



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales

## **“Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024”**

**Tesis para optar al título profesional de:**

**INGENIERO DE SISTEMAS COMPUTACIONALES**

### **Autores:**

Victor Fernando Salinas Ramirez

Martin Saul Martinez Narciso

### **Asesor:**

Mg. Carlos Quinto Huamán

<https://orcid.org/0000-0001-9995-3941>

Trujillo - Perú

2024

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>BETTY LIZBY SUAREZ TORRES</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	<b>CRISTHIAN PAUL CESPEDES ORTIZ</b>
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	<b>CARLOS EDUARDO MENDOZA SANTOS</b>
	Nombre y Apellidos

## Informe de Similitud


**Victor Fernando SALINAS RAMIREZ**

**FORMATO PARA TESIS.docx**

 ASESORIAS

 ASESORIAS

 Asesores

 **turnitin** Página 2 de 106 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tm.sit:1.335827805


**15% Similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


**Filtrado desde el Informe**

- Bibliografía
- Texto citado

**Fuentes principales**

14%  Fuentes de Internet

1%  Publicaciones

4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en este camino.  
A mis padres, Víctor y Magaly, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y por  
inculcarme los valores que han hecho posible la culminación de esta meta.

Víctor Fernando Salinas Ramírez

A mis padres, Santos y Dionisia, por su apoyo incondicional y por motivarme  
siempre a dar lo mejor de mí; pero, sobre todo, por su esfuerzo y dedicación para  
brindarme la oportunidad de alcanzar mi formación profesional.  
A mi familia, por su constante aliento para cumplir mis metas y por enseñarme el  
verdadero significado de la perseverancia.

Martín Saúl Martínez Narciso

## Agradecimiento

A la vida, por recordarnos cada día su belleza y la justicia que puede ofrecer.  
A nuestras familias, por su apoyo incondicional y la paciencia brindada durante el  
desarrollo de esta investigación.  
Al Mg. Carlos Quinto Huamán, por su guía y asesoramiento fundamentales para la  
culminación de este trabajo.  
Finalmente, a todas las personas que dedicaron parte de su tiempo para revisar y aportar  
a nuestra investigación, contribuyendo a su mejora.

**Tabla de contenidos**

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice de Tablas.....	7
Índice de Figuras.....	9
Índice de Pseudocódigos.....	11
Resumen .....	12
Palabras Claves .....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	40
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	66
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	78
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>82</b>
ANEXOS .....	89

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Fases del Modelo en V .....	35
<b>Tabla 2</b> Composición de la muestra para la evaluación de la herramienta de monitoreo .....	43
<b>Tabla 3</b> Instrumentos y su utilidad en el proyecto .....	45
<b>Tabla 4</b> Indicadores del coeficiente de Alfa de Cronbach .....	46
<b>Tabla 5</b> Confiabilidad del instrumento con el coeficiente Alfa de Cronbach....	46
<b>Tabla 6</b> Escala de medición tipo Likert utilizada en el cuestionario .....	48
<b>Tabla 7</b> Requerimientos funcionales del hardware .....	50
<b>Tabla 8</b> Requerimientos no funcionales del hardware .....	51
<b>Tabla 9</b> Requerimientos funcionales del software .....	52
<b>Tabla 10</b> Requerimientos no funcionales del software .....	52
<b>Tabla 11</b> Diseño global del sistema por módulos funcionales.....	54
<b>Tabla 12</b> Diseño global del sistema por módulos funcionales.....	54
<b>Tabla 13</b> Especificaciones técnicas de hardware .....	57
<b>Tabla 14</b> Diseño y funcionalidad de la aplicación móvil.....	58
<b>Tabla 15</b> Test unitario de software .....	61
<b>Tabla 16</b> Test unitario de hardware .....	62
<b>Tabla 17</b> Test de integración hardware .....	63
<b>Tabla 18</b> Test de integración software .....	64
<b>Tabla 19</b> Test de integración hardware +software .....	64

<b>Tabla 20</b> Test operacional del sistema .....	65
<b>Tabla 21</b> Análisis descriptivo de la dimensión Conocimiento Técnico.....	66
<b>Tabla 22</b> Análisis descriptivo de la dimensión Prácticas Agrícolas .....	67
<b>Tabla 23</b> Análisis descriptivo de la dimensión Percepción de eficiencia .....	68
<b>Tabla 24</b> Resumen de la captura de datos en suelo húmedo.....	69
<b>Tabla 25</b> Resumen de la captura de datos en suelo seco .....	71
<b>Tabla 26</b> Análisis descriptivo de la dimensión Usabilidad.....	73
<b>Tabla 27</b> Análisis descriptivo de la dimensión Funcionalidad .....	74
<b>Tabla 28</b> Análisis descriptivo de la dimensión Efectividad.....	74
<b>Tabla 29</b> Resultados del análisis de Pretest y Postest (índice total) .....	76
<b>Tabla 30</b> Matriz de consistencia .....	95
<b>Tabla 31</b> Matriz de operacionalización de variables .....	96
<b>Tabla 32</b> Resultados de la encuesta Pretest .....	99
<b>Tabla 33</b> Resultados de la encuesta Postest .....	100
<b>Tabla 34</b> Índice total con los promedios de las respuestas .....	101

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Estructura de un sensor inductivo .....	24
<b>Figura 2</b> Sensor de Humedad FC-28 .....	25
<b>Figura 3</b> Sensor de Temperatura DS18B20 .....	27
<b>Figura 4</b> Arquitectura y componentes de un microcontrolador .....	28
<b>Figura 5</b> Memoria del microcontrolador ATmega328p.....	29
<b>Figura 6</b> Esquema de base de datos relacionales .....	31
<b>Figura 7</b> Diagrama de bloques del módulo GSM .....	32
<b>Figura 8</b> Suelo de cultivo .....	34
<b>Figura 9</b> Ciclo de vida Modelo en V .....	35
<b>Figura 10</b> Metodología en V .....	50
<b>Figura 11</b> Arquitectura del sistema.....	53
<b>Figura 12</b> Pantalla de la aplicación móvil .....	55
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama físico</i> .....	56
<b>Figura 14</b> Evolución de la humedad en suelo de cultivo húmedo .....	69
<b>Figura 15</b> Evolución de la temperatura en suelo de cultivo húmedo.....	70
<b>Figura 16</b> Historial de medición de temperatura y humedad en suelo de cultivo húmedo .....	70
<b>Figura 17</b> Evolución de la humedad en suelo de cultivo seco .....	71
<b>Figura 18</b> Evolución de temperatura en suelo de cultivo seco .....	72
<b>Figura 19</b> Historial de medición de temperatura y humedad en suelo de cultivo seco .....	72

<b>Figura 20</b> Comparación Pretest vs Postest .....	76
<b>Figura 21</b> Herramienta de monitoreo Hardware .....	102
<b>Figura 22</b> Medición de humedad y temperatura en suelo de cultivo .....	102
<b>Figura 23</b> Sensor Higrómetro FC-28 .....	103
<b>Figura 24</b> Sensor de Temperatura DS18B20 .....	103
<b>Figura 25</b> Módem GSM/GPRS SIM800F .....	104
<b>Figura 26</b> Pantalla LCD 16x2 .....	104
<b>Figura 27</b> Placa embebida ChacrApp .....	105
<b>Figura 28</b> Microcontrolador ATMEGA328P .....	105

### Índice de Pseudocódigos

<b>Pseudocódigo 1</b> <i>Algoritmo del microcontrolador</i> .....	59
<b>Pseudocódigo 2</b> <i>Algoritmo de herramienta de monitoreo</i> .....	60

## Resumen

El acceso y uso eficiente del agua es un factor determinante en la productividad agrícola, especialmente en zonas donde el riego constituye la principal fuente de abastecimiento hídrico. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo general determinar el impacto de la implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, 2024. Como objetivos específicos, se buscó analizar la situación inicial de los agricultores respecto al monitoreo del suelo, evaluar los cambios tras la implementación y comparar los resultados entre el Pretest y el Postest.

La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño cuasiexperimental con un grupo de 30 agricultores. Se utilizaron cuestionarios estructurados validados con Alfa de Cronbach ( $\alpha$  entre 0.909 y 0.952, nivel excelente). Los datos fueron procesados en Python mediante análisis descriptivo y pruebas inferenciales, aplicando Shapiro-Wilk para normalidad y Wilcoxon para muestras relacionadas.

Los resultados evidenciaron que, en el Pretest, el conocimiento técnico y las prácticas agrícolas eran limitados, mientras que en el Postest se observaron mejoras significativas en usabilidad, funcionalidad y efectividad, con incrementos promedio de 1.21 puntos ( $p < 0.001$ ).

Se concluye que la herramienta implementada tuvo un impacto positivo, mejorando la eficiencia en el riego y fortaleciendo la toma de decisiones de los agricultores.

### **Palabras Claves**

Herramienta de monitoreo, humedad del suelo, temperatura del suelo, suelo de cultivo.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La aplicación de la innovación en el ámbito agrícola es esencial para atender las crecientes demandas alimentarias de una población mundial en constante expansión. Estas transformaciones favorecen un aumento en la producción, mejoran los ingresos de quienes trabajan en el campo y contribuyen a la disminución de la pobreza y el hambre (Sonnino y Ruane, 2013).

Los progresos tecnológicos en el sector agrícola tienen un impacto significativo; sin embargo, no todos los actores del sistema agroalimentario acceden de manera equitativa a estas innovaciones. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) documenta este proceso de transformación desde hace décadas, evidenciando que en los dos últimos siglos se aceleró de manera notable (FAO, 2022).

En el ámbito nacional, la agricultura peruana desempeña un rol fundamental en la seguridad alimentaria de más de 33 millones de personas. La producción agrícola creció a un ritmo superior al de la población y a las importaciones alimentarias (Castillo Fernández, 2021). Además, el sector agropecuario concentra una parte significativa de la fuerza laboral: en 2021, el 27.5% de los trabajadores (4,702,349 personas) estaba vinculado a este sector, de los cuales 2,243,811 se dedicaban principalmente a la agricultura, representando un incremento del 23.1% respecto a 2010 (Escuela de Gestión Pública de la Universidad del Pacífico, 2022).

En la región La Libertad, se dispone de una superficie agropecuaria de 978,810 hectáreas, de las cuales el 54% corresponde a tierras agrícolas. No obstante, solo el 5.5% de los productores accedió a créditos y el 51.7% de la superficie contaba con

sistemas de riego. Pese a estas limitaciones, algunas zonas como Chao, Virú y Moche destacan por su alto nivel de tecnificación agrícola, especialmente en cultivos de agroexportación, donde se emplean prácticas modernas como el riego por goteo y la fertilización controlada, lo que permite mejorar la productividad y generar desarrollo económico en la región (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2024).

Sin embargo, en distritos como Laredo la situación es distinta. Muchos pequeños productores y agricultores de zonas rurales no vinculadas a la agroexportación carecen aún de sistemas adecuados para el monitoreo de parámetros críticos como la humedad y la temperatura del suelo. Esta carencia limita la eficiencia en la gestión del riego, dificulta la determinación de la cantidad y frecuencia de agua necesarias y conlleva un uso inadecuado de los recursos hídricos, reduciendo la productividad agrícola local.

En este contexto, el presente estudio plantea la implementación de una herramienta tecnológica que permite medir en tiempo real la humedad y temperatura del suelo, brindando acceso a la información mediante una plataforma interactiva. De esta manera, se busca facilitar el análisis de los datos y contribuir al uso eficiente y sostenible del recurso hídrico en los cultivos del distrito de Laredo.

## **1.2. Antecedentes**

Se han identificado diversos estudios que proponen o implementan herramientas automáticas para el monitoreo de humedad y temperatura en suelos de cultivo. La presente investigación tomó como referencia los antecedentes de alcance internacional y nacional.

### 1.2.1. Antecedentes internacionales

Blessing et al. (2023) desarrollaron un sistema de adquisición de datos basado en sensores para superar las limitaciones de los métodos manuales que generaban mediciones inexactas y afectaban la productividad agrícola en países en desarrollo. El sistema integró hardware y software mediante sensores calibrados que midieron temperatura, humedad, nivel de agua y pH en suelos de Nigeria, transmitiendo los datos de forma inalámbrica a un servidor en la nube y presentándolos en un panel web accesible a los agricultores. Los resultados mostraron un tiempo de respuesta de 4 segundos y errores del 8.2% en temperatura y 5.1% en humedad en comparación con datos meteorológicos oficiales, lo que evidenció que la solución proporcionaba mediciones confiables y de fácil implementación para pequeños agricultores, contribuyendo a mejorar los rendimientos y optimizar la eficiencia agrícola.

Pechlivani et al. (2023) desarrollaron una “Agro-caja de herramientas” basada en el Internet de las Cosas (IoT) para un análisis completo del suelo y el monitoreo del entorno agrícola, con el fin de resolver las limitaciones de los análisis tradicionales que eran lentos y no ofrecían información en tiempo real. El dispositivo consistió en una caja impresa en 3D que integraba sensores para medir variables del suelo como pH, humedad y temperatura, además de factores ambientales como la intensidad de luz, presión atmosférica y humedad relativa. La Agro-caja fue probada en un sistema de acuaponía con rúcula y comparada con equipos comerciales, mostrando un margen de error aceptable y demostrando su utilidad como una herramienta efectiva para el monitoreo agrícola continuo y la gestión sostenible de cultivos.

Song et al. (2023) desarrollaron un modelo para reducir el margen de error en la predicción y el monitoreo de sistemas agrícolas mediante sensores de suelo y

algoritmos de redes neuronales. Para ello, aplicaron un algoritmo de fusión de datos para clasificar tipos de suelo y calibrar sensores de humedad con una red inalámbrica y computación en el borde, utilizando además árboles de decisión C4.5 para evitar el sobreajuste. El sistema incluyó una calibración en dos etapas basada en reflectómetros de dominio de frecuencia (FDR), lo que permitió reducir el error cuadrático medio a menos de 0.0849% y mejorar otras métricas de error. Los resultados demostraron que el modelo de red neuronal mejoró significativamente la precisión frente a los sensores FDR tradicionales, lo que permitió un monitoreo más exacto y dinámico del estado del suelo.

Akpalu et al. (2021) propusieron y probaron una solución innovadora basada en el Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la producción agrícola y prevenir la escasez de alimentos en países de bajos ingresos como Ghana, donde los métodos manuales resultaban poco eficientes. El sistema integró una sonda de humedad, sensores de temperatura y humedad, y un módulo Wi-Fi que transmitía datos a un repositorio para su análisis en tiempo real. Además, generaba alertas electrónicas a los agricultores con recomendaciones de cultivos adecuados según los parámetros medidos. Probado en cinco ubicaciones, el prototipo demostró ser más efectivo que modelos previos, ya que facilitó la selección de cultivos basados en datos precisos, constituyendo una alternativa práctica y accesible para pequeños agricultores.

Ali et al. (2024) desarrollaron un sistema de agricultura de precisión basado en lógica difusa tipo Sugeno e Internet de las Cosas (IoT), con el objetivo de optimizar el crecimiento de las plantas mediante el control automatizado de factores ambientales. La arquitectura incluyó sensores, un microcontrolador y actuadores como bombas de agua y luces UV, todo supervisado mediante la aplicación Blynk

para el monitoreo en tiempo real. El sistema gestionó el riego y la iluminación con un error promedio de 1.3% en las mediciones de los sensores, mostrando alta precisión y confiabilidad. Las pruebas de campo confirmaron que esta propuesta favoreció el desarrollo óptimo de los cultivos en distintas condiciones, consolidándose como una solución eficiente para la agricultura controlada.

Tham et al. (2023) implementaron un sistema basado en el Internet de las Cosas (IoT) orientado al monitoreo y gestión de la agricultura vertical, combinando hardware y software en una arquitectura integral. El hardware estuvo compuesto por microcontroladores y sensores que midieron parámetros como temperatura, humedad del aire y humedad del suelo, mientras que en el software se utilizaron plataformas como Arduino IDE, NI LabVIEW, la nube SystemLink y una página web personalizada. Los datos generados se visualizaron desde cualquier dispositivo móvil o tableta en tiempo real, lo que mejoró la accesibilidad para los agricultores. Este sistema evidenció la importancia del IoT en la gestión de cultivos bajo sistemas verticales, optimizando recursos y brindando información oportuna.

Arias Solis (2023) desarrolló un sistema de monitoreo y control electrónico basado en el Internet de las Cosas (IoT) para prevenir daños por heladas en cultivos de mora, problema recurrente en regiones de altura. La solución empleó sensores para medir humedad relativa, humedad del suelo, temperatura y radiación solar, integrados en una arquitectura de cinco fases: detección, comunicación, interfaz de usuario, control y actuador. Los datos se transmitieron a través de placas ESP32 conectadas a Google Cloud y se complementaron con alertas enviadas por WhatsApp mediante la API CallMeBot. Al detectar temperaturas bajo 4 °C y bajos niveles de humedad, el

sistema activó automáticamente un riego por aspersión que estabilizó las condiciones del cultivo, reduciendo pérdidas y garantizando la continuidad productiva.

### **1.2.2. Antecedentes nacionales**

Berrios Gómez (2022) desarrolló un sistema basado en el Internet de las Cosas (IoT) para monitorear y controlar el cultivo de lechugas en invernadero, con el propósito de automatizar las condiciones climáticas que optimizan su desarrollo. El sistema se implementó con un nodo central, tres nodos sensores y una aplicación móvil, utilizando microcontroladores ESP32 con conectividad WiFi y Bluetooth. Los sensores DHT22, HW-080 con HW-103 y HC-SR04 midieron temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y nivel de agua, transmitiendo datos mediante el protocolo ESP-NOW al nodo central, que activaba ventiladores, calefactores y bombas de agua según rangos definidos (15–20 °C en el día, 10–15 °C en la noche, humedad relativa de 60–70 % y humedad del suelo de 50–75 %). Los resultados demostraron que el sistema mantuvo condiciones estables dentro de los rangos óptimos, mejorando la gestión del cultivo y confirmando su efectividad en el control ambiental.

Montañez Huamán et al. (2025) implementaron un sistema IoT para el monitoreo de variables climáticas y edáficas en cultivos de maíz amiláceo bajo invernadero en Huancavelica, Perú, con el fin de superar las limitaciones del monitoreo manual y mejorar la precisión en el registro de datos agrícolas. El sistema incorporó dos nodos finales con sensores de temperatura y humedad del aire, humedad y temperatura del suelo, pH y conductividad eléctrica (CE), los cuales transmitieron la información a través de una pasarela LoRa hacia una interfaz web. Los resultados evidenciaron patrones de variación diaria como picos de temperatura al mediodía, mayores niveles de humedad en las mañanas y un incremento de CE

hasta 13 con un pH promedio de 6.5 debido a riegos constantes. El sistema se validó como una herramienta confiable y escalable, incluso en zonas rurales con baja conectividad, contribuyendo a la agricultura de precisión.

