



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**"Prototipo de sistema de riego automatizado para mejora  
la irrigación en áreas de sembrío de paltas - Olmos"**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autores:**

**Bach. Oblitas Cabrera, Gian Jhairo**

**Bach. Pérez Hernández, Luis Eduardo**

**Asesor:**

**M.Sc. Ing. Romero Cortez, Oscar Uchelly**

**ORCID: 0000-0002-7727-7900**

**Lambayeque, 2022**

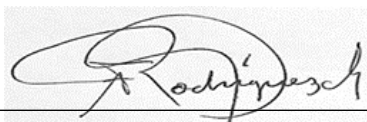
**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**"Prototipo de sistema de riego automatizado para mejora  
la irrigación en áreas de sembrío de paltas - Olmos"**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Aprobado por el siguiente jurado:



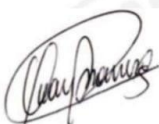
---

M.Sc. Ing. Rodríguez Chitinos Franck Richard  
Presidente



---

Ing. Segura Altamirano Segundo Francisco  
Secretario



---

Ing. Ñáñez Aguilar Juan Carlos  
Vocal

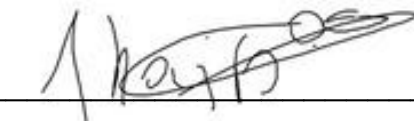
**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**"Prototipo de sistema de riego automatizado para mejora  
la irrigación en áreas de sembrío de paltas - Olmos"**

**TESIS**

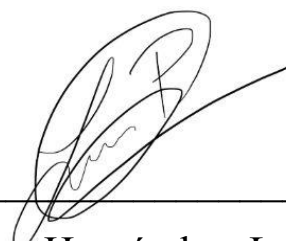
**Para optar el título profesional de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Presentado por:



---


Bach. Oblitas Cabrera, Gian Jhairo



---

Bach. Pérez Hernández, Luis Eduardo

Asesor:



---

M.Sc. Ing. Romero Cortez, Oscar Ucchelly



## ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 033-2022-D/FACFyM

Siendo las 16:00 del día 30 de Setiembre del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/usn-jkzo-tdu> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

**Prototipo de Sistema de Riego Automatizado para Mejorar la Irrigación en Áreas de Sembrío de Palta - Olmos**

Designados por Resolución N°358-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 25 de mayo de 2021 y su Modificatoria la Resolución N° 629-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 02 de setiembre de 2021

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

<b>M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos</b>	Presidente
<b>Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano</b>	Secretario
<b>Mg. Ing. Juan Carlos Ñañez Aguilar</b>	Vocal

La tesis fue asesorada por Mg. Ing. Oscar Uccelly Romero Cortez, nombrado por Resolución N° 358-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 25 de Mayo de 2021.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 827-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 27 de Setiembre de 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Oblitas Cabrera Gian Jhair y Pérez Hernández Luis Eduardo, y tuvo una duración de 50 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 15 (Quince) en la escala vigesimal, mención, Regular.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 17:10 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

**M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos**  
Presidente

**Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano**  
Secretario

**Mg. Ing. Juan Carlos Ñañez Aguilar**  
Vocal

**Mg. Ing. Oscar Uccelly Romero Cortez**  
Asesor



## CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 15-2023- VIRTUAL-UI-FACFyM

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, hace constar:

Que, el Bachiller **OBLITAS CABRERA GIAN JHAIRO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, ha cumplido con presentar la **SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN)**, como requisito indispensable para la sustentación de la tesis, según detalle:

- **TÍTULO DE LA TESIS:** “PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO DE PALTA - OLMOS”

- **ÍNDICE DE SIMILITUD:** 13 %

- **ASESOR:** Mg. Ing. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ.

Se expide la presente constancia, para la tramitación del Título Profesional, dispuesto en la Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.

Lambayeque, 14 de febrero de 2023

**Dr. WALTER ARRIAGA DELGADO**  
**DIRECTOR - UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**



## CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 16-2023- VIRTUAL-UI-FACFyM

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, hace constar:

Que, el Bachiller **PÉREZ HERNÁNDEZ LUIS EDUARDO**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, ha cumplido con presentar la **SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN)**, como requisito indispensable para la sustentación de la tesis, según detalle:

- **TÍTULO DE LA TESIS:** “PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO DE PALTA - OLMOS”

- **ÍNDICE DE SIMILITUD:** 13 %

- **ASESOR:** Mg. Ing. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ.

Se expide la presente constancia, para la tramitación del Título Profesional, dispuesto en la Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.

Lambayeque, 14 de febrero de 2023

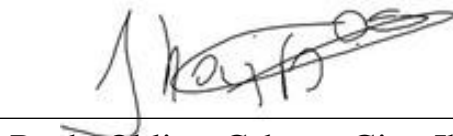
**Dr. WALTER ARRIAGA DELGADO**  
**DIRECTOR - UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo, Oblitas Cabrera Gian Jhairo, junto a mi compañero, Pérez Hernández Luis Eduardo, investigadores principales, y el M. Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly, asesor de nuestro trabajo de investigación denominado “Prototipo de sistema de riego automatizado para mejorar la irrigación en áreas de sembrío de palta - Olmos”, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumimos responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

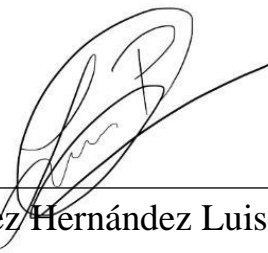
Lambayeque, 04 de mayo del 2022

Investigadores:



---

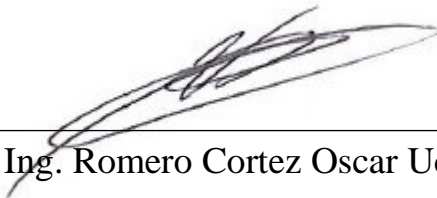
Bach. Oblitas Cabrera Gian Jhairo



---

Bach. Pérez Hernández Luis Eduardo

Asesor:



---

M. Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Uchelly

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios quien siempre ha iluminado mi camino durante toda mi carrera profesional. A mis padres, Walter Oblitas Camacho y Noemi Cabrera Heredia, por haber sido las personas que me cuidaron y quienes siempre me motivaron a seguir adelante y cumplir mis sueños. A mis hermanos, Walter Oblitas Cabrera y Ana Rosa Oblitas Cabrera, quienes como mi familia también siempre estuvieron presentes para otorgarme su apoyo en todo momento y a mi abuelita Anita Heredia Aldui, que desde niño me cuidó y lo sigue haciendo desde el cielo.

Gian Jhairo Oblitas Cabrera

Dedico a Dios, de permitirme estar el día de hoy con mi compañero, presentando nuestro proyecto de Tesis, a Mis padres Milagro Hernández y Luis Pérez que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente y guiándome a ser mejor persona cada día, a mi hermana Gianella Pérez por ser mi cómplice de aventuras desde muy niños. A mi mejor amigo Wilmer Soto, por acompañarme en los últimos años de la carrera antes de su rápida partida, y a Brian Castillo Alayo, quién nos mostró su vocación de enseñanza y amor por la Electrónica, por ambos, esta presentación va dedicada ellos QEPD.

Luis Eduardo Pérez Hernández



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a Dios, que, gracias a él, hace su voluntad que hoy estemos aquí presentando un proyecto de tesis muy importante para nuestras vidas, en el ámbito personal y en lo profesional. Agradecer a Mamá y Papá, que fueron ese motor y motivo desde muy pequeño, y que a pesar de las carencias y las dificultades pudimos hacer esto juntos, sin dejar de mencionar a mi hermana Gianella, que mientras yo llegaba de la universidad ella me esperaba con el almuerzo listo, sin pensar que en unos años después, yo haría lo mismo por ella. A mis mejores amigos, con quienes buscábamos cualquier motivo de celebración, y que por ahora vemos con orgullo lo que cada uno ha podido lograr. A mis compañeros de la carrera, por acompañarme en esos cinco largos años lleno de anécdotas., A la plana docente, que a través de sus conocimientos y experiencias nos mostraron lo bonito y lo importante de nuestra carrera Ingeniería Electrónica, y por último, pero no lo menos importante, a mi grupo de cinco de toda la carrera, que por nuestra compañera Pamela, llevaba el nombre tan masculino de “Pinkys”, con quienes compartimos muchas veces amanecidas, proyectos, exposiciones, y entendíamos que “estar en la Universidad, es una cosa de locos”. Agradezco a mi amigo y compañero Jhairo Oblitas, que pertenece a mi grupo de cinco, y con el cual decidimos elaborar y exponer nuestro proyecto de Tesis ante tan honorable jurado, con el fin de obtener nuestro Título Universitario.

