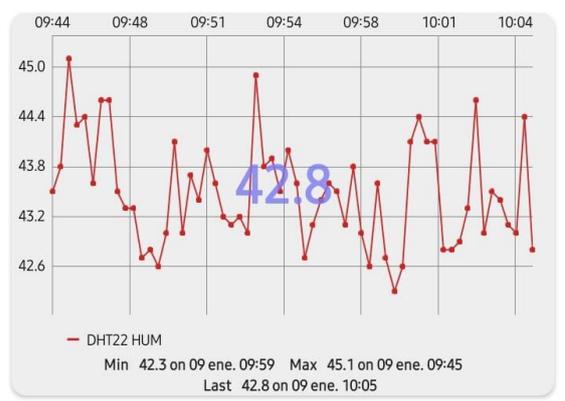
El instrumento debe ser aplicado: SI (X) NO ()



Firma y sello del experto

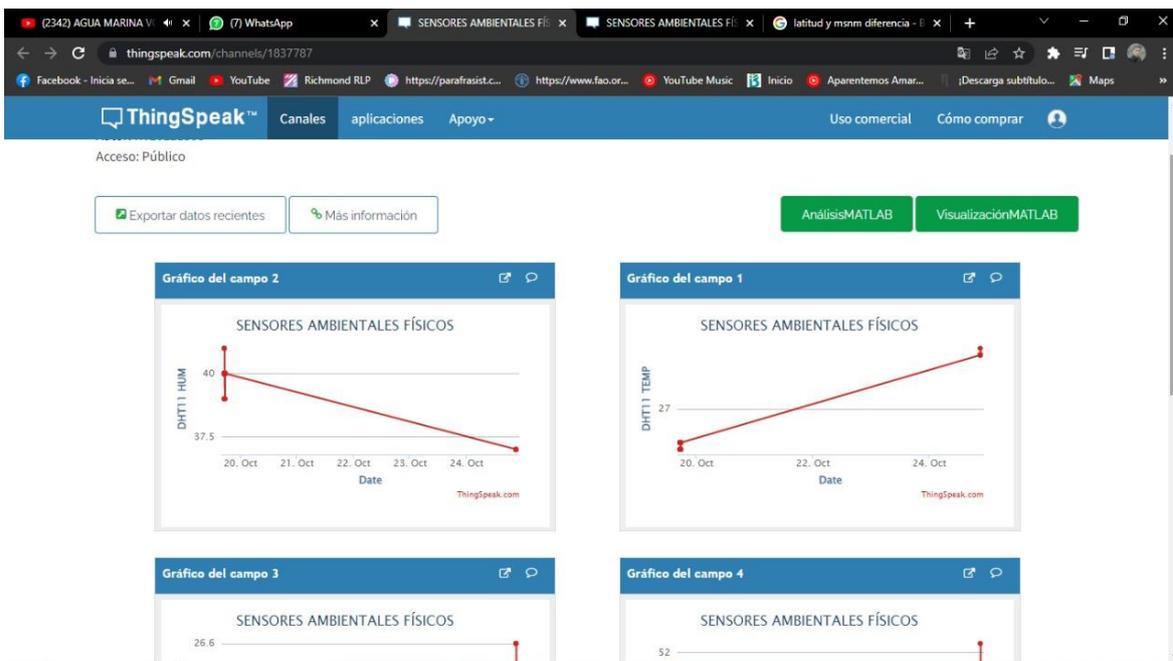
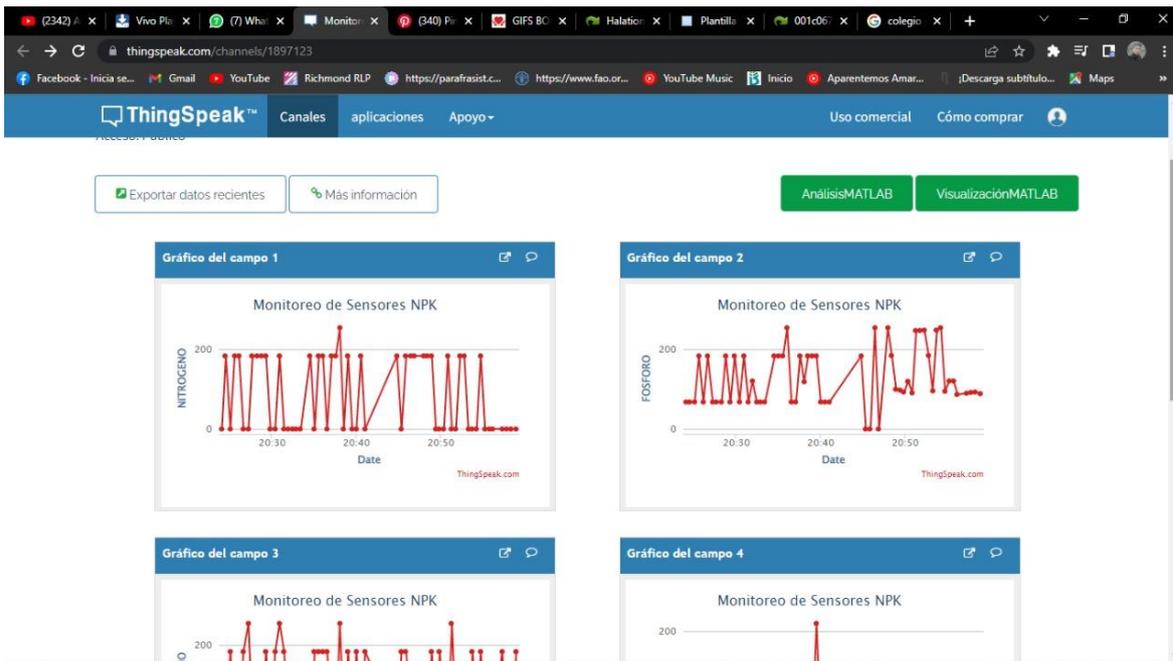
ANEXO 05. Evidencias