Pariona Asto et al. (2022) desarrollaron un prototipo de monitoreo ambiental en invernaderos de hortalizas en Pampas, con el objetivo de controlar microclimas y mejorar la productividad agrícola. El proyecto se diseñó bajo la metodología de Pólya (1945), con fases de comprensión, planificación, ejecución y evaluación, y se implementó mediante una placa Arduino programada en mBlock junto con sensores de temperatura y humedad. Los datos fueron visualizados en una interfaz amigable, manteniendo las variables dentro de rangos de 13–17 °C y 60–80 % de humedad relativa. Los resultados evidenciaron que el sistema favoreció el control del microclima y mejoró la producción de hortalizas como lechugas y fresas, además de mostrar utilidad didáctica en la enseñanza de programación y electrónica en pregrado.

Díaz Pezo y Vega Del Águila (2020) diseñaron un sistema automatizado con Arduino para controlar y monitorear temperatura y humedad en incubadoras de huevos, buscando optimizar procesos productivos en avicultura. El sistema incluyó un microcontrolador, sensores ambientales, una pantalla LCD para visualización en tiempo real y un módulo Ethernet Shield W5100 para conexión remota, además de una aplicación para la generación de reportes. Los resultados mostraron mejoras significativas en la incubación, alcanzando una eficiencia del 96.92 % en huevos fértiles y un 79.89 % de nacimientos vivos. Asimismo, se redujo el tiempo de registro de datos, se optimizó el uso de recursos y se disminuyeron costos y esfuerzos laborales, confirmando su impacto positivo en la gestión avícola mediante pruebas estadísticas de Wilcoxon.

Madera Olivera (2024) desarrolló un dispositivo electrónico para la medición de humedad y temperatura en suelos agrícolas, con el objetivo de facilitar la captura de datos en tiempo real. El sistema fue implementado con una placa Arduino Uno, sensores de humedad y temperatura, pantalla LCD para visualización y baterías recargables para su alimentación. Los resultados evidenciaron un 96 % de fiabilidad en las mediciones, demostrando la precisión y funcionalidad del equipo como una herramienta accesible y eficiente para el monitoreo de suelos agrícolas.

Salgado Villanueva et al. (2025) diseñaron una estación agroclimática basada en IoT para el registro en tiempo real de variables ambientales y edáficas, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones agrícolas frente a condiciones climáticas cambiantes. El sistema integró nodos centrales y secundarios con sensores BME280, pluviómetro digital, sensor UV, anemómetro, veleta y un sensor de nutrientes del suelo, conectados mediante ESP32 y vinculados a la nube con ThingSpeak. Durante las pruebas, el sistema registró variaciones en temperatura, humedad, presión, radiación UV y viento, además de mantener mediciones estables de humedad, pH, CE y nutrientes en el suelo, mostrando concordancia significativa con equipos profesionales. Los resultados confirmaron la fiabilidad del sistema y su potencial para la agricultura de precisión y la gestión sostenible de cultivos.

### **1.3. Bases teóricas**

#### **1.3.1. Sistema informático**

Según Raya Cabrera et al. (2011), un sistema informático puede definirse como un conjunto de partes interrelacionadas. Un sistema típico utiliza un ordenador con dispositivos programables para capturar, almacenar y procesar datos; dicho ordenador, junto con la persona que lo maneja y los periféricos asociados, constituye

un ejemplo de sistema informático. Este se compone de tres elementos principales: el hardware, que incluye placas, circuitos integrados, conectores, cables y sistemas de comunicación; el software, que permite comunicarse con el hardware y controlarlo, incluyendo el software de base o sistema operativo y el software de aplicación, como procesadores de texto, bases de datos y hojas de cálculo; y el componente humano, constituido por las personas que participan en la dirección, diseño, desarrollo, implantación y explotación del sistema.

### **1.3.2. Herramienta de monitoreo**

Una herramienta de monitoreo se entiende como un sistema diseñado para registrar, supervisar y analizar en tiempo real parámetros físicos o ambientales relevantes en un determinado contexto de aplicación (Adeleke, 2022). Su función principal consiste en proporcionar información precisa y continua que facilite la toma de decisiones oportunas, optimizando procesos y reduciendo riesgos. Estas herramientas integran sensores, módulos de comunicación y plataformas de procesamiento que permiten recolectar, transmitir y visualizar datos en interfaces accesibles para el usuario. Entre los beneficios más importantes se encuentran la mejora en la eficiencia operativa, la automatización de tareas de supervisión y la generación de alertas preventivas ante cambios críticos en las condiciones monitoreadas. Según su alcance y aplicación, pueden clasificarse en sistemas de monitoreo ambiental, industrial, agrícola y de salud, siendo los basados en IoT los más relevantes por su bajo costo, escalabilidad y capacidad de conexión a internet para análisis remoto (Deshpande et al., 2022).

### **1.3.3. Herramienta de monitoreo de humedad y temperatura**

Una herramienta de monitoreo de humedad es un sistema tecnológico que permite medir y registrar en tiempo real los niveles de humedad en distintos entornos, con el objetivo de optimizar procesos en sectores como la agricultura y la industria, donde un control deficiente puede afectar la eficiencia operativa y la conservación de recursos (Wu et al., 2023). Estas herramientas integran sensores, conectividad inalámbrica y almacenamiento de datos históricos, lo que posibilita un análisis continuo y una toma de decisiones más precisa, especialmente cuando se combinan con tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) (Saha et al., 2024). Según su aplicación, pueden clasificarse en sistemas para el monitoreo de suelos, ambientes controlados, procesos industriales o materiales sensibles a la humedad.

Una herramienta de monitoreo de temperatura es un sistema tecnológico que permite medir y supervisar en tiempo real los niveles térmicos, garantizando condiciones óptimas en procesos industriales, biomédicos y de conservación, ya que un control inadecuado puede comprometer la eficiencia y la seguridad (Nuño Maganda et al., 2024). Estas herramientas se caracterizan por la integración de sensores, conectividad y almacenamiento de datos, lo que posibilita el análisis de tendencias históricas, la automatización de procesos y la reducción de riesgos operativos mediante la toma de decisiones en tiempo real (Quevedo Vera y Ferro Escobar, 2023). Según su uso, se clasifican en sistemas ambientales, industriales, biomédicos, energéticos, o de almacenamiento y transporte de productos sensibles.

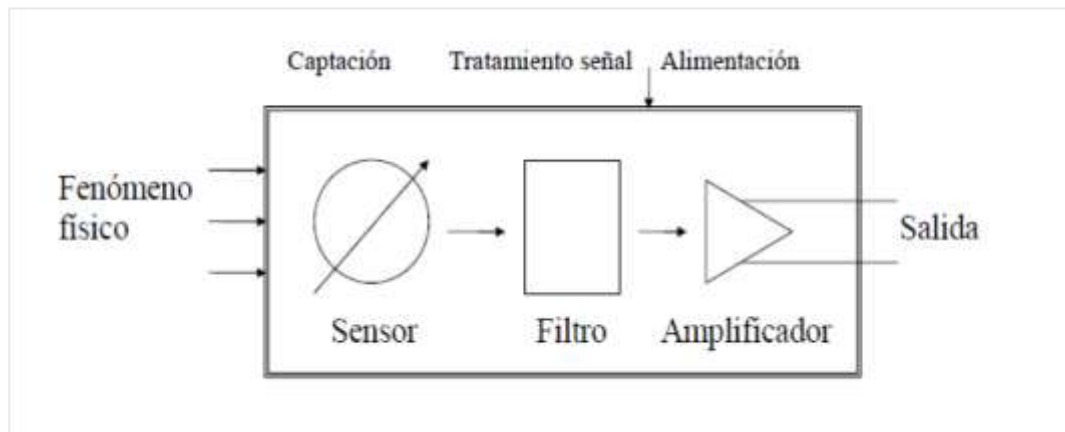
### **1.3.4. Sensores**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar y transformar una magnitud física, química o biológica en una señal eléctrica que pueda ser interpretada por un sistema

de procesamiento, como un microcontrolador o una computadora (Corona Ramírez et al., 2014). Su función principal es servir de puente entre el mundo físico y los sistemas electrónicos, permitiendo medir variables como temperatura, humedad, luz, presión o movimiento. Entre sus características más relevantes se encuentran la sensibilidad, el rango de operación, la linealidad y la velocidad de respuesta, aspectos que determinan la precisión y confiabilidad de la medición. Además, los sensores ofrecen ventajas como la automatización de procesos, la reducción de errores humanos y la integración de información en tiempo real para la toma de decisiones. De acuerdo con su naturaleza y aplicación, pueden clasificarse en sensores analógicos y digitales, así como en sensores de contacto y sin contacto, abarcando una amplia variedad de tipos que se adaptan a diferentes necesidades tecnológicas (Gardner et al., 2001). En la Figura 1 se muestra el proceso para convertir una señal no eléctrica en eléctrica.

**Figura 1**

*Estructura de un sensor inductivo*



*Nota.* Cuando se hace pasar una corriente por una bobina, se genera un flujo magnético. Tomado de Brunete et al. (2020, p. 34).

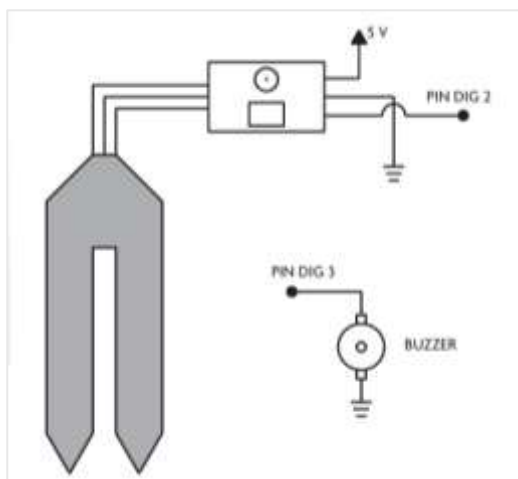
### 1.3.4.1. Sensores de humedad

Un sensor de humedad es un dispositivo diseñado para medir la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en materiales como suelos, tejidos y alimentos, transformando dicha variable en una señal eléctrica interpretable por un sistema de monitoreo (Corona Ramírez et al., 2014). Su función principal es proporcionar datos precisos sobre humedad relativa o absoluta, facilitando el control de condiciones críticas en agricultura, industria y almacenamiento. Se caracteriza por su sensibilidad a los cambios de humedad, un rango de medición definido y capacidad de respuesta en tiempo real, lo que asegura lecturas confiables. Entre sus beneficios destacan la optimización del riego en cultivos, la reducción de pérdidas por humedad inadecuada y la automatización de procesos de control ambiental. Según su principio de funcionamiento, pueden clasificarse en sensores resistivos, capacitivos y térmicos, cada uno con aplicaciones específicas (Gutiérrez Hinestroza y Iturralde Kure, 2017).

En la Figura 2 se muestra un sensor de humedad resistivo modelo FC-28.

#### Figura 2

*Sensor de Humedad FC-28*



*Nota.* La imagen muestra el diagrama de conexión del sensor FC-28. Tomado de Corona Ramírez et al. (2014, p. 203).

Según Corona Ramírez et al. (2014), el sensor de humedad FC-28 funciona mediante dos electrodos metálicos insertados en el suelo que permiten detectar la conductividad eléctrica del terreno, la cual varía en función del contenido de agua. Cuando el suelo está seco, la resistencia entre los electrodos es elevada, mientras que en condiciones de mayor humedad esta disminuye, reflejando un mayor nivel de agua. El dispositivo entrega una señal analógica proporcional al grado de humedad, la cual puede ser interpretada por un microcontrolador para su procesamiento y utilización en sistemas de monitoreo y control automatizado.

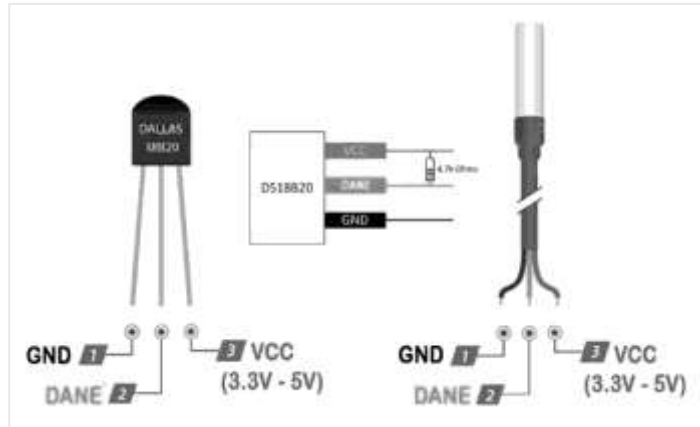
#### **1.3.4.2. Sensores de temperatura**

Un sensor de temperatura es un dispositivo electrónico que mide el nivel de calor de un medio y lo convierte en una señal eléctrica proporcional para que pueda ser interpretada por un sistema de procesamiento, como un microcontrolador o un sistema automático (Corona Ramírez et al., 2014). Su función principal es registrar en tiempo real las variaciones térmicas del entorno, lo que lo hace indispensable en aplicaciones agrícolas, industriales, médicas y ambientales. Entre sus características destacan la precisión de medición, el rango de operación, la estabilidad frente a cambios bruscos de temperatura y la facilidad de integración en sistemas embebidos. Sus beneficios se reflejan en la optimización de procesos productivos, la protección de equipos sensibles, el monitoreo de condiciones ambientales y la prevención de riesgos asociados a temperaturas inadecuadas. Según su principio de funcionamiento, estos sensores se clasifican en termistores, que modifican su resistencia con la temperatura; termopares, que generan un voltaje a partir de diferencias térmicas; Detector de Temperatura Resistivo (RTD), que ofrecen alta precisión mediante variaciones resistivas; y sensores de semiconductores o digitales, que proporcionan lecturas

rápidas y comunicación directa con sistemas de control (Domínguez Gros y Solé Casals, 2019). En la Figura 3 se muestra un sensor de temperatura digital modelo DS18B20.

**Figura 3**

*Sensor de Temperatura DS18B20*



*Nota.* La figura representa un sensor de temperatura modelo DS18B20 capturado de un dispositivo móvil. Tomado de Elektroweb (2025).

Song et al. (2023) describen al DS18B20 como un sensor digital de temperatura de alta precisión, ampliamente utilizado en sistemas de monitoreo por su fiabilidad y facilidad de implementación. Este dispositivo opera mediante el protocolo 1-Wire, lo que permite la conexión de múltiples sensores a través de una sola línea de datos, simplificando el cableado y la comunicación. Su rango de medición abarca temperaturas desde -55 °C hasta 125 °C, con una precisión de  $\pm 0.5$  °C en el intervalo crítico entre -10 °C y +85 °C, lo que lo convierte en una solución ideal para diversas aplicaciones industriales y ambientales.

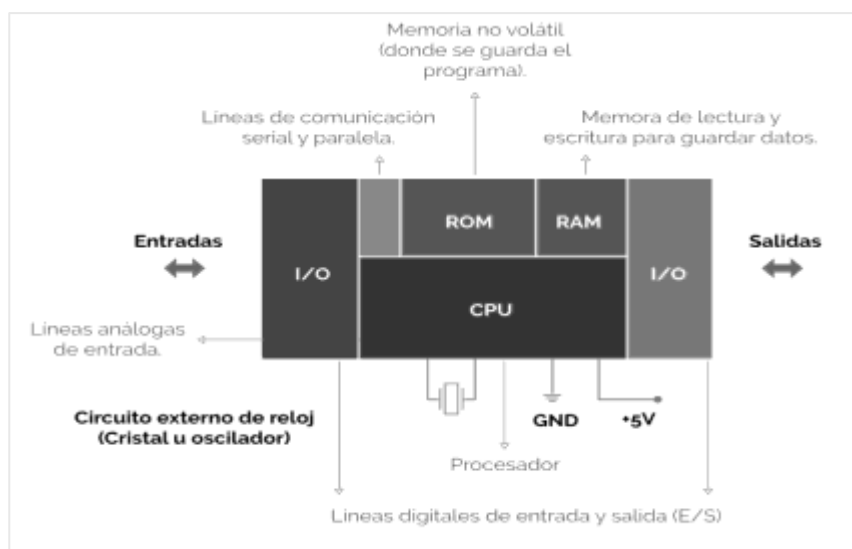
**1.3.5. Microcontrolador**

Un microcontrolador es un circuito integrado que reúne en un solo chip un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida, diseñado para ejecutar funciones específicas

dentro de sistemas embebidos (Ayala, 1991). Su papel esencial consiste en gestionar dispositivos electrónicos mediante la captura de señales externas y la ejecución de programas previamente cargados, lo que lo convierte en el componente central de múltiples soluciones de automatización. Estos dispositivos destacan por su tamaño reducido, bajo consumo energético, operación en tiempo real y la integración de módulos como temporizadores, conversores analógico-digital y puertos de comunicación serial. Entre sus ventajas sobresalen la disminución de costos en el desarrollo, la eficiencia en el manejo de datos y su adaptabilidad a diferentes contextos tecnológicos. Según su arquitectura y finalidad, los microcontroladores se agrupan en familias como 8051, PIC, AVR y ARM, que presentan variaciones en memoria, velocidad de procesamiento y complejidad de programación (Mazidi et al., 2010). En la Figura 4 se observa la arquitectura y componentes de un microcontrolador.

**Figura 4**

*Arquitectura y componentes de un microcontrolador*



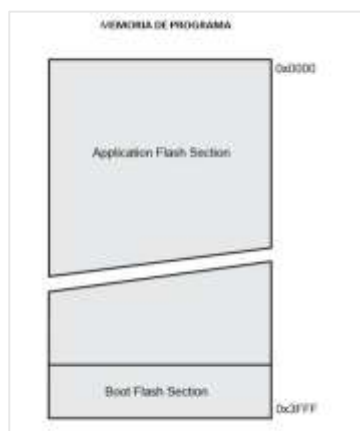
*Nota.* La figura describe la arquitectura y componentes que dispone un microcontrolador. Tomado de Naylamp Mechatronics (2025).

### 1.3.5.1. Microcontroladores AVR

El microcontrolador AVR es un circuito integrado de arquitectura RISC que ejecuta la mayoría de sus instrucciones en un solo ciclo de reloj, lo que asegura alta velocidad y eficiencia en sistemas embebidos (Espinosa, 2012). Integra en un único chip la CPU, la memoria y los periféricos, lo que facilita el control de dispositivos electrónicos de baja y media complejidad. Entre sus características destacan la memoria flash reprogramable, temporizadores, convertidores analógico-digital, módulos de comunicación serial y múltiples puertos de entrada y salida digitales. Sus ventajas principales son la facilidad de programación en C, el bajo consumo energético, la versatilidad de aplicaciones y el reducido costo de implementación, lo que lo hace especialmente útil en sistemas de monitoreo como los agrícolas. La familia AVR se divide en series como ATtiny, orientada a aplicaciones simples y compactas; ATmega, utilizada en proyectos de complejidad media como Arduino; y ATxmega, destinada a sistemas industriales o de alto rendimiento (Mazidi et al., 2010). En la Figura 5 se observa la memoria del microcontrolador ATmega328p.