Luis Eduardo Pérez Hernández

Agradezco en primer lugar a Dios por no haber permitido que me desvié del buen camino. A mis padres por criarme con amor, respeto y perseverancia, valores que me permitieron crecer tanto de manera personal como profesional. Al ingeniero Romero Cortez Oscar Uchelly quien en esta álgida coyuntura ha sabido orientarnos para la correcta realización de este trabajo de investigación. Agradezco también a todos mis compañeros universitarios, con quienes hemos compartido valiosos momentos en toda la carrera de ingeniería electrónica. Finalmente, a mi gran amigo y compañero de tesis Luis Pérez Hernández con quien asumimos el gran reto de elaborar el presente proyecto. A todos, mis más sinceros agradecimientos, por tenerme paciencia y brindarme todo su conocimiento, a fin de hacer de mí un buen profesional.

Gian Jhairo Oblitas Cabrera

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes .....	4
2.1.1. Internacionales .....	4
2.1.2. Nacionales.....	5
2.2. Bases teóricas .....	5
2.2.1. Sistemas de riego .....	5
2.2.2. Sistemas de control.....	7
2.2.3. Arduino.....	9
III. MÉTODOS Y MATERIALES .....	11
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	11
3.2. Definición y operacionalización de variables .....	11
3.3. Población y muestra .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Método de análisis de datos .....	12
3.6. Diseño del sistema de riego automatizado .....	12
3.6.1. Diagnóstico general .....	12
3.6.2. Marco de plantación y distribución de goteros.....	14
3.6.3. Requerimientos de agua del cultivo, frecuencia y tiempo de riego.....	15

IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Introducción .....	22
4.2. Consumo de flujo de agua con riego por inundación.....	22
4.3. Consumo de flujo de agua con riego por goteo.....	24
V. CONCLUSIONES .....	27
VI. RECOMENDACIONES.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Sistema de riego por goteo .....	7
<b>Figura 2</b> Diagrama de bloques de un sistema de control .....	9
<b>Figura 3</b> Modelos de tarjetas de Arduino.....	10
<b>Figura 4</b> Sistema de bombeo principal .....	12
<b>Figura 5</b> Tablero eléctrico del sistema de control.....	13
<b>Figura 6</b> Sistema de respaldo .....	14
<b>Figura 7</b> Marco de plantación y distribución de goteros para una planta de palta .....	15
<b>Figura 8</b> Evapotranspiración referencial mensual promedio .....	16
<b>Figura 9</b> Textura del suelo de Olmos.....	19
<b>Figura 10</b> Valores prácticos de capacidad de retención de agua de suelos de diferentes clases texturales .....	20
<b>Figura 11</b> Prototipo para pruebas experimentales de riego por inundación .....	22
<b>Figura 12</b> Consumo de flujo de agua para la primera prueba experimental de riego por inundación.....	23
<b>Figura 13</b> Consumo de flujo de agua para la segunda prueba experimental de riego por inundación.....	23
<b>Figura 14</b> Consumo de flujo de agua para la segunda prueba experimental de riego por inundación.....	23
<b>Figura 15</b> Prototipo para pruebas experimentales de riego por goteo .....	24
<b>Figura 16</b> Consumo de flujo de agua para la primera prueba experimental de riego por goteo .....	24
<b>Figura 17</b> Consumo de flujo de agua para la segunda prueba experimental de riego por goteo .....	25

<b>Figura 18</b> Consumo de flujo de agua para la tercera prueba experimental de riego por goteo .....	25
<b>Figura 19</b> Investigadores junto al prototipo desarrollado .....	34
<b>Figura 20</b> Sistema de control del prototipo desarrollado .....	35
<b>Figura 21</b> Depósito con el kit de riego por goteo .....	39
<b>Figura 22</b> Controlador del kit de riego por goteo .....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Definición y operacionalización de variables .....	11
<b>Tabla 2</b> Coeficientes de cultivo.....	16
<b>Tabla 3</b> Valores de flujo de agua en pruebas experimentales .....	27

## RESUMEN

Esta tesis tuvo como objetivo desarrollar un sistema de riego automatizado para controlar el tiempo y la frecuencia de riego en áreas de sembrío de palta. La población fueron las áreas de sembrío de páprika, guajillo, chile ancho y palta de la empresa AGROLATAM, la muestra fue el área de sembrío de palta. Por su finalidad esta investigación es del tipo aplicada con enfoque cuantitativo. Mediante visitas técnicas se pudo comprobar que riego del área de sembrío de palta se realiza por el método de inundación y que el tiempo y la frecuencia del riego no están establecidos. Para demostrar que se puede optimizar el consumo de flujo de agua al momento de realizar el riego se desarrolló un prototipo formado por un sensor de flujo de agua, un controlador Arduino, una pantalla LCD y un kit de riego por goteo. Además, con base en los requerimientos de cultivo se calcularon el tiempo y la frecuencia de riego, obteniendo 17.43 minutos y 3.3 días respectivamente. Las pruebas experimentales consistieron en simular el riego por inundación y emplear el sistema de riego por goteo automatizado para calcular el consumo de flujo de agua en ambos escenarios. Se realizaron tres pruebas para el riego por inundación. Las pruebas para el riego por goteo se realizaron por 17 minutos y cada 3 días. Los resultados demostraron el sistema de riego por goteo automatizado redujo en 38.62% el consumo de flujo de agua respecto al riego por inundación.

***Palabras Clave:*** Riego por goteo, Tiempo de riego, Frecuencia de riego, Automatización.



## ABSTRACT

The objective of this thesis was to develop an automated irrigation system to control the time and frequency of irrigation in avocado planting areas. The population was the paprika, guajillo, chile ancho and avocado planting areas of the AGROLATAM company, and the sample was the avocado planting area. Due to its purpose, this is applied research with a quantitative approach. Through technical visits it was possible to verify that the avocado planting area is irrigated by the flooding method and that the time and frequency of irrigation are not established. To demonstrate that water flow consumption can be optimized at the time of irrigation, a prototype was developed consisting of a water flow sensor, an Arduino controller, an LCD screen and a drip irrigation kit. In addition, based on the crop requirements, the irrigation time and frequency were calculated, obtaining 17.43 minutes and 3.3 days, respectively. The experimental tests consisted of simulating flood irrigation and using the automated drip irrigation system to calculate the water flow consumption in both scenarios. Three tests were conducted for flood irrigation. Tests for drip irrigation were conducted for 17 minutes and every 3 days. The results showed that the automated drip irrigation system reduced water flow consumption by 38.62% compared to flood irrigation.

**Key words:** *Drip irrigation, Irrigation time, Irrigation frequency, Automation.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con Sruthi et al. (2021) la optimización en el consumo de agua en los sistemas de riego son los principales retos del mundo actual. Por ejemplo, la India, ha disfrutado de un gran suministro de agua hasta hace algunos años atrás. Sin embargo, debido al aumento de la población y a los usos insostenibles de las fuentes de agua, la necesidad del recurso hídrico ha ido incrementando cada año. Si esta situación continúa, la India se enfrentará a una escasez extrema de agua. En la misma perspectiva, Prabhavathi et al. (2021) afirman que los métodos agrícolas convencionales son insostenibles y es necesario un cambio de paradigma. Estos cambios deben estar basados en técnicas que empleen correctamente la programación del riego para aumentar el uso efectivo del agua, conservándola cuando sea necesario y minimizando su consumo excesivo. En el mismo contexto, Mokgatla y Bolton (2020) indican que la falta de una tecnología de riego accesible y adecuada ha sido un obstáculo para la mayoría los agricultores. Por lo tanto, la limitación de recursos y la necesidad de herramientas impulsan la necesidad de desarrollar productos de bajo coste. El elevado coste de la instalación inicial, el mantenimiento y la formación para el uso correcto de los equipos suele disuadir a los agricultores a buscar soluciones a sus problemas. Por ello, se necesitan innovaciones adaptadas al contexto que permitan su adopción por parte de los agricultores.

En el panorama nacional, Chang (2020) indica que la agricultura es considerada una de las principales actividades económicas del país y que su gran relevancia se debe a factores geográficos, climáticos, humanos, etc. que hacen posible el cultivo de una gran cantidad de especies nativas. Sin embargo, pese a todos los esfuerzos hechos por los agricultores, no se logran alcanzar los niveles de producción deseados. Esto se debe principalmente a problemas con el terreno, la escasez y la incorrecta gestión del recurso hídrico en los sistemas riego convencionales tales como el riego por inundación. Oquelis y Landa (2020) definen al riego por inundación como un sistema de riego convencional, antiguo y poco desarrollado que

consiste en ingresar el agua sin ningún tipo de control en el terreno inundándolo completamente. Mientras sea posible este tipo de riego debe evitarse, principalmente porque el gran consumo de agua contribuye a la erosión del suelo.

