



**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN**

**Plataforma para automatizar el riego de los cultivos de papas del distrito  
Lurín-Perú basado en IoT y machine learning**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de Ingeniero de Sistemas de Información**

**AUTOR(ES)**

**Bravo Villagomez, Rafael Javier (0009-0004-0493-5628)**

**Vasquez Abele, Diego Alonso (0009-0003-1988-5902)**

**ASESOR(ES)**

**Sanchez Flores, Cristian Roberto (0009-0007-2662-1373)**

**Lima, 10 de junio de 2025**

## *DEDICATORIA*

*Dedicamos este trabajo a nuestra institución y a los profesores que, con su guía y compromiso, han contribuido a nuestra formación profesional.*

*De manera especial, dedico este logro a mi familia Bravo Villagómez, por su acompañamiento a lo largo de este camino.*

*Asimismo, a mi familia Vásquez Abele, por su constante apoyo durante este largo proceso.*

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la realización de esta tesis y contribuyeron a nuestra formación profesional.

En primer lugar, queremos agradecer profundamente al Dr. Cristian Sanchez y al Dr. David Mauricio, nuestros asesores, por su dedicación, conocimiento y constante orientación a lo largo de este proceso.

Extendemos también nuestro reconocimiento al director de carrera, Jimmy Armas, y al coordinador de carrera, Daniel Burga, por su liderazgo, apoyo continuo y firme compromiso con nuestra educación.

Agradecemos de manera especial a nuestra institución educativa, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), por brindarnos un entorno académico de excelencia, los recursos necesarios y la oportunidad de formarnos como profesionales.

Finalmente, a nuestras familias y amigos, quienes con su comprensión, aliento y cariño nos acompañaron en cada etapa de este camino.

## RESUMEN

Este proyecto se enfoca en la optimización del riego en los cultivos de papas del distrito de Lurín mediante un sistema automatizado. La implementación de este sistema de riego automático demostró ser significativamente más eficiente en términos de consumo de agua comparado con los métodos manuales tradicionales. La validez de esta propuesta se verificó a través de un estudio de caso realizado en dos huertos durante un período de 126 días. Los resultados del estudio revelaron una reducción del 24.4% en el consumo de agua, lo que se traduce en un ahorro de 343 litros.

Este resultado no solo resalta su potencial como una solución tecnológica innovadora para la gestión hídrica en la agricultura, sino que también subraya su importancia para la sostenibilidad ambiental del sector agrícola. Al abordar eficazmente el problema de la escasez de agua, este proyecto contribuye a la preservación de los recursos hídricos y promueve prácticas agrícolas más sostenibles. La automatización del riego optimiza el uso del agua, garantizando que los cultivos reciban la cantidad exacta de agua necesaria, lo que mejora la eficiencia y reduce el desperdicio.

Palabras clave: Machine learning; IoT; Agricultura; Algoritmos; Automatización.

Platform to automate the irrigation of potato crops in the Lurín district of Peru based on  
IoT and machine learning

ABSTRACT

This project focuses on optimizing irrigation for potato crops in the district of Lurín through an automated system. The implementation of this automatic irrigation system proved to be significantly more efficient in terms of water consumption compared to traditional manual methods. The validity of this proposal was verified through a case study conducted in two orchards over a period of 126 days. The study results revealed a 24.4% reduction in water consumption, which translates to a savings of 343 liters.

This result not only highlights its potential as an innovative technological solution for water management in agriculture but also underscores its importance for the environmental sustainability of the agricultural sector. By effectively addressing the issue of water scarcity, this project contributes to the preservation of water resources and promotes more sustainable agricultural practices. The automation of irrigation optimizes water use, ensuring that crops receive the exact amount of water needed, improving efficiency and reducing waste.

Keywords: Machine learning; IoT; Agriculture; Algorithms; Automation.

# u201819455\_Bravo Villagomez, Rafael Javier\_Plataforma para automatizar el riego de los cultivos de papas del distrito Lurín-Perú basado en IoT y machine learning

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://vbook.pub">vbook.pub</a> Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%

## TABLA DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO .....	1
1.1    DEFINICIONES.....	1
1.2    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3    ANTECEDENTES .....	3
1.4    PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	6
1.5    OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	8
1.5.1    Objetivo general .....	8
1.5.2    Objetivos específicos .....	8
2. CAPÍTULO 2: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....	10
2.1    ANÁLISIS .....	10
2.1.1    Benchmarking.....	10
2.1.1.1    Benchmarking de servicios en la nube .....	10
2.1.1.2    Benchmarking de Tarjeta de desarrollo para IoT .....	17
2.1.2    Product Backlog .....	25
2.1.3    Especificación de Historias de Usuario .....	34
2.2    DISEÑO .....	60
2.2.1    Diseño de Arquitectura Lógica y Física .....	60
2.2.2    Diseño de Mockups .....	61
2.3    DESARROLLO.....	70
2.3.1    Plan de Pruebas.....	70
2.3.2    Reporte de Ejecución de Plan de Pruebas .....	75
3. CAPITULO 3: VALIDACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO .....	75
3.1    OBJETIVO DE VALIDACIÓN .....	75
3.2    DEFINICIÓN DE MÉTRICAS DE VALIDACIÓN.....	75
3.3    REQUISITOS PARA VALIDACIÓN.....	76
3.4    FASES DE VALIDACIÓN .....	76
3.4.1    Reporte de Ejecución de Plan de Pruebas .....	76
3.4.2    Validación del modelo predictivo.....	77
3.5    COMPARACIÓN DE RESULTADOS .....	77
3.6    CONCLUSIONES .....	78

4. CAPITULO 4: COSTOS Y PRESUPUESTOS .....	78
4.1    INTRODUCCIÓN.....	78
4.2    COSTOS DE DESARROLLO .....	78
4.2.1    Equipo de desarrollo.....	78
4.2.2    Herramientas y servicios .....	79
4.3    IMPLENTACIÓN .....	80
4.3.1    Infraestructura.....	80
4.3.2    Capacitación .....	81
4.4    MANTENIMIENTO.....	82
4.5    PRESUPUESTO TOTAL.....	82
4.6    INGRESOS Y RENTABILIDAD .....	83
4.6.1    Infraestructura.....	83
4.6.2    Reservas del proyecto.....	83
4.7    COSTOS FIJOS Y VARIABLES .....	84
4.8    ANÁLISIS DEL VAN Y TIR .....	85
4.8.1    Flujo de caja y cálculo del VAN .....	85
4.8.2    Cálculo del TIR .....	86
4.9    ANÁLISIS DEL ROI.....	86
4.10    CONCLUSIONES .....	87
5. CAPITULO 5: PLAN DE CONTINUIDAD.....	87
5.1    DESCRIPCIÓN.....	87
5.2    OBJETIVO GENERAL .....	87
5.3    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	87
5.4    BENEFICIOS .....	88
5.5    ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN .....	88
5.6    GESTIÓN DE INCIDENTES .....	88
5.6.1    Roles .....	88
5.6.2    Proveedores .....	89
5.6.3    Riesgos de una incorrecta gestión de incidencias.....	90
5.6.4    Tecnologías.....	90
5.6.5    Proceso de gestión de incidentes .....	90
5.7    GESTIÓN DE PROBLEMAS.....	92

5.7.1	Roles .....	92
5.7.2	Proveedores .....	92
5.7.3	Riesgos de una incorrecta gestión de problemas .....	92
5.7.4	Tecnologías.....	92
5.7.5	Proceso de gestión de problemas.....	92
5.8	GESTIÓN DE CAMBIOS .....	93
5.8.1	Roles .....	93
5.8.2	Proveedores .....	94
5.8.3	Riesgos de una incorrecta gestión de cambios .....	94
5.8.4	Tecnologías.....	94
5.8.5	Proceso de gestión de cambios .....	94
5.9	GESTIÓN DE SEGURIDAD .....	96
5.9.1	Roles .....	96
5.9.2	Proveedores .....	96
5.9.3	Riesgos de una incorrecta gestión de seguridad .....	96
5.9.4	Tecnologías.....	96
5.9.5	Proceso de gestión de seguridad.....	96
5.10	GESTIÓN DE NIVELES DE SERVICIO.....	98
5.10.1	Roles .....	98
5.10.2	Proveedores .....	98
5.10.3	Riesgos de una incorrecta gestión de niveles de servicio.....	98
5.10.4	Tecnologías.....	98
5.10.5	Proceso de gestión de incidentes .....	98
5.11	GESTIÓN DE DISPONIBILIDAD .....	100
5.11.1	Roles .....	100
5.11.2	Proveedores .....	100
5.11.3	Riesgos de una incorrecta gestión de incidencias.....	100
5.11.4	Tecnologías.....	101
5.11.5	Proceso de gestión de incidentes .....	101
5.12	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES FUTURAS .....	101
6.	CONCLUSIONES.....	102
7.	RECOMENDACIONES .....	103

8. REFERENCIAS .....	104
9. ANEXOS .....	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de medición para servicios en la nube .....	11
Tabla 2. Benchmarking teórico sobre las propuestas .....	14
Tabla 3. Benchmarking con los parámetros sobre las propuestas .....	16
Tabla 4. Criterios de medición para Tarjeta de desarrollo para IoT .....	18
Tabla 5. Benchmarking teórico sobre las propuestas de tarjetas de desarrollo IoT .....	22
Tabla 6. Benchmarking con parámetros sobre las propuestas de tarjetas de desarrollo IoT	24
Tabla 7. Listado de historias de usuario .....	25
Tabla 8. Criterios de aceptación de las historias de usuario .....	34
Tabla 9. Lista de casos de prueba .....	71
Tabla 10. Lista de casos de prueba .....	75
Tabla 11. Resultados de las métricas del modelo predictivo.....	77
Tabla 12. Cantidad de litros utilizados por cada huerta .....	77
Tabla 13. Costos en contratación del personal .....	79
Tabla 14. Costos de herramientas y servicios.....	80
Tabla 15. Costos en infraestructura .....	81
Tabla 16. Costos en capacitación .....	81
Tabla 17. Costos de Mantenimiento .....	82
Tabla 18. Presupuesto total.....	82
Tabla 19. Estimación de ingresos anuales .....	83
Tabla 20. Reservas totales del proyecto .....	83
Tabla 21. Listado de costos fijos .....	84
Tabla 22. Listado de costos variables .....	84
Tabla 23. Flujo de caja del proyecto.....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Benchmarking teórico sobre las propuestas.....	10
Figura 2. Benchmarking entre diferentes tarjetas de desarrollo IoT .....	17
Figura 3. Arquitectura Física .....	60
Figura 4. Arquitectura Lógica .....	61
Figura 5. Inicio de Sesión en versión móvil .....	61
Figura 6. Menú del sistema en versión móvil.....	62
Figura 7. Temperatura en tiempo real en versión móvil.....	63
Figura 8. Humedad en tiempo real en versión móvil .....	64
Figura 9. Control manual de la válvula de agua en versión móvil .....	65
Figura 10. Sensores de humedad de la tierra en tiempo real en versión móvil .....	66
Figura 11. Reportes en versión móvil.....	67
Figura 12. Inicio de Sesión en versión web.....	68
Figura 13. Temperatura en tiempo real en versión web .....	68
Figura 14. Humedad en tiempo real en versión web .....	69
Figura 15. Control manual de la válvula de agua en versión web.....	69
Figura 16. Sensores de humedad de la tierra en tiempo real en versión web .....	69
Figura 17. Reportes en versión web .....	70
Figura 18. Organigrama del plan de continuidad .....	88
Figura 19. Cronograma del Proyecto.....	101

# 1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

## 1.1 Definiciones

### Sensor IoT

El Internet de las cosas (IoT), permite recopilar información a través de sensores instalados en diversos puntos de un activo. Estos sensores pueden detectar variables como temperatura, presión, vibraciones, flujo, voltaje o corriente eléctrica. También es posible que se utilicen para registrar la ubicación geográfica de activos móviles o identificar eventos inusuales mediante el software incorporado. Todos estos datos se transfieren a plataformas en la nube, donde quedan disponibles para ser almacenados, procesados y sometidos a análisis detallados que faciliten la toma de decisiones (Lanner, 2016).

### Machine Learning

El Machine Learning es una disciplina en el ámbito correspondiente a la Inteligencia Artificial que, por medio de la realización de patrones algorítmicos, impulsan a los ordenadores a desarrollar una mayor capacidad de analizar los patrones en datos masivos y producir predicciones de estos mismos. Este método de enseñanza permite a los ordenadores hacer actividades determinadas de manera autónoma, sin tener la necesidad de ser programados para ello (Iberdrola, 2023).

### Blynk IoT

Es una plataforma de Internet de las cosas (IoT) para desarrollar proyectos y aplicaciones de IoT. Está diseñado para simplificar la creación de aplicaciones y proyectos de IoT, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear de forma remota dispositivos y sensores a través de un dispositivo móvil o computadora (Blynk, 2023).

### Azure Machine Learning

Es un servicio en la nube que administra e integra los proyectos con aprendizaje automático. Además, ofrece varias opciones de creación según el tipo de proyecto y nivel de experiencia previo de machine learning. Por otro lado, se integra con el servicio en la nube de Azure para agregar y fortalecer la seguridad (Azure Machine Learning, 2023).

### Azure Storage

Este trabajo originalmente fue publicado en R. Bravo Villagomez, D. Vasquez Abele and D. Mauricio, "Potato Crop Irrigation System in Peru Based on IoT and Machine Learning," in Proc. of the 2024 IEEE ANDESCON, 11—13 Sep 2024, Cusco, Peru. Available: IEEE Xplore, 10.1109/ANDESCON61840.2024.10755749. [Accessed: 10 Jun. 2025].

Es un servicio que ofrece almacenamiento en la nube de Microsoft. Azure Storage ofrece almacenamiento de alta calidad, disponibilidad, durabilidad, escalable y seguro para una cantidad masiva de datos. Asimismo, cuenta con bibliotecas para desarrolladores que utilizan .NET, Python, Java, Javascript, C++ y Go. Algunos de sus servicios de datos son: Blobs de Azure, Azure Elastic SAN, Tablas de Azure o Azure Files (Azure Storage, 2023).

#### Azure Stream Analytics

Es un motor de procesamiento de flujos que permite analizar y procesar grandes volúmenes de datos. Tiene compatibilidad con el entorno de ejecución de Azure IoT Edge, en donde el cual procesa los datos de forma directa en los dispositivos IoT (Azure Stream Analytics, 2023).

### 1.2 Planteamiento del Problema

Si al momento de realizar el riego de los cultivos no se hace de una manera adecuada, terminarán dañando el cultivo ya que requieren de una cierta cantidad de agua para que sean cosechados con normalidad y por eso el sistema de riego juega un papel importante. Si el agua no logra llegar a las raíces, el cultivo se echará a perder, igualmente ocurre en caso el agua sea excesiva. En estos casos lo que normalmente se suele hacer es realizar una excavación y corroborar si el agua llegó a la raíz. Esta acción involucra a expertos, mano de obra o maquinarias, pudiendo tener un impacto negativo en la tierra y perjudicando en la producción de los cultivos.

Es importante conocer la composición de los suelos de cultivo y la composición del agua que los riega para conseguir el equilibrio adecuado para cada cultivo (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022). Los agricultores por falta de conocimiento sobre herramientas tecnológicas no deciden buscar alternativas para agilizar el proceso de sembrado y prefieren correr el riesgo de que la calidad del producto salga malo a invertir una cantidad de dinero en sistemas de riego. Según los datos del 2018 del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2018), los peruanos consumen en promedio 85 kilogramos de papa al año. Asimismo, Midagri tiene como objetivo aumentar esta cifra a 92 kilogramos al año.

En el 2022, se calculó una disminución de producción de papa a nivel nacional de 620,873 toneladas en el presente año 2023 (MIDAGRI, 2022). Esto presenta un problema, ya que es un recurso importante para la alimentación de la población y economía del país. La papa es

un cultivo importante en la cultura y la historia del Perú, ya que ha sido cultivada por los pueblos andinos durante miles de años. Además, se contabilizó que la cantidad de familias que producen papas a nivel nacional es de un total de 711 313, estando distribuidas en 19 regiones del país. Asimismo, la producción de papas se realiza mayormente en la sierra, teniendo un 90% de producción frente a la costa o selva (MIDAGRI, 2022). La papa es parte integral de la gastronomía peruana, y es valorada por sus variedades y usos culinarios únicos en el mundo.

Respecto a la disminución, una principal razón es el cambio climático, ya que provoca sequías y lluvias intensas, que terminan dañando las raíces de los cultivos. Las sequías pueden reducir la producción de papas un 33% y las lluvias excesivas un 29% (FAO, 2022).

Es importante solucionar estos problemas para evitar ser afectados como en los años 2017 y 2018 que sufrieron de sequías e inundaciones que generó una disminución en la producción de tubérculos (FAO, 2023).

### 1.3 Antecedentes

Parvathi Sangeetha et al. (2022) propusieron resolver la seguridad en los sistemas de riego basados en IoT para Olive Orchards en la región de Jouf, KSA y mejorar la eficiencia. Propusieron la aplicación de la tecnología MIMO masiva. Por lo cual, esta tecnología representa una piedra angular de la quinta generación (5G) y de esta manera mejora la eficiencia espectral, así como la seguridad de la capa física. En síntesis, desplegar debajo de cada árbol de olivo para obtener los diferentes parámetros ambientales y actuar en consecuencia. Los datos detectados se envían a un servidor de procesamiento remoto donde se compara la información recopilada con los valores de umbral que están predefinidos. Ante cualquier desviación del umbral, el servidor de procesamiento remoto enviará una señal al actuador con el fin de activar la electroválvula que riega el olivo. Esta investigación podría ayudarnos, ya que utilizan la herramienta IoT en un sistema de riego y emplearon sensores que permiten conocer los parámetros ambientales de cada árbol. Sin embargo, consideramos necesario centrarnos en las raíces y no solo en los valores del umbral. Asimismo, Bwambale et al. (2022) desarrollaron un método de riego inteligente usando el entorno IoT utilizando detectores y condiciones climáticas para regular de forma remota el sistema de riego con un punto de vista basado en IoT. Además, plantear una estrategia de seguimiento para un mejor control de riego. Esta investigación podría ayudarnos a comprender los métodos que pueden aplicar con sensores IoT en la agricultura para poder mejorar el rendimiento agrícola. Sin

embargo, consideramos que la implementación de machine podría ayudar a gestionar los datos de los sensores y con ello se pueda tener un sistema automatizado para que regule la cantidad de agua que corresponde en base a datos recopilados. Por otra parte, Ramírez Díaz y Vergara Sierra (2020) proponen un modelo de riego inteligente con paneles solares que se implementa usando el entorno IoT utilizando como parámetro a los sensores de humedad para validar los datos. Además, se desarrolló una plataforma virtual para que el usuario vea los reportes de los sensores sobre el área del cultivo. De esta manera establece el parámetro de la humedad como indicador del sistema de riego. Esta investigación podría ayudarnos, debido a que se desarrolló la plataforma virtual que permite observar los detalles en el área del sembrío mediante sensores IoT. Sin embargo, consideramos necesario contar con una fuente de energía de respaldo y no depender netamente de la energía solar. Igualmente, Kurtulmus et al. (2022) proponen un sistema de detección proximal que utiliza una cámara a color para riego inteligente basado en visión por computadora y aprendizaje profundo para identificar los requisitos de agua de tres clases de textura del suelo bajo diferentes condiciones de iluminación. Se construyó una estación de imágenes para reducir la carga de trabajo en la obtención de imágenes de entrenamiento necesarias para entrenar modelos de redes neuronales convolucionales profundas. Esta investigación puede ayudar a futuras investigaciones debido a que el uso de las redes neuronales puede ayudar a tener un mejor desempeño en el riego de cultivos. Sin embargo, consideramos necesario tener una inteligencia artificial para poder agilizar el riego y obtener un proceso automatizado con mejoras continuas. Del mismo modo, Hardin et al. (2022) proponen utilizar la tecnología RFID integrada en el sistema de cosecha para la logística y las ubicaciones de campo. Actualmente algunas fábricas suelen utilizar algunos sensores, pero su uso está limitado a realizar solamente monitoreo y diagnóstico. Una gran cantidad de sensores pueden recopilar y proporcionar información detallada sobre el procesamiento y producción de los cultivos. Los avances en robótica agrícola proporcionarán una plataforma para medir el rendimiento y la calidad en lugares específicos del campo. La conexión en red de estos dispositivos conectados respaldará el desarrollo de análisis avanzados para optimizar la logística y el procesamiento en toda la industria. Para implementar con éxito dispositivos IoT, se deben abordar varios desafíos. Esta investigación podría ayudarnos, debido a que nos proporciona información útil sobre los monitoreos y diagnóstico realizados por una gran cantidad de sensores que pueden recopilar información detallada sobre la producción de cultivos. Además, nos explica que los avances de la robótica agrícola mejoran el rendimiento y la