**Figura 5**

*Memoria del microcontrolador ATmega328p*



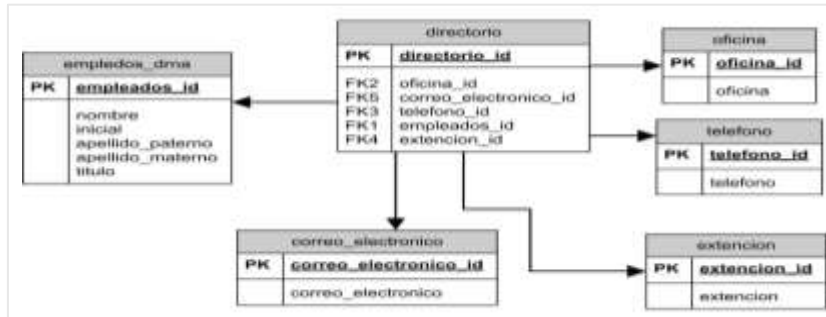
*Nota.* La imagen representa las memorias que presenta un microcontrolador ATmega328p. Tomado de Instituto NCB (2025).

### 1.3.6. Base de datos

Una base de datos es un conjunto estructurado de información que se organiza y almacena de manera sistemática en un sistema computacional, permitiendo el acceso, la gestión y la actualización eficiente de los datos (Elmasri y Navathe, 2015). Su función principal es servir como repositorio centralizado para garantizar la integridad, consistencia y disponibilidad de la información en diferentes aplicaciones, lo que resulta esencial en sistemas de monitoreo donde se requieren registros históricos de variables como humedad y temperatura. Se caracteriza por estar gestionada a través de sistemas de administración de bases de datos (SGBD), que ofrecen herramientas para la consulta mediante lenguajes como SQL, control de concurrencia, respaldo de la información y seguridad en el acceso. Entre sus beneficios destacan la reducción de la redundancia de datos, la mejora en la toma de decisiones basada en información confiable y el soporte a sistemas en tiempo real. Según su modelo de organización, las bases de datos pueden clasificarse en jerárquicas, en red, relacionales, y NoSQL, siendo estas últimas ampliamente utilizadas en entornos de Internet de las Cosas (IoT) por su flexibilidad y capacidad de manejar grandes volúmenes de datos no estructurados (Coronel y Morris, 2017). En la Figura 6 se observa el esquema de la base de datos relacionales.

**Figura 6**

*Esquema de base de datos relacionales*



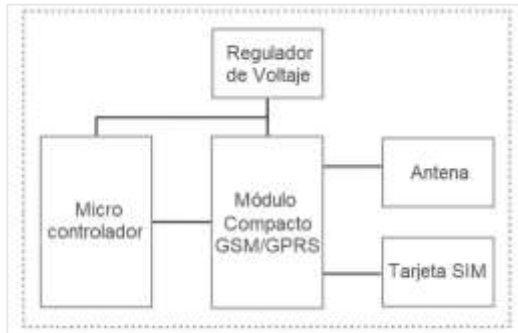
*Nota.* En la imagen se muestra un ejemplo de modelo de base de datos relacional. Tomado de Coronel y Morris (2017, p. 174).

### 1.3.7. Módulo GSM

Según Urgiles Guerrero y Calle Ormazá (2010), el módulo GSM es un dispositivo electrónico que permite la comunicación inalámbrica mediante redes celulares, posibilitando la transmisión de voz, datos y mensajes de texto. Su aplicación es común en sistemas embebidos, donde facilita la conexión remota con plataformas web o móviles a través de comandos AT. Entre sus principales características se encuentran el soporte para tarjetas SIM, la capacidad de enviar y recibir SMS, realizar llamadas, transmitir datos por GPRS, su bajo consumo energético y la facilidad de integración en diferentes sistemas. Asimismo, ofrece ventajas como amplia cobertura, bajo costo, confiabilidad y versatilidad, lo que lo hace útil en áreas como la automatización, la seguridad y la telemetría. Existen distintos tipos de módulos GSM, que van desde versiones básicas hasta opciones avanzadas que integran funcionalidades adicionales como GPRS, GPS o Bluetooth. En la Figura 7 se observa la estructura funcional del módulo GSM.

**Figura 7**

*Diagrama de bloques del módulo GSM*



*Nota.* Muestra cómo están organizadas las partes internas del módulo GSM. Tomado de Rahman et al. (2017, p. 2).

### 1.3.8. Lenguaje de programación

Un lenguaje de programación es un conjunto estructurado de reglas, símbolos y sintaxis que permite al programador comunicarse con la computadora para desarrollar algoritmos y controlar el comportamiento de los sistemas electrónicos. Su función esencial consiste en traducir instrucciones en un código ejecutable que gestione procesos y operaciones dentro de un sistema informático. Según Sebesta (2012), estos lenguajes se caracterizan por su estructura formal, portabilidad, niveles de abstracción y soporte para distintos paradigmas, como la programación estructurada, orientada a objetos o funcional. En el ámbito de los sistemas embebidos y las aplicaciones móviles, resultan fundamentales por su capacidad de optimizar recursos, facilitar la interacción con hardware y garantizar la escalabilidad del software. Entre sus beneficios se destacan la reducción de errores mediante entornos de desarrollo integrados (IDE), la eficiencia en la creación de soluciones complejas y la amplia disponibilidad de librerías y frameworks que aceleran el proceso de programación. De acuerdo con Tucker y Noonan (2007), los lenguajes pueden clasificarse en bajo

nivel (ensamblador), medio nivel (C, C++) y alto nivel (Java, Python), cada uno con ventajas específicas según la aplicación que se busque desarrollar.

### **1.3.9. Android Studio**

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la creación de aplicaciones Android, basado en IntelliJ IDEA, que proporciona herramientas avanzadas para codificación, depuración y pruebas (Google, 2020). Su función principal es facilitar el diseño y programación de aplicaciones móviles con herramientas de codificación, emulación y compilación integradas, garantizando un flujo de trabajo más eficiente para los desarrolladores. Entre sus características técnicas destacan el soporte para múltiples lenguajes como Java, Kotlin y C++, la integración con librerías externas, la compatibilidad con dispositivos físicos y virtuales, y la generación de archivos APK listos para distribución. Sus beneficios incluyen mayor productividad, facilidad de pruebas en entornos simulados y reducción de errores en el desarrollo. Además, se clasifica como un IDE especializado en aplicaciones móviles Android, en contraste con entornos de propósito general. De acuerdo con Smyth (2017), Android Studio ha evolucionado convirtiéndose en un entorno esencial en la ingeniería de software móvil, integrando diseño visual, gestión de recursos y herramientas de análisis de rendimiento en un solo entorno.

### **1.3.10. Suelo de cultivo**

El suelo de cultivo es la capa superficial de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas y que constituye el principal soporte físico, químico y biológico para la producción agrícola (FAO, 2017). Su función principal es proporcionar nutrientes, agua y oxígeno a las plantas, además de servir como medio de anclaje para su crecimiento. Entre sus características destacan la composición mineral y orgánica, la

textura, la estructura, el pH, la capacidad de retención de agua y la actividad microbiana, factores que determinan la fertilidad y productividad del suelo. Un suelo de cultivo saludable favorece un mayor rendimiento agrícola, sostenibilidad en la producción y resiliencia frente a condiciones climáticas adversas. Según su textura y composición, los suelos pueden clasificarse en arenosos, arcillosos, limosos o francos, cada uno con ventajas y limitaciones específicas para la agricultura (Van Konijnenburg, 2006). En la Figura 8 se muestra un suelo de cultivo en el distrito de Laredo, Trujillo.

### **Figura 8**

*Suelo de cultivo*



*Nota.* En la imagen se muestra un suelo de cultivo perteneciente al distrito de Laredo, Trujillo.

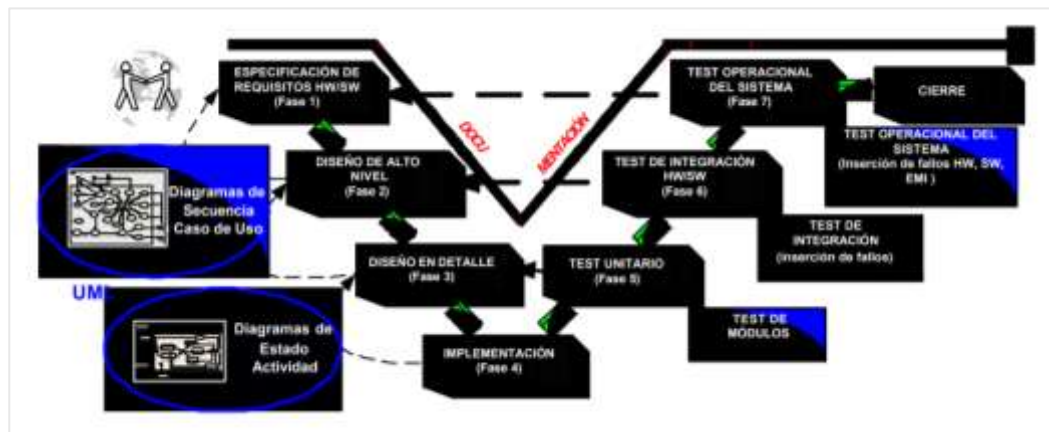
#### **1.3.11. Desarrollo de sistemas utilizando el modelo en V**

El Modelo en V, propuesto como extensión del ciclo de vida en cascada, es una metodología de desarrollo de software que relaciona cada fase de diseño con su respectiva etapa de verificación y validación, garantizando un proceso sistemático y ordenado (Pressman, 2010). Su función principal es establecer un marco estructurado que vincula el análisis de requisitos, el diseño y la codificación con actividades de prueba específicas, lo que asegura la calidad del producto en cada etapa (Sommerville, 2011). Se caracteriza por la secuencialidad de sus fases, la correspondencia directa

entre desarrollo y pruebas y la importancia de la documentación. Entre sus beneficios destacan la detección temprana de errores, el mayor control del proceso y la mejora en la trazabilidad de requisitos. En cuanto a su clasificación, se considera un modelo de ciclo de vida secuencial con énfasis en la calidad, ampliamente aplicado en proyectos donde la fiabilidad y la validación son críticas, como los sistemas industriales o embebidos. En la Figura 9 se muestra el ciclo de vida del modelo en V.

**Figura 9**

*Ciclo de vida Modelo en V*



*Nota.* En la imagen se muestra el ciclo de vida del modelo en V. Tomado de Pérez et al., (2006, p. 71).

En la Tabla 1, se muestra el análisis de las siete fases del ciclo de vida del modelo en V para el desarrollo de software.

**Tabla 1**

*Fases del Modelo en V*

Fase	Descripción
<b>Fase 1: Definición de especificaciones</b>	Se definen y documentan los requisitos del sistema, identificando valores numéricos concretos. En caso necesario, se especifica el nivel de integridad (SIL).
<b>Fase 2: Diseño global</b>	También llamado diseño de alto nivel; busca obtener la arquitectura y visión general del sistema.

<b>Fase 3: Diseño en detalle</b>	Se especifica cada bloque definido en el diseño global, precisando funciones y relaciones.
<b>Fase 4: Implementación</b>	Se materializa el diseño en detalle mediante la codificación e integración de los componentes.
<b>Fase 5: Test unitario</b>	Se verifican individualmente los módulos de hardware y software, comprobando su correcto funcionamiento.
<b>Fase 6: Integración</b>	Se integran los distintos módulos, verificando tanto el funcionamiento general como la capacidad de respuesta ante fallos, documentando las pruebas realizadas.
<b>Fase 7: Test operacional del sistema</b>	Se efectúan pruebas finales en un escenario real y en su ubicación definitiva, registrando resultados y comprobando la validez del sistema frente a los requisitos.

*Nota.* Esta tabla muestra las fases que se realizan en el modelo en V. Tomado de Pérez et al., (2006, p. 71).

## **Problemática**

Los agricultores del distrito de Laredo, en la provincia de Trujillo, región La Libertad, enfrentan una grave problemática debido a la falta de tecnología para el monitoreo adecuado de sus suelos de cultivo. Esta situación dificulta el manejo eficiente de los recursos naturales, especialmente el agua y los nutrientes del suelo, que son esenciales para el desarrollo de los cultivos. La ausencia de herramientas tecnológicas que permitan medir variables críticas como la humedad, temperatura y composición del suelo, obliga a los productores a recurrir a métodos tradicionales y a la experiencia empírica, esto puede derivar en prácticas poco eficientes de riego y fertilización, generando problemas como el uso excesivo de agua, deficiencias nutricionales, degradación del suelo y disminución de la productividad, lo que afecta directamente el rendimiento de sus cosechas. Además, la falta de datos precisos y en tiempo real limita su capacidad para tomar decisiones informadas y oportunas sobre el cuidado de sus cultivos, lo que puede ocasionar pérdidas significativas en la producción y, en

algunos casos, el colapso de la actividad agrícola. Esta deficiencia tecnológica no solo pone en riesgo la rentabilidad de los agricultores, sino que también impide que la agricultura de Laredo evolucione hacia prácticas más sostenibles y eficientes, lo que afecta a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico de la región.

### **Justificación**

El presente estudio busca evaluar el impacto de la implementación de un sistema de monitoreo de humedad y temperatura en los cultivos del distrito de Laredo, en la provincia de Trujillo, región La Libertad, donde los agricultores aún no cuentan con esta tecnología, lo que limita la mejora en la producción y calidad de sus cultivos. Desde una perspectiva teórica, se fundamenta en estudios previos que demuestran que el monitoreo en tiempo real de las condiciones del suelo optimiza la gestión agrícola, mejorando la eficiencia en el uso de recursos. Prácticamente, este sistema permitirá a los agricultores obtener información precisa sobre la humedad y temperatura del suelo, lo que facilitará la toma de decisiones informadas sobre riego, control de plagas y protección de cultivos, reduciendo factores que afectan el crecimiento y la producción. Socialmente, la implementación de esta herramienta tiene el potencial de transformar las condiciones de vida de los agricultores, al promover el desarrollo económico local y mejorar la seguridad alimentaria, favoreciendo la inclusión tecnológica en zonas rurales. Metodológicamente, el estudio se basa en un enfoque cuantitativo que analiza los datos obtenidos por los sensores de monitoreo, permitiendo una evaluación objetiva del impacto de la tecnología en la productividad agrícola.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿Cuál es el impacto de la implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, durante el año 2024?

### **1.4.2. Problemas específicos**

¿De qué manera el análisis de la situación actual del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo permite detectar las brechas tecnológicas en los procesos agrícolas?

¿De qué manera la implementación de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo contribuye a mejorar los procesos agrícolas?

¿De qué manera el análisis de la situación del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, posterior a la implementación de la herramienta propuesta, permite identificar las mejoras en los procesos agrícolas?

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el impacto de la implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

Analizar la situación actual del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo.

Implementar una herramienta para el monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo.

Evaluar la situación del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, tras la implementación de la herramienta propuesta.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, generará un impacto positivo en los procesos agrícolas, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de la producción.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

El análisis de la situación actual del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, permite identificar las brechas tecnológicas existentes en los procesos agrícolas.

La implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, Trujillo, contribuye a la mejora de los procesos agrícolas, optimizando el uso de recursos y favoreciendo una gestión más eficiente.

El análisis de la situación del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo en el distrito de Laredo, Trujillo, tras la implementación de la herramienta propuesta, permite identificar mejoras significativas en los procesos agrícolas.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo **aplicada**, ya que su objetivo principal es desarrollar e implementar una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, con el fin de mejorar los procesos agrícolas y promover una gestión eficiente del recurso hídrico. Este tipo de investigación, según Hernández Sampieri et al. (2014), se orienta a la búsqueda de soluciones prácticas para problemas reales, utilizando conocimientos teóricos existentes para generar aportes concretos al entorno en estudio.

#### 2.1.1. Enfoque metodológico

El enfoque es **cuantitativo**, caracterizado por la recolección y el análisis de datos numéricos que permiten comprobar hipótesis mediante procedimientos estadísticos. Como señalan Hernández Sampieri et al. (2014), este enfoque se basa en la objetividad, la medición precisa de las variables y la posibilidad de generalizar los resultados a partir de evidencias empíricas, lo que facilitó la verificación de los efectos producidos por la implementación de la herramienta.

#### 2.1.2. Nivel de investigación

El nivel es **explicativo**, puesto que buscó determinar el impacto de la herramienta de monitoreo en los procesos agrícolas, identificando las mejoras generadas y explicando las causas de los cambios observados. De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), las investigaciones explicativas se enfocan en establecer relaciones de causalidad entre variables, proporcionando una comprensión profunda de los fenómenos analizados.

### 2.1.3. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es **correlacional–explicativo**, dado que, además de describir los cambios observados antes y después de la aplicación de la herramienta de monitoreo, se analizó la relación entre las variables involucradas: la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura (variable independiente) y las condiciones del suelo de cultivo (variable dependiente). Este tipo de alcance permitió determinar en qué medida la herramienta tecnológica incidió significativamente en la mejora de las condiciones del suelo de cultivo, consolidando la relación causal entre ambas variables y aportando evidencia empírica al proceso de modernización agrícola local.

### 2.1.4. Diseño de investigación

El diseño empleado es **cuasiexperimental** de tipo **Pretest–Postest con un solo grupo**, debido a que se evalúa el impacto de la herramienta de monitoreo antes y después de su implementación en una muestra específica de agricultores. Este tipo de diseño permitió identificar los cambios generados por la intervención sin requerir asignación aleatoria de los participantes. Según Kerlinger y Lee (2002), los diseños cuasiexperimentales son adecuados cuando las condiciones del entorno no permiten el control total de las variables, pero se busca medir el efecto de una intervención de manera objetiva y sistemática.

## 2.2. Población y muestra

### 2.2.1. Población

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la población es el conjunto total de elementos o individuos que poseen características comunes y que son objeto de estudio dentro de una investigación. Puede estar constituida por personas, organizaciones, objetos o fenómenos relacionados con la problemática planteada, y

su adecuada delimitación resulta esencial para garantizar la validez de los resultados obtenidos.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Local Concertado del distrito de Laredo 2019–2030, aproximadamente 2,900 personas, equivalentes al 24.3 % de la Población Económicamente Activa Ocupada, se dedican a actividades del sector primario como la agricultura, ganadería, caza y silvicultura en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad (Municipalidad Distrital de Laredo, 2019). Dentro de este grupo, la población objetivo del presente estudio está constituida exclusivamente por los agricultores, ya que son quienes realizan labores directamente relacionadas con el manejo del suelo y el uso del recurso hídrico, por lo que representan los principales usuarios de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura desarrollada.