Por ejemplo, en la ciudad de Olmos, Lambayeque (norte del Perú), existe una empresa agroexportadora (AGROLATAM) dedicada a proveer productos al mercado nacional e internacional (América, Europa y Asia). La empresa utiliza sistemas de bombeo y pozos tubulares para distribuir agua a sus terrenos con la finalidad de aprovechar al máximo el potencial de la tierra. Sin embargo, el riego de ciertas áreas de sembrío de palta se realiza por el método de inundación con el agua que suministra el POZO N°03. Esto causa que haya una gran demanda a la fuente de agua y que algunas áreas de sembrío de palta reciben agua en exceso y otras no reciben lo suficiente para el desarrollo apropiado de la planta de palta. Además, no se ha definido la frecuencia de riego, mucho menos cuantas horas al día debe realizarle el riego de las plantas.

De acuerdo a lo expresado por Vílchez (2020) el riego por goteo representa la mejor opción para las empresas agroexportadoras y los pequeños agricultores porque utiliza menos agua, dirige el agua a las raíces de las plantas y reduce la presencia de plagas, malezas y el crecimiento de hongos nocivos a través del fertirrigación. Además, Ortega (2021) indica que si el sistema de riego por goteo es automatizado se incrementan las posibilidades de tener un control total en la frecuencia y tiempo de riego de las áreas de sembrío. De esta manera se puede controlar el consumo de agua, por ende, se disminuye su uso en comparación con el riego por inundación y el consumo de energía de los sistemas de bombeo también disminuye.

Luego de conocer la situación problemática en la empresa se formuló el siguiente problema de investigación: ¿Cómo se puede mejorar la irrigación en las áreas de sembrío de palta de la empresa AGROLATAM?

La hipótesis general de esta investigación fue la siguiente: Con la implementación de un prototipo de sistema de riego automatizado se puede controlar el tiempo y la frecuencia de riego para mejorar la irrigación en las áreas de sembrío de palta de la empresa AGROLATAM.

Como objetivo general se estableció implementar un prototipo de sistema de riego automatizado para mejorar la irrigación en las áreas de sembrío de palta de la empresa AGROLATAM. Para cumplir con el objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos: describir cómo se realiza el riego en las áreas de palta de la empresa AGROLATAM para determinar sus deficiencias, calcular el tiempo y la frecuencia de riego para el prototipo y realizar pruebas experimentales con el prototipo para demostrar que se puede optimizar el consumo de flujo de agua.

## **II. MARCOTEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Internacionales**

Silalahi et al. (2021) diseñaron un prototipo de sistema automático de riego basado en la integración de una tarjeta electrónica Arduino con varios sensores, como los de nivel de agua, humedad del ambiente y acidez del suelo. Este sistema de control se diseñó para tener la capacidad de controlar el encendido/apagado de una bomba de agua, para abrir/cerrar una compuerta de riego y monitorear la humedad y acidez del suelo en tiempo real mediante una aplicación basada en Android. Los resultados de las pruebas del prototipo demostraron que el sistema propuesto logró registrar los valores leídos por los sensores, abrir la compuerta de riego automáticamente cuando el suelo estaba seco y activar las bombas de riego.

Farfán y Escobar (2018) optimizaron los sistemas de riego de cultivo de cacao en el Recinto Playa seca del Cantón El Triunfo de Ecuador mediante la reducción de los niveles de consumo de energía y agua. El sistema de control se basó en una tarjeta electrónica Arduino, relés para controlar válvulas y regular el flujo de agua en las tuberías, y sensores de humedad de suelo y lluvia para monitorear estas variables. Los resultados de las pruebas demostraron que se logró monitorear la humedad de los ambientes, el control de las electroválvulas permitió el paso del agua y el riego solo se realizó cuando la planta del cacao lo requería.

Bustos (2017) desarrolló un sistema de riego automatizado con un microcontrolador ATmega 328 a control remoto para mejorar el proceso de riego en cultivos de lechuga en la finca “Los Almendros” de Nicaragua. El propósito de esta investigación fue mejorar el riego por inundación mediante un sistema automatizado controlado por una aplicación móvil. Los resultados de las pruebas demostraron que desde la aplicación se pudieron monitorear las mediciones de los sensores de humedad del suelo y se logró conocer la proporción de agua de cultivo y la cantidad de agua requerida para la planta de lechuga.

### **2.1.2. Nacionales**

Mercado (2020) desarrolló un sistema de control de riego por goteo de bajo costo basado en Arduino e IoT para aplicarlo en el valle de Moquegua, sector Omo. Para tener un control absoluto sobre el riego se utilizaron sensores de humedad de suelo y válvulas solenoides. Los resultados de las pruebas demostraron que fue posible la monitorización, el almacenamiento y el procesamiento de la información del riego en un menor tiempo utilizando la nube de internet, se generaron alarmas y se enviaron alertas a diferentes medios electrónicos.

Soplín (2019) implementó un sistema de riego automático basado en Arduino para estimar porcentajes de optimización y porcentajes de reducción de imperfecciones en un cultivo de tomate. El investigador recopiló datos durante 126 días por medio de unos sensores de humedad de suelo instalados en el área de cultivo. Los resultados demostraron que con el sistema de control propuesto la calidad del tomate aumentó en un 33,25% y el consumo de agua disminuyó en un 10,92%.

Apaza y La Torre (2017) desarrollaron un sistema de riego automatizado con la capacidad de compensar la humedad del suelo para mejorar la distribución del agua en las superficies de cultivo. El sistema de control se basó en una tarjeta electrónica Arduino encargada del procesamiento de la información y la generación de señales de control. Las pruebas experimentales se realizaron en una superficie de 6,4 m<sup>2</sup> con riego automático y riego convencional. Los resultados demostraron que el sistema de riego automatizado logró reducir el consumo de agua en un 10,9% comparado con el sistema de riego tradicional.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Sistemas de riego**

Cabrera y Montes (2021) indican que de toda el agua presente en el mundo solo el 3% es agua dulce. Además, de toda el agua dulce existente, las actividades relacionadas con la agricultura consumen cerca del 70%. A este porcentaje se le debe añadir el consumo de la

población creciente en todo el mundo. Con el rápido agotamiento de los recursos de agua dulce, la necesidad del momento es la utilización eficaz del agua. Por estos motivos, Cabrera y Montes afirman que es importante buscar y aplicar estrategias para disminuir el consumo de agua en el sector agrícola, pero sin dejar de lado la calidad de la producción en las áreas de cultivo. Asimismo, Hassan et al. (2021) indican que para mantener un terreno agrícola en perfectas condiciones es necesario contar con un sistema de riego adecuado. Hassan menciona que algunos sistemas de riego son eficaces, pero no tienen en cuenta factores como la frecuencia y tiempo de riego lo que conduce al consumo excesivo de energía eléctrica y de flujo de agua.

Por su parte, Nasir et al. (2020) expresan que el riego se puede realizar mediante un proceso manual o un sistema automatizado. En el proceso manual, los agricultores realizan el riego por sí mismos utilizando el agua cuando es necesario, encendiendo o apagando manualmente los sistemas de bombeo. Este procedimiento requiere de un control constante del suministro de agua y también se puede ver afectado si el suministro de energía eléctrica no está disponible durante el día. Este método tiene un coste inicial muy bajo. Sin embargo, en un sistema automatizado, el riego se realiza a través de dispositivos con control con la mínima intervención humana. Este proceso es más eficaz y sencillo que el proceso de riego manual, pero su coste inicial es bastante elevado en comparación con el proceso manual y también supone un ahorro de tiempo. En el mismo contexto, Tahir (2017) indica que los modernos sistemas de control pueden emplearse para mejorar la gestión de los recursos hídricos en el sector agrícola.

Por otro lado, Batllori (2020) indica que los costes en la agricultura desempeñan un papel cada vez más importante y que una buena gestión del agua puede producir ahorros económicos. Batllori afirma que los agricultores deben tener como objetivo emplear sistemas de riego más eficientes que permitan reducir tanto los costes de mano de obra como el desperdicio del recurso hídrico. Entre las principales opciones se encuentran el sistema de riego

por aspersión y el sistema de riego por goteo debido a que son sistemas fácilmente automatizables y proporcionan la cantidad óptima de agua para las plantas.