calidad de los campos de cultivos. Sin embargo, consideramos necesario ampliar las posibilidades que brinda, ya que su uso se limita en hacer monitoreo y diagnóstico. Asimismo, los autores Tahmasebi et al. (2023) utilizan los modelos de metaanálisis y machine learning para poder identificar genes sensibles al estrés hídrico y poder descubrir redes de genes que sean críticas. Gracias a ello, lograron encontrar enormes variaciones transcripcionales durante la sequía en *Populus*. Esta investigación puede ayudar a futuras aplicaciones debido a que se utilizaron modelos de machine learning y metaanálisis para poder analizar el motivo de la cual se produce la sequía en *Populus*. Sin embargo, consideramos es necesario utilizar estos modelos en aplicaciones para poder obtener un mejor desempeño. Por otro lado, Ghasempour et al. (2023) proponen métodos de inteligencia multiescalar para la detección de las sequías y proceso de modelamiento de mapeo sobre la severidad de las sequías en la parte noroeste de Irán. Para el proceso de modelamiento se utiliza base de datos de sensores remotos y adoptaron dos modelos de machine learning en donde se utilizan datos sobre la precipitación, la humedad relativa, la temperatura o la evaporación del suelo. Esta investigación podría ayudarnos, debido a que el uso de inteligencia artificial nos ayudaría a poder construir procesos de mapeo sobre los datos con información sobre las sequías y por qué se originan. Sin embargo, consideramos necesario buscar una manera automatizada de calcular el nivel de agua para ocasiones de sobre exceso de agua. Del mismo modo, Hendrawan et al. (2023) investigó una gama de factores físicos y socioeconómicos que pueden determinar la susceptibilidad de los cultivos durante las sequías según el índice de precipitación estandarizada con una resolución de  $0,5^\circ$  desde el año 1981 a 2016 en donde se utilizó la inteligencia artificial mediante el método de machine learning. Esta investigación podría ayudarnos gracias a los datos obtenidos por la inteligencia artificial y nos podría ayudar a futuras investigaciones sobre las sequías en los cultivos. Sin embargo, consideramos que la información debe ser actualizada, ya que solo se basa entre los años de 1981 a 2016 y se busca utilizar los sensores en IoT para poder obtener información en tiempo real. Asimismo, Abioye et al. (2023) proponen una estrategia de control predictivo mediante el riego por goteo para poder ahorrar agua. El controlador se basa en un modelo predictivo integrado con Matlab, el diseñador de MPC y el simulador Simulink. Por otro lado, implementaron el Internet of Things para poder facilitar el monitoreo del suelo, clima y los cultivos y así poder actualizar el modelo MPC para el control de riego. Esta investigación podría ayudarnos, debido a que nos brinda información sobre los beneficios que se tiene al implementar el Internet of Things. Sin embargo,

consideramos necesario implementar inteligencia artificial para poder automatizar la plataforma de riego inteligente y no utilizarlo solamente para un monitorio. Finalmente, Elsherbiny et al. (2022) presentaron una investigación basada en la combinación de una red neuronal convolucional y una memoria que tiene una duración a largo plazo para poder detectar el estrés hídrico del trigo. Para realizar dicha investigación utilizaron dispositivos de transmisión de datos basados en el IoT, como la velocidad del viento, la humedad del suelo o la temperatura del aire. Gracias a ello, obtuvieron un total de 876 imágenes de trigo, mostrando los niveles de déficit hídrico. Esta investigación puede ayudar a futuras investigaciones porque se utiliza el Internet of Things para poder obtener datos relevantes y así poder detectar si el trigo se encuentra en un estado de estrés hídrico. Sin embargo, consideramos que se necesita implementar inteligencia artificial para poder optimizar la detección de estrés hídrico.

#### 1.4 Planteamiento de la Solución

Se propone la elaboración de una plataforma de riego inteligente automatizado que ayudará con los cálculos del nivel de agua sobre las raíces de los cultivos de papa para el proceso de sembrado y mandará la información en tiempo real a una página web. La investigación estará enfocada en demostrar la utilidad y posibilidad de utilizar IoT y machine learning para monitorear la humedad, presión de agua y comunicar los datos obtenidos a uno o más destinos para luego utilizarlo en identificación de patrones de datos masivos. Utilizar machine learning ayudará a que las máquinas aprendan con el tiempo y todo gracias a los algoritmos capaces de analizar grandes cantidades de datos y podamos obtener resultados óptimos.

El funcionamiento de la plataforma de riego se dará según la siguiente propuesta:

- 1.- Los sensores IoT realizarán un monitoreo de humedad del suelo para poder obtener información sobre las raíces de los cultivos y si estos se están asfixiando por exceso de agua o tienen estrés hídrico por no absorber la cantidad de agua necesaria.
- 2.- La inteligencia artificial realizará los cálculos de nivel de agua por cada escenario mediante el uso de machine learning para así obtener un desempeño más preciso.
- 3.- En caso requiera agua, se mandará la información de los sensores al sistema que controla la válvula de agua, distribuyendo la cantidad de agua necesaria. Caso tenga exceso de agua, se realiza el funcionamiento de la bomba de succión.

4.- Una vez completado el proceso de riego o succión de agua, los sensores seguirán realizando el monitoreo de las raíces.

5.- Todos los datos obtenidos se almacenará en un servidor externo para usos de base de datos en la nube y se refleja la información obtenida en la página web.

En resumen, la plataforma de riego inteligente automatizado combina la tecnología IoT y el machine learning para optimizar el riego de cultivos de papa. Mediante la monitorización de la humedad y la presión del agua en tiempo real, se calcula la cantidad adecuada de riego y se toman medidas para evitar problemas como el exceso o la falta de agua. Los datos recopilados se almacenan y se presentan de manera visual en una página web, lo que facilita el seguimiento y la toma de decisiones basadas en patrones de datos masivos.

Algunas descripciones técnicas son:

- Tipos de modelos compatibles: Azure ML admite modelos de aprendizaje automático supervisado, incluidos clasificadores binarios, clasificadores multiclase y regresión.
- Orígenes de datos admitidos: Los datos almacenados en las bases de datos relacionales de Azure Storage se pueden utilizar como orígenes de datos para el entrenamiento y la puntuación de modelos.
- Algoritmos prediseñados: Azure ML ofrece una selección de algoritmos de aprendizaje automático prediseñados, que incluyen regresión logística, regresión lineal y aprendizaje automático profundo.
- Escalabilidad: Azure ML es altamente escalable y puede manejar grandes cantidades de datos. Puede entrenar modelos en conjuntos de datos que contienen millones de registros y hacer predicciones de baja latencia en tiempo real.
- Integración con los servicios de Azure: Azure ML se integra fácilmente con otros servicios de Azure, como Azure Storage, Azure IoT Hub y Azure Stream Analytics, lo que facilita la implementación de una solución completa de aprendizaje automático.
- Supervisión y gestión de modelos: Azure ML proporciona supervisión y gestión de modelos, incluida la capacidad de realizar ajustes y mejoras en función del rendimiento del modelo y la precisión en la producción.

## 1.5 Objetivos del Proyecto

### 1.5.1 Objetivo general

OG: Implementar una plataforma de riego inteligente en un área de cultivo donde se automatizará el regadío, con el fin de que se pueda distribuir correctamente el agua requerida para los cultivos de papa.

### 1.5.2 Objetivos específicos

OE1: Analizar las tecnologías de sensores para recopilar los datos y algoritmos de machine learning que permitan predecir los datos para poder construir la solución que permita automatizar el regadío en los cultivos de papas.

OE2: Diseñar la arquitectura lógica y física de la plataforma de riego inteligente que automatice el regadío en los cultivos de papas.

OE3: Validar los resultados mediante los datos obtenidos y rendimiento de la plataforma de riego inteligente.

OE4: Elaborar un plan de continuidad en la plataforma de riego inteligente que permita la continuidad, durabilidad y resultados esperados a largo plazo.

## 1.6 Estándares, Buenas Prácticas y Frameworks

Para poder implementar IoT e inteligencia artificial en la plataforma de riego, se debe tener planificado los estándares, buenas prácticas y frameworks que se van a utilizar para realización de este proyecto.

- Realizar un análisis de la conectividad de la red para poder detectar un posible riesgo de seguridad
- Activar solamente las funcionalidades que sean necesarias para la plataforma de riego inteligente
- Cambiar la contraseña predeterminada por defecto y crear contraseñas que sean lo suficientemente largas y por lo tanto sean difíciles de adivinar.
- Comprobar de manera periódica la configuración de seguridad de la arquitectura IoT y sus dispositivos en funcionamiento
- Realizar las actualizaciones de los dispositivos al lanzamiento de una nueva versión

- Mantener abiertos solamente los puertos de comunicación que sean necesarios para el funcionamiento de la plataforma de riego inteligente

## 1.7 Cumplimiento Normativo

La norma ISO 30141 es la primera norma internacional para el IoT, en el cual se enfoca en dar un marco teórico para el desarrollo y diseño de aplicaciones IoT. Con esta norma, se permite desarrollar sistemas confiables, seguros, que tengan respeto por la privacidad del usuario y que sean capaces de enfrentarse a los ciberataques. Esta norma nos ayuda a tener mejores prácticas a la hora de implementar la plataforma de riego inteligente mediante el uso de IoT (Alonso ,2022).

Por otro lado, la norma ISO 9001 nos ofrece los requerimientos necesarios para la implementación de un sistema de gestión de la calidad y con ello, obtener las mejores prácticas para su uso. Con esta norma, se busca ofrecer un producto de calidad a los agricultores y poder cumplir sus necesidades, que en este caso sería en el riego de los cultivos (ISOTools, 2022).

Asimismo, la norma ISO 14040 nos ofrece un análisis del ciclo de vida que se encarga de brindarnos información de cómo desarrollar, implementar y mejorar un sistema de gestión ambiental. La ventaja de implementar esta normativa es que nos ayuda en la identificación de oportunidad de mejora, tener medidas frente a los riesgos que presenta el producto y con ello, obtener un buen desempeño ambiental (Sánchez, 2023).

De igual forma, la norma ISO 9126 es un estándar que se encarga de evaluar la calidad que tiene un software en base en las características y sus características de calidad del sistema. Con ello, se busca poder evaluar la funcionalidad, eficiencia, confiabilidad, portabilidad y calidad de uso de la plataforma de riego inteligente (Verity, 2023).

Por último, la norma ISO 27001 nos ofrece herramientas que nos ayudan a poder establecer un sistema de seguridad de la información que sea capaz de identificar y mitigar los riesgos que esté expuesto el sistema. Por lo cual, esta normativa nos ayuda a poder integrar y mantener toda la información de forma segura, a su vez que permite evitar ataques de ciberseguridad (ISOTools, 2023).

## 2. CAPÍTULO 2: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Análisis

#### 2.1.1 Benchmarking

##### 2.1.1.1 Benchmarking de servicios en la nube

Tener conocimiento sobre las características que presenta el suelo es vital para que los cultivos puedan crecer correctamente. Por lo cual, al implementar sensores de temperatura y humedad, se podrá obtener datos que permitirán a la electroválvula de agua activarse en el momento que sea necesario. Por ello, se requiere un servicio en la nube que permita alojar el sistema, almacenar los datos de los sensores y contar con servicios de machine learning para poder realizar predicciones a tiempo real. A continuación, se presentarán tres propuestas de servicios cloud para abordar el problema y realizar una comparación para conocer cuál es la mejor opción para el desarrollo del proyecto.

Las tecnologías que se van a comparar serán Microsoft Azure, AWS y Google Cloud, ya que son los 3 servicios líderes en el mercado actual y son los que ofrecen mayor cantidad de servicios hacia los usuarios como se puede ver en la Figura 1.

**Figura 1**

*Benchmarking teórico sobre las propuestas*



*Nota.* En la figura se puede visualizar las infraestructuras de los servicios en la nube.

Azure es una plataforma hecha por Microsoft que ofrece más de 200 servicios en la nube enfocados en la elaboración de soluciones que permitan resolver diferentes problemas (Azure, 2023). El punto fuerte de Azure es la posibilidad de generar copias de seguridad reales en el almacenamiento de datos. Asimismo, tiene distintos servicios que se enfocan exclusivamente en el procesamiento, almacenamiento y seguridad de datos, así como la gestión de conexión entre distintos dispositivos.

La segunda propuesta se trata de Amazon Web Service (AWS) es una plataforma que ofrece una cantidad variada de servicios en la nube para distintos propósitos como la integración de Internet of Things (IoT) o la generación de máquinas virtuales (Amazon Web Services [AWS], 2023). Entre las distintas propuestas, AWS es la ofrece más cantidad de servicios.

Como última propuesta se encuentra Google Cloud, siendo una plataforma que proporciona distintos servicios que la empresa Google estaba usando. Es la más reciente entre las propuestas, ofreciendo servicios de integración de machine learning como proporcionarle voz a tu aplicativo (Google Cloud, 2023).

Esquemas de medición de servicios en la nube

**Tabla 1**

*Criterios de medición para servicios en la nube*

Criterios	Descripción	Peso (%)	Importancia del peso
Compatibilidad	Este criterio mide la compatibilidad que tiene el servicio en la nube con el sistema de riego a realizar.	45%	Los servicios deben agilizar el proceso de conexión entre varios dispositivos (Liu et al., 2019).

Gestión de datos	Evalúa cómo se almacena y gestiona los datos obtenidos del sistema en la plataforma en la nube.	30%	Es importante que el servicio sea capaz de almacenar a tiempo real todos los datos obtenidos por los sensores. Asimismo, debe contar con seguridad de datos y con generación de backups (Guo et al., 2023).
Disponibilidad	Evalúa la cantidad de regiones que dispone en todo el mundo, con ello se busca ver qué tan accesible es a distintos lugares del mundo.	5%	La disponibilidad de los servidores según tu localización afecta la latencia de los servidores (Zaman et al., 2022).
Precio	Este criterio considera los costos asociados con las actualizaciones, este puede implicar implementación de mejoras, corrección de errores o adicionar nuevas características.	20%	No todos los proyectos cuentan con el mismo presupuesto. Por ende, es importante buscar los componentes que cumplan con los requisitos del sistema y que tengan un costo accesible al presupuesto (Zaman et al., 2022).

*Nota.* En la tabla se muestran los criterios seleccionados para la comparativa de servicios en la nube con su respectiva descripción.

A continuación, se definen cuáles son los parámetros de medición en cada criterio de comparación

A. Compatibilidad: Se medirá la capacidad de configuración e integración que tiene configurar distintos dispositivos con Internet of Things (IoT)

3: Tiene facilidad de conectar y configurar con dispositivos IoT

2: Es capaz de conectar y configurar con dispositivos IoT con algunas dificultades.

1: Tiene complejidad en sus servicios para conectar y configurar con dispositivos IoT

B. Gestión de datos: Se medirá la capacidad de administrar, almacenamiento y seguridad de los datos

3: Tienen gran capacidad de proteger los datos

2: Tienen una capacidad promedio de proteger los datos

1: Tienen poca capacidad de proteger los datos

C. Disponibilidad: Se medirá la cantidad de regiones que dispone cada servicio. Se clasificará en tres niveles para compararlo más sencillamente.

3: Más de 60 regiones.

2: Entre 30 a 60 regiones

1: Menos de 30 zonas

D. Precio: Se medirá el costo que tiene implementar el servicio de almacenamiento de datos en la nube pagando mensualmente por GB en zonas similares. Se clasificará en tres niveles para compararlo más sencillamente.

5: Menos de 0.015 centavos

4: Entre 0.015 a 0.022 centavos

3: Entre 0.023 a 0.035 centavos

2: Entre 0.036 a 0.050 centavos

1: Más de 0.050 centavos

Tecnologías adicionales que pueden brindar alternativas

**Tabla 2**

*Benchmarking teórico sobre las propuestas*

Criterios	Azure	AWS	Google Cloud
Compatibilidad	La plataforma Azure cuenta con Azure IoT Hub que permite conectar y analizar tus dispositivos con IoT. Además, Azure IoT Hub Device Management es capaz de administrar los dispositivos de forma remota. Por lo cual, tiene alta compatibilidad	La plataforma AWS IoT Core es capaz de conectar varios dispositivos IoT. Por otro lado, AWS IoT Device Management permite administrar el software de forma remota. Por lo cual, tiene alta compatibilidad	Cloud IoT Core es el servicio que permite conectar los dispositivos IoT con el servicio en la nube. Sin embargo, no cuenta con un servicio exclusivo para administrar los dispositivos de forma remota. Por lo cual, se le ha puesto compatibilidad media

Gestión de datos	<p>Microsoft Azure (2023) permite el almacenamiento de objetos, archivos y datos. Además, cuentan con Data Lake Store para aplicaciones con big data. Adicionalmente, cuentan con un servicio de backup para datos, recuperación de sitios y archivos Por lo cual, se le ha puesto alta capacidad de gestión de datos.</p>	<p>Amazon Web Services (2023) cuenta con distintos servicios que permiten almacenar objetivos, bloques y archivos. Sin embargo, no cuenta con algún servicio de backup real. Por ende, tiene una capacidad de gestión de datos de nivel medio</p>	<p>Google Cloud (2023) cuenta con almacenamiento de objetos unificado. Además, cuenta con base de datos SQL y No SQL. Sin embargo, no cuenta con algún servicio de backup. Por ende, tiene una capacidad de gestión de datos de nivel medio</p>
Disponibilidad	<p>Microsoft Azure (2023) cuenta con más de 60 regiones en todo el mundo, siendo el servicio con más disponibilidad entre los 3. Por lo cual, tiene una disponibilidad grande</p>	<p>Amazon Web Services (2023) cuenta con un total de 31 regiones, siendo el que cuenta con menos regiones. Por lo cual, tiene una disponibilidad mediana</p>	<p>Google Cloud (2023) cuenta con un total de 37 regiones, con 3 nuevas regiones en construcción. Por lo cual, tiene una disponibilidad mediana</p>
Precio	<p>En la zona del este de USA, el precio</p>	<p>En el servidor de este de USA, el</p>	<p>En el servidor de Virginia del Norte</p>

	mensual por GB es de 0.021, siendo el más accesible.	precio mensual por GB es de 0.023.	(Este de USA), el precio mensual por GB es de 0.023.
--	--	------------------------------------	--

*Nota.* En la tabla se muestran las características de cada servicio en la nube según el criterio.

**Tabla 3**

*Benchmarking con los parámetros sobre las propuestas*

Criterios	Azure	AWS	Google Cloud	Peso (%)
Compatibilidad	3	3	2	20%
Gestión de datos	3	2	2	20%
Disponibilidad	3	2	2	5%
Precio	4	3	3	55%
TOTAL	3.20	2.65	2.20	100%

*Nota.* En la tabla se muestran los resultados de los parámetros en cada servicio en la nube según el criterio.