### **2.2.2. Muestra**

La muestra corresponde a una porción representativa de la población en la cual se desarrolló la investigación, con el propósito de generalizar los resultados obtenidos a la totalidad de la población, siempre que se cumplan criterios adecuados de selección y se asegure su representatividad (Hernández Sampieri et al., 2014).

En este estudio, la muestra estuvo conformada por 30 agricultores del distrito de Laredo, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Este procedimiento, de acuerdo con Kerlinger y Lee (2002), permite seleccionar deliberadamente a individuos que reúnen características específicas pertinentes a los objetivos del estudio. Los criterios de inclusión considerados fueron ser agricultor adulto activo en el distrito de Laredo, poseer conocimientos básicos sobre el uso de herramientas tecnológicas aplicadas a la agricultura, contar con disponibilidad e

interés para participar en la investigación y disponer de un teléfono móvil de gama media con acceso a internet, requisito necesario para la revisión de los datos del sistema de monitoreo. Los participantes fueron evaluados en dos momentos, antes (Pretest) y después (Postest) de la implementación de la herramienta tecnológica. Esta muestra permitió obtener información válida y suficiente para identificar los efectos del sistema en las condiciones del suelo y la percepción de eficiencia de los agricultores, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Composición de la muestra para la evaluación de la herramienta de monitoreo*

Tipo	Cantidad	Rol
<b>Personas con terreno de cultivo</b>		Proporcionar información inicial para realizar el análisis de la situación actual (Pretest).
	30	Utilizar la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en su suelo de cultivo, proporcionando retroalimentación sobre la usabilidad, funcionalidad y efectividad de los datos que se entregan (Postest).

### 2.3. Técnicas, materiales e instrumentos de recolección de datos

#### 2.3.1. Técnicas

##### 2.3.1.1. Encuesta

La encuesta es una técnica estructurada de recolección de datos que emplea cuestionarios para obtener información cuantificable sobre actitudes, conocimientos o percepciones. Esta técnica, ampliamente utilizada en investigaciones por su estandarización y eficiencia (Hernández Sampieri et al., 2014), se aplicó a los agricultores de esta investigación con el fin de evaluar su experiencia y percepción sobre la herramienta de monitoreo propuesta. El procedimiento se llevó a cabo en dos fases: un Pretest para identificar las dificultades iniciales que enfrentaban, y un Postest

para evaluar los beneficios y el nivel de satisfacción tras el uso de la herramienta. Este enfoque permitió comparar la situación inicial y final, valorando el impacto real de la tecnología en la gestión agrícola.

### 2.3.2. Instrumentos

#### 2.3.2.1. Cuestionarios

El **cuestionario estructurado** constituyó el principal instrumento de recolección de datos, diseñado con el propósito de obtener información sistemática, objetiva y comparable entre los participantes. Según Hernández Sampieri et al. (2014), los cuestionarios son ampliamente empleados en investigaciones cuantitativas debido a su capacidad para medir con precisión conocimientos, percepciones y actitudes de manera estandarizada. En el presente estudio se aplicaron dos cuestionarios en diferentes etapas: el primero, correspondiente al **Pretest**, permitió identificar la situación inicial de los agricultores en cuanto a conocimientos técnicos, prácticas agrícolas y percepción de eficiencia; mientras que el segundo, correspondiente al **Posttest**, evaluó la usabilidad, funcionalidad y efectividad de la herramienta tecnológica implementada, como se muestra en la Tabla 3. Ambos instrumentos fueron elaborados bajo una **escala tipo Likert** de cinco puntos, cuyas categorías de respuesta oscilaron entre “Totalmente en desacuerdo” (1) y “Totalmente de acuerdo” (5), como se muestra en la Tabla 5, lo que permitió cuantificar las percepciones de los participantes y facilitar la comparación de resultados antes y después de la intervención.

**Tabla 3**

*Instrumentos y su utilidad en el proyecto*

<b>Tipo de variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Utilidad</b>
<b>Dependiente</b>	Suelo de cultivo	Cuestionario: Pretest	Identificar conocimiento técnico, prácticas agrícolas, percepción de eficiencia.
<b>Independiente</b>	Herramienta de monitoreo de humedad y temperatura	Cuestionario: Postest	Evaluar usabilidad, funcionalidad, efectividad tras el uso de la herramienta de monitoreo.

### 2.3.3. Validación de datos

En relación con la validación los datos, se continuó con un proceso en el que se buscó la participación de tres expertos, como se muestra en los Anexos 1 y 2, los cuales se caracterizan por contar con una formación en la facultad de Ingeniería en la carrera de Sistemas. A cada experto, se les facilitó la entrega de un conjunto de documentos e información, de los cuales constaron de lo siguiente: Título de la investigación, la matriz de consistencia, como se muestra en el Anexo 3; la matriz de operacionalización de variables, detallada en el Anexo 4; y el instrumento de recolección de datos, como se muestra en los Anexos 5 y 6. Estos documentos fueron evaluados en función de los indicadores definidos en la matriz de operacionalización de variables, verificando su coherencia con los objetivos e indicadores del estudio.

### 2.3.4. Confiabilidad del cuestionario

Para evaluar la confiabilidad del cuestionario tipo Likert empleado en esta investigación, se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual permitió determinar el grado de consistencia interna de los ítems en sus versiones de Pretest y Postest. Según Celina Oviedo y Campo Arias (2005), este coeficiente es un indicador que establece en qué medida los ítems de una escala se encuentran correlacionados y

miden de manera coherente la misma dimensión; además, se considera aceptable un valor mínimo de 0.70 y máximo de 0.90 para garantizar la fiabilidad del instrumento, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Indicadores del coeficiente de Alfa de Cronbach*

Alfa de Cronbach	Consistencia Interna
$\alpha \geq 0.9$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	Buena
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Pobre
$\alpha < 0.5$	Inaceptable

Este análisis fue aplicado tanto al instrumento Pretest, que mide la variable dependiente, como al instrumento Posttest, que evalúa la variable independiente. El proceso se llevó a cabo en el entorno de programación Python, utilizando la librería pingouin, lo cual permitió obtener una medida precisa de la consistencia interna y la fiabilidad de ambos cuestionarios. Los resultados arrojados se muestran a continuación en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Confiabilidad del instrumento con el coeficiente Alfa de Cronbach*

Variabes	Dimensiones	Nº de ítems	Alfa de Cronbach ( $\alpha$ )	Nivel de confiabilidad
<b>Herramienta de monitoreo (V.I.)</b>	Usabilidad	3	0.918	Excelente
	Funcionalidad	3	0.926	Excelente
	Efectividad	3	0.952	Excelente
	Conocimiento técnico	3	0.925	Excelente

Suelo de cultivo (V.D.)	Prácticas agrícolas	3	0.909	Excelente
	Percepción de eficiencia	3	0.941	Excelente

El análisis de confiabilidad mediante el coeficiente **Alfa de Cronbach** evidenció que todas las dimensiones, tanto de la variable Herramienta de monitoreo como de la variable Suelo de cultivo, alcanzaron valores superiores a 0.90. Esto refleja un nivel de confiabilidad excelente, lo cual asegura que los ítems del cuestionario presentan una alta consistencia interna y son adecuados para medir los constructos considerados en el estudio.

#### 2.4. Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario estructurado elaborado en la plataforma Google Forms, aprovechando sus ventajas como herramienta gratuita, multiplataforma y de fácil acceso para los participantes. Este medio permitió una captura eficiente de la información, facilitando además el posterior procesamiento y análisis de los resultados. El proceso de aplicación se desarrolló en dos fases: la primera correspondió al Pretest, en la cual se identificó el nivel inicial de conocimientos técnicos, prácticas agrícolas y percepciones de eficiencia de los agricultores; mientras que la segunda fase, el Postest, se orientó a evaluar los cambios producidos tras la implementación de la herramienta tecnológica de monitoreo. Ambas aplicaciones se realizaron de manera presencial, asegurando la adecuada comprensión de las preguntas y la correcta ejecución del instrumento, lo que garantizó la validez y confiabilidad de las respuestas obtenidas. Las respuestas se registraron utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos, que permitió medir las percepciones y actitudes de los participantes de forma estructurada y cuantificable, tal como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Escala de medición tipo Likert utilizada en el cuestionario*

Valor	Categoría de respuesta	Descripción
1	Totalmente en desacuerdo	El participante rechaza completamente la afirmación.
2	En desacuerdo	El participante manifiesta desacuerdo parcial con la afirmación.
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	El participante se mantiene neutral frente a la afirmación.
4	De acuerdo	El participante manifiesta conformidad con la afirmación.
5	Totalmente de acuerdo	El participante acepta completamente la afirmación y se identifica con ella.

## 2.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

La información recolectada mediante los cuestionarios fue organizada y depurada en hojas de cálculo, para posteriormente ser procesada en el entorno de programación estadística Python, utilizando las librerías pandas, matplotlib y scipy. En primera instancia, se realizó un análisis descriptivo de los resultados obtenidos en las fases de Pretest y Posttest, a través del cálculo de medias, medianas, desviaciones estándar, valores mínimos y máximos, complementados con tablas y gráficos comparativos. Luego, se construyó un índice total a partir del promedio global por participante, con el fin de evaluar el impacto global de la implementación. Sobre este índice se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y, dado que los datos no presentaron distribución normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas, este procedimiento permitió identificar variaciones significativas y sustentar los resultados obtenidos. De esta manera, el proceso analítico integró métodos descriptivos e inferenciales que garantizaron la validez de los hallazgos y posibilitaron la verificación empírica de los objetivos planteados en la investigación.

## **2.6. Aspectos éticos**

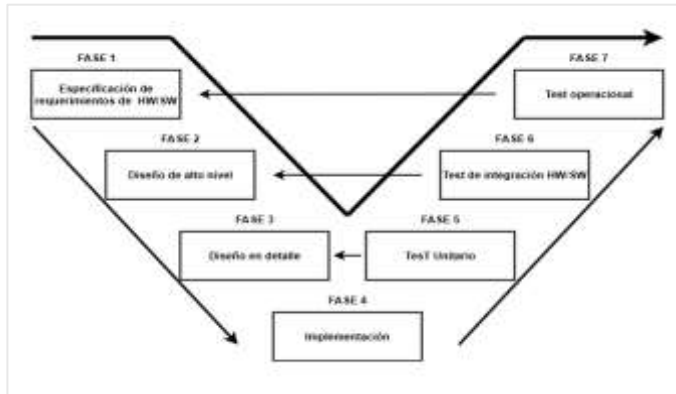
La investigación respetó los principios éticos de la práctica científica, garantizando el consentimiento informado de los participantes, quienes fueron informados sobre el propósito del estudio, el uso de la herramienta de monitoreo y el carácter voluntario de su participación. Se aseguró la confidencialidad de los datos obtenidos en los cuestionarios, evitando cualquier identificación individual en los resultados. La implementación del hardware se realizó únicamente con fines de validación, sin generar riesgos físicos, psicológicos ni económicos para los agricultores ni para los cultivos. Asimismo, se respetó la integridad académica mediante la debida citación y referencia de las fuentes consultadas.

## **2.7. Desarrollo de la herramienta propuesta**

Para el desarrollo de esta propuesta se utilizó la metodología en V, un modelo derivado de la metodología en cascada (Pressman, 2010), que permite planificar y validar el proyecto de manera estructurada. Este enfoque facilita la integración de los componentes de hardware y software, asegurando un desarrollo eficiente y un adecuado control de errores. En la Figura 10 se presenta el diagrama de la metodología en V aplicada a la herramienta de monitoreo, mostrando sus siete fases y la relación entre las actividades de desarrollo y validación.

**Figura 10**

*Metodología en V*



### Fase 1 Definición de especificaciones

Se establecen los requerimientos del sistema, tanto de hardware como de software, asegurando que las funciones principales queden claramente definidas.

### Especificaciones de hardware

El componente de hardware está conformado por los dispositivos encargados de sensor, procesar y transmitir los datos de humedad y temperatura del suelo. Para su diseño, se establecieron requerimientos funcionales, que definen las acciones esenciales que debe cumplir el sistema, como se muestra en la Tabla 7, y requerimientos no funcionales, que especifican criterios de calidad, fiabilidad y eficiencia que deben cumplirse tal como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 7**

*Requerimientos funcionales del hardware*

Código	Nombre	Descripción
RFH-01	Conectividad GSM	El sistema debe contar con un módulo GSM que permita la conexión a Internet mediante redes móviles 2G en frecuencias 800/900 MHz.
RFH-02	Medición de temperatura del suelo	El sistema debe incluir un sensor capaz de medir la temperatura del suelo con una precisión mínima de $\pm 1$ °C.

<b>RFH-03</b>	Medición de humedad del suelo	El sistema debe incluir un sensor capacitivo o resistivo que permita medir la humedad del suelo con una precisión mínima de $\pm 5\%$ .
<b>RFH-04</b>	Visualización en pantalla LCD	El sistema debe integrar una pantalla LCD (16x2) para mostrar en tiempo real los valores actuales de humedad y temperatura del suelo.
<b>RHF-05</b>	Envío de datos a servidor remoto	El sistema debe enviar periódicamente los datos de humedad y temperatura mediante solicitudes HTTP a una API REST usando el módulo GSM.
<b>RFH-06</b>	Envío automático de datos	El sistema debe realizar el envío automático de datos recolectados cada 3 minutos, sin intervención manual del usuario.

**Tabla 8**

*Requerimientos no funcionales del hardware*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>RNFH-01</b>	Fiabilidad en la conexión	El módulo GSM debe ser capaz de mantener una conexión estable a la red durante la transmisión de datos (mínimo 95% de tiempo de conexión).
<b>RNFH-02</b>	Tiempo de respuesta	El dispositivo debe ser capaz de enviar los datos en menos de 10 segundos desde la obtención de los valores de humedad y temperatura.
<b>RNFH-04</b>	Compatibilidad con la red	El módulo GSM debe ser compatible con las bandas de red de los operadores locales (2G/3G/4G) para garantizar la conectividad en todas las ubicaciones.
<b>RNFH-05</b>	Autonomía operativa del sistema	El sistema debe ser capaz de operar de forma continua sin intervención humana constante.
<b>RNFH-06</b>	Fuente de alimentación confiable	El sistema debe estar alimentado por una fuente de energía estable, como batería de litio o panel solar.

### **Especificaciones de software**

El componente de software incluye la aplicación móvil y los servicios de comunicación con la API, los cuales permiten procesar, almacenar y presentar los datos recolectados por el hardware. En este sentido, se plantearon requerimientos

funcionales, que detallan las operaciones y procesos que el software debe ejecutar, como se muestra en la Tabla 9. Así como requerimientos no funcionales, que señalan los criterios de usabilidad, seguridad y rendimiento necesarios para garantizar un correcto funcionamiento tal como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 9**

*Requerimientos funcionales del software*

Código	Nombre	Descripción
RFS-01	Mostrar valores actuales de humedad y temperatura	La aplicación debe ser capaz de mostrar los valores más recientes de humedad y temperatura del suelo en una pantalla principal.
RFS-02	Mostrar lista histórica de registros	La aplicación debe ser capaz de mostrar una lista histórica con los registros de humedad y temperatura del suelo, ordenados por fecha, con un máximo de 20 registros visibles a la vez.
RFS-03	Generación de recomendaciones automáticas	La aplicación debe generar recomendaciones basadas en los últimos valores de humedad y temperatura, como, por ejemplo, "Aumentar el riego" o "Reducir la temperatura" según el estado de los datos.
RFS-04	Actualización automática de datos	La aplicación debe actualizar automáticamente los datos de humedad y temperatura cada 3 minutos, sin intervención del usuario, asegurando la sincronización continua de la información.
RFS-05	Notificaciones automáticas de humedad baja	La aplicación debe notificar automáticamente al usuario si el valor de humedad desciende por debajo de un umbral crítico de 30% en el suelo, incluso si la aplicación no está abierta en primer plano.

**Tabla 10**

*Requerimientos no funcionales del software*

Código	Nombre	Descripción
RNFS-01	Disponibilidad de la aplicación	La aplicación debe estar disponible al menos el 99% del tiempo.
RNFS-02	Compatibilidad con Android	La aplicación debe ser compatible con dispositivos Android con API 21 o superior, cubriendo versiones de Android más utilizadas.
RNFS-03	Complejidad funcional	La aplicación debe cumplir con todos los requisitos funcionales establecidos sin omisiones, proporcionando una

		experiencia completa y coherente.
<b>RNFS-04</b>	Usabilidad e interfaz intuitiva	La interfaz debe ser intuitiva y fácil de usar, asegurando que el usuario promedio sin formación técnica pueda navegar y utilizar la aplicación.
<b>RNFS-05</b>	Actualización automática de datos	La aplicación debe ser capaz de actualizar los datos cada 3 minutos sin causar interrupciones en la experiencia del usuario, utilizando un método de actualización en segundo plano eficiente.

## Fase 2 Diseño global del sistema

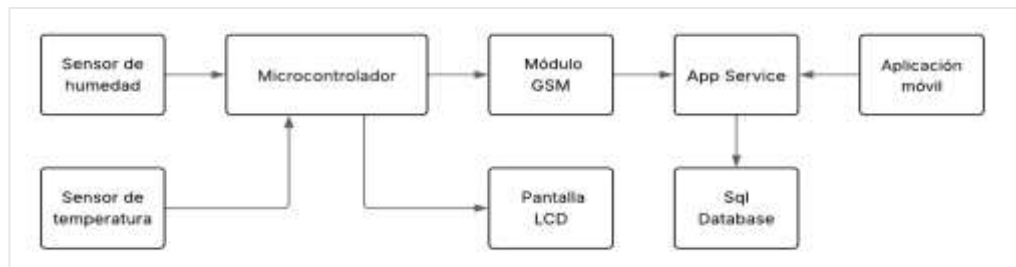
Se define la estructura general del sistema, incluyendo arquitectura, módulos funcionales, prototipos de la aplicación y diagramas físicos y lógicos que muestran la relación entre hardware y software.

### Arquitectura del sistema

La arquitectura muestra cómo se interconectan los distintos componentes, incluyendo el sensor, microcontrolador, pantalla LCD, módulo GSM, API REST, base de datos y aplicación Android. En la Figura 11 se ilustra la arquitectura, evidenciando el flujo de información entre hardware, software y usuario.

**Figura 11**

*Arquitectura del sistema*



### División en módulos o bloques funcionales

Los módulos o bloques funcionales son los componentes independientes que conforman el sistema. Cada módulo cumple una función específica y permite organizar el sistema de manera modular para facilitar su implementación y mantenimiento. La Tabla 11 presenta los módulos de hardware y sus funciones principales, mientras que la Tabla 12 detalla los módulos de software y sus responsabilidades dentro del sistema.

**Tabla 11**

*Diseño global del sistema por módulos funcionales*

Módulo	Función
<b>Módulo de Sensado</b>	Captura los datos de humedad y temperatura mediante sensores.
<b>Módulo de Control</b>	Procesa los datos recibidos (microcontrolador).
<b>Módulo de Comunicación</b>	Envía los datos vía GSM a la API REST.
<b>Módulo de Visualización Local</b>	Muestra valores en pantalla LCD.