Finalmente, Babu et al. (2020) afirman que la automatización de los procesos agrícolas es necesaria para emplear eficazmente los recursos hídricos con el fin de aumentar el rendimiento económico y calidad de los productos. En lugar del suministro manual de agua, el uso de la automatización en los sistemas de riego da lugar a un mayor rendimiento y a un uso eficaz del agua. Esto se logra mediante sistemas de control y el uso de sensores para comprobar el estado del suelo y activar válvulas y encender bombas cuando sea necesario.

### **Figura 1**

*Sistema de riego por goteo*



*Fuente: Imagen tomada de (Muñoz, 2014).*

#### **2.2.2. Sistemas de control**

De acuerdo con Phetsong y Weerayuth (2021) existen diversos tipos de sistemas de control automático. El más simple de estos sistemas es conocido como ON-OFF, mientras que los más complejos incluyen a los sistemas de control P, PI, PID y fuzzy.

Widodo y Setiawan (2021) indican que los reguladores ON-OFF, también conocidos como reguladores de dos posiciones, cambian alternativamente entre dos condiciones. En algunos casos, se trata realmente de posiciones "ON" Y "OFF". Widodo y Setiawan mencionan



que el control ON-OFF es relativamente simple y barato, por lo que se utiliza ampliamente en la industria y en las casas. Este controlador es ampliamente utilizado en sistemas de control de temperatura, sistemas de control de bombeo, planchas eléctricas, neveras aire acondicionado y refrigeradores.

Según Marques (2020) en los sistemas de control proporcional, como su nombre lo indica, la señal de control es directamente proporcional a la señal de error. Esta proporcionalidad sólo es válida dentro de los límites lineales impuestos por el actuador. Además, el mayor inconveniente del control proporcional es el error de estado estacionario que este método no puede eliminar en la práctica.

Por su parte, Jannah y Hariyadi (2021) refieren que los sistemas de control PI registran y acumulan el error en lugar de limitarse a aplicar una ganancia proporcional fija y así ajustar la respuesta del sistema a dicho error de forma que se elimina el error de estado estacionario presente en el controlador proporcional. Jannah y Hariyadi indican que estos sistemas cuentan con una memoria donde "almacena" el error que queda por corregir. Sin embargo, el problema de este método es que cuando el valor de los errores enteros exige al actuador más respuesta de la que puede dar por estar saturado, acumula dicho error de forma que provoca un sobreimpulso no deseado conocido como windup. Para eliminar este sobreimpulso se utiliza una técnica anti-windup que reinicia el valor del error integrado cuando detecta que el actuador está saturado.

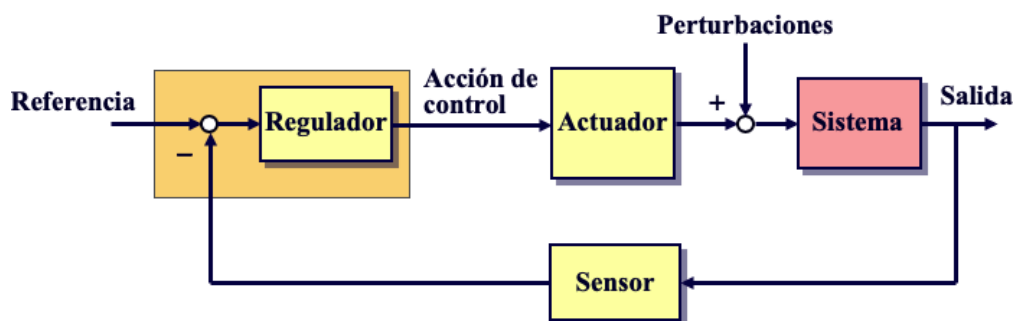
En Oliveira et al. (2020) se indica que en los sistemas de control derivativo el sistema reacciona a la derivada del error, es decir, utiliza la tasa de variación del error. Si aumenta rápidamente, reaccionará con un aumento rápido de la actuación, si se reduce lentamente, responderá con una disminución menor de la actuación, y así sucesivamente. La principal ventaja de este método es la reacción rápida a todas las perturbaciones que se producen en la curva del sistema, pero también se ve afectado negativamente por ser muy sensible cuando la

curva de entrada aplicada al sistema es una señal tipo escalón que provocaría una derivada de valor infinito en teoría. Es por ello que este tipo de sistemas se ve más afectados por el ruido.

Finalmente, Phetsong y Weerayuth (2021) afirman que el sistema de control PID considera el error de salida relativo en comparación con el punto de ajuste (valor deseado) mediante el uso de los tres términos relevantes P, I y D, que en el sistema de control P, PI, PID considerará el error del término relacionado de manera diferente.

## Figura 2

*Diagrama de bloques de un sistema de control*



*Fuente: Imagen tomada de (Brunete et al., 2020).*

### 2.2.3. Arduino

Arduino es una empresa de hardware y software de código abierto y comunidad de interacción con el usuario que ha estado fabricando placas Arduino desde el 2005 (Kondaveeti et al., 2021).

Rahman (2020) indica que Arduino hace que el procedimiento de trabajar con microcontroladores sea más sencillo, al tiempo que ofrece enormes beneficios a los profesores, estudiantes y aficionados en comparación con otros sistemas similares. Asimismo, Guven y Kozcu (2020) afirman que, a diferencia de otras plataformas de desarrollo de microcontroladores, las placas Arduino son moderadamente baratas, además existe la posibilidad de cargar un script en la EEPROM de la placa y que se ejecute sin que la placa esté interconectada con ordenadores o algún software fuera del sistema.

Por su parte, Junaidi et al. (2021) refieren que las placas Arduino también tienen un accesorio de kits basados en microcontroladores que son útiles para construir dispositivos digitales e interactivos que no sólo detectan, sino que controlan objetos reales. Arduino, por lo tanto, es un conglomerado de microcontrolador y otras partes necesarias como los pines de la fuente de alimentación, los pines de E/S, el cargador de arranque, entre otros. Todo esto es necesario para construir con éxito programas ejecutables en el IDE de Arduino.

Telluri et al. (2020) afirman que debido a sus funcionalidades los campos de aplicación de Arduino son tan variados e ilimitados. Arduino está presente en el diseño de sistemas, aplicaciones de propósito general, comunicación por hardware, creación de prototipos de software, domótica y automatización en general, agricultura, salud, industria minera, energía, defensa y educación. Es por ello que Arduino sigue siendo una opción popular para las soluciones de creación de prototipos.

Finalmente, Mahzan et al. (2020) expresa que existen muchas variantes de Arduino, incluyendo Arduino Uno, Arduino Due, Arduino Mega y Arduino Leonardo, entre otras que se han utilizado en muchas aplicaciones en todo el mundo.

### **Figura 3**

*Modelos de tarjetas de Arduino*



*Fuente: Imagen tomada de (Ramos, 2014).*

### III. MÉTODOS Y MATERIALES

#### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación es del tipo aplicada tecnológica con diseño experimental.

#### 3.2. Definición y operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Definición y operacionalización de variables*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Sistema automatizado (Independiente)	De acuerdo con Phetsong y Weerayuth (2021) es un sistema que funciona por sí solo y que realiza total o parcialmente un proceso sin ayuda humana con base en normas y procedimientos que regulan su funcionamiento.	Esta variable se medirá empleando sensores, controladores y actuadores.	Sistema de medición	Flujómetro
			Sistema de control	Controlador de riego
Mejora en la irrigación de áreas de sembrío (Dependiente)	De acuerdo con Batllori (2020) consiste en un conjunto de acciones cuyo fin es incrementar la eficiencia del riego.	Esta variable se medirá de acuerdo con los requerimientos de agua del cultivo: Evapotranspiración del Cultivo (Etc) y Demanda Bruta (Db)	Frecuencia de riego  Tiempo de riego	Se calcularán mediante tablas y fórmulas

#### 3.3. Población y muestra

La población considerada son los campos de cultivo de la empresa AGROLATAM S.A. y la muestra es el área de sembrío de palta.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la etapa de análisis documental se realizó la búsqueda de artículos científicos sobre sistemas de riego automatizados basados en sistemas embebidos como Arduino. Se emplearon sensores para obtener medidas del flujo de agua a través del riego por inundación tradicional y mediante el riego por goteo con el sistema automatizado.

### 3.5. Método de análisis de datos

La información obtenida por el sensor de flujo de agua se exportó a una hoja de cálculo de Excel para ser analizada. Luego se compararon las medidas del sistema riego por inundación con el sistema de riego por goteo automatizado para determinar cuál fue el ahorro en el consumo de flujo de agua.