### Conclusiones del Análisis

Se puede concluir que Azure se destaca en gestión de datos, disponibilidad y precio sobre las otras propuestas. Adicionalmente, cuenta con el mismo nivel de compatibilidad con AWS. Azure muestra una alta capacidad de gestionar datos, ya que tiene un grupo de servicios que permite administrar, almacenar y proteger los datos obtenidos por los

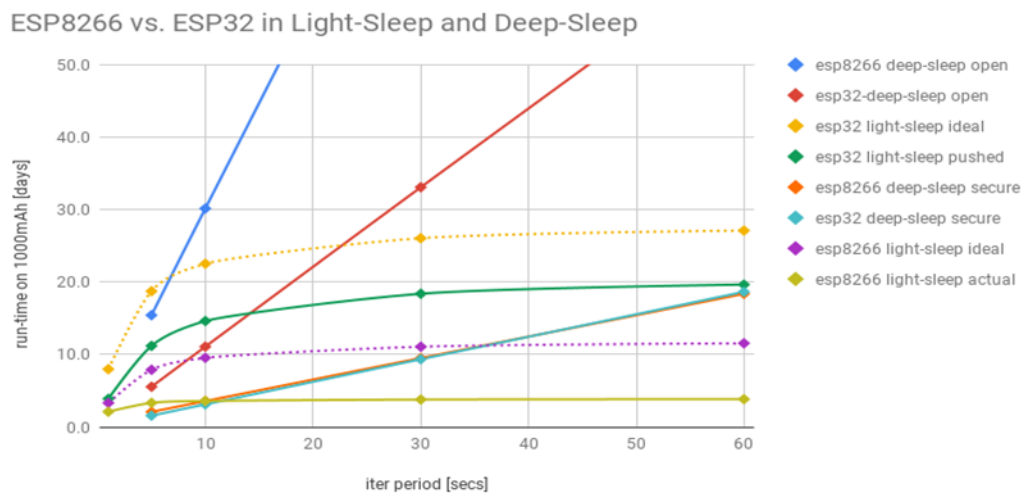
dispositivos. Por otro lado, sus servicios están disponibles en más regiones, por ende, tiene más alcance para las personas en el mundo. Por último, a pesar de que la diferencia de precio sea mínima entre las tres propuestas, para almacenamientos que requieran mayor cantidad de datos, Azure es la mejor opción. En general, considerando todos estos criterios, Azure se destaca como la mejor opción en este rubro.

### 2.1.1.2 Benchmarking de Tarjeta de desarrollo para IoT

En el contexto de la creciente importancia de la Internet de las cosas (IoT) en diversos campos, desde la agricultura hasta la automatización del hogar, la selección de la tarjeta de desarrollo adecuada desempeña un papel crucial en el éxito de los proyectos IoT. Para tomar decisiones informadas y garantizar un rendimiento óptimo, es esencial llevar a cabo un proceso de benchmarking que permita comparar diversas tarjetas de desarrollo disponibles en el mercado. Se realizará una exhaustiva comparación de cuatro tarjetas de desarrollo ampliamente utilizadas en proyectos de Internet de las cosas (IoT): el ESP32, Arduino YXT002, ESP8266 y Arduino YXA145.

**Figura 2**

*Benchmarking entre diferentes tarjetas de desarrollo IoT*



*Nota.* En esta figura se puede visualizar 8 tipos de tarjetas de desarrollo IoT comparados por periodos.

El ESP32 es una tarjeta de desarrollo altamente versátil conocida por su potente procesador dual-core que puede funcionar a velocidades de hasta 240 MHz. Ofrece una amplia gama de características, incluida la conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, lo que lo convierte en una elección popular para proyectos IoT avanzados.

Arduino YXT002 es una tarjeta de desarrollo que se destaca por su simplicidad y facilidad de uso. Está basada en un microcontrolador de bajo consumo y se utiliza comúnmente en proyectos educativos y sencillos de IoT.

El ESP8266 es una tarjeta de desarrollo que se centra en la eficiencia energética y la conectividad Wi-Fi. Aunque su rendimiento es inferior al del ESP32, es una elección popular para proyectos IoT simples y de bajo consumo.

La Arduino YXA145 es otra tarjeta de desarrollo de la plataforma Arduino. También se caracteriza por su uso sencillo y accesible, siendo adecuada para proyectos básicos de IoT.

Cada una de estas tarjetas será evaluada en función de criterios clave como el rendimiento de procesamiento, el consumo de energía, la capacidad de almacenamiento, la conectividad inalámbrica y el precio. Esta comparación integral tiene como objetivo proporcionar una visión completa de las características y capacidades de cada tarjeta.

Esquemas de medición de servicios en la nube

#### **Tabla 4**

*Criterios de medición para Tarjeta de desarrollo para IoT*

Criterios	Descripción	Peso (%)	Importancia del peso
-----------	-------------	----------	----------------------

Rendimiento de Procesamiento	El rendimiento de procesamiento es crucial porque determina la capacidad de la tarjeta para procesar datos de sensores y tomar decisiones en tiempo real. Un procesamiento rápido y eficiente permite analizar datos y responder a eventos de manera instantánea.	15%	En IoT, el rendimiento debe ser adecuado para tareas específicas y eficiente en el uso de recursos (Huang et al., 2024).
Consumo de Energía	Un consumo de energía reducido puede prolongar la vida útil de los componentes y reducir el costo de operación a largo plazo. Además, una tarjeta que consume menos energía genera menos calor, lo que puede ser importante para aplicaciones en las que el control de la temperatura es crítico.	20%	La eficiencia energética es esencial en tarjetas IoT para prolongar la vida útil de la batería o reducir la necesidad de energía constante (Fall et al., 2024).
Capacidad de Almacenamiento	Determina cuántos datos pueden almacenarse localmente antes de transmitirlos o procesarlos, esto puede ser valioso para almacenar datos de referencia o respaldos locales, lo que puede mejorar la eficiencia del sistema y reducir la necesidad de transferir grandes cantidades de datos a la nube de manera constante.	15%	Aunque limitada, aún se necesita capacidad de almacenamiento para datos temporales o aplicaciones locales (Bibi Jaffri et al., 2024).

Conectividad Inalámbrica	La elección de la conectividad inalámbrica adecuada es esencial para la comunicación de dispositivos IoT. Dependiendo de la aplicación, es posible que necesites Wi-Fi para conexiones locales de alta velocidad, Bluetooth para interacciones cercanas. La conectividad inalámbrica adecuada permite una comunicación eficaz entre dispositivos y la transferencia de datos a la nube para su análisis.	35%	Las tarjetas IoT deben ser compatibles con múltiples protocolos inalámbricos para una comunicación efectiva (Jabbar et al., 2024).
Precio	El precio de la tarjeta de desarrollo es un factor crítico, especialmente en proyectos de IoT a gran escala donde se pueden requerir múltiples dispositivos. El equilibrio entre funcionalidad y costo es esencial para maximizar el retorno de la inversión.	15%	La asequibilidad y escalabilidad son clave, permitiendo proyectos IoT de diferentes tamaños y presupuestos (Vogel et al., 2024).

*Nota.* En esta tabla se muestran los criterios seleccionados para la comparativa de tarjetas de desarrollo IoT con su respectiva descripción.

A continuación, se definen cuáles son los parámetros de medición en cada criterio de comparación

a. Rendimiento de Procesamiento: La velocidad de procesamiento se clasifica en tres niveles (baja, media y alta) para proporcionar una referencia clara y práctica que ayude a comprender y comparar el rendimiento de los procesadores de manera más sencilla.

- 1: Más de 210 MHz

- 2: Entre 170 y 210 MHz

- 3: Menos de 170 MHz

b. Consumo de Energía: Se medirá el consumo de energía en mA utilizando información técnica proporcionada por el fabricante y clasificándose como baja, media o alta en función de dichas especificaciones.

- 1: Menos de 80 mA

- 2: Entre 80 y 150 mA

- 3: Más de 150 mA

c. Capacidad de Almacenamiento: Se medirá la cantidad de memoria flash disponible en MB, permitiéndonos evaluar y gestionar eficazmente la capacidad de almacenamiento del dispositivo.

- 1: Menos de 2 MB

- 2: Entre 2 y 4 MB

- 3: Más de 4 MB

d. Conectividad Inalámbrica: La medición se basará en la tecnología disponible de Wi-Fi y/o Bluetooth del dispositivo, clasificándose en cuatro niveles, permitiendo evaluar su capacidad de conectividad inalámbrica.

- 1: No tiene conectividad inalámbrica

- 2: Cuenta solamente con Wi-Fi integrado

- 3: Cuenta solamente con Bluetooth integrado

- 4: Cuenta con Wi-Fi y Bluetooth integrado

e. Precio: Se medirá los precios en soles y se clasificará en tres niveles, facilitando la comparación.

- 1: Más de 74.29 soles

- 2: Entre 22.29 y 74.29 soles
- 3: Menos de 22.29 soles

Tecnologías adicionales que pueden brindar alternativas

**Tabla 5**

*Benchmarking teórico sobre las propuestas de tarjetas de desarrollo IoT*

Criterios	ESP32	Arduino YXT002	ESP8266	Arduino YXA145
Rendimiento de Procesamiento	Procesador dual-core a 160/240 MHz, con un rendimiento aproximado de 600 DMIPS (Espressif, 2023).	Microcontrolador de baja potencia, con una velocidad de reloj de hasta 16 MHz (Arduino, 2023).	Procesador a 80/160 MHz, con un rendimiento aproximado de 40-80 DMIPS (del Valle Hernández, 2023).	Microcontrolador de baja potencia, con una velocidad de reloj de hasta 16 MHz (Arduino, 2023).

Consumo de Energía	Varía según la configuración y la carga de trabajo, pero suele estar en el rango de 20-200 mA en funcionamiento (Espressif, 2023).	Se encuentra en el rango de 5-40 mA en funcionamiento (Arduino, 2023).	Generalmente se encuentra en el rango de 10-170 mA en funcionamiento (del Valle Hernández, 2023).	Se encuentra en el rango de 10-50 mA en funcionamiento (Arduino, 2023).
Capacidad de Almacenamiento	Tiene entre 4 y 16 MB de memoria flash, dependiendo del modelo (Espressif, 2023).	Depende de dispositivos de almacenamiento externo como tarjetas SD o memorias EEPROM (Arduino, 2023).	Suele tener entre 512 KB y 16 MB de memoria flash, dependiendo del modelo (del Valle Hernández, 2023).	Depende de dispositivos de almacenamiento externo como tarjetas SD o memorias EEPROM (Arduino, 2023).
Conectividad Inalámbrica	Wi-Fi integrado y soporte para Bluetooth clásico (Espressif, 2023).	No tiene conectividad inalámbrica incorporada, pero se puede agregar con módulos	Wi-Fi integrado (del Valle Hernández, 2023).	No tiene conectividad inalámbrica incorporada, pero se puede agregar con módulos externos

		externos (Arduino, 2023).		(Arduino, 2023).
Precio	Suele costar 68.50 soles aproximadamente (Espressif, 2023).	Suele costar 140 soles aproximadamente (Arduino, 2023).	Suele costar 62.90 soles aproximadamente (del Valle Hernández, 2023).	Suele costar 125 soles aproximadamente (Arduino, 2023).

*Nota.* En la tabla se muestran las características de cada tarjeta de desarrollo IoT según el criterio.

**Tabla 6**

*Benchmarking con parámetros sobre las propuestas de tarjetas de desarrollo IoT*

Criterios	ESP32	Arduino YXT002	ESP8266	Arduino YXA145	Peso (%)
Rendimiento de Procesamiento	2	1	1	1	15%
Consumo de Energía	3	1	2	1	20%
Capacidad de Almacenamiento	3	1	2	1	15%
Conectividad Inalámbrica	4	1	2	1	35%
Precio	2	3	2	3	15%

TOTAL	3.05	1.3	1.85	1.3	100%
-------	------	-----	------	-----	------

*Nota.* En la tabla se muestran los resultados de los parámetros en cada tarjeta de desarrollo IoT según el criterio.

### Conclusiones del Análisis

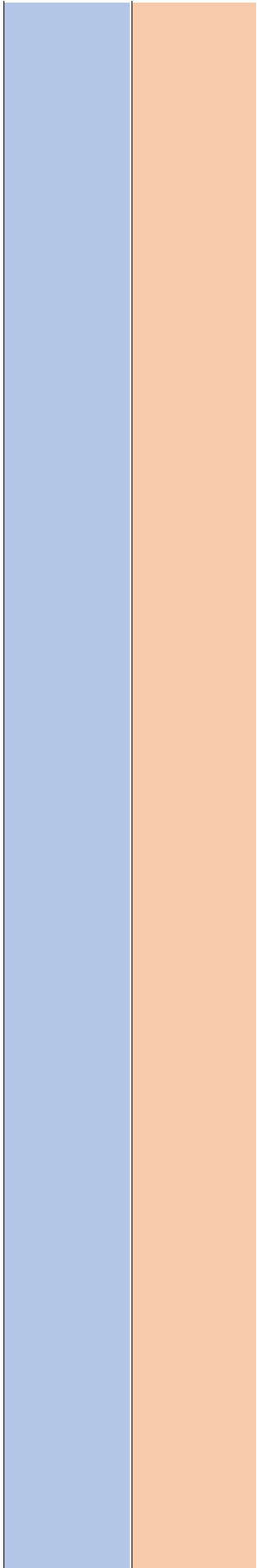
En conclusión, el ESP32 destaca por su alto rendimiento y conectividad inalámbrica incorporada, mientras que el ESP8266 ofrece un buen equilibrio entre rendimiento y eficiencia energética. Por otro lado, los modelos de Arduino son opciones más asequibles, ideales para proyectos simples, pero requieren módulos externos para conectividad inalámbrica. Por ello, el ESP32 es la elección más sólida entre los dispositivos comparados. Su potente procesamiento, conectividad inalámbrica integrada y opciones de almacenamiento lo convierten en una opción versátil y poderosa para una amplia gama de proyectos.

#### 2.1.2 Product Backlog

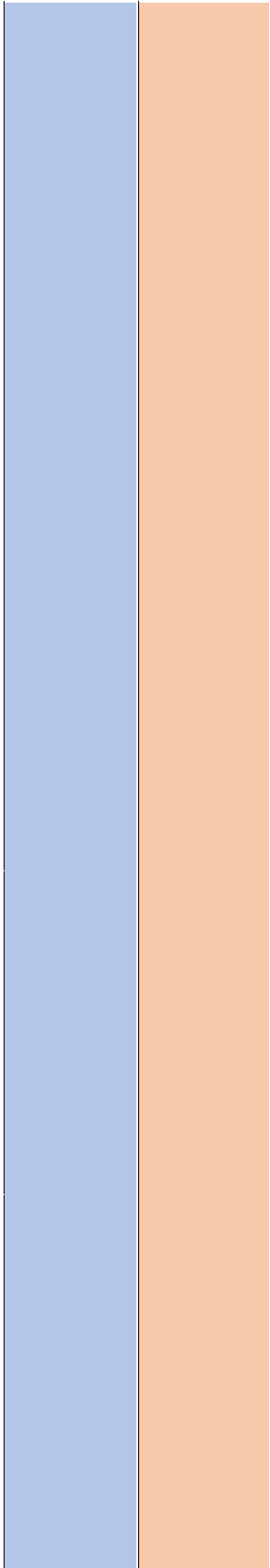
**Tabla 7**

*Listado de historias de usuario*

Usuario	Tipo	Modulo	Probad o	Código	Descripción
Agricultor	Funcional	Gestión de usuarios	Validad o	HU-01	Como usuario agricultor, quiero iniciar sesión para acceder al sistema.
			Validad o	HU-02	Como usuario agricultor, quiero crear una cuenta nueva para otorgarle acceso a un nuevo personal.



Validad o	HU-03	Como usuario agricultor, quiero cerrar la sesión de mi cuenta para mantener seguro mis datos.
Validad o	HU-04	Como usuario agricultor, quiero modificar mi contraseña para mantener mi cuenta segura.
Validad o	HU-05	Como usuario agricultor, quiero visualizar mi información personal para confirmar que los datos estén correctos.
Validad o	HU-06	Como usuario agricultor, quiero modificar mi información personal para mantener actualizados mis datos.
Validad o	HU-07	Como usuario agricultor, quiero eliminar una



		cuenta para no tener cuentas innecesarias.
Validad o	HU-08	Como usuario agricultor, quiero mirar todas las cuentas existentes para tener una mejor gestión de cuentas.
Validad o	HU-09	Como usuario agricultor, quiero modificar los roles para restringir el acceso de los usuarios.
Validad o	HU-10	Como usuario agricultor, quiero modificar el rol de los usuarios para actualizar sus permisos.
Validad o	HU-11	Como usuario agricultor, quiero modificar el celular de los usuarios para tenerlo actualizado.

			Validad o	HU-12	Como usuario agricultor, quiero modificar la contraseña de los usuarios para que puedan acceder en caso se les olvide.
			Validad o	HU-13	Como usuario agricultor, quiero forzar el cierre de sesión de los usuarios para ayudarlos en caso se les cuelgue el aplicativo.
			Validad o	HU-14	Como usuario agricultor, quiero transferir usuarios para no perder su información y pasarlo a otra cuenta.
			Validad o	HU-15	Como usuario agricultor, quiero suspender cuentas para evitar que inicien sesión.
			Validad o	HU-16	Como usuario agricultor, quiero eliminar cuentas para evitar que

			vuelvan a acceder al sistema.
Menú	Validad o	HU-17	Como usuario agricultor, quiero utilizar el menú para poder visualizar todas las funcionalidades del sistema.
Temperatura	Validad o	HU-18	Como usuario agricultor, quiero visualizar la temperatura en tiempo real para estar informado.
	Validad o	HU-19	Como usuario agricultor, quiero visualizar el historial de la temperatura obtenida para poder identificar los patrones climáticos de forma constante.
Humedad	Validad o	HU-20	Como usuario agricultor, quiero visualizar la humedad en

			tiempo real para estar informado.
	Validad o	HU-21	Como usuario agricultor, quiero visualizar el historial de la humedad obtenida para poder identificar las características del suelo de forma constante.
Válvula de agua	Validad o	HU-22	Como usuario agricultor, quiero encender la válvula de agua para poder controlarlo en caso sea necesario.
	Validad o	HU-23	Como usuario agricultor, quiero apagar la válvula de agua para poder controlarlo en caso sea necesario.
Reportes	Validad o	HU-24	Como usuario agricultor, quiero visualizar en qué fecha se obtuvo el valor más alto de temperatura de los

		datos existentes para obtener una mejor toma de decisiones.
Validad o	HU-25	Como usuario agricultor, quiero visualizar en qué fecha se obtuvo el valor más alto de humedad de los datos existentes para obtener una mejor toma de decisiones.
Validad o	HU-26	Como usuario agricultor, quiero visualizar el promedio de temperatura por día para obtener una mejor toma de decisiones.
Validad o	HU-27	Como usuario agricultor, quiero visualizar el promedio de humedad por día para obtener una mejor toma de decisiones.

		Soporte	Validad o	HU-28	Como usuario agricultor, quiero tener acceso a una guía para poder utilizar el sistema de forma óptima.
			Validad o	HU-29	Como usuario agricultor, quiero poder reiniciar el sistema para tener un plan de contingencia.
	No Funcional	Funciones internas	Validad o	HU-30	Como usuario agricultor, quiero que el sistema esté disponible las 24 horas del día para poder acceder a él en cualquier momento.
			Validad o	HU-31	Como usuario agricultor, quiero que el sistema administre los sensores para monitorear la temperatura, humedad y nivel del agua.