**Tabla 12**

*Diseño global del sistema por módulos funcionales*

Módulo	Función
<b>Módulo de Conexión API</b>	Realiza llamadas a la API REST para obtener los datos.
<b>Módulo de Procesamiento</b>	Interpreta los datos, analiza valores críticos, genera recomendaciones.
<b>Módulo de Interfaz de Usuario (UI)</b>	Muestra los valores actuales e históricos, y recomendaciones.
<b>Módulo de Actualización</b>	Lógica de autoactualización cada 3 minutos.
<b>Módulo de Notificaciones</b>	Envía alertas si la humedad está por debajo del umbral.

## Prototipos interfaz de aplicación

Se muestran el prototipo de la interfaz de la aplicación Android, permitiendo al usuario visualizar datos actuales de humedad y temperatura, consultar registros históricos y recibir recomendaciones y alertas. En la Figura 12 se observa una pantalla de la aplicación con los valores de humedad y temperatura, registros históricos.

**Figura 12**

*Pantalla de la aplicación móvil*

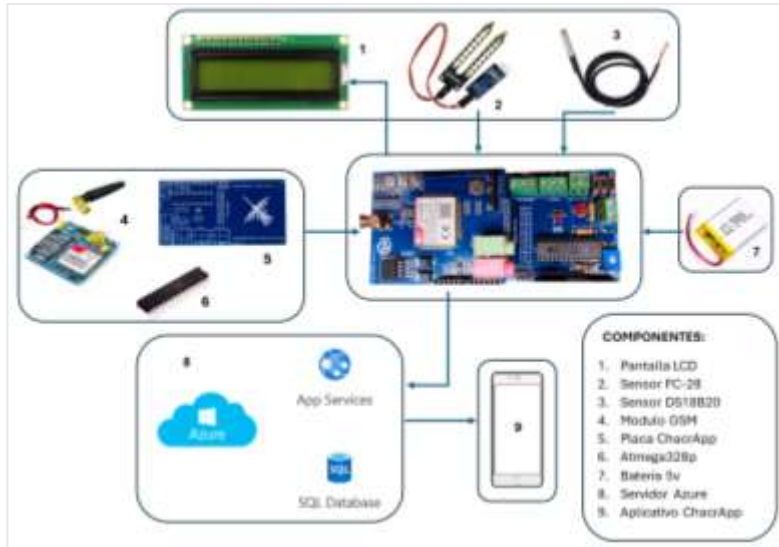


## Diagrama físico

El diagrama físico muestra la disposición y conexión de los componentes hardware: sensor, microcontrolador, pantalla LCD y módulo GSM. En la Figura 13 se ilustra el diagrama, facilitando la comprensión de la integración física.

**Figura 13**

*Diagrama físico*



**Fase 3 Diseño en detalle**

Se precisan las características técnicas de cada módulo de hardware y los detalles de la aplicación móvil, incluyendo funciones, entradas, salidas y lógica de operación.

**Hardware: Especificaciones técnicas de hardware**

Se detallan los módulos de hardware que incluyen sensores de humedad y temperatura, microcontrolador, pantalla LCD y módulo GSM, especificando voltaje, rango de operación, precisión y conexiones, con la información necesaria para su correcta instalación y funcionamiento, como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13**
*Especificaciones técnicas de hardware*

<b>Módulo</b>	<b>Componente</b>	<b>Función principal</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>
<b>Módulo de Sensado</b>	Higrómetro FC-28	Medir la humedad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensor capacitivo</li> <li>– Salida: analógica/digital</li> <li>– Voltaje: 5 V – 3.3 V</li> <li>– Precisión: ±5% HR</li> <li>– Conexiones: VCC, GND, A0, D0</li> </ul>
	Sensor DS18B20	Medir la temperatura del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensor digital</li> <li>– Rango: –55 °C a +125 °C</li> <li>– Precisión: ±0.5 °C a +85 °C</li> <li>– Voltaje: 5.5 V – 3.3 V</li> <li>– Comunicación: 1-Wire</li> </ul>
<b>Módulo de Control</b>	Microcontrolador ATmega328P	Procesar señales de sensores y controlar otros módulos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Arquitectura AVR de 8 bits</li> <li>– Frecuencia: 16 MHz</li> <li>– Memoria: 32 KB Flash, 2 KB</li> <li>– Voltaje: 5 V – 3.3 V</li> </ul>
<b>Módulo de Comunicación</b>	Módem GSM/GPRS SIM800F	Enviar datos vía red móvil (HTTP o SMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bandas GSM: 850/900/1800/1900 MHz</li> <li>– Voltaje: 5.5 V – 3.3 V</li> <li>– Comunicación UART</li> <li>– Requiere antena y SIM con saldo o datos</li> </ul>
<b>Módulo de Visualización Local</b>	Pantalla LCD 16x2	Mostrar localmente los valores de humedad y temp.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Display alfanumérico de 2 líneas x 16 caracteres</li> <li>– Interfaz: I2C (SDA, SCL)</li> <li>– Voltaje: 5 V</li> </ul>

### Software: Diseño y funcionalidad de la aplicación móvil

Se describen los aspectos técnicos y funcionales de la aplicación Android, considerando la conexión con la API REST, procesamiento de datos, generación de alertas, actualización de información y la interfaz de usuario, como se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Diseño y funcionalidad de la aplicación móvil*

Módulo	Tareas	Ubicación de la lógica	Entrada	Salida
<b>Módulo de Procesamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analiza si la humedad está por debajo del umbral crítico (&lt;30%).</li> <li>- Genera recomendaciones según humedad y temperatura.</li> </ul>	MainViewModel (ViewModel)	Lista de datos SensorData desde API	Recomendaciones en texto
<b>Módulo de Conexión API</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realiza solicitudes HTTP para obtener datos de sensores.</li> <li>- Convierte JSON en objetos Kotlin.</li> </ul>	ApiService y RetrofitClient (Retrofit)	URL y rutas de API	Lista de objetos SensorData
<b>Módulo de Interfaz de Usuario (UI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestra el último registro y el historial.</li> <li>- Muestra recomendaciones.</li> <li>- Actualiza datos cada intervalo.</li> </ul>	MainScreen (Jetpack Compose)	Estado desde MainViewModel	Pantalla con datos y recomendaciones
<b>Módulo de Notificaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detecta humedad crítica.</li> <li>- Muestra notificaciones al usuario en segundo plano.</li> </ul>	SensorWorker (Worker con WorkManager)	Datos de humedad	Notificación de alerta
<b>Módulo de Actualización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualiza datos cada 3 minutos en UI.</li> <li>- Verifica humedad crítica cada 15 minutos en segundo plano.</li> </ul>	LaunchedEffect (UI) y WorkManager (Worker periódico)	Temporizadores internos del sistema	Nuevos datos y notificaciones si aplica

## Fase 4 Implementación

Se construye el sistema siguiendo los diseños establecidos, desarrollando los pseudocódigos de hardware y software, y asegurando que cada módulo cumpla con su función.

### Pseudocódigo de hardware (control de sensores y GSM)

Se describe la secuencia de operación del microcontrolador, desde la lectura de sensores de humedad y temperatura, visualización en pantalla LCD, hasta el envío de los datos a la API mediante el módulo GSM. Este pseudocódigo sirve como guía para la programación del hardware (Ver Pseudocódigo 1).

### Pseudocódigo 1

#### Algoritmo del microcontrolador

```

Algoritmo ChacrApp_Microcontrolador
INICIO
// Paso 1: Configuración inicial
Habilitar interrupciones
Iniciar comunicación serial (9600 bps)
Iniciar y limpiar pantalla LCD
Inicializar módulo GSM

Estado ← Sensor_Data

// Paso 2: Bucle principal
MIENTRAS verdadero HACER
  SEGÚN Estado HACER

    // Paso 3: Lectura de sensores
    CASO Sensor_Data:
      Leer temperatura con sensor DS18B20
      Leer humedad con sensor FC-28 (0-1023 → 0-100 %)
      Convertir valores a cadenas
      Estado ← Mostrar_LCD

    // Paso 4: Visualización en LCD
    CASO Mostrar_LCD:
      Mostrar temperatura y humedad en LCD
      Estado ← Mostrar_LCD_2
    CASO Mostrar_LCD_2:
      Mostrar "CONNECT TO SERVER..."
      Estado ← Pre_Conexion

    // Paso 5: Conexión con el servidor
    CASO Pre_Conexion:
      Conectar a red GPRS
      Intentar abrir conexión TCP con servidor (puerto 80)
      SI conexión exitosa ENTONCES
        Estado ← Mostrar_LCD_3
      SINO
        Estado ← Pre_Conexion
      FIN SI

    // Paso 6: Envío de datos
    CASO Mostrar_LCD_3:
      Mostrar "SEND DATA..."
      Estado ← POST_Server
    CASO POST_Server:
      Enviar datos al servidor en formato JSON
      {"humedad": valor, "temperatura": valor}
      Estado ← Mostrar_LCD_4

    // Paso 7: Confirmación y espera
    CASO Mostrar_LCD_4:
      Mostrar "SUCCESSFUL"
      Esperar 3 minutos
      Estado ← Sensor_Data
    FIN SEGÚN
  FIN MIENTRAS
FIN
Fin Algoritmo
  
```

### Pseudocódigo de la aplicación móvil

Se presenta un pseudocódigo que refleja la lógica de funcionamiento de la aplicación móvil, incluyendo la conexión con la API REST, procesamiento de los datos

recibidos, generación de recomendaciones de humedad y temperatura, actualización automática y envío de notificaciones al usuario (Ver Pseudocódigo 2).

## Pseudocódigo 2

### *Algoritmo de herramienta de monitoreo*

```
Algoritmo Herramienta de Monitoreo  
INICIO  
  // Paso 1: Configuración inicial  
  Activar visualización edge-to-edge  
  SI versiónAndroid ≥ TIRAMISU ENTONCES  
    Solicitar permiso de notificaciones  
  FIN SI  
  
  // Paso 2: Programar ejecución en segundo plano  
  Configurar Worker (cada 15 minutos) para verificar humedad y mostrar alertas  
  
  // Paso 3: Cargar interfaz principal  
  viewModel ← Crear MainViewModel  
  Mostrar MainScreen(viewModel)  
  
  // Paso 4: Flujo principal de la aplicación  
  MIENTRAS aplicación esté activa HACER  
  
    // Actualización periódica  
    Cada 3 minutos:  
      registros ← ApiService.listarRegistros()  
      historial ← Actualizar historial en ViewModel  
      ultimo ← Primer elemento del historial  
  
      SI ultimo ≠ NULO ENTONCES  
        Mostrar humedad, temperatura y fecha en pantalla  
        Mostrar recomendación de humedad y temperatura  
      SINO  
        Mostrar "Cargando datos..."  
      FIN SI  
    FIN MIENTRAS  
  FIN  
Fin Algoritmo
```

### Fase 5 Test unitario

En esta fase se evaluaron individualmente hardware y software para garantizar su correcto funcionamiento. En hardware se probaron sensores, microcontrolador, módulo GSM y pantalla LCD, verificando el registro y transmisión correcta de datos, como muestra la Tabla 15. En software se evaluaron funciones de recomendación, actualización, validación y notificaciones, confirmando que la aplicación procesara y mostrara adecuadamente los datos, como presenta la Tabla 16. Todas las pruebas fueron satisfactorias, asegurando la confiabilidad antes de la integración.

**Tabla 15**

*Test unitario de software*

Test Unitario Software						
N°	Componente	Descripción de la prueba	Datos de Entrada	Resultado Esperado	¿OK?	Observaciones
US01	Función de recomendación	Genera mensaje si humedad está por debajo del umbral	humedad = 25.0, umbral = 30.0	"Humedad crítica. Aumentar riego."	Sí	Funciona correctamente con humedad baja
US02	ViewModel	Actualiza StateFlow al recibir datos del repositorio	Registro: H:45%, T:27°, Fecha: "2025-04-19"	StateFlow actualizado correctamente	Sí	Los datos se reflejan en UI
US03	Validación de humedad/temperatura	Comprueba si humedad es crítica	humedad = 29.9, umbral = 30.0	true	Sí	Detecta correctamente humedad crítica
US04	Función de notificación	Verifica que se genere mensaje si humedad < umbral	humedad = 28.0, umbral = 30.0	"¡Atención! Humedad crítica detectada."	Sí	Prueba aislada sin necesidad de WorkManager

**Tabla 16**

*Test unitario de hardware*

Test Unitario Hardware							
N°	Componente	Descripción	Prerrequisitos	Datos de Entrada	Salida Esperada	¿OK?	Observaciones
UH01	Sensor FC-28	Verificar que el sensor detecte correctamente humedad del suelo	Sensor conectado al microcontrolador	Sensor seco (aire) / Sensor en tierra húmeda	Lectura analógica baja (seco), alta (húmedo)	Si	Sensor entregó valores correctos según humedad
UH02	Sensor DS18B20	Verifica que el sensor detecta correctamente cambios de temperatura	Sensor conectado al microcontrolador	Calor o frío aplicado al sensor	Variación gradual en lectura de temperatura	Sí	Sensor respondió correctamente al estímulo.
UH03	Microcontrolador	Verifica el procesamiento y envío de datos por puerto serie.	Código cargado correctamente en el microcontrolador.	Lecturas de humedad o temperaturas simuladas	Datos seriales enviados al módulo GSM y LCD	Sí	Se recibió la trama de datos esperada.
UH04	Módulo de Comunicación GSM	Verifica envío exitoso de datos mediante comandos AT	Tarjeta SIM activa, buena señal, comandos AT configurados	Trama enviada por USART desde el microcontrolador	Envío exitoso a la API y respuesta HTTP 200	Sí	Se confirmó comunicación y respuesta correcta del servidor
UH05	Pantalla LCD	Verifica visualización clara y precisa de los datos.	Correctamente conectado al microcontrolador.	Datos: H: 45% T: 26°C	Se muestran ambos valores en pantalla correctamente.	Sí	Visualización fue clara, sin errores de caracteres.

## Fase 6 Test de integración

La integración del sistema se realizó en tres etapas. Primero, la integración de hardware (Bottom-up), que incluyó el ensamblaje y verificación de sensores, microcontrolador, módulo GSM y pantalla LCD, como muestra la Tabla 17. Luego, la integración de software (Top-down), evaluando la interacción de funciones, lógica, interfaz y notificaciones, según la Tabla 18. Finalmente, la integración completa de hardware y software (End-to-End), comprobando la operación coordinada y confiable del sistema, con la correcta presentación de datos y alertas, como se presenta en la Tabla 19.

**Tabla 17**

*Test de integración hardware*

Test de integración Hardware (BOTTOM-UP)						
N°	Componente	Descripción	Entrada	Salida Esperada	¿OK?	Observaciones
IH01	Sensor Humedad → Microcontrolador	Verificar lectura correcta del sensor de humedad.	Humedad baja	Lectura reflejada en LCD y enviada al GSM	Sí	Lectura precisa con valores coherentes.
IH02	Sensor Temperatura → Microcontrolador	Verificar lectura del sensor al variar temperatura.	Fuente de calor	Incremento en lectura mostrado en LCD	Sí	Sensor respondió a estímulos térmicos.
IH03	Microcontrolador → Módulo GSM	Verificar envío de datos a través de comandos AT.	Trama desde microcontrolador	Envío exitoso a la API y respuesta HTTP 200	Sí	Comunicación GSM confirmada.
IH04	Sensor → Microcontrolador → GSM + LCD + API	Prueba de flujo completo físico	Sensor en condiciones reales	LCD muestra datos y API recibe registro	Sí	Integración total verificada.

**Tabla 18**

*Test de integración software*

Test de integración Software (TOP-DOWN)						
N°	Componente	Descripción	Entrada	Salida Esperada	¿OK?	Observaciones
IS01	ViewModel → Repository	Verificar que ViewModel reciba y maneje datos del repositorio.	API devuelve los registros	Datos cargados en el StateFlow	Sí	Datos sincronizados correctamente.
IS02	ViewModel → Notificación	Verificar envío de notificación si humedad < umbral.	Registro con humedad = 25%	Notificación crítica lanzada	Sí	Funciona sin que la aplicación este abierta.
IS03	Composable → ViewModel	Verificar actualización UI al recibir nuevo dato.	Nuevo registro de humedad	Interfaz actualiza valores	Sí	Renderizado correcto con Compose.

**Tabla 19**

*Test de integración hardware +software*

Test de integración Hardware + Software (END-TO-END)						
N°	Proceso Completo	Descripción General	Entrada	Salida esperada	¿OK?	Observaciones
IE01	Sensor → Microcontrolador → GSM → API → App	Verificar todo el recorrido del dato captado hasta mostrarse en la aplicación.	Sensor en suelo	Dato registrado en la aplicación con valor correcto	Sí	Flujo completo funcional y sin errores.
IE02	Dato crítico → Notificación → Usuario	Verificar flujo completo de alerta crítica por humedad baja.	Registro < 30%	Usuario recibe notificación de advertencia	Sí	Tiempo de respuesta aceptable.

## Fase 7 Test operacional del sistema

En esta fase se evalúa el desempeño del sistema completo bajo condiciones reales y simuladas, verificando que los sensores, el microcontrolador, el módulo GSM y la aplicación móvil funcionen correctamente de manera integrada. La Tabla 20 resume las pruebas realizadas, las condiciones simuladas y los resultados esperados.

**Tabla 20**

*Test operacional del sistema*

N°	Prueba	Condición Simulada	Resultado Esperado	¿OK?	Observaciones
T01	Lectura en tierra seca	Sensor insertado en suelo seco (humedad < 30%)	Se genera notificación de humedad crítica	Sí	Notificación recibida en aplicación
T02	Revisión de humedad crítica cada 15 minutos	Usuario acepta recibir notificaciones	Se genera y entrega una notificación, incluso si la aplicación está cerrada	Sí	Funciona correctamente con WorkManager en segundo plano
T03	Lectura en tierra húmeda	Sensor insertado en tierra húmeda (entre 60% y 80%)	Generar recomendación: “Humedad adecuada”	Sí	No se requiere intervención del usuario. Evaluación correcta del valor.
T04	Desconexión del sensor	Se retira el sensor de humedad	Se detecta error o valor nulo	Sí	El sistema debe mostrar valor en 0%
T05	Corte de señal GSM	Apagar módulo GSM o remover SIM	No se puede enviar datos a la API	Sí	El microcontrolador sigue intentando reconectar
T06	API sin conexión	Desconectar acceso a Internet	App muestra “Cargando”, maneja excepción y reintenta más tarde	Sí	Manejo correcto de error sin que la aplicación se cierre o se bloquee
T07	Fallo en lectura de temperatura	Desconectar sensor de temperatura	App muestra valor 0 %	Sí	La aplicación sigue funcionando con lectura parcial, sin caerse ni fallar

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los cuestionarios en las fases de Pretest y Postest. Para responder a los objetivos específicos, se realizó un análisis descriptivo por dimensión, mientras que para el objetivo general se efectuó el análisis del índice total.