### 3.6. Diseño del sistema de riego automatizado

#### 3.6.1. Diagnóstico general

La empresa utiliza sistemas de bombeo y pozos tubulares para distribuir agua a sus diferentes terrenos de cultivo. El POZO N°03 tiene dos sistemas de bombeo (principal y respaldo), el principal se utiliza para el riego de las áreas de sembrío de palta, estos sistemas de bombeo cuentan con tuberías, válvulas, transmisores de presión, variadores de frecuencia DELTA de 440 V / 150 HP y una bomba sumergible para extraer agua a 90 m de profundidad.

**Figura 4**

*Sistema de bombeo principal*



*Fuente: AGROLATAM S.A.*

En ambos sistemas de bombeo el control se realiza a lazo abierto. Con un potenciómetro se regula la velocidad de la bomba y es un operario el que se encarga de realizar esta tarea con base en las órdenes del supervisor de campo.

**Figura 5**

*Tablero eléctrico del sistema de control*



*Fuente: AGROLATAM S.A.*

Cuando el selector está en posición “manual”, el sistema de bombeo es controlado por el operario encargado de su operación. Cuando el selector está en posición “automático”, el sistema de bombeo se activa/desactiva con las señales de los detectores de nivel alto/bajo ubicados en el pozo tubular.

El sistema de respaldo se encuentra inoperativo debido a una falla a tierra que perjudicó el sistema de potencia del variador de frecuencia.

**Figura 6**

*Sistema de respaldo*



*Fuente: AGROLATAM S.A.*

Como se ha explicado antes, el riego de ciertas áreas de sembrío de palta se realiza por el método de inundación con el agua que suministra el POZO N°03. Sin embargo, al ingresar toda el agua al terreno se genera una gran demanda a la fuente de agua y algunas áreas de sembrío reciben agua en exceso y otras no reciben lo suficiente. Además, no se ha definido la frecuencia de riego, mucho menos cuantas horas al día debe realizarle.

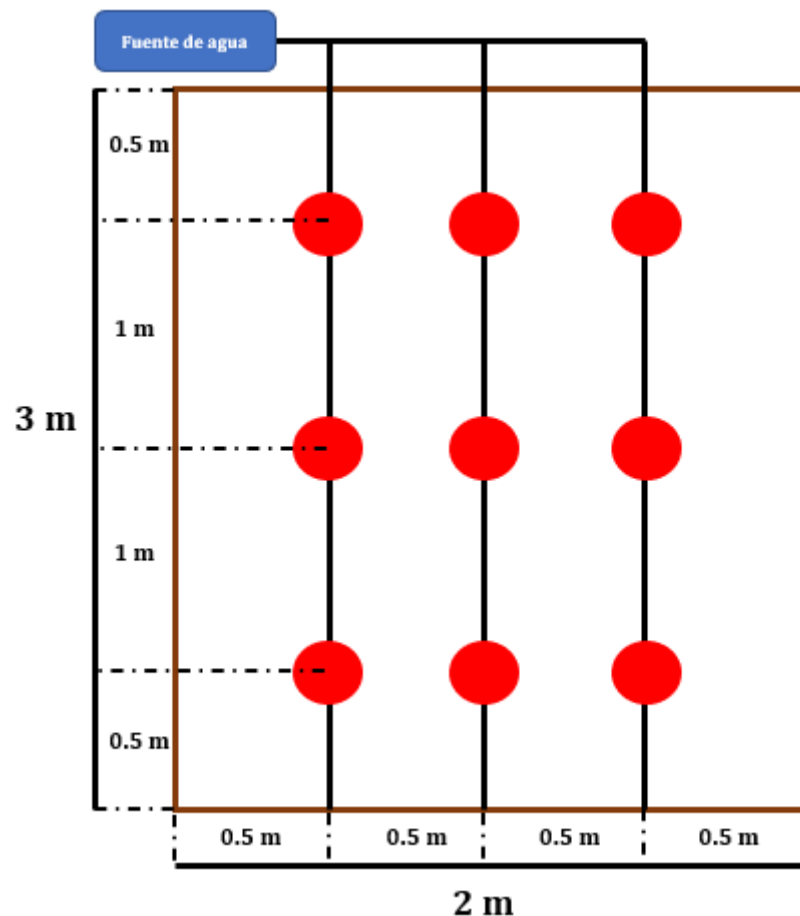
### **3.6.2. Marco de plantación y distribución de goteros**

De acuerdo con el “Manual de riego paltos y cítricos” el marco de plantación de la planta de palta, es decir, su área de influencia, puede ser de 6 m<sup>2</sup> (Gil et. al, 2009). En la Figura 7 se muestra la distribución de goteros. Se observan tres tuberías con tres goteros cada una. Entre los goteros de la misma tubería habrá un metro de separación y entre los goteros de tuberías distintas solo medio metro de separación.



**Figura 7**

*Marco de plantación y distribución de goteros para una planta de palta*



### **3.6.3. Requerimientos de agua del cultivo, frecuencia y tiempo de riego**

Es necesario calcular de la demanda bruta de agua del cultivo ( $Db$ ) para obtener la programación del riego del palto. El primer paso es considerar la evapotranspiración referencial ( $Eto$ ), el coeficiente de cultivo ( $Kc$ ) y la eficiencia del sistema de riego ( $Efa$ ). Con estos valores es posible calcular la ( $Db$ ).

#### **Cálculo de la Evapotranspiración del Cultivo ( $Etc$ ) y de la Demanda Bruta ( $Db$ )**

En nuestro país, el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura elaboraron el Atlas de evapotranspiración referencial ( $Eto$ ). En este documento se muestra la ubicación de una Estación Meteorológica en Olmos, la cual ha registrado el valor de la Evapotranspiración referencial mensual promedio.



**Figura 8***Evapotranspiración referencial mensual promedio*

Nombre estación	Cod	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Miraflores	207	5.4	5.2	5.3	5.1	4.5	4.0	3.9	4.4	5.0	5.2	5.2	5.4
Moquegua	806	4.2	4.2	4.3	4.4	4.1	3.9	4.0	4.3	4.6	4.9	4.9	4.6
Morropón	235	4.3	4.2	4.2	3.8	3.6	3.5	3.7	4.2	4.7	4.9	4.8	4.5
Motupe	334	4.9	4.6	4.4	4.2	4.1	3.7	3.7	4.0	4.6	5.0	5.0	4.9
Olmos	236	4.2	3.7	4.1	3.8	3.8	3.5	3.7	4.1	4.7	4.9	5.0	4.5
Pacarán	638	4.0	4.2	4.2	4.0	3.5	3.0	3.0	3.4	4.0	4.5	4.5	4.3
Pampa Blanca	837	4.6	4.9	4.3	3.5	2.8	2.3	2.3	2.4	2.7	3.4	4.0	4.4
Pampa de Majes	805	4.8	4.7	4.6	4.4	4.2	4.1	4.3	4.8	5.1	5.5	5.5	5.3
Pampa De Villacuri	637	5.0	5.3	5.4	4.8	3.8	3.0	3.0	3.5	4.3	4.9	5.2	5.0
Papayal	134	3.9	3.7	4.0	3.7	3.4	3.0	3.0	3.2	3.4	3.3	3.5	3.7
Paramonga	528	4.0	4.2	4.0	3.4	2.6	2.1	2.0	2.0	2.3	2.8	3.3	3.7
Picoy	542	2.9	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	3.1	3.3	3.3	3.3	3.1

Fuente: Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura del Perú.

Podemos concluir que la Evapotranspiración referencial anual promedio será:

$$\overline{Eto} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Eto_i = \frac{Eto_1 + Eto_2 + \dots + Eto_n}{n}$$

$$\overline{Eto} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Eto_i = \frac{4.2 + 3.7 + \dots + 4.5}{12} = 4.166$$

Luego de obtener la Eto referencial anual promedio se realizará una segunda corrección.

Para lograrlo se debe multiplicar el valor de la Eto por el coeficiente del cultivo “Kc”. En la Tabla 2 se muestran algunos valores sugeridos para paltos.