		Validad o	HU-32	Como usuario agricultor, quiero que el sistema administre la válvula de agua para poder abrirlo y cerrarlo.
		Validad o	HU-33	Como usuario agricultor, quiero que el sistema determine cuándo y cuánto tiempo se debe abrir la válvula de agua para optimizar su uso y promover un crecimiento saludable de las papas.
		Validad o	HU-34	Como usuario agricultor, quiero que el sistema utilice los datos de los sensores para realizar los cálculos necesarios.
		Validad o	HU-35	Como usuario agricultor, quiero que el sistema tenga un interfaz

				amigable para poder utilizarlo sin complicaciones.
--	--	--	--	--

*Nota.* En la tabla se muestran las historias de usuario funcionales y no funcionales.

### 2.1.3 Especificación de Historias de Usuario

#### **Tabla 8**

*Criterios de aceptación de las historias de usuario*

Enunciado de la Historia		Criterios de Aceptación			
Identificador (ID) de la Historia	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado

HU000 1	1	Inicio de Sesión exitoso.	En caso de que el usuario se encuentre en la pantalla a "Acceso".	Cuando ingrese correctamente sus credenciales de acceso en los campos de [Email], [Contraseña] y presione el botón "Acceso".	El sistema le permitirá ingresar.
	2	Inicio de Sesión no exitoso por correo incorrecto	En caso de que el usuario se encuentre en la pantalla a "Acceso".	Cuando no ingrese correctamente sus credenciales de acceso en el campo [Email] y presione el botón "Acceso".	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el mensaje "Either email or password is incorrect. Please double-check and try again".

	3	Inicio de Sesión no exitoso por contraseña incorrecta.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a "Acceso".	Cuando no ingrese correctamente sus credenciales de acceso en el campo [Contraseña] y presione el botón "Acceso".	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el mensaje "Either email or password is incorrect. Please double-check and try again".
	4	Inicio de Sesión no exitoso por correo y contraseña incorrecta.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a "Acceso".	Cuando no ingrese correctamente las credenciales de acceso en uno de los campos de [Email] y [Contraseña], y presione el botón "Acceso".	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el mensaje "Either email or password is incorrect. Please double-check and try again".

	5	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto el correo.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a “Acceso”.	Cuando no ingrese sus credenciales de acceso en el campo de [Email] y presione el botón “Acceso”.	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el mensaje “Email no puede estar vacía”.
	6	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto la contraseña.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a “Acceso”.	Cuando no ingrese sus credenciales de acceso en el campo de [Contraseña] y presione el botón “Acceso”.	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el mensaje “La contraseña no puede estar vacía”.
	7	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto el correo y contraseña.	En caso de que el usuario o se	Cuando no ingrese sus credenciales de acceso en	El sistema no le permitirá ingresar y se mostrará el

			encuentre en la pantalla a "Acceso".	los campos de [Email] y [Password] y presione el botón "Acceso".	mensaje "Email no puede estar vacía".
HU0002	1	Creación de cuenta exitosa.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.	Cuando presione a la sección "User" e ingrese los datos correspondientes en las casillas de [Email], [Nombre] y [Role] presione el botón check.	El sistema registrará correctamente la cuenta en la base de datos.
	2	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el correo.	En caso de que el usuario se encuentra	Cuando presione a la sección "User" y no complete en la	El sistema no registrará la cuenta y mostrará el mensaje "Ingrese el

			tra en el menú del sistema.	casilla de [Email] y presione el botón check.	correo electrónico del usuario”.
	3	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el nombre.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.	Cuando presione a la sección "User" y no complete en la casilla de [Nombre] y presione el botón check.	El sistema no registrará la cuenta y mostrará el mensaje “Introduzca su nombre de usuario”.
	4	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el correo y nombre.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.	Cuando presione a la sección "User" y no complete los datos correspondientes en las casillas de [Email] y [Nombre]	El sistema no registrará la cuenta y mostrará los mensajes “Ingrese el correo electrónico del usuario” y “Introduzca

				, y presione el botón check.	a su nombre de usuario”.
	5	Creación de cuenta no exitoso por correo no valido.	En caso de que el usuario o se encuentre en el menú del sistema.	Cuando presione a la sección "User" e ingrese los datos "djsfdfj" en la casilla de [Email] y presione el botón check.	El sistema no registrará la cuenta y mostrará el mensaje “Error_Email no válida”.
HU0003	1	Cierre de sesión exitoso.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla “Principal”.	Cuando se desplace hasta la opción de “Log out” y presione el mismo botón.	El sistema cerrará la sesión del usuario y se le redireccionará a la pantalla de “Iniciar Sesión”.

HU000 4	1	Modificación de contraseña exitosa.	En caso de que el usuario se encuentre en la pantalla "Establecer nueva contraseña".	Cuando ingrese correctamente sus credenciales de acceso en los campos de [Contraseña actual], [Nueva contraseña] y presione el botón con un check.	El sistema permitirá modificar su contraseña y mostrará el mensaje "¡Tu nueva contraseña está configurada!".
	2	Modificación de contraseña no exitosa por no completar el campo contraseña actual.	En caso de que el usuario se encuentre en la pantalla "Establecer nueva contraseña".	Cuando no complete en el campo de [Contraseña actual] y presione el botón con un check.	El sistema no permitirá modificar su contraseña y se mostrará el mensaje "Introducir la

			lecer nueva contraseña".		contraseña actual".
	3	Modificación de contraseña no exitosa por contraseña actual incorrecta.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a "Establecer nueva contraseña".	Cuando ingrese incorrectamente sus credenciales de acceso en los campos de [Contraseña actual] y presione el botón con un check.	El sistema no permitirá modificar su contraseña y se mostrará el mensaje "No coincide con la contraseña actual".
	4	Modificación de contraseña no exitosa por no completar el campo nueva contraseña.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla a "Establecer nueva contraseña".	Cuando no complete el campo de [Nueva contraseña] y presione el botón con un check.	El sistema no permitirá modificar su contraseña y se mostrará el mensaje "Ingrese nueva contraseña".

			lecer nueva contraseña".		contraseña".
	5	Modificación de contraseña no exitosa por contener menos de 8 caracteres.	En caso de que el usuario se encuentre en la pantalla "Establecer nueva contraseña".	Cuando complete el campo [Nueva contraseña] con menos de 8 caracteres y presione el botón con un check.	El sistema no permitirá modificar su contraseña y se mostrará el mensaje "La contraseña debe ser al menos 8 símbolos de largo"
HU0005	1	Visualizar la información personal.	En caso de que el usuario se encuentre en el menú.	Cuando ingrese a la opción "Mi Perfil".	El sistema permitirá visualizar su información personal.

HU000 6	1	Modificación de información personal exitosa.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla "Mi Perfil".	Cuando ingrese correctamente el campo [Nombre] y presione el botón "Check".	El sistema permitirá el modificar la información personal del usuario.
	2	Modificación de información personal no exitosa por no completar el campo nombre.	En caso de que el usuario o se encuentre en la pantalla "Mi Perfil".	Cuando no complete el campo [Nombre] y presione el botón "Check".	El sistema no permitirá el modificar la información personal del usuario y se mostrará el mensaje "Esta información es necesaria".

<p>HU000 7</p>	<p>1</p>	<p>El sistema elimina una cuenta de la base de datos.</p>	<p>En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.</p>	<p>Cuando entre al apartado de “Mi perfil”, entre a la sección Borrar cuenta, ingresar la contraseña actual y presione el botón “Borrar cuenta”</p>	<p>El sistema eliminará la cuenta de la base de datos.</p>
	<p>2</p>	<p>Eliminación de cuenta fallida por contraseña incorrecta.</p>	<p>En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.</p>	<p>Cuando entre al apartado de “Mi perfil”, entre a la sección Borrar cuenta, ingresa la contraseña de manera incorrecta y presione</p>	<p>El sistema no permitirá eliminar la cuenta de la base de datos.</p>

				el botón “Borrar cuenta”	
HU000 8	1	Visualizar cuentas registradas.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	Cuando entre en la sección “D.I.T.A” y seleccion a la ventana miembro.	El sistema le permitirá ver la lista de cuentas existentes.
HU000 9	1	Modificación de roles exitosa.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	Cuando entre en la sección “Users”, le dé clic al icono de la tuerca y entre a “Roles and permissio ns”.	El sistema permitirá modificar los permisos de los roles y aparecerá el mensaje "Permissio ns updated.

HU0010	1	Modificación de roles en los usuarios exitosa.	En caso de que el usuario o se encuentra en el menú del sistema.	Cuando entre en la sección "Users", dé clic a los 3 puntos, entre a "Edit" y selecciona el rol.	El sistema permitirá modificar los roles de los usuarios y aparecerá el mensaje "Change saved".
HU0011	1	Modificación de teléfono exitosa.	En caso de que el usuario o se encuentra en el menú del sistema.	Cuando entre en la sección "Users", dé clic a los 3 puntos, entre a "Edit", selecciona el país "Perú" e ingrese "992567336".	El sistema permitirá modificar el celular y aparecerá el mensaje "Change saved".
	2	Modificación de teléfono fallido por número inválido.	En caso de que el	Cuando entre en la sección "Users",	El sistema no permitirá modificar

			usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	dé clic a los 3 puntos, entre a “Edit” y deje vació el campo.	el celular y mostrará el mensaje "Invalid phone format".
HU001 2	1	Modificación de contraseña de usuario exitosa.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos, entre a “Change Password ” e ingrese "Abc1234 56".	El sistema permitirá cambiar la contraseña del usuario selecciona do y aparece el mensaje "Password has been successfull y changed".
	2	Modificación de contraseña de usuario fallido por campo incompleto.	En caso de que el usuari o se encuen tra en	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos, entre a	El sistema no permitirá cambiar la contraseña del usuario selecciona do y

			el menú del sistema.	“Change Password” y no completa el campo [New password].	mostrará el mensaje "Field is required".
	3	Modificación de contraseña de usuario fallido por contener menos de 8 caracteres.	En caso de que el usuario o se encuentra en el menú del sistema.	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos, entre a “Change Password” y completa el campo [New password] con menos de 8 caracteres.	El sistema no permitirá cambiar la contraseña del usuario seleccionado y mostrará el mensaje "A password must contain at least 8 characters".
HU0013	1	Cierre de sesión forzada exitosa.	En caso de que el	Cuando entre en la sección “Users”,	El sistema permitirá forzar el cierre de

			usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	dé clic a los 3 puntos y le dé clic a “Force Logout”.	sesión al usuario selecciona do y mostrará el mensaje ""correo" user was logged out".
HU001 4	1	Trasferencia de usuario exitosa.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú del sistem a.	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos y le entre a “Transfer User”.	El sistema permitirá transferir el usuario selecciona do a otra organizaci ón.
HU001 5	1	Suspensión de cuenta exitosa.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos y le entre a	El sistema permitirá suspender el usuario selecciona do y su estado cambia a

			menú del sistema.	“Suspend User”.	"Suspend".
HU001 6	1	Eliminación de cuenta exitosa.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú del sistema.	Cuando entre en la sección “Users”, dé clic a los 3 puntos y le entre a “Delete”.	El sistema permitirá eliminar el usuario seleccionado.
HU001 7	1	Abrir el menú	En caso de que el usuario ingresa al sistema.	Cuando seleccione el icono del menú.	El sistema abrirá el menú.
	2	Cerrar el menú	En caso de que el usuario	Cuando seleccione el icono del menú.	El sistema cerrará el menú.

			o ingres a al sistem a.		
HU001 8	1	Visualizar temperatura en tiempo real	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú.	Cuando presione el botón “Tempera tura”.	El sistema mostrará la informació n obtenida del sensor de temperatur a en tiempo real.
HU001 9	1	Visualizar historial temperatura.	En caso de que el usuari o se encuen tra en el menú e ingres e en el aparta do de “Repo rtes”.	Cuando presione el botón “Reporte temperatu ra”.	El sistema mostrará el historial de temperatur a con la posibilidad de elegir entre 30m, 1h, 3h, 6h, 12h, 1d y 1sm.

HU0020	1	Visualizar humedad en tiempo real	En caso de que el usuario se encuentra en el menú.	Cuando presione el botón "Humedad".	El sistema mostrará la información obtenida del sensor de humedad en tiempo real.
HU0021	1	Visualizar historial humedad.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de "Reportes".	Cuando presione el botón "Reporte humedad".	El sistema mostrará el historial de humedad con la posibilidad de elegir entre 30m, 1h, 3h, 6h, 12h, 1d y 1sm.
HU0022	1	Abrir válvula de agua manualmente	En caso de que el usuario	Cuando presione el botón "Abrir".	El sistema mandará la acción para abrir de manera

			o se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de “Válvula de agua”.		remota la válvula de agua y el botón cambiará a color Azul.
HU002 3	1	Cerrar válvula de agua manualmente	En caso de que el usuario se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de “Válvula de agua”.	Cuando presione el botón “Cerrar”.	El sistema mandará la acción para cerrar de manera remota la válvula de agua y el botón cambiará a color Blanco.

<p>HU002 4</p>	<p>1</p>	<p>Visualizar la fecha con mayor temperatura.</p>	<p>En caso de que el usuario o se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de “Reportes”.</p>	<p>Cuando presione el botón “Reporte temperatura” y seleccione la opción expandir.</p>	<p>El sistema mostrará el reporte de la fecha con mayor temperatura con la posibilidad de elegir entre 30m, 1h, 3h, 6h, 12h, 1d y 1sm.</p>
<p>HU002 5</p>	<p>1</p>	<p>Visualizar la fecha con mayor humedad.</p>	<p>En caso de que el usuario o se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de</p>	<p>Cuando presione el botón “Reporte humedad” y seleccione la opción expandir.</p>	<p>El sistema mostrará el reporte de la fecha con mayor humedad con la posibilidad de elegir entre 30m, 1h, 3h, 6h, 12h, 1d y 1sm.</p>

			“Reportes”.		
HU002 6	1	Visualizar el promedio de temperatura.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú e ingrese en el apartado de “Reportes”.	Cuando presione el botón “Promedio de temperatura”.	El sistema mostrará el promedio de temperatura con la posibilidad de elegir entre 6h, 12h, 1d y 1sm.
HU002 7	1	Visualizar el promedio de humedad.	En caso de que el usuario se encuentra en el menú e ingrese	Cuando presione el botón “Promedio de humedad”.	El sistema mostrará el promedio de humedad con la posibilidad de elegir entre 6h, 12h, 1d y 1sm.

			e en el apartado de “Reportes”.		
HU0028	1	Visualizar la guía del sistema.	En caso de que el usuario se encuentre en el menú.	Cuando ingrese en el apartado “Soporte”.	El sistema mostrará un apartado en donde se encuentra la guía e información de soporte.
HU0029	1	Reinicio del sistema.	En caso de que el usuario se encuentre en el menú.	Cuando seleccione la opción “Reboot”.	El sistema se reiniciará.
HU0030	1	El sistema está disponible las 24 horas del día.	En caso de que el sistema está	Cuando los usuarios quieran utilizarla.	El sistema permitirá el acceso.

			alojado en un servidor.		
HU003 1	1	El sistema administra los sensores de la plataforma de riego para monitorear la temperatura, humedad y nivel de agua.	En caso de que el sistema está conectado con los sensores.	Cuando los sensores obtengan datos en tiempo real.	El sistema lo enviará a la base de datos para los monitoreos y cálculos.
HU003 2	1	El sistema administra la válvula de agua.	En caso de que el sistema esté conectado con la válvula de agua.	Cuando se requiera abrirla o cerrar.	El sistema enviará un requerimiento por un código para realizar la acción correspondiente.

<p>HU003 3</p>	<p>1</p>	<p>El sistema determina en qué momento activar la válvula de agua y lo cierra automáticamente.</p>	<p>En caso de que el sistema a obtenga los datos de los sensores.</p>	<p>Cuando el algoritmo de machine learning analice los datos y detecte que el cultivo de papa necesita regarse.</p>	<p>El sistema realizará un cálculo para determinar el tiempo necesario que debe mantener abierto la válvula y enviará una acción a la válvula para que se encienda según el tiempo calculado y lo cierre automáticamente.</p>
<p>HU003 4</p>	<p>1</p>	<p>El sistema administra los datos obtenidos.</p>	<p>En caso de que el usuario requiera inform</p>	<p>Cuando se obtenga los datos de los sensores.</p>	<p>El sistema mostrará reportes en tiempo real y los promedios en un cierto</p>

			acción detallada.		rango de fechas.
HU0035	1	El sistema contiene una interfaz amigable.	En caso de que el usuario inicia sesión.	Cuando ingrese al sistema.	El sistema mostrará todas las funcionalidades de una forma sencilla de usar.

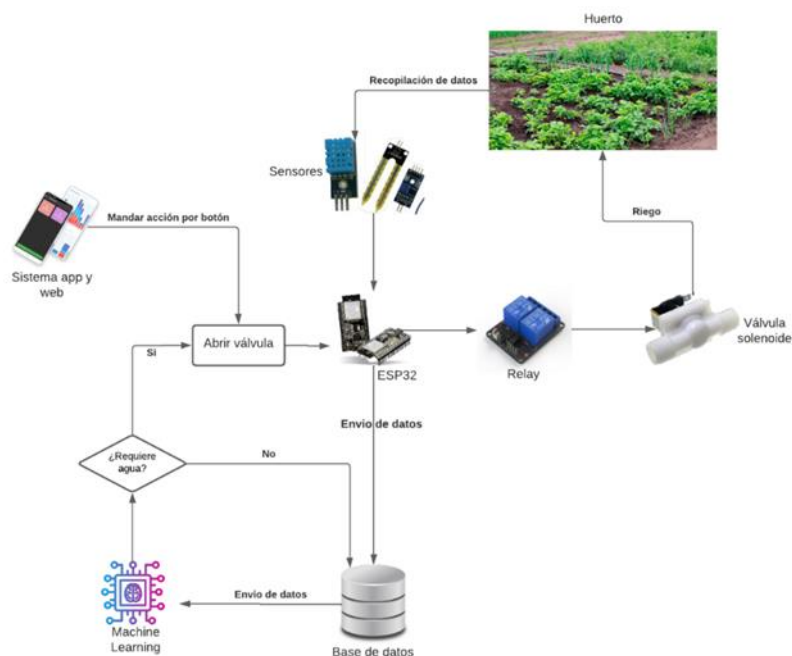
*Nota.* En la tabla se visualiza las especificaciones de las historias de usuario.

## 2.2 Diseño

### 2.2.1 Diseño de Arquitectura Lógica y Física

#### Figura 3

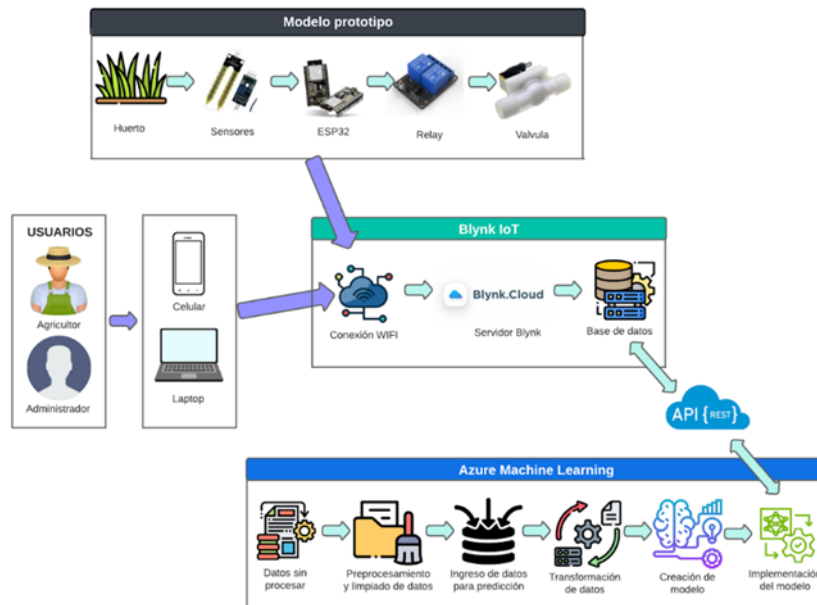
##### *Arquitectura Física*



*Nota.* En la figura se visualiza el proceso de cómo funciona el sistema de riego automático en los cultivos de papas.