#### 3.1. Análisis descriptivo por dimensión (Pretest)

En concordancia con el **primer objetivo específico**, orientado a analizar la situación actual del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, se presentan los resultados del análisis descriptivo por dimensión en el Pretest. Este apartado permite evidenciar el nivel de conocimientos técnicos, las prácticas agrícolas y la percepción de eficiencia de los agricultores antes de la implementación de la herramienta de monitoreo.

**Tabla 21**

*Análisis descriptivo de la dimensión Conocimiento Técnico*

Conocimiento técnico			
Estadístico	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Media	3.70	3.20	4.50
Mediana	4.00	3.00	5.00
Desv. Est.	1.12	1.00	0.68
Mínimo	2.00	2.00	3.00
Máximo	5.00	5.00	5.00

Los resultados presentes en la Tabla 21 muestran medias entre 3.20 y 4.50, con mayor valoración en el ítem 3 (importancia del monitoreo), lo cual indica que los

agricultores reconocen la relevancia de medir la humedad y temperatura del suelo. Sin embargo, el ítem 2 (conocimiento de métodos de monitoreo) presenta una media menor (3.20), lo que evidencia una limitada formación técnica en el uso de herramientas o metodologías específicas. La dispersión moderada (desv. est. entre 0.68 y 1.12) refleja diferencias entre los participantes, pero en general se aprecia una conciencia teórica de la importancia del monitoreo, aunque con vacíos en la práctica.

**Tabla 22**

*Análisis descriptivo de la dimensión Prácticas Agrícolas*

Prácticas agrícolas			
Estadístico	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6
Media	2.80	2.30	2.70
Mediana	3.00	2.00	3.00
Desv. Est.	1.19	0.92	0.92
Mínimo	1.00	1.00	1.00
Máximo	4.00	4.00	4.00

Los resultados presentes en la Tabla 22 muestran medias registradas entre 2.30 a 2.80, lo que refleja que los agricultores no realizaban de manera consistente registros ni planificación del riego. El ítem 5 (registro de información) tuvo la media más baja (2.30), lo cual sugiere que el seguimiento sistemático de la información del suelo es poco frecuente o inexistente. La alta dispersión (desv. est. hasta 1.19) indica variabilidad en los niveles de aplicación de prácticas agrícolas entre los agricultores, mostrando que algunos aplican técnicas más organizadas mientras otros dependen de la intuición.

**Tabla 23**

*Análisis descriptivo de la dimensión Percepción de eficiencia*

Percepción de eficiencia			
Estadístico	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9
Media	3.00	2.30	3.20
Mediana	3.00	2.00	3.00
Desv. Est.	0.79	1.12	1.00
Mínimo	2.00	1.00	2.00
Máximo	4.00	4.00	5.00

Los resultados presentes en la Tabla 23 muestran medias entre 2.30 y 3.20, lo que evidencia una percepción intermedia-baja de eficiencia en las prácticas agrícolas. Destaca el ítem 8 (exceso de riego), con la media más baja (2.30), lo que confirma que varios agricultores reconocen regar más de lo necesario debido a la falta de información precisa. La dispersión fue moderada (desv. est. entre 0.79 y 1.12), lo cual indica cierta heterogeneidad en la percepción, pero predominó la idea de deficiencia en el uso eficiente del agua.

En conjunto, estos resultados reflejan una brecha tecnológica y de conocimiento técnico en la gestión del riego, lo que confirma la necesidad de incorporar herramientas digitales que orienten la toma de decisiones basadas en datos, en lugar de prácticas empíricas tradicionales.

### 3.2. Implementación de la herramienta de monitoreo

Con el fin de cumplir el **segundo objetivo específico**, se implementó la herramienta de monitoreo para enfrentar la problemática inicial. A continuación, se describen los detalles de su implementación.

### Suelo Húmedo (después del riego)

Los resultados muestran una disminución progresiva de la humedad del suelo desde 92% hasta 82% en el periodo de 2 horas, lo cual es consistente con el comportamiento esperado en un suelo de cultivo bajo riego por surco. La temperatura se mantuvo relativamente estable, con un rango de 16.6 °C a 17.6 °C. Este comportamiento evidencia el efecto regulador de la humedad sobre el microclima radicular, como se muestra en la Tabla 24. Estos resultados validan el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo y dan credibilidad a su aplicación en el manejo de riego en cultivos.

**Tabla 24**

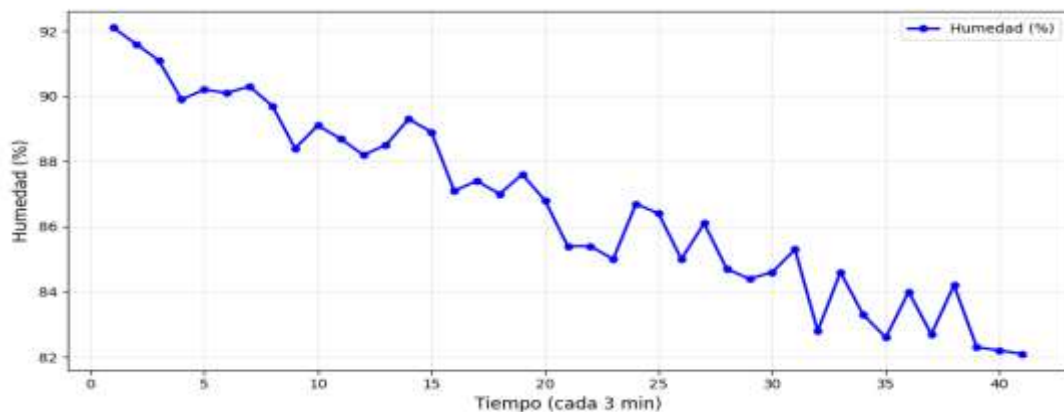
*Resumen de la captura de datos en suelo húmedo*

Promedio Humedad (%)	Mínimo Humedad (%)	Máximo Humedad (%)	Promedio Temp (°C)	Mínimo Temp (°C)	Máximo Temp (°C)
87.20	82.10	92.10	16.90	16.60	17.60

En la siguiente imagen se observa la evolución de la humedad del suelo de cultivo húmedo en un intervalo de tiempo de 3 minutos, evidenciada en la Figura 14.

**Figura 14**

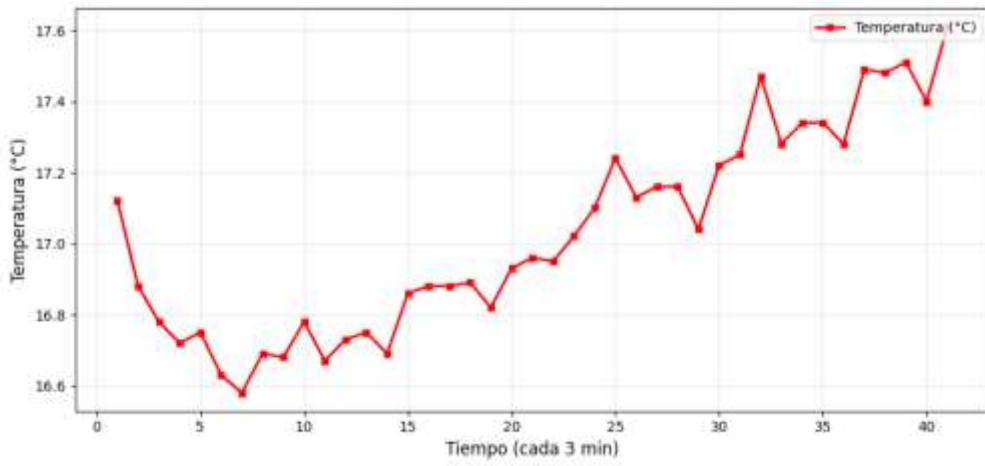
*Evolución de la humedad en suelo de cultivo húmedo*



En la siguiente imagen se observa la evolución de la temperatura del suelo de cultivo húmedo en un intervalo de tiempo de 3 minutos, evidenciada en la Figura 15.

**Figura 15**

*Evolución de la temperatura en suelo de cultivo húmedo*



En la siguiente imagen se observa el historial de las mediciones de la temperatura y humedad del suelo de cultivo húmedo en un intervalo de tiempo de 3 minutos, como se muestra en la Figura 16.

**Figura 16**

*Historial de medición de temperatura y humedad en suelo de cultivo húmedo*



### Suelo Seco (sin riego)

En el suelo seco, la humedad registrada fue baja (29% a 31%), lo que confirma la escasa disponibilidad hídrica en el perfil radicular. En contraste, la temperatura fue más elevada, con valores entre 19.3 °C y 20.2 °C. Este patrón demuestra que en ausencia de agua el suelo tiende a calentarse más rápido, debido a la radiación solar y a la menor capacidad térmica. Estos resultados, mostrados en la Tabla 25, validan la sensibilidad del sistema para diferenciar estados contrastantes de humedad en campo.

**Tabla 25**

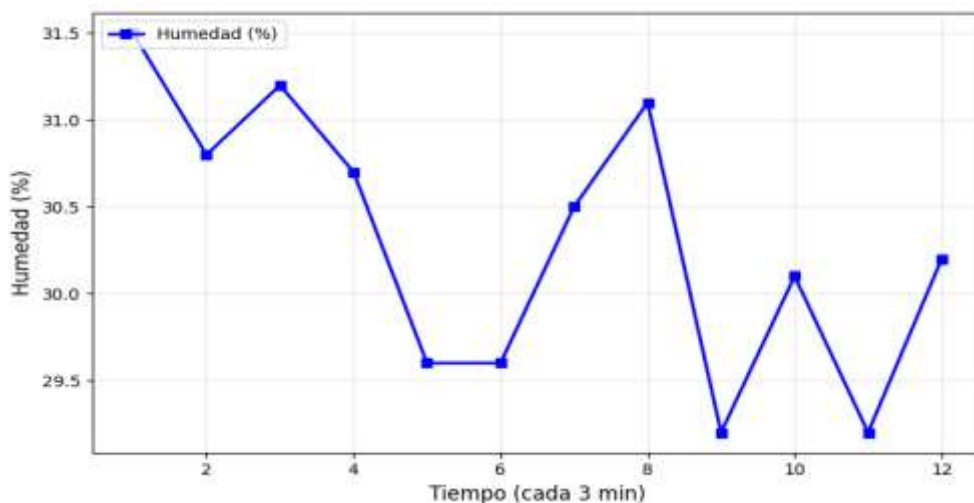
*Resumen de la captura de datos en suelo seco*

Promedio Humedad (%)	Mínimo Humedad (%)	Máximo Humedad (%)	Promedio Temp (°C)	Mínimo Temp (°C)	Máximo Temp (°C)
30.22	29.10	31.50	19.66	19.32	20.17

En la siguiente imagen se observa la evolución de la humedad del suelo de cultivo seco en un intervalo de tiempo de 3 minutos, mostrado en la Figura 17.

**Figura 17**

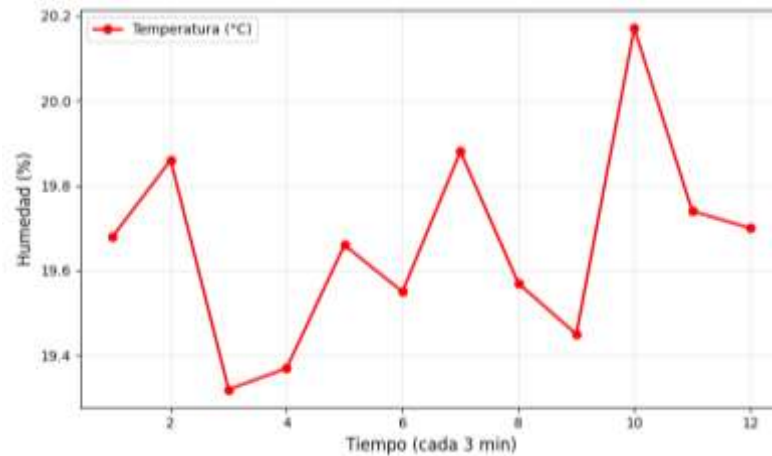
*Evolución de la humedad en suelo de cultivo seco*



En la siguiente imagen se observa la evolución de la temperatura del suelo de cultivo seco en un intervalo de tiempo de 3 minutos, ilustrada en la Figura 18.

**Figura 18**

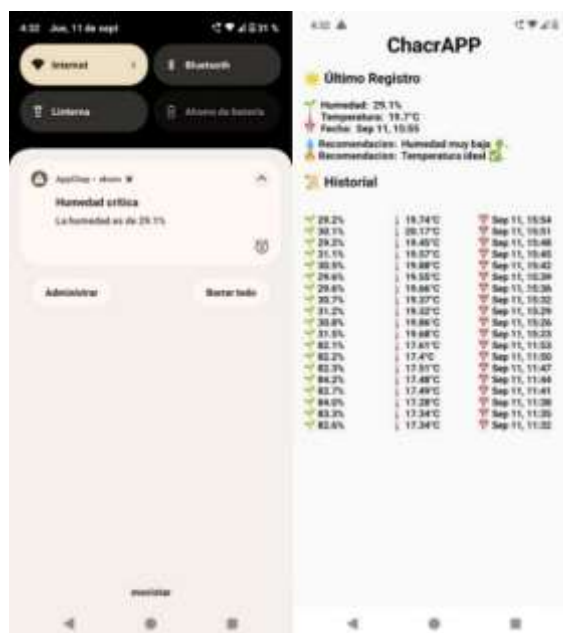
*Evolución de temperatura en suelo de cultivo seco*



En la siguiente imagen se observa el historial de las mediciones de la temperatura y humedad del suelo de cultivo seco en un intervalo de tiempo de 3 minutos, ilustrada en la Figura 19.

**Figura 19**

*Historial de medición de temperatura y humedad en suelo de cultivo seco*



La estabilidad térmica y la sensibilidad en la medición de humedad confirman que el sistema puede proporcionar información confiable en tiempo real, lo que constituye una base sólida para la toma de decisiones de riego más precisas y sostenibles.

### 3.3. Análisis descriptivo por dimensión (Postest)

En concordancia con el **tercer objetivo específico** de la investigación, que busca evaluar la situación del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo tras la implementación de la herramienta propuesta, se presentan a continuación los resultados del análisis descriptivo por dimensión en el Postest. Este análisis permite evidenciar el nivel de usabilidad, funcionalidad y efectividad alcanzado, ofreciendo una visión clara del impacto de la herramienta en el contexto agrícola estudiado.

**Tabla 26**

*Análisis descriptivo de la dimensión Usabilidad*

Usabilidad			
Estadístico	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3
Media	4.30	4.10	4.30
Mediana	4.50	4.00	4.50
Desv. Est.	0.79	0.71	0.79
Mínimo	3.00	3.00	3.00
Máximo	5.00	5.00	5.00

Los resultados presentes en la Tabla 26, muestran medias altas (4.10 a 4.30), con baja dispersión (desv. est.  $\leq 0.79$ ), lo que significa que la mayoría coincidió en que la herramienta fue fácil de usar, con una interfaz clara y datos comprensibles.

Esto confirma que la dimensión de usabilidad fue percibida de manera positiva y homogénea.

**Tabla 27**

*Análisis descriptivo de la dimensión Funcionalidad*

Funcionalidad			
Estadístico	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6
Media	4.00	4.50	4.20
Mediana	4.00	5.00	4.00
Desv. Est.	0.79	0.68	0.76
Mínimo	3.00	3.00	3.00
Máximo	5.00	5.00	5.00

Los resultados presentes en la Tabla 27, muestran medias que oscilan entre 4.00 y 4.50, destacando el ítem 5 (precisión de los datos) con el mayor promedio (4.50). Esto evidencia que los agricultores percibieron a la herramienta como confiable y precisa en la información proporcionada. La baja dispersión (desv. est.  $\leq 0.79$ ) indica que la percepción fue compartida de forma bastante uniforme entre los participantes.

**Tabla 28**

*Análisis descriptivo de la dimensión Efectividad*

Efectividad			
Estadístico	Ítem 7	Ítem 8	Ítem 9
Media	4.40	4.40	4.40
Mediana	4.50	4.50	5.00
Desv. Est.	0.67	0.67	0.81
Mínimo	3.00	3.00	3.00
Máximo	5.00	5.00	5.00

Los resultados presentes en la Tabla 28, todas las medias fueron de 4.40, lo que refleja un impacto altamente positivo en tres aspectos: eficiencia del riego, apoyo en la toma de decisiones y aplicabilidad en campo. La dispersión reducida (desv. est.  $\leq$  0.81) muestra consenso en la valoración de la herramienta como un recurso eficaz y aplicable en la realidad agrícola.

Estos resultados demuestran un cambio positivo no solo en la percepción, sino también en la apropiación tecnológica de los agricultores, quienes pasaron de una gestión empírica a una basada en datos. Esto evidencia el impacto directo de la herramienta en la mejora de la eficiencia operativa y en la adopción de tecnologías agrícolas inteligentes.

### 3.4. Análisis del índice total

En relación con el **objetivo general**, orientado a determinar el impacto de la implementación de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo del distrito de Laredo, se realizó el análisis del índice total. Este índice corresponde al promedio global obtenido por cada participante en el Pretest y Postest, lo que permite evaluar de manera integral los efectos de la intervención.

Se evaluó la normalidad de las diferencias entre el Pretest y el Postest mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose un valor de  $p = 0.0073$ , lo cual indica que los datos no siguen una distribución normal. Por esta razón, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Los resultados muestran que el promedio en el Pretest fue 3.08, mientras que en el Postest fue 4.29, evidenciando una diferencia promedio de 1.21 puntos. La prueba de Wilcoxon reportó un estadístico aproximado de 0.000 y un valor de  $p <$

0.001, lo que confirma que la diferencia entre ambas mediciones es estadísticamente significativa.

**Tabla 29**

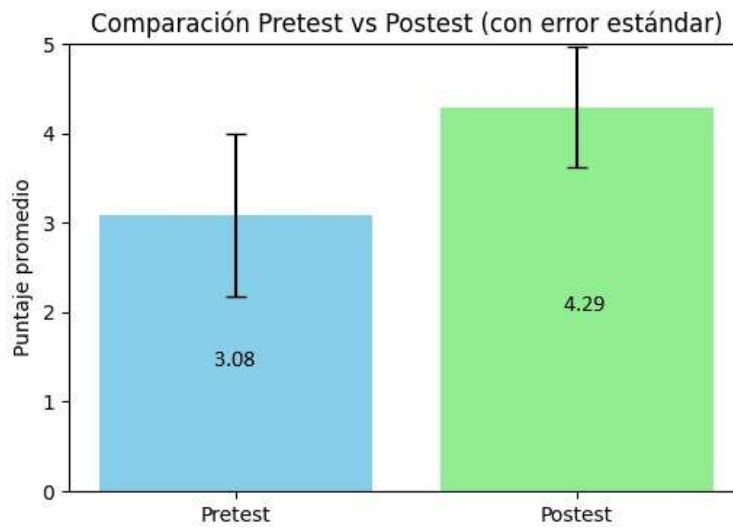
*Resultados del análisis de Pretest y Postest (índice total)*

Variable	Media Pretest	Media Postest	Diferencia	Estadístico (Wilcoxon)	p-valor
Índice total	3.08	4.29	1.21	0.000	< 0.001

*Nota.* Se aplicó la prueba de Wilcoxon debido a que la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) indicó que las diferencias no siguen una distribución normal ( $p = 0.0073$ ).