**Tabla 2***Coeficientes de cultivo*

Frutal	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Palta	0.72	0.72	0.72	0.72	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.72	0.72

Fuente: Información tomada de (Ducrocq, 1990)

Podemos concluir que el coeficiente de cultivo referencial anual promedio será:

$$\overline{Kc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Kc_i = \frac{Kc_1 + Kc_2 + \dots + Kc_n}{n}$$

$$\overline{Kc} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Kc_i = \frac{0.72 + 0.72 + \dots + 0.72}{12} = 0.735$$

La evapotranspiración de cultivo “Etc” se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$Etc = \overline{Eto} \times \overline{Kc} = 3.062 \text{ mm/día}$$

Una vez obtenido el valor de la Etc es necesario calcular las necesidades brutas de riego del cultivo. Esto se logra corrigiendo el valor de la Etc por la eficiencia del sistema de riego (Efa). En los sistemas de riego por goteo la eficiencia es de 90% y en riego por microaspersión la eficiencia es de 85%. Por lo tanto, la demanda bruta diaria del cultivo (Db) será:

$$Db \text{ (mm/día)} = \frac{Etc}{Efa} = \frac{3.062}{0.9} = 3.402 \text{ mm/día}$$

Otra manera de expresar la demanda bruta de agua es mediante los requerimientos de agua por planta (RAP) (l/p/día). Para obtener el valor del RAP, es decir, la cantidad de litros de agua que consume una planta por día, es necesario multiplicar la demanda bruta por el marco de plantación (MP, en m<sup>2</sup>) de la siguiente manera:

$$RAP \text{ (l/p/día)} = Db \text{ (mm/día)} \times MP \text{ (m}^2\text{)}$$

$$RAP \text{ (l/p/día)} = 3.402 \text{ mm/día} \times 3m \times 2m$$

$$RAP = 20.412 \text{ l/p/día}$$

### **Cálculo del tiempo de riego**

Conociendo la demanda bruta (Db), el caudal de agua aplicado (l/h) y la intensidad de precipitación del equipo (mm/h), es posible calcular el tiempo de riego.

El caudal de agua que se aplica a cada planta de palto se calcula como:

$$Q_p = q \text{ (l/h)} \times Ne \times (CU\%100)$$

Donde:

- Qp = caudal de agua aplicado a cada planta (l/h).
- q = caudal del emisor (l/h).

- Ne = número de emisores por planta.
- CU% = coeficiente de uniformidad = 87%.

Por lo tanto:

$$Q_p = 9 \text{ l/h} \times 9 \times 0.87$$

$$Q_p = 70.47 \text{ l/h}$$

La intensidad de precipitación del equipo (I<sub>pp</sub>), se expresa en mm/h y se obtiene de la siguiente manera:

$$I_{pp} = \frac{Q_p}{MP} = \frac{70.47 \text{ l/h}}{6 \text{ m}^2} = 11.745 \text{ mm/h}$$

El tiempo de riego (TR) se obtiene de la siguiente manera:

$$TR \text{ (h/día)} = \frac{Db \text{ (mm/día)}}{I_{pp} \text{ (mm/h)}} = \frac{3.402 \text{ mm/día}}{11.745 \text{ mm/h}} = 0.289 \text{ h/día}$$

Existe otra forma de calcular el tiempo de riego a través del RAP (l/p/día) y el caudal (l/h) aplicado a cada planta.

$$TR \text{ (h/día)} = \frac{RAP \text{ (l/p/día)}}{Q_p \text{ (l/h)}} = \frac{20.412 \text{ l/p/día}}{70.47 \text{ l/h}} = 0.289 \text{ h/día}$$

Podemos concluir que el tiempo de riego de cada planta de palta por día será de 17.34 minutos aproximadamente.

### **Cálculo de la frecuencia de riego**

Antes de calcular la frecuencia de riego es importante conocer la capacidad de retención de agua que tienen los suelos. La capacidad de retención de agua de los suelos hace referencia al agua retenida en el suelo entre Capacidad de Campo (CC) y Porcentaje de Marchites Permanente (PMP). Dicho parámetro tiene dependencia de la textura del suelo, su estructura, profundidad efectiva, de la presencia de piedras y otras limitantes en el perfil de suelo.

En la Figura 9 se muestra que la textura de los suelos de Olmos es franco limoso o arcilloso.

## Figura 9

### *Textura del suelo de Olmos*

#### 1 . Serie Olmos

Comprende suelos aluviales entre cuyos estratos se presentan capas de 0 material eólico, a veces muy profundo, de espesor variable, depositados entre períodos de sedimentación aluvial. Generalmente se presentan uno ó más estratos aluviales cuyos espesores varían entre 5 y 40 cm.; las capas eólicas en cambio, tienen espesores de 30 6 100 cm.

Los estratos aluviales son de textura arena franca a franco limosa de color pardo amarillento oscuro a pardo oscuro, estructura en bloques o laminar y consistencia suave o firme.

*Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA) - Estudio Edafológico realizado en 1965.*

Una lista de valores prácticos de capacidad de retención de agua de suelos de diferentes se muestra la Figura 10. En la figura se incluye además rangos normales de porosidad total, densidad aparente, capacidad de campo, porcentaje de marchites permanente, rango de humedad aprovechable. La última es la que nos proporciona la capacidad de retención de agua del suelo (CR). Este parámetro se expresa en mm de agua por cada mm de profundidad de suelo (mm/mm).

**Figura 10**

*Valores prácticos de capacidad de retención de agua de suelos de diferentes clases texturales*

Textura	Porosidad Total (%)	Densidad Aparente (Da) (g/cc)	Capacidad de campo CC	Punto de Marchites Permanente PMP	HA (Peso seco )	HA (Volumen )	CR (mm de agua/mm suelo)
Arenoso	38 (32 – 42)	1.65 (1.55– 1.80)	9 (6 – 12)	4 (2 – 6)	5 (4 – 6)	8 (6 – 10)	0,08 (0,06 – 0,10)
Franco	43 (40 – 47)	1.50 (1.40– 1.60)	14 (10 – 18)	6 (4 – 8)	8 (6 – 10)	12 (9 – 15)	0,12 (0,09 – 0,15)
Franco	47 (43 – 49)	1.40 (1.35– 1.50)	22 (18 – 26)	10 (8 – 12)	12 (10– 14)	17 (14– 20)	0,17 (0,14– 0,20)
Franco Arcilloso	49 (47 – 51)	1.35 (1.30– 1.40)	27 (23– 31)	13 (11– 15)	14 (12– 16)	19 (16– 22)	0,19 (0,16– 0,22)
Arcillo	51 (49 – 53)	1.30 (1.25– 1.35)	31 (27– 35)	15 (14– 16)	16 (13– 17)	21 (18– 23)	0,21 (0,18– 0,23)
Arcilloso	53 (51 – 55)	1.25 (1.20– 1.30)	35 (31 – 39)	17 (15 – 19)	18 (16 – 20)	23 (20 – 25)	0,23 (0,20 – 0,25)

Nota: los intervalos normales son consignados entre paréntesis: HA, Humedad aprovechable, CR, capacidad de retención de agua del suelo

El agua disponible (AD) para las plantas se calcula de la siguiente forma:

$$AD (mm) = \left( \frac{CC\% - PMP\%}{100} \times Da \right) \times H \times UR \times PSM \times (1 - Pied)$$

Donde:

- AD = agua disponible (mm).
- CC = capacidad de campo.
- PMP = porcentaje de marchites permanente.
- H = profundidad de raíces = 400 mm.
- UR = umbral de riego = 30%.
- PSM = porcentaje de suelo mojado por los emisores = 75%.
- Pied = fracción de piedras presentes en el perfil de suelo = 30%.

Por lo tanto:

$$AD (mm) = \left( \frac{27 - 13}{100} \times 1.35 \right) \times 400 \text{ mm} \times 0.3 \times 0.75 \times (1 - 0.3)$$

$$AD = 11.907 \text{ mm}$$

Esto significa que la cantidad de agua que las plantas pueden extraer del suelo, antes de volver a regar, es de 11.907 mm.

La frecuencia de riego se refiere a la cantidad de días que durará el agua disponible (AD) para realizar un nuevo riego.

Por lo tanto, la frecuencia de riego será:

$$F_r(\text{días}) = \frac{AD \text{ (mm)}}{Etc \text{ (mm/día)}}$$
$$F_r = \frac{11.907 \text{ (mm)}}{3.062 \text{ (mm/día)}} = 3.3 \text{ días}$$

Podemos concluir que la frecuencia de riego de cada planta de palta será de 3.3 días aproximadamente.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Introducción

En el capítulo anterior se concluyó que el tiempo de riego es de 17.34 minutos y la frecuencia de riego de 3.3 días.

Para demostrar que se puede optimizar el consumo de flujo de agua en las áreas de sembrío de palta se realizaron pruebas experimentales. Tres pruebas se realizaron simulando el riego por inundación y las otras tres pruebas con el kit de riego por goteo automatizado. Cabe resaltar que para las pruebas experimentales se tomó como tiempo y frecuencia de riego los siguientes valores: 17 minutos y 3 días respectivamente.