## Figura 4

### *Arquitectura Lógica*



*Nota.* En la figura se visualiza la arquitectura lógica del sistema de riego, en donde se presenta los servicios utilizados para el funcionamiento y despliegue de esta.

### 2.2.2 Diseño de Mockups

Móvil:

## Figura 5

### *Inicio de Sesión en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del módulo de inicio de sesión del sistema al acceder en un dispositivo móvil.

### **Figura 6**

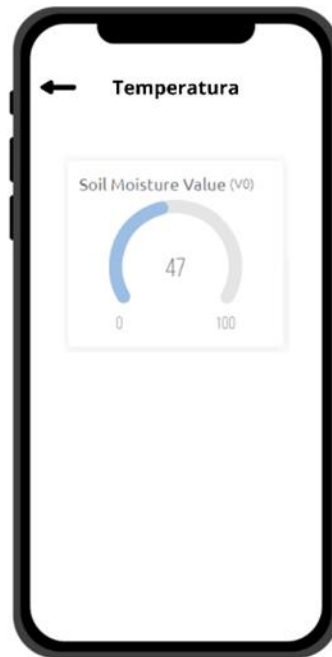
*Menú del sistema en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del menú del sistema al acceder en un dispositivo móvil.

### **Figura 7**

*Temperatura en tiempo real en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza la temperatura obtenida del sensor en tiempo real al acceder en un dispositivo móvil.

**Figura 8**

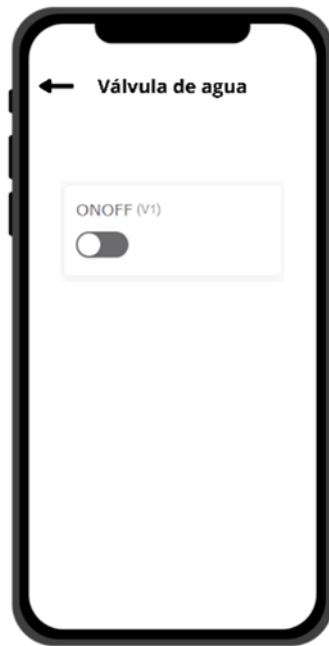
*Humedad en tiempo real en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza la humedad obtenida del sensor en tiempo real al acceder en un dispositivo móvil.

**Figura 9**

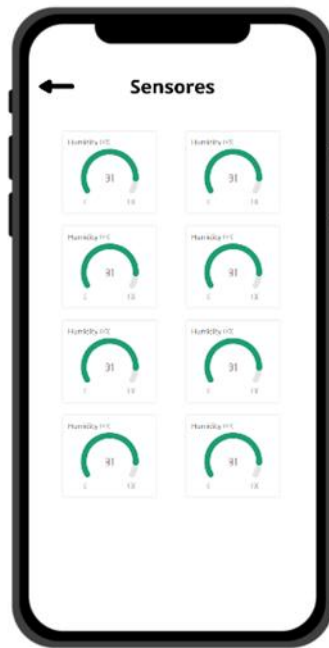
*Control manual de la válvula de agua en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del control manual de la válvula de agua al acceder en un dispositivo móvil.

**Figura 10**

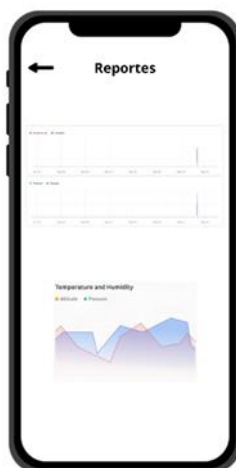
*Sensores de humedad de la tierra en tiempo real en versión móvil*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza los datos obtenidos de los sensores de humedad de la tierra en tiempo real al acceder en un dispositivo móvil.

### **Figura 11**

*Reportes en versión móvil*

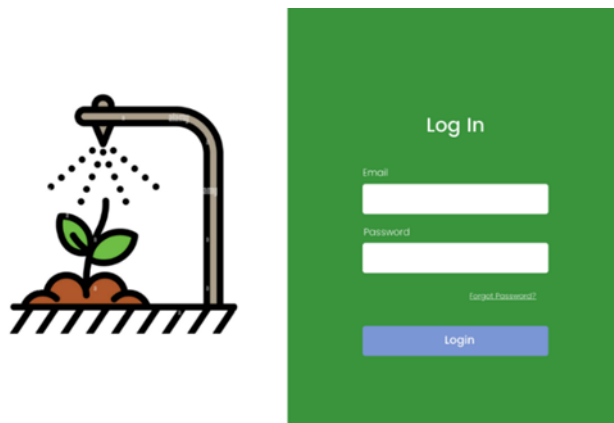


*Nota.* En la figura se muestra el mockup del módulo de los reportes al acceder en un dispositivo móvil.

- Web

## Figura 12

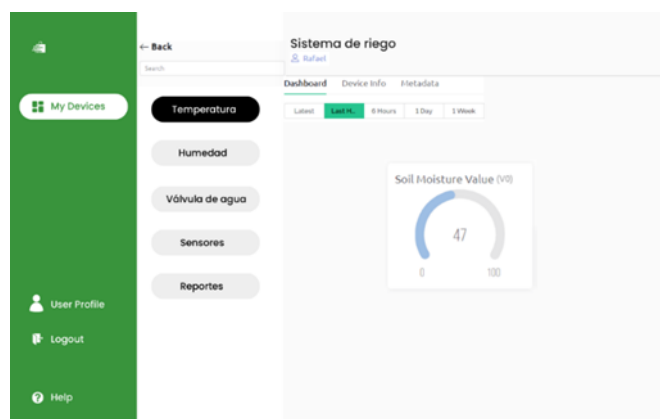
*Inicio de Sesión en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del módulo de inicio de sesión del sistema al acceder en web.

## Figura 13

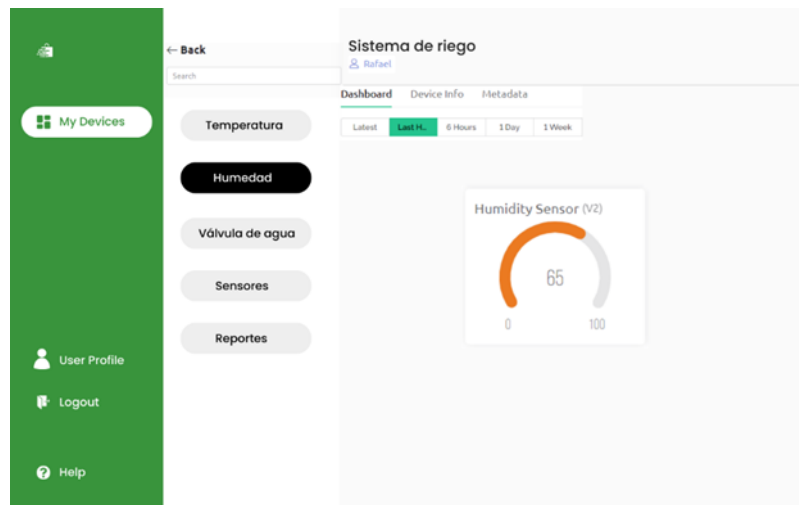
*Temperatura en tiempo real en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza la temperatura obtenida del sensor en tiempo real al acceder en web.

## Figura 14

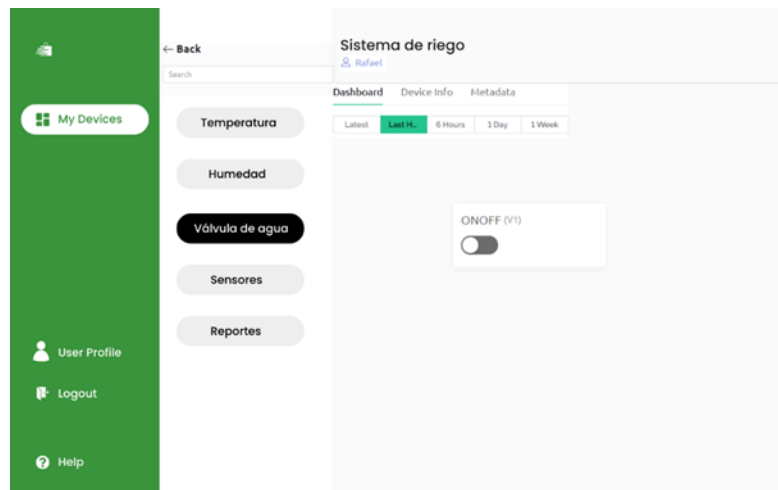
*Humedad en tiempo real en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza la humedad obtenida del sensor en tiempo real al acceder en web.

## Figura 15

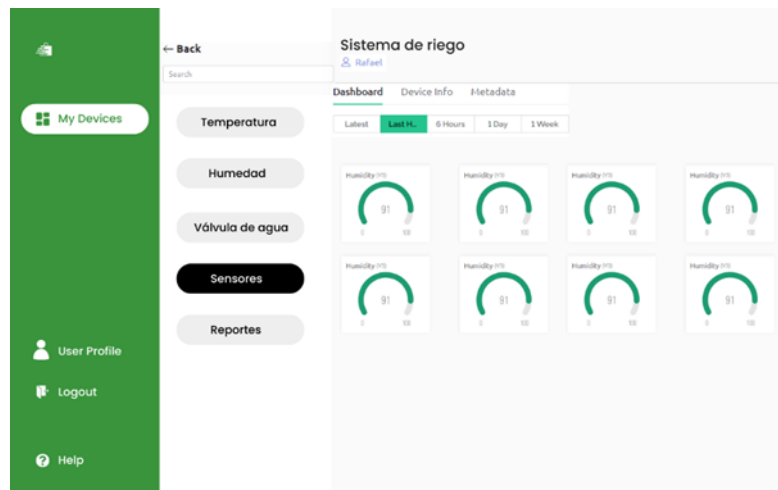
*Control manual de la válvula de agua en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del control manual de la válvula de agua al acceder en web.

## Figura 16

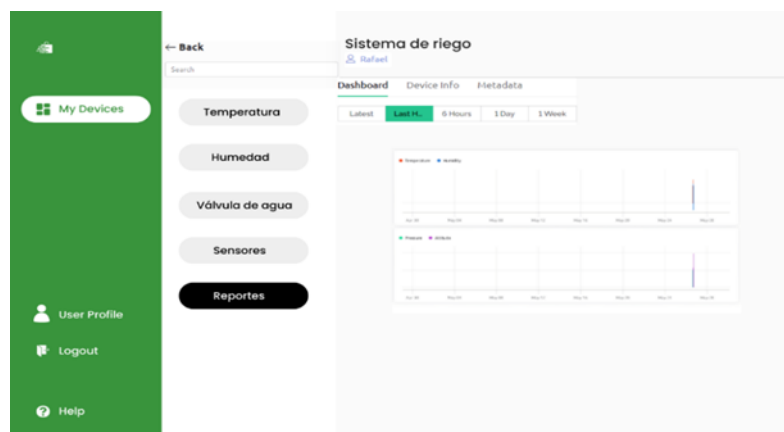
*Sensores de humedad de la tierra en tiempo real en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup en donde se visualiza los datos obtenidos de los sensores de humedad de la tierra en tiempo real al acceder en web.

**Figura 17**

*Reportes en versión web*



*Nota.* En la figura se muestra el mockup del módulo de los reportes al acceder en web.

## 2.3 Desarrollo

### 2.3.1 Plan de Pruebas

**Tabla 9***Lista de casos de prueba*

LISTADO DE CASOS DE PRUEBA				
Casos de Prueba	Descripción del Caso de Prueba	Identificador (ID) de la Historia (*)	Número (#) de Escenario (*)	Criterio de Aceptación (Título) (*)
CP001	Sesión iniciada con éxito.	HU0001	1	Inicio de Sesión exitoso.
CP002	No se pudo iniciar sesión debido a un correo incorrecto.	HU0001	2	Inicio de Sesión no exitoso por correo incorrecto.
CP003	No se pudo iniciar sesión debido a una contraseña incorrecta.	HU0001	3	Inicio de Sesión no exitoso por contraseña incorrecta.
CP004	No se pudo iniciar sesión debido a un correo y contraseña incorrectos.	HU0001	4	Inicio de Sesión no exitoso por correo y contraseña incorrecta.
CP005	No se pudo iniciar sesión porque el correo no se completó.	HU0001	5	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto el correo.
CP006	No se pudo iniciar sesión porque la contraseña no se completó.	HU0001	6	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto la contraseña.
CP007	No se pudo iniciar sesión porque ni el correo ni la contraseña se completaron.	HU0001	7	Inicio de Sesión no exitoso por dejar incompleto el correo y contraseña.
CP008	Cuenta creada con éxito.	HU0002	1	Creación de cuenta exitosa.
CP009	No se pudo crear la cuenta porque el correo no se completó.	HU0002	2	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el correo.
CP010	No se pudo crear la cuenta porque el nombre no se completó.	HU0002	3	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el nombre.
CP011	No se pudo crear la cuenta porque ni el correo ni el nombre se completaron.	HU0002	4	Creación de cuenta no exitoso por dejar incompleto el correo y nombre.

CP012	No se pudo crear la cuenta debido a que el correo ingresado no es válido.	HU0002	5	Creación de cuenta no exitoso por correo no valido.
CP013	Sesión cerrada con éxito.	HU0003	1	Cierre de sesión exitoso.
CP014	Contraseña modificada con éxito.	HU0004	1	Modificación de contraseña exitosa.
CP015	No se pudo modificar la contraseña porque el campo de contraseña actual no se completó.	HU0004	2	Modificación de contraseña no exitosa por no completar el campo contraseña actual.
CP016	No se pudo modificar la contraseña porque la contraseña actual es incorrecta.	HU0004	3	Modificación de contraseña no exitosa por contraseña actual incorrecta.
CP017	No se pudo modificar la contraseña porque el campo de nueva contraseña no se completó.	HU0004	4	Modificación de contraseña no exitosa por no completar el campo nueva contraseña.
CP018	No se pudo modificar la contraseña porque la nueva contraseña debe tener al menos 8 caracteres.	HU0004	5	Modificación de contraseña no exitosa por contener menos de 8 caracteres.
CP019	Mostrar información personal.	HU0005	1	Visualizar la informacion personal.
CP020	Información personal modificada con éxito.	HU0006	1	Modificacion de informacion personal exitosa.
CP021	No se pudo modificar la información personal porque el campo de nombre no se completó.	HU0006	2	Modificacion de informacion personal no exitosa por no completar el campo nombre.
CP022	Eliminar cuenta de usuario.	HU0007	1	Eliminar mi cuenta de usuario.
CP023	Eliminar cuenta de usuario fallida por contraseña incorrecta.	HU0007	2	Eliminar mi cuenta de usuario fallida por contraseña incorrecta.
CP024	Mostrar cuentas registradas.	HU0008	1	Visualizar cuentas registradas.
CP025	Roles modificados con éxito.	HU0009	1	Modificacion de roles exitosa.
CP026	Roles de los usuarios modificados con éxito.	HU0010	1	Modificacion de roles en los usuarios exitosa.
CP027	Modificación de teléfono exitosa.	HU0011	1	Modificacion de telefono exitosa.

CP028	Modificación de teléfono fallido por número inválido.	HU0011	2	Modificacion de telefono fallido por número invalido.
CP029	Modificación de contraseña de usuario exitosa.	HU0012	1	Modificación de contraseña de usuario exitosa.
CP030	Modificación de contraseña de usuario fallido por campo incompleto.	HU0012	2	Modificación de contraseña de usuario fallido por campo incompleto.
CP031	Modificación de contraseña de usuario fallido por contener menos de 9 caracteres.	HU0012	3	Modificación de contraseña de usuario fallido por contener menos de 9 caracteres.
CP032	Cierre de sesión forzada exitosa.	HU0013	1	Cierre de sesión forzada exitosa.
CP033	Transferencia de usuario exitosa.	HU0014	1	Tranferencia de usuario exitosa.
CP034	Suspensión de cuenta exitosa.	HU0015	1	Suspensión de cuenta exitosa.
CP035	Eliminación de cuenta exitosa.	HU0016	1	Eliminación de cuenta exitosa.
CP036	Abrir el menú.	HU0017	1	Abrir el menú
CP037	Cerrar el menú.	HU0017	1	Cerrar el menú
CP038	Mostrar temperatura en tiempo real.	HU0018	1	Visualizar temperatura en tiempo real
CP039	Mostrar historial de temperatura.	HU0019	1	Visualizar historial temperatura.
CP040	Mostrar humedad en tiempo real.	HU0020	1	Visualizar humedad en tiempo real
CP041	Mostrar historial de humedad.	HU0021	1	Visualizar historial humedad.
CP042	Abrir válvula de agua manualmente.	HU0022	1	Abrir válvula de agua manualmente
CP043	Cerrar válvula de agua manualmente.	HU0023	1	Cerrar válvula de agua manualmente
CP044	Mostrar la fecha con mayor temperatura.	HU0024	1	Visualizar la fecha con mayor temperatura.
CP045	Mostrar la fecha con mayor humedad.	HU0025	1	Visualizar la fecha con mayor humedad.
CP046	Mostrar el promedio de temperatura.	HU0026	1	Visualizar el promedio de temperatura.
CP047	Mostrar el promedio de humedad.	HU0027	1	Visualizar el promedio de humedad.
CP048	Mostrar la guía del sistema.	HU0028	1	Visualizar la guía del sistema.
CP049	Reiniciar el sistema.	HU0029	1	Reinicio del sistema.

*Nota.* Esta tabla se muestra el listado de los casos de pruebas con su respectivo identificador de historia de usuario y escenarios.



### 2.3.2 Reporte de Ejecución de Plan de Pruebas

Se realizó la ejecución de los casos de pruebas mediante los Quality Control asignados, dando como resultado los siguientes datos en la Tabla 10:

**Tabla 10**

*Lista de casos de prueba*

Cantidad de Casos de Pruebas	49
Casos de Prueba Conformes	49
Casos de Prueba Fallidos	0

*Nota.* Esta tabla se muestra el listado de los casos de pruebas con su respectivo identificador de historia de usuario y escenarios.

## 3. CAPITULO 3: VALIDACIÓN Y RESULTADOS DEL PROYECTO

### 3.1 Objetivo de Validación

Este proyecto tiene como objetivo validar la efectividad de nuestro sistema de riego automatizado basado en aprendizaje automático e IoT. Para ello, evaluamos su desempeño utilizando métricas estándar como el error cuadrático medio (MSE), el error medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R2). Además, comparamos los métodos de riego automático con los métodos convencionales con la finalidad de respaldar la eficiencia y viabilidad del sistema de riego automatizado.

### 3.2 Definición de Métricas de Validación

- Métricas para el consumo de agua:

Se utilizó una cinta métrica de 5 metros para medir el contenido de agua en ambos tanques de agua de 210L durante los 126 días que duró el experimento, comparando así el consumo de agua en ambos huertos. Con ello, se va midiendo el consumo de agua que se utilizó en ambos huertos.