**Figura 20**

*Comparación Pretest vs Postest*



*Nota.* En la imagen se muestra la diferencia entre las medias de las respuestas del Pretest y Postest.

Estos resultados permiten responder a la pregunta de investigación, ya que evidencian que la implementación de la herramienta de monitoreo generó un impacto positivo y significativo en las prácticas agrícolas de los agricultores del distrito de Laredo. El incremento de 1.21 puntos en el índice total refleja una mejora sustancial en el conocimiento técnico, la toma de decisiones y la eficiencia en el riego, pasando

de un nivel medio (3.08) a un nivel alto (4.29) tras la intervención. El valor de  $p < 0.001$  confirma que esta diferencia no se debe al azar, sino al efecto real de la herramienta tecnológica, cumpliéndose así el objetivo general del estudio: determinar el impacto de su aplicación en el manejo eficiente del agua y del suelo agrícola.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Interpretación comparativa

Los resultados del estudio evidencian que la implementación de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura tuvo un impacto significativo en los agricultores del distrito de Laredo. En el análisis descriptivo del Pretest, se observó que los agricultores reconocían la importancia del monitoreo del suelo (media de 4.50 en el ítem de relevancia del monitoreo), aunque su conocimiento técnico sobre métodos específicos era limitado (media de 3.20). Además, las prácticas agrícolas reflejaron bajos niveles de planificación y registro (medias entre 2.30 y 2.80), lo cual confirma una situación inicial caracterizada por un manejo empírico del riego.

Estos hallazgos coinciden con los reportes de la FAO y GWP Centroamérica (2013), que indican que en sistemas agrícolas tradicionales la falta de tecnologías de monitoreo y capacitación limita la eficiencia en el uso del agua. De manera similar, Sharma (2023) sostiene que la incorporación de sistemas IoT y sensores mejora la toma de decisiones agrícolas, lo que respalda los resultados obtenidos en el Postest, donde se evidenció un incremento significativo en el conocimiento técnico y la eficiencia percibida.

Asimismo, los resultados son consistentes con lo indicado por la FAO (2022) y Duguma y Bai (2024), quienes afirman que la digitalización y el uso de herramientas tecnológicas contribuyen al aumento de la productividad y sostenibilidad en el sector agrícola. Por otro lado, el comportamiento diferencial del sensor en suelos húmedos y secos concuerda con los hallazgos de Shakya (2025), quien señala la alta sensibilidad y precisión de los sensores de humedad del suelo en condiciones controladas y de campo.

Finalmente, el análisis inferencial mediante la prueba de Wilcoxon confirmó que las diferencias entre el Pretest (media = 3.08) y el Postest (media = 4.29) fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ), con una diferencia promedio de 1.21 puntos. Este resultado demuestra que la herramienta no solo fue aceptada por los agricultores, sino que también generó mejoras reales en su desempeño y gestión hídrica, alineándose con las tendencias internacionales de innovación agrícola impulsadas por la OECD (2022).

#### **4.2. Limitaciones**

A pesar de los resultados positivos, el estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue reducido y concentrado en un solo distrito (Laredo), lo que limita la generalización de los resultados a otras zonas agrícolas con condiciones climáticas o de suelo diferentes. En segundo lugar, el periodo de implementación y evaluación fue relativamente corto, por lo que no se pudo observar el efecto sostenido del uso continuo de la herramienta a lo largo de distintas campañas agrícolas. Finalmente, no se consideraron factores externos como la variabilidad del clima o las prácticas de fertilización, que podrían influir en la percepción de eficiencia del riego.

Estas limitaciones abren la posibilidad de realizar futuros estudios con muestras más amplias, en diferentes regiones y bajo condiciones de campo prolongadas, con el fin de validar y fortalecer los resultados obtenidos.

#### **4.3. Implicancias**

Los resultados del estudio tienen importantes implicancias tanto prácticas como teóricas. En el plano práctico, demuestran que la adopción de tecnologías de monitoreo de bajo costo puede mejorar significativamente la gestión del riego,

optimizando el uso del agua y reduciendo la dependencia de la experiencia empírica. Esto refuerza la necesidad de impulsar políticas locales que promuevan la digitalización agrícola, en concordancia con las recomendaciones de la OECD (2022) sobre la transformación digital en el sector agropecuario.

En el plano teórico y metodológico, la investigación aporta evidencia empírica sobre la eficacia de herramientas basadas en IoT y sensores, contribuyendo al cuerpo de conocimiento sobre innovación tecnológica aplicada a la agricultura sostenible. Además, la metodología de análisis basada en instrumentos validados y pruebas estadísticas no paramétricas puede servir de modelo para estudios similares en contextos rurales.

#### 4.4. Conclusiones

En relación con el **primer objetivo específico**, se concluye que la situación inicial del monitoreo de humedad y temperatura en los suelos de cultivo de Laredo estuvo caracterizada por un conocimiento limitado de los métodos de medición y una gestión empírica del riego, evidenciando la necesidad de herramientas tecnológicas que mejoren la eficiencia hídrica.

Respecto al **segundo objetivo específico**, los ensayos de campo demostraron la precisión y fiabilidad del dispositivo desarrollado, al registrar valores diferenciados entre suelos húmedos y secos, lo que confirma su capacidad para contribuir al manejo técnico del riego.

En cuanto al **tercer objetivo específico**, los resultados del Postest mostraron mejoras significativas en conocimiento técnico, prácticas agrícolas y percepción de eficiencia, con promedios superiores a 4.0 en la mayoría de los indicadores.

Finalmente, en cumplimiento del **objetivo general**, se determinó que la implementación de la herramienta de monitoreo tuvo un impacto positivo y estadísticamente significativo en los agricultores del distrito de Laredo, con un incremento promedio de 1.21 puntos en el índice total. En conjunto, estos resultados confirman que el sistema desarrollado contribuyó de manera efectiva a optimizar la gestión del riego, mejorar la toma de decisiones agrícolas y promover el uso sostenible del recurso hídrico, en línea con los avances internacionales en agricultura inteligente.

## REFERENCIAS

- Adeleke, I. A. (2021). *A hybrid machine learning and embedded internet of things based water quality monitoring system* [Tesis de maestría, University of Johannesburg]. <https://hdl.handle.net/10210/503464>
- Akpalu, L. E. K., Owusuaa Mensah Gyening, R.-M., Yakubu, O., & Nkrumah Jr, I. (2021). *A novel soil moisture, temperature and humidity measuring system – An IoT approach*. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 99(5), 1185–1197. <https://www.jatit.org/volumes/Vol99No5/5Vol99No5.pdf>
- Ali, M., Gunawan, A., Prasetya, D., Ibrahim, M., & Diyasa, I. (2024). *Impact of smart greenhouse using IoT for enhanced quality of plant growth*. *International Journal of Robotics and Control Systems*, 4(3), 1473–1489. <https://doi.org/10.31763/ijrcs.v4i3.1277>
- Arias Solis, J. L. (2023). *Sistema electrónico de monitoreo y control para la prevención de heladas en cultivos de mora, utilizando la Arquitectura IoT* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38342>
- Ayala, K. J. (1991). *The 8051 microcontroller: Architecture, programming, and applications*. West Publishing Company.
- Berrios Gómez, S. (2022). *Diseño de un sistema IoT para el monitoreo y control del cultivo de lechugas en un invernadero* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2362>
- Blessing, A., Dogo, E. M., Umar, B. U., & Mamman, I. Z. (2023). A sensor-based data acquisition system for soil parameters to determine suitable crops. *Journal of Digital Food, Energy & Water Systems*, 4(2), 194–206. [https://doi.org/10.36615/digital\\_food\\_energy\\_water\\_systems.v4i2.2554](https://doi.org/10.36615/digital_food_energy_water_systems.v4i2.2554)
- Brunete, A., San Segundo, P., & Herrero, R. (2025). *Introducción a la automatización industrial*.

- Castillo Fernández, M. L. (2021). *La agricultura peruana: Situación post COVID-19 y perspectiva*. Fundación Friedrich Ebert. <https://www.fes-peru.org>
- Celina Oviedo, H., & Campo Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580. <https://www.redalyc.org/pdf/806/80634409.pdf>
- Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino®* [Ebook]. Grupo Editorial Patria. ISBN 978-607-438-936-4
- Coronel, C., & Morris, S. (2017). *Database systems: Design, implementation, and management* (12th ed.). Cengage Learning.
- Díaz Pezo, C. L., & Vega Del Águila, D. J. (2020). *Aplicativo en plataforma Arduino para el control de temperatura y humedad de incubadora de huevos en la Avícola Ángeles – Cacatachi, 2020* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55013>
- Domínguez Gros, F., & Solé Casals, J. (2019). *Introducción a los sensores* (3.<sup>a</sup> ed.). Oberta UOC Publishing.
- Duguma, A. L., & Bai, X. (2024). How the internet of things technology improves agricultural efficiency. *Artificial Intelligence Review*, 58(2), 63. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11046-0>
- Elektroweb. (2025). *Sensor de temperatura DS18B20 en sonda digital PCB Dallas*. Elektroweb. <https://elektroweb.pl/pl/czujniki-temperatury/138-czujnik-temperatury-ds18b20-na-pcb-sonda-cyfrowa-dallas.html>
- Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2015). *Fundamentals of database systems* (7.<sup>a</sup> ed.). Pearson Education.
- Escuela de Gestión Pública de la Universidad del Pacífico. (2022). *Evidencia para una nueva gestión pública* (Serie de la Escuela de Gestión Pública, N.º 2). Universidad del Pacífico. <https://www.up.edu.pe/egp>

- FAO & GWP Centroamérica. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua: Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3442s>
- FAO. (2022). *Versión resumida de El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022: Aprovechar la automatización de la agricultura para transformar los sistemas agroalimentarios*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc2459es>
- Gardner, J. W., Varadan, V. K., & Awadelkarim, O. O. (2001). *Microsensors, MEMS, and smart devices*. John Wiley & Sons.
- Google. (2020). *Android Studio: The official IDE for Android*. Android Developers. <https://developer.android.com/studio>
- Gutiérrez Hinestroza, M. del V., & Iturralde Kure, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4228>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Instituto NCB. (2025). *Conociendo el microcontrolador núcleo (core) ATmega328P de Arduino Uno (MIC019S)*. Instituto NCB. <https://incb.com.mx/articulos/78-microcontroladores-y-dsps/2546-conociendo-el-microcontrolador-nucleo-core-atmega328p-de-arduino-uno-mic019s>
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento* (4.ª ed., L. E. Pineda Ayala & I. M. Magaña, Trads.). McGraw-Hill Interamericana.
- Madera Olivera, V. E. (2024). *Diseño e implementación de un equipo electrónico para la medición de la humedad y temperatura de suelos en el distrito de San Sebastián* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8667>
- Mazidi, M. A., Naimi, S., & Naimi, S. (2010). *AVR microcontroller and embedded systems: Using assembly and C* (1.ª ed.). Prentice Hall.

- McFadden, J., Casalini, F., Griffin, T., & Antón, J. (2022). *The digitalisation of agriculture: A literature review and emerging policy issues* (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 176). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/285cc27d-en>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2024). *Nota técnica de coyuntura económica agraria N.º 018-2024-MIDAGRI: Perfil productivo agropecuario de La Libertad*. Dirección de Estudios Económicos, MIDAGRI.
- Montañez Huamán, G., García-Mendoza, P. J., Navia-Pesantes, O., Pérez-Almeida, I., Paucar Curasma, R., & Ríos Julcapoma, M. (2025). *Analysis of climatic and edaphic variables of starchy corn crops with the application of Internet of Things (IoT) in Pampas-Huancavelica, Peru*. *Interciencia*, 50(1), 8–15. [https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2025/02/01\\_7217\\_A\\_Perez\\_v50n1\\_8.pdf](https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2025/02/01_7217_A_Perez_v50n1_8.pdf)
- Municipalidad Distrital de Laredo. (2019). *Plan de desarrollo local concertado del distrito de Laredo (2019–2030)*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1105220/PDLC\\_DISTRITO\\_LAREDO\\_DCTO\\_FINAL\\_-\\_finalll.pdf?v=1596179097](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1105220/PDLC_DISTRITO_LAREDO_DCTO_FINAL_-_finalll.pdf?v=1596179097)
- Nuño Maganda, M. A., Hernández-Mier, Y., Mendoza-Valdez, A. D., Galván-Villanueva, L. G., & Polanco-Martagón, S. (2024). Sistema de monitoreo remoto de humedad, temperatura y estado de los brotes en un germinador automático. *Revista Elektron*, 8(2), 25–34. <https://doi.org/10.37537/rev.elektron.8.2.196.2024>
- Pariona Asto, Á. P., Huaroc Barreto, P., Palomino Flores, R., Sinche Llacua, M., & Paucar Curasma, R. (2022). Monitoreo de la producción de hortalizas en invernaderos en la ciudad de Pampas de la provincia de Tayacaja de la región Huancavelica. *Revista de Investigación Científica Tayacaja*, 5(1), 39–43. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v5i1.194>
- Pechlivani, E. M., Papadimitriou, A., Pemas, S., Ntinis, G., & Tzovaras, D. (2023). IoT-based agro-toolbox for soil analysis and environmental monitoring. *Micromachines*, 14(9), 1698. <https://doi.org/10.3390/mi14091698>

- Pérez, A., Berreteaga, O., Ruiz de Olano, A., Urkidi, A., & Pérez-Cerrolaza, J. (2006). Una metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad. *Sistemas, Cibernética e Informática*, 3(2), 70–75. <https://www.iiisci.org/journal/PDV/risci/pdfs/C863GM.pdf>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico* (7.<sup>a</sup> ed., traducción de la 7th ed. de *Software Engineering: A Practitioner's Approach*). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Quevedo Vera, M. A., & Ferro Escobar, R. (2023). Diseño y administración de un sistema de monitoreo de temperatura para personas de la tercera edad basado en IoT y metodología Scrum. *Aglala*, 14(2), 307–316. <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/2499>
- Rahman, N. A., Ibrahim, N. H., Lombigit, L., Azman, A., Jaafar, Z., Abdullah, N. A., & Mohamad, G. H. P. (2017). GSM module for wireless radiation monitoring system via SMS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 298(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/298/1/012040>
- Raya Cabrera, J. L., Raya González, L., & Zurdo, J. S. (2011). *Sistemas informáticos*. RA-MA Editorial.
- Saha, G. C., Islam, M. R., Billah, M. M., Khan, H. I., Mat, R. C., Hossain, M. M., Hoque, M. R., Pramanik, E. S. C., & Saha, H. (2024). IoT based smart agricultural crop monitoring in terms of temperature and moisture. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 12(11S), 234–245. <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4445>
- Salgado Villanueva, W. E., Bacigalupo Chocano, G. E. D., Acostupa Godoy, F. J., Córdova Miranda, T. L., & Rivera Herrera, H. J. (2025). Desarrollo de una estación IoT para monitoreo de microclimas y condiciones de suelo para adaptación de cultivos al cambio climático. *Ingeniería Investiga*, 7(00). <https://doi.org/10.47796/ing.v7i00.1167>
- Sebesta, R. W. (2012). *Concepts of programming languages* (10.<sup>a</sup> ed.). Pearson Education.

- Shakya, M., Hess, A., Wadzuk, B. M., & Traver, R. G. (2025). Quantifying the impact of soil moisture sensor measurements in determining green stormwater infrastructure performance. *Sensors*, 25(1), 27. <https://doi.org/10.3390/s25010027>
- Sharma, A., Sharma, A., Tselykh, A., Bozhenyuk, A., Choudhury, T., Alomar, M. A., & Sánchez-Chero, M. (2023). Artificial intelligence and internet of things oriented sustainable precision farming: Towards modern agriculture. *Open Life Sciences*, 18(1), 20220713. <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0713>
- Smyth, N. (2017). *Android Studio 3.0 Development Essentials – Android 8 Edition*. Payload Media, Inc.
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software* (L. M. Cruz Castillo & F. Hernández Carrasco, Eds.; 9.<sup>a</sup> ed., trad. autorizada). Pearson Educación de México.
- Song, T., Si, Y., Gao, J., Wang, W., Nie, C., & Klemeš, J. J. (2023). Prediction and monitoring model for farmland environmental system using soil sensor and neural network algorithm. *Open Physics*, 21(1), 20220224. <https://doi.org/10.1515/phys-2022-0224>
- Sonnino, A., & Ruane, J. (2013). La innovación en agricultura y las biotecnologías agrícolas como herramientas de las políticas de seguridad alimentaria. En E. Hodson & T. Zamudio (Eds.), *Bioteecnologías e innovación: El compromiso social de la ciencia* (pp. 25–52). Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <https://www.fao.org/4/ar635s/ar635s.pdf>
- Tham, Z. K., Rahim, N. A. A., Rohim, A. W., Looi, W. W., & Ahmad, N. S. (2023). IoT-enabled system for monitoring and controlling vertical farming operations. *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems*, 12(3), 453–461. <https://doi.org/10.11591/ijres.v12.i3.pp453-461>
- Tucker, A. B., & Noonan, R. (2007). *Programming languages: Principles and paradigms* (2nd ed.). McGraw-Hill Higher Education.
- Urgiles Guerrero, C. R., & Calle Ormaza, R. I. (2010). *Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema automatizado de propagación vegetativa*


*de plantas de ornato* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2200>

Van Konijnenburg, A. (2006). *Agricultura orgánica. El suelo. Sus componentes físicos* (Material didáctico No. 1, Año 1, No. 3). EEA Valle Inferior, IDEVI-INTA.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12123/16254>

Wu, Y., Yang, Z., & Liu, Y. (2023). Internet-of-things-based multiple-sensor monitoring system for soil information diagnosis using a smartphone. *Micromachines*, 14(1395). <https://doi.org/10.3390/mi14071395>

## ANEXOS

### Anexo nro. 1. Validación del instrumento de recolección de datos de Pretest



Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024

**FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (PRETEST)**

**I. REFERENCIA**


1.1 Experto:	LUIS JAVIER ESCOBEDO VELASQUEZ
1.2 Especialidad:	INGENIERIA DE SISTEMAS
1.3 Cargo actual:	INFORMATICO SISMED
1.4 Grado académico:	MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	Trujillo, 25 agosto 2025.