**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE SISTEMAS**

En Huánuco, a los 11 días del mes de Diciembre de 2023, siendo las 11 hrs, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, TÍTULO VII – CAPITULO VI Art. 75° al 80°, aprobado mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412-2022-UNHEVAL; se procedió a la evaluación de la sustentación de la tesis titulado: "Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022", presentado por la Bachiller en Ingeniería de Sistemas: **GABRIELA ESTEFANI TARAZONA ESPARZA**.

ASESOR DE TESIS: Dra. NERIDA DEL CARMEN PASTRANA DÍAZ.

Este evento se realizó de forma presencial en la Sala de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, ante los miembros del Jurado Calificador, integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTE: Dr. FRANCISCO PAREDES ABIMAEEL ADAM.

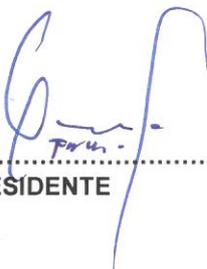
SECRETARIO: Mg. CHUQUIYAURI SALDIVAR ELMER SANTIAGO.

VOCAL: Dr. LÓPEZ Y ROJAS HERNÁN ABEL.

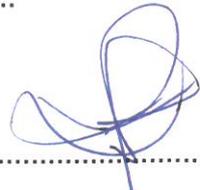
ACCESITARIA: Dra. RIVERA VIDAL DE SANCHEZ HEIDY VELSY.

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a la calificación conforme al Artículo 78° del Reglamento de Grados y Títulos, obteniéndose el siguiente resultado: **Nota: 20** (Veinte) equivalente a la calificación de: Excelente. Quedando el Bachiller en Ingeniería de Sistemas: **GABRIELA ESTEFANI TARAZONA ESPARZA:** Aprobado

Con lo que se dio por concluido el acto y en fe de la cual firman los miembros del jurado Calificador.


.....
PRESIDENTE


.....
SECRETARIO


.....
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"

Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 099-2019-SUNEDU/CD

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 11 SOFTWARE ANTIPLAGIO

TURNITIN-FIIS-UNHEVAL.

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, emite la presente constancia de Antiplagio, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 13% de similitud, correspondiente al interesado (a) **Gabriela Estefani Tarazona Esparza**. Del trabajo de investigación "**PROTOTIPO FUNCIONAL DE RED SENSORIAL IOT PARA EL MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO PRODUCTIVO AGRÍCOLA DEL MAÍZ MORADO VARIEDAD 601 EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE CANCHAN, UNHEVAL 2022.**", considerado como asesor(a) a la Dra. Nériida del Carmen Pastrana Diaz.

DECLARANDO (APTO)

Se expide la presente, para los trámites pertinentes

Pilco Marca, 12 de diciembre 2023


 Dr. (a) Dra. Guadalupe Ramírez Reyes
 Director(a) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas
 UNHEVAL

NOMBRE DEL TRABAJO

Prototipo funcional de red sensorial IoT para el monitoreo de parámetros en el proceso productivo agrícola del maíz morado variedad 601 en el Centro de Investigación y Experimentación de Canchan, UNHEVAL 2022.

AUTOR

Gabriela Estefani Tarazona Esparza

RECUENTO DE PALABRAS

25168 Words

RECUENTO DE CARACTERES

141736 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

130 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.2MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 12, 2023 1:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 12, 2023 1:58 PM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
PROTOTIPO FUNCIONAL DE RED SENSORIAL IOT PARA EL MONITOREO DE PARÁMETROS EN EL PROCESO PRODUCTIVO AGRÍCOLA DEL MAÍZ MORADO VARIEDAD 601 EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE CANCHAN, UNHEVAL 2022.
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

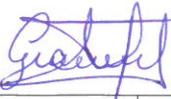
Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)		2023	
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	PROCESO PRODUCTIVO AGRÍCOLA	SISTEMA INTELIGENTE	MAÍZ MORADO VARIEDAD INIA 601
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
Información de la Agencia Patrocinadora:	UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN		

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	TARAZONA ESPARZA GABRIELA ESTEFANI	Huella Digital
DNI:	72494291	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 13 DE DICIEMBRE DE 2023.		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.