### 4.2. Consumo de flujo de agua con riego por inundación

En la Figura 11 se observa la conexión directa de la fuente de agua hacia el depósito simulando el riego por inundación.

**Figura 11**

*Prototipo para pruebas experimentales de riego por inundación*



En la Figura 12 se observa que el consumo de flujo de agua para la primera prueba simulando el riego por inundación es de 3.87 l/m.

### **Figura 12**

*Consumo de flujo de agua para la primera prueba experimental de riego por inundación*



En la Figura 13 se observa que el consumo de flujo de agua para la segunda prueba simulando el riego por inundación es de 3.87 l/m.

### **Figura 13**

*Consumo de flujo de agua para la segunda prueba experimental de riego por inundación*



En la Figura 14 se observa que el consumo de flujo de agua para la tercera prueba simulando el riego por inundación es de 4.00 l/m.

### **Figura 14**

*Consumo de flujo de agua para la tercera prueba experimental de riego por inundación*





### 4.3. Consumo de flujo de agua con riego por goteo

En la Figura 15 se observa la conexión del controlador de riego directamente a la fuente de agua y luego hacia el depósito simulando el riego por goteo.

**Figura 15**

*Prototipo para pruebas experimentales de riego por goteo*



En la Figura 16 se observa que el consumo de flujo de agua para la primera prueba empleando el controlador de riego por goteo es de 2.40 l/m.

**Figura 16**

*Consumo de flujo de agua para la primera prueba experimental de riego por goteo*



En la Figura 17 se observa que el consumo de flujo de agua para la segunda prueba empleando el controlador de riego por goteo es de 2.40 l/m.

### **Figura 17**

*Consumo de flujo de agua para la segunda prueba experimental de riego por goteo*



En la Figura 18 se observa que el consumo de flujo de agua para la tercera prueba empleando el controlador de riego por goteo es de 2.40 l/m.

### **Figura 18**

*Consumo de flujo de agua para la tercera prueba experimental de riego por goteo*



## V. CONCLUSIONES

### 1. Describir cómo se realiza el riego en las áreas de sembrío de palta de la empresa AGROLATAM para determinar sus deficiencias.

Se logró determinar que el riego de ciertas áreas de sembrío de palta se realiza por el método de inundación con el agua que suministra el POZO N°03 lo cual genera que algunas áreas de sembrío de palta reciben agua en exceso y otras no reciben lo suficiente para el desarrollo apropiado de la planta de palta.

### 2. Calcular el tiempo y la frecuencia de riego para el prototipo.

Mediante el cálculo de los requerimientos de cultivo, las referencias bibliográficas consultadas, tablas y fórmulas se pudo calcular el tiempo y la frecuencia de riego: 17.34 minutos y 3.3 días respectivamente.

### 3. Realizar pruebas experimentales con el prototipo para demostrar que se puede optimizar el consumo de flujo de agua.

**Tabla 3**

*Valores de flujo de agua en pruebas experimentales*

<b>Tipo de riego</b>	<b>Prueba N°1</b>	<b>Prueba N°2</b>	<b>Prueba N°3</b>	<b>Promedio</b>
Por inundación	3.87 l/m	3.87 l/m	4.00 l/m	3.91 l/m
Por goteo	2.40 l/m	2.40 l/m	2.40 l/m	2.40 l/m

De la Tabla 3 podemos concluir que el consumo de flujo de agua empleando el sistema de riego por goteo automatizado se reduce en 38.62% respecto al consumo de flujo de agua empleando el riego por inundación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Integrar sensores para medir la energía eléctrica consumida y determinar el ahorro obtenido empleando el sistema de riego automatizado.
2. Integrar una interfaz gráfica que permita al operador establecer el tiempo y la frecuencia de riego cuando sea necesario.
3. Integrar sensores de presión para calcular las caídas de presión en el circuito hidráulico.

## REFERENCIAS

- Babu, D. V., Shijin, K. V., Sreejith, N. S., Sureshababu, A. V., y Karthikeyan, C. (2020). Automatic Irrigation Systems for Efficient usage of Water using Embedded Control Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 993, 012077. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/993/1/012077>
- Batlloori, N. (2020). *Development and testing of hygrometers with Arduino low-cost electronic components*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/333706>
- Brunete, A., San Segundo, P., y Herrero, R. (2020). *1.5 Sistemas de control / Introducción a la Automatización Industrial*. [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/sistemas-de-control.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/sistemas-de-control.html)
- Cabrera, S., y Montes, I. (2021). *Implementación de un sistema automatizado para riego basado en la tecnología Arduino para controlar balance de humedad de suelo en el recinto Siete Ríos*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7302>
- Chang, L. (2020). *Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo para aumentar la producción de maíz en la Hacienda Durand*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2799>
- Gil M., Pilar, Selles Van S., Gabriel y Ferreyra E., Raúl (2009) *Manual de riego para paltos y cítricos*. Quillota: Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30975>.
- Güven, G., y Kozcu, N. (2020). Investigation of the Opinions of Teachers Who Received In-Service Training for Arduino-Assisted Robotic Coding Applications. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 15(1), 253-274.
- Hassan, A., Abdullah, H. M., Farooq, U., Shahzad, A., Asif, R. M., Haider, F., y Rehman, A. U. (2021). A Wirelessly Controlled Robot-based Smart Irrigation System by Exploiting Arduino. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(1), 29-34. <https://doi.org/10.18196/jrc.2148>

- Jannah, H., y Hariyadi, H. (2021). Implementasi Kontrol Proportional—Integral Pada Bidirectional Converter Untuk Sistem Pengisian Baterai Turbin Angin. *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems*, 2(01), 30-35.  
<https://doi.org/10.52158/jasens.v2i01.194>
- Junaidi, Putra, T. M., Surtono, A., Puazi, G. A., Suciya, S. W., Firdaus, I., y Rumiya, L. (2021). Measurement of Physical Parameters of Water Quality in Real-Time Based on Arduino. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751, 012067.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012067>
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., y Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364.  
<https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- Mahzan, N. N., Wahid, N., Zin, N. M., Enza, N. I. M., Noh, K. S. S. K. M., Omar, S., Zin, M. F. M., Redwan, F. N. M., Radzuan, M. H. I., Zamri, M. A. M., y Salleh, M. A. M. (2020). A Design of Smart IoT-Based College Room Using Arduino. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529, 022045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/2/022045>
- Mercado, J. (2020). Sistema de riego autónomo de bajo costo para expansión de área agrícola en laderas de los Valles del Sur del Perú basado en IOT. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12685>
- Mokgatla, O., y Bolton, M. (2020). *The use of open source platforms in the development of an appropriate irrigation system for small-scale farmers in Johannesburg*.
- Muñoz. (2014, julio 10). Riego por goteo: Qué es y cómo funciona. Tipos de riego a goteo y Ventajas. *AgroHuerto*. <https://www.agrohuerto.com/riego-por-goteo-que-es/>

- Nasir, A., Bature, U., Jahun, K., Baba, M., y Akwu, U. (2020, marzo 2). *Automatic plant Irrigation Control System Using Arduino and GSM Module—ProQuest*.  
<https://www.proquest.com/openview/6fe39efdec8e1d5767648a15af8ab7a2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2069184>
- Oliveira, P. B. de M., Hedengren, J. D., y Rossiter, J. A. (2020). Introducing Digital Controllers to Undergraduate Students using the TCLab Arduino Kit. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 17524-17529. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2662>
- Oquelis, Á., y Landa, D. (2020). Desarrollo de un controlador agrícola para Agricultura de Precisión con LoRaWAN para banano y mango orgánico. *Universidad de Piura*.  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4665>
- Ortega, K. (2021). *Riego por goteo convencional y automatizado en la producción de tomate (Solanum lycopersicum L.), a campo abierto, UNA, Managua, 2020—2021* [Engineer, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4313/>
- Phetsong, S., y Weerayuth, N. (2021). Development of learning materials for automatic control course. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1137(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1137/1/012061>
- Prabhavathi, S., Sowmiya, M., Vasuki, M., y Tamil, P. (2021, mayo). *Automatic Agriculture Spraying Using Arduino*.  
[http://scholar.googleuhttp://www.ijmrset.com/upload/2021/may/16\\_AUTOMATIC\\_new%20\(1\).pdf](http://scholar.googleuhttp://www.ijmrset.com/upload/2021/may/16_AUTOMATIC_new%20(1).pdf)
- Rahman, S. (2020). Use of closed loop system using Arduino for different parameters in farming. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(4), 1373-1378.  
<https://doi.org/10.11591/eei.v9i4.2037>
- Ramos, J. (2014, mayo 13). *Tipos de placas Arduino*. <https://rootear.com/desarrollo/tipos-placas-arduino>