- Métricas para el modelo predictivo

Se definió como indicador de éxito para los datos de prueba las siguientes fórmulas:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{real_i} - y_{pred_i})^2$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{real_i} - y_{pred_i}|^2$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{real_i} - y_{pred_i})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{real_i} - \bar{y})^2}$$

Definiciones de cada variable de los indicadores:

n = Número de observaciones en el dataset

y<sub>real</sub> = Valor real del dataset para la observación i

y<sub>pred</sub> = Predicción del modelo para la observación i en el dataset

ȳ = Media de los valores reales del dataset

Para el caso del error cuadrático medio (MSE), nos permite calcular la diferencia entre los valores reales y los valores obtenidos por la predicción. Cuanto menor sea el valor de MSE, mejor es el ajuste del modelo predictivo.

Por otro lado, el error absoluto medio (MAE) te calcula la media entre ambos valores. Al igual que el MSE, tener un valor bajo indica una alta precisión en el modelo.

Finalmente, el coeficiente de determinación(R<sup>2</sup>) calcula la variabilidad del modelo. Los valores obtenidos de este indicador son entre 0 al 1. Obtener un valor cercano o igual al 1 indica un ajuste perfecto de los datos.

### 3.3 Requisitos para Validación

Los datos utilizados para las validaciones se obtuvieron a lo largo del proyecto iniciando el 07/10/2023 y finalizando el 10/02/2024. Los datos se pueden observar en el siguiente link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1OBvaVbjDFesZTjPsKQ3HT3wrN4C13gZI/edit?usp=sharing&ouid=111020487593242635326&rtfpof=true&sd=true>

### 3.4 Fases de Validación

#### 3.4.1 Reporte de Ejecución de Plan de Pruebas

La fase de validación tiene como propósito el porcentaje de acierto del modelo predictivo para la activación o desactivación de la válvula de agua.

Para los datos de prueba se escogieron en total 88 registros de los más de 16000 datos para comprobar las distintas métricas de la regresión lineal. Se escogió estos registros porque cuentan con los datos más precisos del dataset.

### 3.4.2 Validación del modelo predictivo

Utilizando los datos predichos y los datos reales del dataset, se realizaron cálculos del Error Cuadrático Medio (MSE), Error Absoluto Medio (MAE) y el Coeficiente de Determinación (R2) para conocer la eficiencia del modelo predictivo. Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Resultados de las métricas del modelo predictivo*

MSE	MAE	R2
1.25793246093E-17	3.81562290113E-09	0.97

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados obtenidos en la validación del modelo predictivo.

Los resultados del MSE y MAE son destacables, ya que se obtuvieron datos bajos, indicando un buen rendimiento en la predicción de datos. Asimismo, en el R2 se obtuvo el valor de 0.97, indicando un ajuste preciso en el modelo porque su valor es muy cercano al 1.00.

### 3.5 Comparación de Resultados

A lo largo del experimento, se obtuvo como resultado que el cultivo automatizado con el sistema de riego utiliza menos cantidad de agua en comparación al riego tradicional. Para conocer más detalle de las cantidades de litros utilizados por cada tipo de cultivo, se puede visualizar en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Cantidad de litros utilizados por cada huerta*

Fechas	Cultivo Automático	Cultivo tradicional
7/10/2023	74.45 litros	96.34 litros
19/10/2023	74.56 litros	97.36 litros
31/10/2023	74.48 litros	96.78 litros
12/11/2023	76.12 litros	98.91 litros
21/11/2023	77.13 litros	99.34 litros

30/11/2023	78.26 litros	100.57 litros
9/12/2023	78.10 litros	101.80 litros
18/12/2023	80.52 litros	112.03 litros
27/12/2023	81.16 litros	113.26 litros
5/1/2024	76.56 litros	95.72 litros
14/1/2024	74.33 litros	103.85 litros
23/1/2024	74.02 litros	94.09 litros
1/2/2024	72.05 litros	102.48 litros
10/2/2024	71.26 litros	93.47 litros

*Nota.* Esta tabla muestra la cantidad de litros utilizados en el cultivo automático y tradicional en los periodos de riego.

El cultivo tradicional consumió un total de 1406 litros, mientras que el cultivo automatizado utilizó 1063 litros, resultando en un ahorro de 343 litros de agua que equivale a una reducción de 24.39%.

### 3.6 Conclusiones

La validación del sistema, respaldada por un estudio de caso detallado, ha arrojado resultados notables. La eficiencia sobresaliente del sistema de riego automatizado, respaldada por la reducción significativa del consumo de agua en comparación con el riego manual, y la precisión del modelo predictivo, medida a través de métricas como el MSE, MAE y R2, confirman la fiabilidad y utilidad práctica de la propuesta.

## 4. CAPITULO 4: COSTOS Y PRESUPUESTOS

### 4.1 Introducción

El apartado de costos y presupuestos es fundamental para evaluar la factibilidad financiera del "Sistema para automatizar el riego de cultivos de papas en el distrito de Lurín-Perú utilizando IoT y machine learning". En esta sección se identificarán los recursos necesarios, se estimarán los costos correspondientes y se elaborará un presupuesto detallado para la implementación y la sostenibilidad del sistema de riego en los cultivos de papas.

### 4.2 Costos de Desarrollo

#### 4.2.1 Equipo de desarrollo

Desarrollador: Responsable de la creación, configuración y programación del sistema de riego. Asimismo, es el encargado del desarrollo web/movil en Blynk.

Soporte: Responsable de ejercer las funcionalidades de las gestiones enlazadas para la continuidad del proyecto.

**Tabla 13**

*Costos en contratación del personal*

Rol	Costo por hora (PEN)	Horas estimadas	Costo total (PEN)
Desarrollador	9	70	630
Soporte	4.20	10	42
Total			672

*Nota.* Esta tabla muestra los costos en la contratación del personal. Se muestra el costo por hora, horas estimadas y el costo total.

#### 4.2.2 Herramientas y servicios

Laptop: Dispositivo electrónico en donde se desarrollará la programación del sistema de riego.

Licencia Blynk App: Servicio en la nube de pago mensual que ofrece funcionalidades de IoT.

Azure Machine Learning: Servicio en la nube que permite conectar el sistema de riego con el modelo predictivo.

ESP32: Tarjeta de desarrollo del sistema de riego.

Electrovalvula: Dispositivo electrónico que permite controlar el paso del agua.

Protoboard: Es la placa madre en donde se colocan los distintos componentes del sistema de riego.

Sensor de tierra: Dispositivo que recolecta datos de la humedad de la tierra.

Sensor DHT11: Dispositivo que recolecta datos de la temperatura y humedad del aire.

Resistencias: Componente que se encarga de limitar la cantidad de corriente en el sistema de riego.

Router: Dispositivo que permite conectar redes.

Tacho Super Rey: Bidon de 210 litros en donde se almacena el agua que se va a regar en los cultivos.

Huinchas de 5 metros: Instrumento de medida.

#### **Tabla 14**

##### *Costos de herramientas y servicios*

Concepto	Costo (PEN)
Laptop	590
Licencia Blynk App	7.50
Azure Machine Learning	35
ESP32	30
Electroválvula	17
Protoboard	7
Sensor de tierra	25
Sensor DHT11	7
Resistencias	0.25
Router	23.50
Tacho Super Rey	170
Huinchas 5 metros	10
Total	922.25

*Nota.* Esta tabla muestra los costos de las herramientas y servicios utilizadas en el proyecto.

### 4.3 Implementación

#### 4.3.1 Infraestructura

Luz: Consumo mensual de luz del sistema de riego.

Agua: Consumo mensual de agua en los cultivos de papa.

Internet: Pago mensual de internet.

**Tabla 15**

*Costos en infraestructura*

Elemento	Costo unitario (PEN)	Cantidad	Costo total (PEN)
Luz	7.65	1	7.65
Agua	14.86	1	14.86
Internet	60	1	60
Movilidad	8.50	8	68
Total			150.51

*Nota.* Esta tabla muestra los costos que se tuvieron en luz, agua, internet y movilidad.

#### 4.3.2 Capacitación

Capacitación: Enseñar a los usuarios el uso del sistema y sus funcionalidades.

Materiales de capacitación: Manuales de uso del sistema en documento impreso y virtual.

**Tabla 16**

*Costos en capacitación*

Concepto	Costo (PEN)
Capacitación	150
Materiales de capacitación	60
Total	210

*Nota.* Esta tabla muestra los costos que se tuvieron en el proceso de capacitación al agricultor.

#### 4.4 Mantenimiento

Mantenimiento del sistema: Mantenimiento anual del sistema para evitar futuros inconvenientes con el funcionamiento de este.

**Tabla 17**

*Costos de Mantenimiento*

Concepto	Costo anual (PEN)
Mantenimiento del sistema	150
Total	150

*Nota.* Esta tabla muestra los costos anuales del mantenimiento que se realiza al sistema de riego.

#### 4.5 PRESUPUESTO TOTAL

Obtenemos el presupuesto total sumando todos los costos abarcados en el proyecto.

**Tabla 18**

*Presupuesto total*

Concepto	Costo (PEN)
Costos de Desarrollo	672
Costos de Herramientas y Servicios	922.25
Costos de Implementación	150.51
Costos de Capacitación	210
Costos de Mantenimiento	150

Total	2,104.76
-------	----------

*Nota.* Esta tabla muestra todos los costos abordados en el proyecto y el total.

#### 4.6 Ingresos y Rentabilidad

##### 4.6.1 Infraestructura

Se estima que cada periodo de cultivo sea cada 126 días aproximadamente. Asimismo, empieza el primer año con una cosecha de 321 kilos, esperando que en cada año vaya incrementando un 6.23% en comparación del 5.8% que incrementa por año un cultivo tradicional de papas según (Midagri, 2018).

**Tabla 19**

*Estimación de ingresos anuales*

Año	Kilos de papas	Precio de venta	Ingresos (PEN)
1	321	6.30	2,022.3
2	341	6.30	2,148.3
3	361	6.30	2,274.3
4	381	6.30	2,400.3
5	401	6.30	2,526.3

*Nota.* Esta tabla representa la estimación de los ingresos anuales al momento de vender los kilos de papas. Se visualiza la cantidad de kilos de papa, precio de venta y total de ingresos por año.

##### 4.6.2 Reservas del proyecto

Para las reservas del proyecto, se calculó el incremento del 10% del presupuesto total para las contingencias que pueda abordar el proyecto.

**Tabla 20**

*Reservas totales del proyecto*

Concepto	Costo (PEN)
Costos de Desarrollo	672

Costos de Herramientas y Servicios	922.25
Costos de Implementación	150.51
Costos de Capacitación	210
Costos de Mantenimiento	150
Subtotal	2,104.76
Reservas (10%)	210.476
Total con Reservas	2,315.236

*Nota.* Esta tabla muestra los costos totales del proyecto más las reservas proyectadas para contingencias.

#### 4.7 Costos Fijos y Variables

##### **Tabla 21**

###### *Listado de costos fijos*

Concepto	Costo por año (PEN)
Costos de Mantenimiento	150
Licencia Blynk App	75
Soporte	420
Total Costos Fijos	645

*Nota.* Esta tabla muestra los costos fijos anuales abordados en el proyecto.

##### **Tabla 22**

###### *Listado de costos variables*

Año	1	2	3	4	5
Azure Machine Learning	350	354	358	362	366
Luz	76.5	78.5	80.5	82.5	84.5
Agua	148.6	128.6	98.6	93.6	91.6

Total Costos Variables            575.1        561.1        537.1        538.1        542.1

*Nota.* Esta tabla muestra los costos variables anuales abordados en el proyecto.

#### 4.8 Análisis del VAN y TIR

##### 4.8.1 Flujo de caja y cálculo del VAN

**Tabla 23**

*Flujo de caja del proyecto*

Periodo (Año)	1	2	3	4	5
Saldo Inicial	(2,104.76)	(1,302.56)	(360.36)	731.84	1,949.04
Ingresos					
Ventas	2,022.3	2,148.3	2,274.3	2,400.3	2,526.3
Total Ingresos	(82.46)	845.74	1,913.94	3,132.14	4,531.99
Egresos					
Costos fijos	645	645	645	645	645
Costos variables	575.1	561.1	537.1	538.1	542.1
Total Egresos	1,220.1	1,206.1	1,182.1	1,183.1	1,187.1
Saldo al final del periodo	(1,302.56)	(360.36)	731.84	1,949.04	3,344.89

*Nota.* Esta tabla representa los ingresos y egresos proyectados del proyecto. Adicionalmente, se visualiza el saldo final que tiene cada periodo.

El VAN indica el valor presente del flujo de caja que vienen generados por una inversión. Se utiliza este cálculo para visualizar la viabilidad económica que tiene el proyecto.

La tasa de descuento que se ha utilizado para su cálculo es del 10%. Se utilizó ese porcentaje en la tasa porque se tiene como expectativa un retorno mínimo del 10% de la inversión inicial. Se calculó utilizando la fórmula de Valor Actual Neto:

$$VAN = -2,104.76 + \frac{-1,302.56}{(1 + 0.1)^1} + \frac{-360.36}{(1 + 0.1)^2} + \frac{731.84}{(1 + 0.1)^3} + \frac{1,949.04}{(1 + 0.1)^4} + \frac{3,344.89}{(1 + 0.1)^5}$$

$$= 371.25$$

El valor del VAN es de 371.25. Esto muestra que el proyecto no solo es rentable, sino que también generará beneficios financieros una vez que se considere el valor del dinero a lo largo del tiempo.

#### 4.8.2 Cálculo del TIR

El TIR nos indica la tasa de rendimiento del proyecto respecto al tiempo en que tarda en recuperar la inversión total. Con ello, el valor del TIR del proyecto es:

$$TIR = 13\%$$

El TIR positivo demuestra que nuestro proyecto es rentable y que el dinero invertido inicialmente tiene el potencial de generar ganancias sólidas.

#### 4.9 Análisis del ROI

El ROI sirve para calcular la rentabilidad del proyecto. Para calcular el ROI, utilizamos la siguiente formula:

$$ROI = \frac{\text{Total ingresos} - \text{Total egresos}}{\text{Inversión}} \times 100$$

Reemplazando con los datos, se obtienen los siguientes resultados:

$$ROI_1 = -61.89\%$$

$$ROI_2 = -17.12\%$$

$$ROI_3 = 34.77\%$$

$$ROI_4 = 92.60\%$$

$$ROI_5 = 158.92\%$$

$$ROI_{\text{Total}} = 41.46\%$$

El resultado demuestra que la inversión inicial ha generado un beneficio del 41.46% adicional al costo inicial, lo que indica un rendimiento sólido y rentable de la inversión.

#### 4.10 Conclusiones

El presupuesto detallado destinado al "Sistema de Automatización del Riego de Cultivos de Papas en el Distrito de Lurín, Perú, mediante el uso de IoT y aprendizaje automático" se estima en 2,362.95 PEN. Este monto abarca todos los aspectos esenciales para garantizar un desarrollo, implementación y mantenimiento exitosos del sistema. Los análisis de viabilidad financiera indican que el sistema comenzará a generar beneficios a partir del cuarto período, alcanzando un retorno de inversión significativo. La implementación de este sistema no solo es financieramente sostenible, sino que también ofrecerá una solución efectiva y duradera para mejorar la calidad del riego en los cultivos de papas.

### 5. CAPITULO 5: PLAN DE CONTINUIDAD

#### 5.1 Descripción

El plan de continuidad del sistema de riego automatizado basado en IoT y machine learning se apoya en 6 prácticas de ITIL V4, las cuales son: Gestión de incidentes, Gestión de Problemas, Gestión de cambios, Gestión de Seguridad, Gestión de Niveles de Servicio y Gestión de Disponibilidad. Estos abordan la gestión integral de incidentes, problemas, cambios, seguridad, niveles de servicio y disponibilidad. Se establecen protocolos para manejar de manera eficaz las vulnerabilidades, resolver problemas frecuentes, gestionar cambios de manera controlada, implementar medidas de seguridad, cumplir con los niveles de servicio acordados y garantizar la disponibilidad constante del sistema mediante acciones de respaldo.

#### 5.2 Objetivo General

Garantizar la operatividad continua y segura de los servicios críticos de tecnología de la información, abordando eficazmente incidentes, problemas y cambios, mientras se protegen los activos y datos de la organización para respaldar las operaciones comerciales ininterrumpidas.

#### 5.3 Objetivos Específicos

OE1: Desarrollar un plan de continuidad que abarque las buenas prácticas necesarias para garantizar la actividad operativa de la aplicación.

OE2: Desarrollar políticas de seguridad para la organización.

OE3: Establecer controles de seguridad prioritarios para la organización.

OE4: Capacitar al personal de la organización.

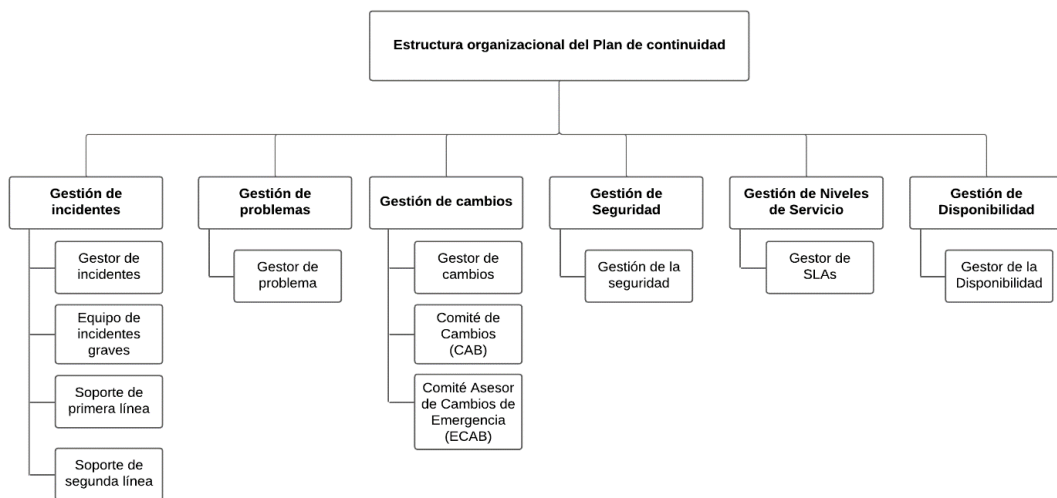
## 5.4 Beneficios

La implementación de un plan de continuidad basado en los principios de ITIL 4 trae consigo una serie de ventajas importantes. Entre estas se encuentran asegurar la disponibilidad constante de los servicios críticos de TI, disminuir el tiempo de inactividad y mitigar los riesgos relacionados con posibles interrupciones en los servicios. ITIL 4 proporciona un marco estructurado y comprobado que facilita a las organizaciones la identificación, evaluación y gestión efectiva de los riesgos. Además, establece procesos y procedimientos claros para una rápida y eficaz recuperación tras incidentes y desastres, fortaleciendo así la resiliencia y la continuidad del negocio.

## 5.5 Estructura de la Organización

**Figura 18**

*Organigrama del plan de continuidad*



*Nota.* Esta figura muestra la estructura organizacional de las gestiones del plan de continuidad con sus respectivos roles.