**II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA**

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
<b>TOTAL</b>							

Coeficiente de valoración porcentual c=50.

**III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**



Firma y sello del Experto

DNI: 70392335



Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024

**FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (PRETEST)**

**I. REFERENCIA**

1.1 Experto:	HUGO JUREK CAMILO TUMBA BURGOS
1.2 Especialidad:	INGENIERIA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES
1.3 Cargo actual:	NET SOFT ENGINEER BCP
1.4 Grado académico:	MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	Trujillo, 15 agosto 2025

**II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA**

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
<b>TOTAL</b>							

Coefficiente de valoración porcentual  $c=50$ .

**III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**



Firma y sello del Experto

DNI: 48334163

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (PRETEST)

I. REFERENCIA

1.1 Experto:	ROLANDO JAVIER BERRÚ BELTRÁN
1.2 Especialidad:	INGENIERO DE SISTEMAS
1.3 Cargo actual:	DOCENTE ORDINARIO
1.4 Grado académico:	MAGISTER EN TI
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	TRUJILLO, 30 AGOSTO 2025

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>					

Coficiente de valoración porcentual  $c=50$ .


III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES



Firma y sello del Experto

DNI: 46689839

Anexo nro. 2. Validación del instrumento de recolección de datos de Postest



Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024

**FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (POSTEST)**

**I. REFERENCIA**


1.1 Experto:	LUIS JAVIER ESCOBEDO VELASQUEZ
1.2 Especialidad:	INGENIERIA DE SISTEMAS
1.3 Cargo actual:	INFORMATICO SISMED
1.4 Grado académico:	MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	Trujillo, 25 agosto 2025.

**II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA**

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
<b>TOTAL</b>							

Coeficiente de valoración porcentual c=50.

**III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES**



Firma y sello del Experto

DNI: 70392335

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (POSTEST)

I. REFERENCIA

1.1 Experto:	HUGO JUREK CAMILO TUMBA BURGOS
1.2 Especialidad:	INGENIERIA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES
1.3 Cargo actual:	NET SOFT ENGINEER BCP
1.4 Grado académico:	MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	Trujillo, 15 agosto 2025

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
TOTAL							

Coefficiente de valoración porcentual  $c=50$ .

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES



Firma y sello del Experto

DNI: 48334163

FICHA PARA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO – CUESTIONARIO (POSTEST)

I. REFERENCIA

1.1 Experto:	ROLANDO JAVIER BERRÚ BELTRÁN
1.2 Especialidad:	INGENIERO DE SISTEMAS
1.3 Cargo actual:	DOCENTE ORDINARIO
1.4 Grado académico:	MAGISTER EN TI
1.5 Institución:	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
1.6 Tipo de instrumento:	CUESTIONARIO
1.7 Lugar y fecha:	TRUJILLO, 30 AGOSTO 2025

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIA

N°	EVIDENCIA	VALORACIÓN					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulación con lenguaje apropiado	X					
3	Adecuado para los sujetos en estudio	X					
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiente para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento	X					
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología	X					
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos	X					
<b>TOTAL</b>		<b>50</b>					

Coefficiente de valoración porcentual  $c=50$ .

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES



Firma y sello del Experto

DNI: 46689839

Anexo nro. 3. Matriz de consistencia

**Tabla 30**

*Matriz de consistencia*

<b>Matriz de consistencia</b>				
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Tipo:</b>
¿Cómo influye la implementación de una herramienta de monitoreo de humedad y temperatura del suelo en el conocimiento técnico, las prácticas agrícolas y la percepción de eficiencia de los agricultores del distrito de Laredo, Trujillo?	Evaluar el impacto de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura del suelo en el conocimiento técnico, las prácticas agrícolas y la percepción de eficiencia de los agricultores en Laredo.	La implementación de la herramienta de monitoreo de humedad y temperatura del suelo mejora el conocimiento técnico, optimiza las prácticas agrícolas y aumenta la percepción de eficiencia de los agricultores del distrito de Laredo.	Herramienta de monitoreo de humedad y temperatura del suelo. - Usabilidad - Funcionalidad - Efectividad	Aplicada <b>Nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Cuasiexperimental <b>Enfoque:</b>
	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>	<b>Variable dependiente</b>	Cuantitativo <b>Población:</b> Agricultores de Laredo <b>Muestra:</b> 30 agricultores <b>Técnica:</b> Encuesta <b>Instrumento:</b> Cuestionario estructurado (Pretest–Postest)
	1. Analizar la situación actual del monitoreo de humedad y temperatura 2. Implementar la herramienta de monitoreo 3. Analizar la situación del monitoreo suelos de cultivo, tras la implementación.	1. El análisis del monitoreo actual permite identificar brechas tecnológicas en los procesos agrícolas. 2. La implementación de la herramienta contribuye a mejorar los procesos agrícolas. 3. El análisis posterior a la implementación permite identificar mejoras en los procesos agrícolas.	Suelo de cultivo. - Conocimiento técnico - Prácticas agrícolas - Percepción de eficiencia	


Anexo nro. 4. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 31**


*Matriz de operacionalización de variables*

Matriz de operacionalización de variables						
Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Ítem	Medida
<b>Variable Independiente (VI): Herramienta de monitoreo de humedad y temperatura del suelo</b>	Hace referencia a la aplicación tecnológica diseñada para medir y registrar la humedad y temperatura del suelo, orientada a optimizar la gestión agrícola.	<b>Usabilidad</b>	Facilidad de uso y comprensión de la herramienta por parte del agricultor.	- Facilidad de uso. - Claridad de la interfaz. - Interpretación de la información.	3	Escala Likert (1–5)
		<b>Funcionalidad</b>	Capacidad de la herramienta para cumplir sus funciones técnicas de forma confiable.	- Continuidad sin fallas. - Precisión de los datos. - Cobertura del área de cultivo.	3	
		<b>Efectividad</b>	Impacto de la herramienta en la toma de decisiones y mejora de la producción agrícola.	- Mejora en la eficiencia del riego. - Apoyo en la toma de decisiones. - Aplicabilidad en campo.	3	
<b>Variable Dependiente (VD): Suelo de cultivo</b>	Hace referencia al nivel de conocimientos, prácticas y percepciones que poseen los agricultores respecto al manejo de la humedad y temperatura del suelo para la producción agrícola.	<b>Conocimiento técnico</b>	Nivel de comprensión del agricultor sobre el monitoreo de la humedad y temperatura del suelo.	- Conocimiento sobre la humedad del suelo. - Conocimiento de métodos de monitoreo. - Reconocimiento de la importancia del monitoreo.	3	Escala Likert (1–5)
		<b>Prácticas agrícolas</b>	Acciones y estrategias utilizadas por el agricultor para decidir el riego y gestionar el suelo sin tecnología.	- Técnicas utilizadas para decidir el riego. - Registro de información del suelo. - Planificación del riego.	3	
		<b>Percepción de eficiencia</b>	Opinión del agricultor sobre la eficiencia de sus métodos actuales de riego y producción.	- Eficiencia percibida. - Percepción de exceso de riego. - Satisfacción con el rendimiento.	3	

## Anexo nro. 5. Ficha de cuestionario de la variable dependiente en el Pretest

		Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024				
<b>ENCUESTA</b>						
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Suelo de cultivo						
<b>INDICACIONES:</b> Lea atentamente cada pregunta del cuestionario y marque su respuesta del 1 a 5, a continuación, se muestra las escalas de satisfacción: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Totalmente de acuerdo						
<hr/>						
1.	<b>Sé cuál es el nivel adecuado de humedad que debe tener el suelo para mis cultivos.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
2.	<b>Conozco métodos para monitorear la humedad y temperatura del suelo.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
3.	<b>Considero importante monitorear la humedad y temperatura del suelo para mejorar la producción.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
4.	<b>Utilizo técnicas específicas para decidir cuándo regar mis cultivos.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
5.	<b>Llevo un registro de las condiciones del suelo en mis cultivos.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
6.	<b>Planifico el riego de mis cultivos basándome en información sobre el suelo.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
7.	<b>Considero que mis prácticas actuales son eficientes en el uso del agua.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
8.	<b>En ocasiones, riego más de lo necesario por falta de información precisa.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	
9.	<b>Estoy satisfecho con el rendimiento de mis cultivos con las prácticas que uso actualmente.</b>					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	

## Anexo nro. 6. Ficha de cuestionario de la variable independiente en el Postest

	Impacto de la Implementación de una Herramienta de Monitoreo de Humedad y Temperatura en los Suelos de Cultivo del Distrito de Laredo, 2024
<b>ENCUESTA</b>	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Herramienta de monitoreo de humedad y temperatura	
<b>INDICACIONES:</b> Lea atentamente cada pregunta del cuestionario y marque su respuesta del 1 a 5, a continuación, se muestra las escalas de satisfacción: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Totalmente de acuerdo	
<hr/>	
1. La herramienta fue fácil de usar desde el primer momento.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
2. La interfaz de la herramienta fue clara y comprensible.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
3. La información proporcionada por la herramienta fue fácil de interpretar.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
4. La herramienta funcionó de manera continua, sin fallas técnicas.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
5. Los datos obtenidos por la herramienta fueron precisos y confiables.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
6. La herramienta cubrió adecuadamente el área de cultivo que necesitaba monitorear.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
7. Usar la herramienta mejoró la eficiencia del riego en mis cultivos.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
8. La herramienta me ayudó a tomar mejores decisiones agrícolas.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]
9. La herramienta pudo ser aplicada sin dificultades en mi campo de cultivo.	[1]            [2]            [3]            [4]            [5]

Anexo nro. 7. Resultados de la encuesta del Pretest

**Tabla 32**

*Resultados de la encuesta Pretest*

ID	Cono_1	Cono_2	Cono_3	Prac_1	Prac_2	Prac_3	Perc_1	Perc_2	Perc_3
1	4	3	5	3	2	2	3	2	3
2	5	4	5	4	3	3	4	3	4
3	3	2	4	2	2	1	2	1	2
4	4	3	5	3	2	3	3	2	3
5	2	2	4	1	1	2	2	1	2
6	5	5	5	4	3	4	4	4	4
7	3	3	4	2	2	3	3	2	3
8	4	4	5	4	3	3	3	3	4
9	2	2	3	1	1	2	2	1	2
10	5	4	5	4	4	4	4	4	5
11	4	3	5	3	2	2	3	2	3
12	5	4	5	4	3	3	4	3	4
13	3	2	4	2	2	1	2	1	2
14	4	3	5	3	2	3	3	2	3
15	2	2	4	1	1	2	2	1	2
16	5	5	5	4	3	4	4	4	4
17	3	3	4	2	2	3	3	2	3
18	4	4	5	4	3	3	3	3	4
19	2	2	3	1	1	2	2	1	2
20	5	4	5	4	4	4	4	4	5
21	4	3	5	3	2	2	3	2	3
22	5	4	5	4	3	3	4	3	4
23	3	2	4	2	2	1	2	1	2
24	4	3	5	3	2	3	3	2	3
25	2	2	4	1	1	2	2	1	2
26	5	5	5	4	3	4	4	4	4
27	3	3	4	2	2	3	3	2	3
28	4	4	5	4	3	3	3	3	4
29	2	2	3	1	1	2	2	1	2
30	5	4	5	4	4	4	4	4	5

Anexo nro. 8. Resultados de la encuesta del Postest

**Tabla 33**

*Resultados de la encuesta Postest*

ID	Usab_1	Usab_2	Usab_3	Func_1	Func_2	Func_3	Efec_1	Efec_2	Efec_3
1	5	4	5	4	5	4	5	5	5
2	4	4	4	5	5	5	4	4	5
3	3	4	3	3	4	4	4	4	3
4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
5	4	3	4	3	4	3	4	4	4
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	5	4	5	4	5	4	5	5	5
9	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	4	5	4	5	4	5	5	5
12	4	4	4	5	5	5	4	4	5
13	3	4	3	3	4	4	4	4	3
14	5	5	5	4	5	5	5	5	5
15	4	3	4	3	4	3	4	4	4
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	5	4	5	4	5	4	5	5	5
19	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	5	4	5	4	5	4	5	5	5
22	4	4	4	5	5	5	4	4	5
23	3	4	3	3	4	4	4	4	3
24	5	5	5	4	5	5	5	5	5
25	4	3	4	3	4	3	4	4	4
26	5	5	5	5	5	5	5	5	5
27	4	4	4	4	4	4	4	4	4
28	5	4	5	4	5	4	5	5	5
29	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Anexo nro. 9. Índice Total

**Tabla 34**

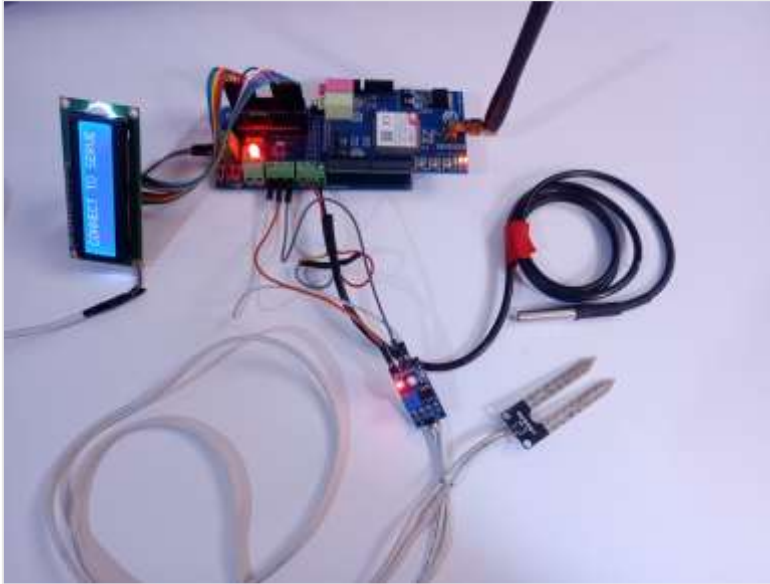
*Índice total con los promedios de las respuestas*

<b>Id</b>	<b>Pretest</b>	<b>Postest</b>
1	3.00	4.67
2	3.89	4.44
3	2.11	3.56
4	3.11	4.89
5	1.89	3.67
6	4.22	5.00
7	2.78	4.00
8	3.67	4.67
9	1.78	3.00
10	4.33	5.00
11	3.00	4.67
12	3.89	4.44
13	2.11	3.56
14	3.11	4.89
15	1.89	3.67
16	4.22	5.00
17	2.78	4.00
18	3.67	4.67
19	1.78	3.00
20	4.33	5.00
21	3.00	4.67
22	3.89	4.44
23	2.11	3.56
24	3.11	4.89
25	1.89	3.67
26	4.22	5.00
27	2.78	4.00
28	3.67	4.67
29	1.78	3.00
30	4.33	5.00

Anexo nro. 10. Herramienta de monitoreo

**Figura 21**

*Herramienta de monitoreo Hardware*



*Nota.* En la imagen se observa el funcionamiento integral de la herramienta de monitoreo.

**Figura 22**

*Medición de humedad y temperatura en suelo de cultivo*



*Nota.* En la imagen se observa la herramienta de monitoreo en un suelo de cultivo.

Anexo nro. 11. Materiales de la herramienta de monitoreo

**Figura 23**

*Sensor Higrómetro FC-28*



*Nota.* En la imagen se observa el sensor de humedad utilizado.

**Figura 24**

*Sensor de Temperatura DS18B20*



*Nota.* En la imagen se observa el sensor de temperatura utilizado.

**Figura 25**

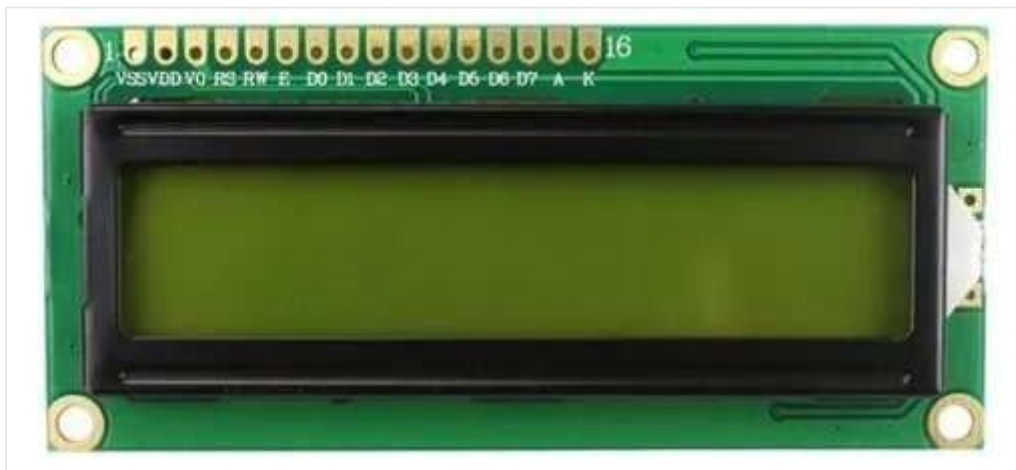
*Módem GSM/GPRS SIM800F*



*Nota.* En la imagen se observa el módulo GSM utilizado.

**Figura 26**

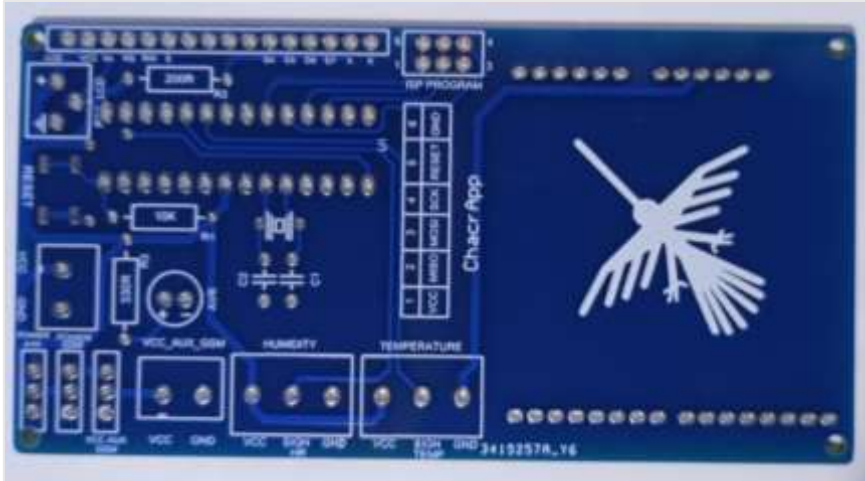
*Pantalla LCD 16x2*



*Nota.* En la imagen se observa la pantalla LCD utilizada.

**Figura 27**

*Placa embebida ChacrApp*



*Nota.* En la imagen se observa la placa utilizada para interoperabilidad de los componentes.

**Figura 28**

*Microcontrolador ATMEGA328P*



*Nota.* En la imagen se observa el microcontrolador utilizado.