## 5.6 Gestión de Incidentes

### 5.6.1 Roles

**Gestor de incidentes:** Encargado de ejecutar de manera eficaz el proceso de Gestión de Incidentes y elaborar los informes necesarios. También brinda representación durante la etapa inicial de escalado de incidentes.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, experiencia utilizando el IDE Arduino, programación en lenguaje C, habilidades de gestionar el tiempo, liderazgo, resolución de problemas y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

- Equipo de incidentes graves: Encargado de resolver los incidentes graves de manera prioritaria.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, experiencia utilizando el IDE Arduino, programación en lenguaje C, experiencia en simulacros, resolución de problemas, documentación y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

- Soporte de primera línea: Encargado de registrar y categorizar los Incidentes comunicados, así como realizar acciones inmediatas para restaurar el servicio de TI lo más rápido posible en caso de fallo. Si no se logra encontrar una solución adecuada, el Soporte de Primera Línea deriva el incidente al Soporte de Segunda Línea. Además, se encarga de mantener a los usuarios informados sobre el estado de los Incidentes en intervalos regulares.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, experiencia utilizando el IDE Arduino, programación en lenguaje C, habilidad de comunicación, paciencia, resolución de problemas, buena gestión del tiempo y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

- Soporte de segunda línea: Encargado de abordar los Incidentes que no pueden resolverse utilizando los recursos del Soporte de Primera Línea, con la meta de restablecer un servicio de TI fallido lo más rápidamente posible. Si no se logra encontrar una solución, el Incidente debe ser remitido al equipo de Gestión de Problemas para una atención más detallada.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, experiencia utilizando el IDE Arduino, programación en lenguaje C, resolución de problemas complejos, habilidad de comunicación, paciencia, trabajo en equipo, gestión de prioridades y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

#### 5.6.2 Proveedores

- Blynk: Servicio en donde permite visualizar los datos de los sensores a tiempo real

- Electromanía: Sitio en donde venden las piezas para el sistema de riego automatizado
- Google: Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

#### 5.6.3 Riesgos de una incorrecta gestión de incidencias

- Tiempo de inactividad del sistema prolongado.
- Insatisfacción del cliente
- Repetición de errores
- Pérdida de datos
- Costos adicionales

#### 5.6.4 Tecnologías

- Drive
- Gmail
- IDE Arduino

#### 5.6.5 Proceso de gestión de incidentes

##### 1. Soporte a Gestión de Incidentes:

Establecer y mantener las herramientas, los procesos, las habilidades y las pautas para una gestión de Incidentes eficaz y eficiente.

##### 2. Registro y Categorización de Incidentes:

Registrar en el Drive y asignar prioridades a los incidentes con la debida diligencia para facilitar soluciones efectivas e inmediatas.

- Alto: Incidencias en donde el sistema de riego o web dejen de funcionar completamente.
- Medio: Incidencias en donde el sistema de riego o web obstruyan una funcionalidad en específica.
- Bajo: Incidencia menores como vista de reportes.

##### 3. Resolución de Incidentes por el Soporte de Primera Línea:

Resolver un incidente dentro del período acordado, priorizando el restablecimiento temprano del servicio de TI, incluso si se requiere una solución temporal. Si el Soporte de Primera Línea no puede resolver el Incidente o si se excede el período límite establecido para este nivel, el Incidente se transfiere a un grupo adecuado en el Soporte de Segunda Línea.

4. Resolución de Incidentes por el Soporte de Segunda Línea:

Resolver un Incidente dentro del período acordado, priorizando el restablecimiento temprano del servicio de TI, con la implementación de una solución temporal si es necesario. Si no es posible abordar la causa raíz del problema, se crea un Registro de Problema y se transfiere el caso a la Gestión de Problemas.

5. Gestión de Incidentes Graves:

Se busca el restablecimiento temprano de los servicios y se debe actuar con la máxima urgencia, incluso mediante soluciones temporales si es necesario. Si no es posible abordar la causa raíz del problema, se crea un Registro de Problema correspondiente y se remite a la Gestión de Problemas para una atención más detallada.

6. Monitorización e Escalado de Incidentes:

Monitorizar constantemente el estado del procesamiento de Incidentes pendientes para poder tomar medidas de manera inmediata en caso de que se vean comprometidos los niveles de servicio. Esto asegura que se puedan contrarrestar los efectos adversos de manera oportuna.

7. Cierre y Evaluación de Incidentes:

Antes de cerrar un Registro de Incidente, es crucial someterlo a un control de calidad final. El objetivo es asegurarse de que el incidente se haya resuelto satisfactoriamente y de que toda la información necesaria para describir su ciclo de vida se haya registrado con suficiente detalle. Además, los hallazgos de la resolución deben ser documentados para referencia futura.

8. Información Pro-Activa a Usuarios:

Informar a los usuarios sobre fallos en el servicio tan pronto como sean conocidos por Gmail. Esto permite que los usuarios puedan realizar ajustes ante las interrupciones. La información proactiva proporcionada a los usuarios ayuda a reducir las solicitudes adicionales sometidas por ellos, ya que les permite anticiparse y tomar medidas adecuadas.

## 9. Informes de Gestión de Incidentes:

Documentar toda la información sobre los pasos realizados en el Drive. Esto garantiza que los incidentes anteriores sean aprovechados para impulsar mejoras continuas.

### 5.7 Gestión de Problemas

#### 5.7.1 Roles

- Gestor de problema: Responsable de gestionar el ciclo de vida de todos los problemas. Sus objetivos son la prevención de incidentes y minimizar el impacto de aquellos que no se puedan evitar.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio. y debe tener conocimiento de ITIL, buena documentación, gestionar los problemas, minimizar el impacto de los problemas a futuro y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

#### 5.7.2 Proveedores

- Blynk: Servicio en donde permite visualizar los datos de los sensores a tiempo real.
- Electromanía: Sitio en donde venden las piezas para el sistema de riego automatizado.
- Google: Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

#### 5.7.3 Riesgos de una incorrecta gestión de problemas

- Interrupción prolongada del funcionamiento del sistema de riego automatizado y/o del sistema web/app.
- Insatisfacción de los usuarios y pérdida de confianza en el sistema.
- Errores recurrentes.

#### 5.7.4 Tecnologías

- Drive
- Gmail
- IDE Arduino

#### 5.7.5 Proceso de gestión de problemas

##### 1. Identificación y Categorización de Problemas:

El gestor de problema registra y determina las prioridades de los problemas identificados, y una vez hecho esto, busca la forma de viabilizar una solución rápida y eficaz al problema.

## 2. Diagnóstico y Resolución de Problemas:

El gestor de problema registra y determina las prioridades de los problemas identificados, y una vez hecho esto, busca la forma de viabilizar una solución rápida y eficaz al problema. Esto implica encontrar la manera adecuada y económica de resolver el problema, y en caso de ser necesario, implementar soluciones temporales, como adquirir un chip más económico.

## 3. Control de Problemas y Errores:

Realiza un monitoreo constante a los problemas que afecten riesgosamente al sistema de riego automatizado y web/móvil.

## 4. Cierre y Evaluación de Problemas:

Al momento de encontrar la solución del problema, registra el problema en un Drive en donde se actualiza los problemas reconocidos anteriormente y la solución brindada.

## 5. Revisión de Problemas Graves:

Revisa la solución al problema identificado para prevenir que vuelva a suceder en el futuro y verifica que los problemas resueltos anteriormente se hayan subsanado totalmente.

## 6. Informes de Gestión de Problemas:

Informar a los clientes mediante un correo sobre los problemas pendientes y las soluciones temporales empleadas.

## 5.8 Gestión de Cambios

### 5.8.1 Roles

- Gestor de cambios: Supervisa el ciclo de vida de todos los cambios, con el objetivo principal de facilitar la ejecución de cambios beneficiosos con la menor interrupción posible en la entrega de servicios.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, resolución de problemas, liderazgo, ser capaz de gestionar eficazmente el tiempo y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

- Comité de Cambios (CAB): Individuo que asesora al Gestor de Cambios en la evaluación, determinación de prioridades y planificación de cambios.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, procesos de negocio, habilidades de comunicación, capacidad de análisis, ética profesional y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

- Comité Asesor de Cambios de Emergencia (ECAB): Individuo encargado de tomar decisiones relacionadas con cambios de emergencia que tienen un impacto significativo.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, toma de decisiones rápidas, trabajo en equipo, resolución de problemas, adaptación y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

#### 5.8.2 Proveedores

- Blynk: Servicio en donde permite visualizar los datos de los sensores a tiempo real.
- Electromanía: Sitio en donde venden las piezas para el sistema de riego automatizado.
- Google: Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

#### 5.8.3 Riesgos de una incorrecta gestión de cambios

- Interrupción del suministro de agua a los cultivos debido a cambios no planificados en el sistema de riego automatizado.
- Vulnerabilidad en el sistema, llevando a pérdidas de datos y riesgo de brechas de seguridad.
- Costos y tiempos adicionales por corrección de cambios no controlados.

#### 5.8.4 Tecnologías

- Drive
- Gmail

#### 5.8.5 Proceso de gestión de cambios

1. Soporte a la Gestión de Cambios:

Ofrecer modelos y guía por Drive para la aprobación de modificaciones, y suministrar detalles sobre cambios en curso y planificados del sistema web/móvil y/o sistema de riego automatizado.

2. Registro y Pre-Evaluación de Solicitudes de Cambio:

Eliminar las Solicitudes de Cambio que carezcan de la información requerida para su evaluación o que se determinen como inviables.

3. Clasificación de Solicitudes de Cambio:

Asegurar que el proponente haya asignado correctamente la prioridad a un Cambio propuesto y determinar el nivel de autoridad apropiado para aprobar o rechazar las Solicitudes de Cambio.

4. Evaluación de Solicitudes de Cambio Urgentes - ECAB:

Proceder con la autorización, ajuste o rechazo de una Solicitud de Cambio Urgente con prontitud. Este proceso se activa cuando los procedimientos habituales de Gestión de Cambios no son aplicables, debido a la acción inmediata necesaria en situaciones de emergencia.

5. Evaluación de Cambios – Gestor de cambios:

Aprobar o rechazar un cambio propuesto, además de garantizar una programación preliminar y su inclusión en el Calendario de Cambios.

6. Evaluación de Cambios - CAB:

Autorizar o rechazar un cambio propuesto, así como garantizar su programación preliminar y su inclusión en el Calendario de Cambios.

7. Programación de Cambios:

Establecer una programación preliminar por Gmail para la implementación de cambios y asignar la responsabilidad de su ejecución

8. Evaluación de Cambios (Post-Implementación):

Evaluar la implementación de cambios y los resultados obtenidos, garantizando la existencia de un historial completo de actividades para futura referencia y asegurando el análisis de errores.

## 5.9 Gestión de Seguridad

### 5.9.1 Roles

- Gestor de la Seguridad: Encargado de proteger la confidencialidad e integridad de los activos, datos y servicios de TI.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, buena documentación, detección de ataques en sistemas de riego y web/movil, minimizar el impacto de los ataques y familiaridad con la herramienta Drive para la documentación.

### 5.9.2 Proveedores

- Blynk: Servicio en donde permite visualizar los datos de los sensores a tiempo real.
- Electromanía: Sitio en donde venden las piezas para el sistema de riego automatizado.
- Google: Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

### 5.9.3 Riesgos de una incorrecta gestión de seguridad

- Pérdida de activos.
- Costos elevados de recuperación de activos.
- Fallo de funcionamientos del sistema de riego o web/móvil.
- Brechas de seguridad de los datos.

### 5.9.4 Tecnologías

- Drive

### 5.9.5 Proceso de gestión de seguridad

El proceso de gestión de seguridad debe incluir los 10 puntos. Sin embargo, durante la implementación del plan de continuidad, se definirá la estructura organizativa, se proporcionará una primera versión de las políticas de seguridad de la información y se establecerán conjuntos de procedimientos críticos de respuesta ante incidentes de seguridad. El resto de las tareas se llevarán a cabo como parte del Gestor de la seguridad durante la continuidad operativa del proyecto.

#### 1. Organización de la Gestión de Seguridad:

Crear un marco organizativo para administrar la seguridad, asignando funciones y responsabilidades concretas.

2. Desarrollo de Políticas de Seguridad:

Elaborar y registrar las políticas de seguridad de la entidad, delineando los principios y pautas para salvaguardar la información y los recursos corporativos.

3. Identificación de Activos de Información:

Realizar un inventario completo de los activos de información de la organización, incluyendo datos, sistemas, aplicaciones e infraestructura de TI.

4. Evaluación de Riesgos de Seguridad:

Realizar un análisis detallado de los riesgos de seguridad que confronta la empresa, detectando posibles amenazas, puntos débiles e impactos correspondientes.

5. Definición de Medidas de Seguridad:

Identificar las acciones de seguridad requeridas para contrarrestar los riesgos detectados y resguardar los activos de información de la empresa.

6. Capacitación de Usuarios:

Impartir capacitación y sensibilización en seguridad a los miembros de la organización para que comprendan los riesgos de seguridad y estén preparados para actuar de manera segura.

7. Realización de Pruebas y Simulacros:

Realizar pruebas y simulacros regulares para evaluar la eficacia de los controles de seguridad implementados y la capacidad de respuesta de la organización frente a incidentes de seguridad.

8. Auditoría de Cumplimiento:

Realizar auditorías regulares para verificar el cumplimiento de las políticas y controles de seguridad establecidos, así como para identificar áreas de mejora.

9. Respuesta ante Incidentes de Seguridad:

Crear protocolos y planes de acción para responder a incidentes, con el fin de detectar, contener, mitigar y recuperarse de eventos de seguridad de manera eficiente y ágil.

## 10. Recuperación y Continuidad del Negocio:

Elaborar planes de recuperación ante desastres y de continuidad del negocio para garantizar la disponibilidad y la integridad de los sistemas de información y los servicios críticos en situaciones de interrupción.

### 5.10 Gestión de Niveles de Servicio

#### 5.10.1 Roles

- **Gestor de SLAs:** Responsable de negociar Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA), se encarga de asegurar su cumplimiento y de garantizar que todos los procesos de Gestión de Servicios de TI, Acuerdos de Nivel Operacional (OLA) y Contratos de Apoyo (UC) sean adecuados para los niveles de servicio acordados. Además, monitorea e informa sobre los niveles de servicio para garantizar su cumplimiento y realizar ajustes según sea necesario para satisfacer las necesidades del cliente y mantener la calidad del servicio.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio y debe tener conocimiento de ITIL, técnico, habilidades de comunicación, negociación, monitoreo y análisis, elaboración de informes, orientación al cliente y familiaridad con las herramientas Drive y Gmail.

#### 5.10.2 Proveedores

- **Google:** Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

#### 5.10.3 Riesgos de una incorrecta gestión de niveles de servicio

- Pérdida de confianza de los clientes y, eventualmente, a su migración hacia la competencia.
- Penalizaciones financieras y desvío de recursos para solucionar problemas.
- Estrés y desmotivación entre los empleados.

#### 5.10.4 Tecnologías

- Drive
- Meet

#### 5.10.5 Proceso de gestión de incidentes

##### 1. Definición de SLAs:

Porcentaje de Disponibilidad del Sistema:

El sistema de riego automatizado estará disponible y operativo en un porcentaje mayor al 95% del tiempo durante el ciclo de riego, excluyendo mantenimientos programados.

Tiempo de Solución de Incidentes:

Se garantiza que los incidentes críticos que afecten la funcionalidad del sistema serán resueltos en un determinado tiempo dependiendo del nivel de prioridad. Los niveles de la prioridad son:

Incidentes de alta prioridad: dentro de las primeras 4 horas posteriores a la identificación del incidente.

Incidentes de prioridad media: dentro de las 4 a 8 horas posteriores a la identificación del incidente.

Incidentes de baja prioridad: dentro de las 9 o más horas posteriores a la identificación del incidente.

Tiempo de Respuesta a Incidentes:

El Gestor de SLAs responderá a incidentes críticos que afecten el funcionamiento del sistema en un plazo máximo de 2 horas mediante correo Gmail al usuario que reporto la incidencia.

Nivel de satisfacción del cliente:

El Gestor de SLAs realizara una encuesta a los usuarios para evaluar el nivel de satisfacción del del sistema de riego automatizado. La encuesta contiene preguntas que tienen como respuesta un valor de satisfacción entre el 1 al 10. Se consideran un nivel de puntaje de la encuesta:

Nivel alto de satisfacción: Entre 81 a 100 puntos.

Nivel medio de satisfacción: Entre 65 a 80 puntos.

Nivel bajo de satisfacción: Menor a 65 puntos.

2. Monitorización de los SLAs:

Se alertará a los usuarios cuando los SLAs estén en riesgo de no cumplirse con la finalidad de poder prevenirlo. Asimismo, el Gestor de SLAs realizará un monitoreo constante para supervisar el cumplimiento de los SLAs.

### 3. Reporte del Cumplimiento de SLAs:

Generar informes semanales en Drive que detallen el cumplimiento de los SLA acordados.

### 4. Revisión continua del proceso:

Programar reuniones mediante Meet con el Gestor de SLAs para revisar el plan de continuidad e identificar áreas de mejora en los sistemas.

### 5. Implementación de Mejoras:

Utilizando como base las reuniones bimestrales se realizarán planes de acción para abordar mejoras respecto a los SLAs acordados. Asimismo, se realizará un seguimiento de las mejoras implementadas para evaluar su impacto respecto a las SLAs acordadas.

## 5.11 Gestión de Disponibilidad

### 5.11.1 Roles

- Gestor de la Disponibilidad: Encargado de analizar, planificar y definir la disponibilidad de servicio de TI. Asegura que la infraestructura, procesos y funciones de TI sean alineados a la disponibilidad del servicio acordado.

Se contrata 1 persona que cobre por horas de servicio. y debe tener conocimiento de ITIL, buena documentación, familiaridad con la herramienta Drive para la documentación, Meet para realizar reuniones virtuales con los clientes, manejar correo Gmail, análisis de la disponibilidad de servicios de TI.

### 5.11.2 Proveedores

- Blynk: Servicio en donde permite visualizar los datos de los sensores a tiempo real.
- Electromanía: Sitio en donde venden las piezas para el sistema de riego automatizado.
- Google: Ofrece servicios de almacenamiento en la nube, correo electrónico y reuniones.

### 5.11.3 Riesgos de una incorrecta gestión de incidencias

- Interrupciones de los sistemas
- Impacto en la continuidad del cultivo
- Costos adicionales en reparar el sistema de riego

#### 5.11.4 Tecnologías

- Drive
- Meet
- Gmail

#### 5.11.5 Proceso de gestión de incidentes

##### 1. Diseño del Servicio para Disponibilidad:

El Gestor de la Disponibilidad configura procedimientos y técnicas para cumplir con los objetivos de disponibilidad propuestos por los clientes. Se realizó una reunión en Meet con los clientes para definir los objetivos.

##### 2. Pruebas de la Disponibilidad:

El Gestor de la Disponibilidad asegura que se cumpla los mecanismos de disponibilidad de los sistemas a base de pruebas frecuentes.

##### 3. Monitorización e Informes de la Disponibilidad:

El Gestor de la Seguridad de TI compara logros de disponibilidad e identifica las áreas de los sistemas en donde se debe mejorar mediante un monitoreo constante y realiza un Plan de Disponibilidad en donde detalla en Drive las mejoras orientadas hacia los servicios como Blynk y los componentes del sistema de riego (ESP32, sensores, etc). Una vez ello, lo envía mediante correo a los clientes.

#### 5.12 Cronograma de Actividades Futuras

Se presenta el cronograma de actividades en el siguiente cuadro (ver Figura 19).

### **Figura 19**

*Cronograma del Proyecto*

<b>1</b>	<b>Plataforma de riego inteligente</b>	<b>14/08/2023</b>	<b>1/07/2024</b>
<b>1.1</b>	<b>Inicio</b>	<b>14/08/2023</b>	<b>27/08/2023</b>
1.1.1	Project Charter	14/08/2023	25/08/2023
1.1.2	Kick off	25/08/2023	27/08/2023
<b>1.2</b>	<b>Planificación</b>	<b>14/08/2023</b>	<b>27/08/2023</b>
1.2.1	Plan de Gestión de Alcance	14/08/2023	16/08/2023
1.2.2	Plan de Gestión del Cronograma	14/08/2023	18/08/2023
1.2.3	Plan de Gestión de Costos	14/08/2023	20/08/2023
1.2.4	Plan de Gestión de Recursos	14/08/2023	20/08/2023
1.2.5	Plan de Gestión de Riesgos	14/08/2023	20/08/2023
1.2.6	Plan de Gestión de Stakeholders	14/08/2023	21/08/2023
1.2.7	Plan de Gestión de Comunicaciones	14/08/2023	24/08/2023
1.2.8	Plan de Gestión de Calidad	14/08/2023	27/08/2023
<b>1.3</b>	<b>Ejecución</b>	<b>28/08/2023</b>	<b>25/11/2023</b>
<b>1.3.1</b>	<b>Análisis y Diseño</b>	<b>28/08/2023</b>	<b>8/10/2023</b>
1.3.1.1	Arquitectura física	28/08/2023	25/09/2023
1.3.1.2	Arquitectura lógica	28/08/2023	25/09/2023
1.3.1.3	Mockups	26/09/2023	22/09/2023
1.3.1.4	Diagrama de Entidad-Relación	23/09/2023	8/10/2023
<b>1.3.2</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>8/10/2023</b>	<b>5/11/2023</b>
1.3.2.1	Elaboración de la plataforma	8/10/2023	23/10/2023
1.3.2.2	Elaboración del interfaz del sistema	8/10/2023	25/10/2023
1.3.2.3	Elaboración de los módulos	8/10/2023	27/10/2023
1.3.2.4	Modelo Predictivo	28/10/2023	5/11/2023
<b>1.3.3</b>	<b>Pruebas</b>	<b>6/11/2023</b>	<b>9/11/2023</b>
1.3.3.1	Pruebas funcionales	6/11/2023	9/11/2023
1.3.3.2	Pruebas no funcionales	6/11/2023	9/11/2023
<b>1.3.4</b>	<b>Validación</b>	<b>9/11/2023</b>	<b>20/11/2023</b>
1.3.4.1	Validación de datos	9/11/2023	20/11/2023
<b>1.4</b>	<b>Plan de continuidad</b>	<b>20/03/2023</b>	<b>24/06/2024</b>
1.4.1	Documento de plan de continuidad	20/03/2023	24/06/2024
1.4.2	Acta de plan de continuidad	20/03/2023	24/06/2024
<b>1.5</b>	<b>Cierre</b>	<b>25/06/2024</b>	<b>1/07/2024</b>
1.5.1	Acta de cierre del proyecto	25/06/2024	1/07/2024
1.5.2	Memoria del proyecto	25/06/2024	1/07/2024

## 6. CONCLUSIONES

- Según lo investigado sobre la problemática, los cultivos de papas en Perú tienen un gran impacto económico y alimenticio.
- Con la solución propuesta, concluimos que implementar sensores que ayuden con la recopilación de datos sobre el estado de la tierra, ayuda a tener un mejor conocimiento sobre el estado actual de los cultivos, y con ello ver en qué momento es necesario el riego.

- Se ha logrado obtener datos precisos con las métricas de machine learning, teniendo como resultados una precisión certera por el modelo predictivo.
- La reducción de consumo de agua indica una mejora en la conservación de recursos hídricos y económicos.

## 7. RECOMENDACIONES

- Tener siempre a la mano un dispositivo electrónico para poder visualizar en tiempo real los datos obtenidos por los sensores.
- Siempre verificar que los sensores estén correctamente colocados en el huerto para obtener los datos correctamente.
- Estar informado sobre posibles nuevas plagas o enfermedades que puedan afectar a los cultivos.

## 8. REFERENCIAS

- Abioye, A. E., Abidin, M. S. Z., Mahmud, M. S. A., Buyamin, S., Mohammed, O. O., Otuoze, A. O., Oleolo, I. O., & Mayowa, A. (2023). Model based predictive control strategy for water saving drip irrigation. *Smart Agricultural Technology*, 4. <https://doi.org/10.1016/J.ATECH.2023.100179>
- Alonso, J. (2022). *Normas internacionales sobre Internet de las cosas (IoT): ISO/IEC Standards*. Asociación Mexicana del Internet de las Cosas A.C. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de <https://www.asociacioniot.org/2022/11/25/normas-internacionales-sobre-internet-de-las-cosas-iot-iso-iec-standards/>
- Arduino (2023). *Arduino Hardware*. Recuperado el 17 de agosto de 2023, de <https://www.arduino.cc/en/hardware>
- Amazon Web Services (2023) *Cloud Computing – Servicios de informática en la nube*. Recuperado el 16 de octubre del 2023, de <https://aws.amazon.com/es/>
- Azure (2023) *¿Qué es Azure?* Recuperado el 22 de agosto de 2023, de <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure>
- Azure Machine Learning (2023) *Azure Machine Learning*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://azure.microsoft.com/en-us/products/machine-learning>
- Azure Storage (2023) *Introducción a Azure Storage*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/storage/common/storage-introduction>
- Azure Stream Analytics (2023) *Bienvenido a Azure Stream Analytics*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction>
- Bibi Jaffri, S., Shahzad Ahmad, K., Abrahams, I., & Al Souwaileh, A. (2024). Unveiling thermal influences: Enhancing light harvesting, electrocatalysis, and charge storage in [Ce-Pr-Nd]:CsPbI<sub>2.0</sub>Br<sub>1.0</sub> perovskite semiconductor. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 456, 115826. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2024.115826>

- Blynk (2023). *Blynk.io*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://blynk.io/>
- Bwambale, Eriona., Abagale, F. K., & Anornu, G. K. (2022). Smart irrigation monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture. *Agricultural Water Management*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107324>
- Del Valle Hernández, L. (2023, 18 de agosto). *ESP8266: Todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino*. Programar Fácil. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://programarfácil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>
- Elsherbiny, O., Zhou, L., He, Y., & Qiu, Z. (2022). A novel hybrid deep network for diagnosing water status in wheat crop using IoT-based multimodal data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 203. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107453>
- Espressif (2023). *ESP32*. Recuperado el 18 de agosto de 2023, de <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- Fall, M., Fattah, M., Mahfoudi, M., Balboul, Y., Mazer, S., El Bekkali, M., & Kora, A. D. (2024). Optimizing Energy Consumption in 5G HetNets: A Coordinated Approach for Multi-Level Picocell Sleep Mode with Q-Learning [Optimización del consumo de energía en redes de área extensa 5G: Un enfoque coordinado para el modo de reposo multinivel de picocélulas con Q-Learning]. *Data and Metadata*, 3, 333. <https://doi.org/10.56294/dm2024333>
- Ghasempour, R., Aalami, M. T., Kirca, V. S. O., & Roushangar, K. (2023). Remote sensing-based drought severity modeling and mapping using multiscale intelligence methods. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 37(3), 889–902. <https://doi.org/10.1007/S00477-022-02324-W>
- Google Cloud (2023) *Servicios de cloud computing*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://cloud.google.com>
- Guo, L. L., Calligan, M., Vettese, E., Cook, S., Gagnidze, G., Han, O., Inoue, J., Lemmon, J., Li, J., Roshdi, M., Sadovy, B., Wallace, S., & Sung, L. (2023). Development and validation of the SickKids Enterprise-wide Data in Azure Repository (SEDAR). *Heliyon*, 9(11), e21586. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21586>

- Hardin, R. G., Barnes, E. M., Delhom, C. D., Wanjura, J. D., & Ward, J. K. (2022). Internet of things: Cotton harvesting and processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 202, 107294. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107294>
- Hendrawan, V. S. A., Komori, D., & Kim, W. (2023). Possible factors determining global-scale patterns of crop yield sensitivity to drought. *PLoS ONE*, 18(2). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0281287>
- Huang, L., Zhang, Q., Dou, R., Luo, J., Zhang, J., Liu, Y., Zhang, R., Shao, J., Sun, G., & Liu, W. (2024). Improvement of surface morphology and laser performance of garnet laser crystals by 193 nm ArF excimer laser processing. *Optics and Laser Technology*, 179, 111138. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2024.111138>
- Iberdrola (2023). *Descubre los principales beneficios del 'Machine Learning'*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://www.iberdrola.com/innovacion/machine-learning-aprendizaje-automatico>
- ISOTools. (2022). *ISO 9001 - Norma ISO 9001 para sistemas de gestión de calidad. Software ISO*. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.isotools.us/normas/calidad/iso-9001/>
- ISOTools. (2023). *ISO 27001 - Sistemas de Gestión de Seguridad de la información. Software ISO*. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.isotools.us/normas/riesgos-y-seguridad/iso-27001/>
- Jabbar, A., Kazim, J. U. R., Pang, Z., Abbasi, M. A. B., Abbasi, Q. H., Imran, M. A., & Ur-Rehman, M. (2024). A Wideband Frequency Beam-Scanning Antenna Array for Millimeter-Wave Industrial Wireless Sensing Applications. *IEEE Sensors Journal*, 24(8), 13315–13325. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2024.3370135>
- Kurtulmuş, E., Arslan, B., & Kurtulmuş, F. (2022). Deep learning for proximal soil sensor development towards smart irrigation. *Expert Systems with Applications*, 198, 116812. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.116812>
- Lanner (2016). *La IoT da al mantenimiento predictivo el impulso necesario para poner en marcha la industria 4.0*. Recuperado el 23 de agosto de 2023, de <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/la-iot-da-al-mantenimiento-predictivo-el-impulso-necesario-para-poner-en-marcha-la-industria-4-0/>

- Liu, Y., Akram Hassan, K., Karlsson, M., Pang, Z., & Gong, S. (2019). A data-centric internet of things framework based on azure cloud. *IEEE Access*, 7, 53839–53858. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2913224>
- Microsoft Azure (2023) *Microsoft Azure*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://azure.microsoft.com/en-us/>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2018). *Ficha técnica: Cultivo de la papa*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/informacion-agroclimatica/fichas-tecnicas-2018?download=13548:ficha-tecnica-cultivo-de-la-papa>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2012). *Portal institucional del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Recuperado el 26 de abril de 2023, de <https://www.gob.pe/midagri>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). *Mecanización Agrícola Sostenible*. Recuperado el 10 de abril de 2023, de <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/cro%20pproduction/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023). *Mecanización Agrícola Sostenible*. Recuperado el 25 de abril de 2023, de <https://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/cro%20pproduction/es/>
- Parvathi Sangeetha, B., Kumar, N., Ambalgi, A. P., Abdul Haleem, S. L., Thilagam, K., & Vijayakumar, P. (2022). IOT based smart irrigation management system for environmental sustainability in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 101973. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.101973>
- Ramírez Díaz, E. J., & Vergara Sierra, J. D. (2020). *Sistema de riego automatizado basado en IOTutilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio CHINÚ-CÓRDOBA* [Trabajo de investigación, Universidad de Córdoba]. Repositorio institucional Universidad de Córdoba <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2706>

- Sánchez, S. (2023, 20 de abril). *ISO 14040: Análisis del ciclo de vida*. Ingertec.com. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de <https://ingertec.com/iso-14040-analisis-del-ciclo-de-vida/>
- Tahmasebi, A., Niazi, A., & Akrami, S. (2023). Integration of meta-analysis, machine learning and systems biology approach for investigating the transcriptomic response to drought stress in *Populus* species. *Scientific Reports*, *13*(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-023-27746-6>
- Verity (2023). *La ISO/IEC 9126: 2001: Características de la calidad de software*. Recuperado el 21 de mayo de 2023, de <https://www.verity.cl/que-es-norma-iso-iec-9126-2001/>
- Vogel, M., Kakani, P., Chandra, A., & Conti, R. M. (2024). Medicare price negotiation and pharmaceutical innovation following the Inflation Reduction Act. *Nature Biotechnology*, *42*(3), 406–412. <https://doi.org/10.1038/s41587-023-02096-w>
- Zaman, K., Hussain, A., Imran, M., & Sohail, M. (2022). Cost-effective data replication mechanism modelling for cloud storage. *International Journal of Grid and Utility Computing*, *13*(6), 652–669. <https://doi.org/10.1504/IJGUC.2022.10053316>

## 9. ANEXOS

### Ensayo WASC

#### 1. Comunicación Escrita

Durante el proyecto, fue crucial mantener una comunicación fluida entre los usuarios y los miembros del equipo, utilizando diversas técnicas y prácticas para facilitar el intercambio de información. Las interacciones entre el Product Owner, el Scrum Máster y el Manager se registraron formalmente mediante actas de reunión y ceremonias de Scrum, lo que permitió monitorear el progreso del proyecto y resolver dudas. Además, se elaboraron otros documentos formales que respaldan la viabilidad del proyecto, revisados y aprobados por el comité de proyectos. Estos documentos incluyen actas de aprobación, registros de interacciones con los usuarios finales, investigaciones en artículos científicos y datos sobre temas de humedad del suelo y cultivos de papas, asegurando la confiabilidad del proyecto. También se mantiene documentación actualizada sobre nuevas aplicaciones y actualizaciones tecnológicas, especialmente en Machine Learning y IoT, y se recopila información sobre los cultivos de papas a nivel global y en Perú, obtenida de sitios web y notificaciones por correo electrónico. En resumen, la comunicación escrita es fundamental para el seguimiento del proyecto, proporcionando evidencia y valor añadido a través de la documentación.

#### 2. Comunicación Oral

La comunicación oral es un medio fundamental para expresar, transmitir y adquirir nuevos conocimientos, y ha sido crucial tanto antes como durante la ejecución del proyecto. Esta habilidad nos ha permitido discutir objetivos, planificar el futuro y definir los pasos a seguir en nuestro desarrollo, además de fortalecer la confianza dentro del equipo. Una comunicación oral activa facilita la transmisión de ideas de manera clara y concisa, brindándonos seguridad al interactuar con los usuarios finales y otras partes interesadas en el proyecto. Durante el desarrollo, se llevaron a cabo presentaciones y reuniones con el grupo experimental para explicar los objetivos del proyecto, subrayando la importancia de una comunicación adecuada y formal. En conclusión, esta habilidad es esencial para la implementación exitosa de un proyecto, ya que una expresión adecuada de ideas dentro del equipo refuerza el valor del proyecto, mientras que una comunicación deficiente puede provocar retrasos e incidencias.

### 3. Pensamiento Crítico

El desarrollo del pensamiento crítico no se limita únicamente a una comunicación efectiva, sino que también abarca la capacidad de recibir información, tanto a través de explicaciones verbales como mediante la lectura de textos. Esta habilidad es fundamental tanto para el trabajo individual como en equipo, siendo beneficioso contar con colaboradores capaces de resolver problemas rápidamente, lo cual facilita el análisis y la generación de soluciones de manera más eficiente para el equipo. En nuestro proyecto, hemos cultivado esta destreza al absorber nueva información, discutir temas relevantes y manejar incidentes que requirieron la aplicación de conocimientos previos y sentido común para prevenir retrasos en el desarrollo e implementación. Nuestro proyecto, enfocado en las tecnologías de la información y la agricultura, demandó investigar tecnologías aplicables a problemas específicos de cultivos de papas. En resumen, el pensamiento crítico ha sido fundamental para minimizar errores y demoras, permitiéndonos analizar y abordar eficazmente las problemáticas identificadas con soluciones actualizadas y efectivas.

### 4. Razonamiento Cuantitativo

En la fase inicial del proyecto, comenzamos con la investigación exhaustiva y la recopilación de datos, etapa crucial para fundamentar la selección de nuestra problemática mediante evidencia tanto cuantitativa como cualitativa. Una vez completado este proceso, procedimos a analizar e interpretar los datos, destacando nuestra competencia en el razonamiento cuantitativo. Este enfoque se manifestó en diversas actividades del proyecto, incluida la identificación de necesidades específicas para el desarrollo de un sistema automatizado de cultivo de papas.

Para la implementación del sistema, colaboramos estrechamente con expertos en agricultura para aplicar métodos científicos y técnicas avanzadas de cultivo, asegurando que nuestro enfoque esté respaldado por la investigación y la aplicación práctica de conocimientos especializados en el campo. Estos métodos incluyen tecnologías innovadoras adaptadas a las condiciones locales y necesidades específicas de los cultivos de papas, asegurando una solución efectiva y sostenible para los agricultores en la región.

En resumen, nuestro proyecto se basa en un riguroso análisis de datos y en la aplicación de tecnologías avanzadas de cultivo para ofrecer soluciones precisas y efectivas. Este enfoque no solo busca mejorar la eficiencia y la calidad de los cultivos de papas, sino también

contribuir de manera significativa al sector agrícola mediante la implementación de prácticas innovadoras y sostenibles.

## 5. Manejo de la Información

Para llevar a cabo nuestro proyecto, realizamos una investigación exhaustiva sobre proveedores de soluciones en la nube, frameworks para el desarrollo de aplicaciones, lenguajes de programación orientados al Machine Learning y tecnologías similares. El objetivo fue realizar un análisis comparativo detallado y seleccionar las opciones más idóneas para nuestra implementación. Además, llevamos a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica para comprender las definiciones, características, funcionalidades y aplicaciones relevantes para nuestro proyecto.

Este proceso investigativo resultó en la revisión de 40 artículos científicos categorizados como Q1 y Q2, los cuales enriquecieron nuestro entendimiento y proporcionaron valiosas perspectivas que pudimos integrar efectivamente en el desarrollo del proyecto. La combinación de estas investigaciones tecnológicas y científicas estableció una base sólida para nuestro enfoque informado en la implementación, garantizando no solo la elección adecuada de herramientas, sino también la aplicación precisa del conocimiento adquirido.

## 6. Ciudadanía

Antes de avanzar con la implementación y validación del proyecto de sistema de riego automatizado, se evaluaron las leyes y decretos pertinentes relacionados directamente con el ámbito agrícola y ambiental. Es esencial cumplir con normativas como la Ley N° 27360, que regula el uso eficiente del agua y promueve la sostenibilidad en la agricultura, aspecto crucial para nuestro sistema. Durante la revisión de la literatura sobre prácticas agrícolas sostenibles, se destacó la importancia de considerar variables ambientales como la conservación del suelo y la gestión responsable de recursos hídricos.

Estas regulaciones han orientado nuestra implementación del proyecto, asegurando que nuestras prácticas y tecnologías estén alineadas con los estándares legales y ambientales vigentes. Además, hemos incorporado principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en el diseño y desarrollo del sistema de riego automatizado, lo cual no solo cumple con las normativas establecidas, sino que también fomenta prácticas agrícolas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

En conclusión, la integración de consideraciones legales y ambientales fue crucial para garantizar la viabilidad y el éxito del proyecto, fortaleciendo la confianza y la colaboración con los stakeholders involucrados y asegurando resultados positivos y sostenibles a largo plazo.

## 7. Pensamiento Innovador

Identificamos los requisitos del proyecto para el sistema de riego automatizado con IoT y Machine Learning y exploramos tecnologías y soluciones similares en el ámbito agrícola. Realizamos un análisis comparativo detallado en varias categorías relevantes para identificar las opciones más adecuadas para nuestra implementación. Este proceso incluyó la evaluación de diversas soluciones disponibles en el mercado, que probamos utilizando dispositivos compatibles con BlynkIoT para analizar sus funcionalidades destacadas y áreas de mejora.

Nuestro enfoque innovador nos permitió desarrollar un sistema único que combina tecnologías avanzadas como Machine Learning con las capacidades de BlynkIoT, una plataforma eficiente para la gestión remota de dispositivos IoT. Durante la configuración y prototipado del sistema, nos enfocamos en optimizar la interfaz de usuario (UI) y la experiencia de usuario (UX) dentro de la plataforma Blynk, garantizando una interacción intuitiva y efectiva para los usuarios finales.

Además, consideramos aspectos como la accesibilidad de los controles, la eficiencia del monitoreo y la gestión de datos dentro del entorno de BlynkIoT para maximizar la efectividad operativa del sistema de riego automatizado.

En resumen, nuestro enfoque innovador guió el desarrollo del sistema de riego automatizado, asegurando que respondiera eficazmente a los desafíos específicos del sector agrícola y ofreciera un producto distintivo en el mercado, destacando por su aplicación avanzada de tecnologías IoT integradas con la plataforma Blynk para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en el riego de cultivos.