- Silalahi, L., Budiyo, S., Silaban, F., y Hakim, A. (2021). Design a Monitoring and Control in Irrigation Systems using Arduino Wemos with the Internet of Things. *Journal of Integrated and Advanced Engineering (JIAE)*, 1(1), 53-64.  
<https://doi.org/10.51662/jiae.v1i1.13>
- Sruthi, R., Swytha, S., Varsha, K., y Kavitha, P. (2021). Microcontroller Based Automatic Irrigation and Fertilisation System Using Soil Moisture Sensor and Ph Sensor. *Journal of Physics: Conference Series*, 1964(5), 052003.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1964/5/052003>
- Tahir, M. (2017, agosto). *Measuring water Flow Rate and Volume using Arduino and Flow Sensor*.  
[https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:wLvwm5tcTb0J:scholar.google.com/+%22irrigation+systems%22%2B%22arduino%22&hl=es&as\\_sdt=0,5&as\\_ylo=2020](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:wLvwm5tcTb0J:scholar.google.com/+%22irrigation+systems%22%2B%22arduino%22&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2020)
- Telluri, P., Manam, S., Somarouthu, S., Oli, J. M., y Ramesh, C. (2020). Low cost flex powered gesture detection system and its applications. *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1128-1131.  
<https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9182833>
- Vílchez, H. (2020). Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado para una hectárea de cultivo de durazno en el distrito de La Isla - Asia, Cañete. *Repositorio institucional - URP*. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3354>
- Widodo, y Setiawan, R. (2021). Temperature Control System on Aquascape using On-Off Control. *BEST : Journal of Applied Electrical, Science, & Technology*, 3(1), 34-38.  
<https://doi.org/10.36456/best.vol3.no1.3541>



# **ANEXOS**

## ANEXO N°1 - PROTOTIPO

**Figura 19**

*Investigadores junto al prototipo desarrollado*



## ANEXO N°2 – CODIGO FUENTE DEL SISTEMA DE CONTROL

**Figura 20**

*Sistema de control del prototipo desarrollado*



```
//Programa final para lectura de sensor de caudal

//Librerías para poder usar la pantalla OLED

#include <SPI.h>

#include <Wire.h>

#include <Adafruit_GFX.h>

#include <Adafruit_SSD1306.h>

#include <EEPROM.h> //Librería para la memoria EEPROM

//Definimos el tamaño que posee nuestra pantalla OLED

#define SCREEN_WIDTH 128 // Ancho del display en pixeles

#define SCREEN_HEIGHT 64 // Altura del display en pixeles

//Definimos los pines de conexión entre la pantalla OLED y el Arduino UNO

#define OLED_MOSI 9
```

```

#define OLED_CLK 10

#define OLED_DC 11

#define OLED_CS 12

#define OLED_RESET 13

//Creamos una instancia de la pantalla OLED

Adafruit_SSD1306 oled(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, OLED_MOSI, OLED_CLK,
OLED_DC, OLED_RESET, OLED_CS);

//Creamos nuestras variables

volatile int NumPulsos; // Cantidad de pulsos del sensor. Como se usa dentro de una interrupción debe ser
volatile

unsigned int litrosPorHora; // Calcula litros por hora

unsigned long tiempoAnterior; // Para calcular el tiempo

unsigned long pulsosAcumulados; // Pulsos acumulados

float litros; // Litros acumulados

int SensorDeFlujo=2; // Sensor de Flujo

int PulsadorAgua=4; // Pulsador Reset de cantidad de litros acumulada

int ResetAgua = LOW; // Variable que guarda el estado del pulsador

//Función ISR llamada cuando se produce la interrupción

void ContarPulsos()

{

    NumPulsos++; //Incrementamos la variable de pulsos

}

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    oled.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC); // Inicia el display OLED (Carga Buffer)

    oled.clearDisplay(); // Borrar imagen en el OLED

    oled.setTextSize(2); // Definir Tamaño del Texto

    oled.setTextColor(WHITE); // Definir color del texto.

    oled.setCursor(0,28); // Define la posición inicial del texto

```

```

oled.println("Bienvenido"); // Carga la información al buffer

oled.display();

delay(500); // Demora de 2 segundos.

pinMode(PulsadorAgua, INPUT); //Pulsador Reset de Agua

pinMode(SensorDeFlujo, INPUT);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SensorDeFlujo), ContarPulsos, RISING);

interrupts(); // Habilitar interrupciones

    EEPROM.get(10, litros); //Guarda desde el byte 10 de la EEPROM el volumen de Agua

    tiempoAnterior = millis();

}

void loop() {

    ResetAgua = digitalRead(PulsadorAgua); //Leemos el pulsador para reset de agua

    if(ResetAgua == HIGH){ //Si el pulsador esta en HIGH, litros = 0

        litros = 0;

    }

    if( millis() - tiempoAnterior > 1000){

        tiempoAnterior = millis();

        pulsosAcumulados += pulsos;

        litrosPorHora = (pulsos * 60 / 6.67); // (Pulse frequency x 60 min) / 7.5Q = flow rate in L/hour

        pulsos = 0;

        litros = pulsosAcumulados*1.0/400; //Cada 400 pulsos = 1 litro

        EEPROM.put(10,litros); // Guarda en la EEPROM el valor de volumen

        //-----Enviamos por el puerto serie-----

        Serial.print("Caudal: ");

        Serial.print(litrosPorHora,3);

        Serial.print("L/h, Litros: ");

        Serial.print(litros,3);

        Serial.println(" L");

        //-----Muestra en Pantalla OLED 0.9"-----

```

```
oled.clearDisplay();

oled.setTextSize(2); // Definir Tamaño del Texto

oled.setTextColor(WHITE); // Definir color del texto.

oled.setCursor(0,0); // Definir posición inicial del texto

oled.print("Consumo Agua: "); // Carga la información al buffer

//oled.print("Agua:");

oled.print(litros,2); // Carga la información al buffer

oled.print("L");

oled.display();

oled.setCursor(0,32);

oled.setTextSize(2);

oled.println("Caudal:");

oled.print(litrosPorHora,2);

oled.print("L/h");

oled.display();

}

}
```

## ANEXO N°3 – COLOCACIÓN DE KIT DE RIEGO POR GOTEO

**Figura 21**

*Depósito con el kit de riego por goteo*



**Figura 22**

*Controlador del kit de riego por goteo*





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Luis Eduardo Pérez Hernández
Título del ejercicio:	PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA M...
Título de la entrega:	PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA M...
Nombre del archivo:	PROYECTO_PEREZ_OBLITAS.docx
Tamaño del archivo:	2.2M
Total páginas:	54
Total de palabras:	8,547
Total de caracteres:	45,493
Fecha de entrega:	27-may.-2022 09:46a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1845399412

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA



TESIS  
"PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO  
PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO  
DE PALTA – OLMOS"

**ELABORADA POR:**

Bach. Oblitas Cabrera Gian Jhairo

Bach. Pérez Hernández Luis Eduardo

**ASESOR:**

M.Sc. Ing. Romero Cortez Oscar Ucchelly

LAMBAYEQUE 2022

Mg. Oscar Ucchelly Romero Cortez

DNI 41812294

ASESOR



# PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO DE PALTA – OLMOS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	platina.inia.cl	Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unprg.edu.pe	Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net	Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uladech.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	repositorio.una.edu.ni	Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad de Málaga - Tii	Trabajo del estudiante	1%
7	forum.arduino.cc	Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	<1%




Mg. Oscar Uchelly Romero-Cortez

DNI 41812294

ASESOR

9	<a href="http://www.handfie.com">www.handfie.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://naylampmechatronics.com">naylampmechatronics.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.utC.edu.ec">repositorio.utC.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.udl.edu.pe">repositorio.udl.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.dientuhello.com">www.dientuhello.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to University of Bolton Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://create.arduino.cc">create.arduino.cc</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.cecodes.org.co">www.cecodes.org.co</a>	

  
 Mg. Oscar Uchelly Romero Cortez  
 DNI 41812294  
 ASESOR

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Esumer Institucion Universitaria

Trabajo del estudiante

<1 %

22

ribuni.uni.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

23

doi.org

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.ups.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

web.siia.unam.mx

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Mg. Oscar Ucchelly Romero Cortez

DNI 41812294

ASESOR

**ANEXOS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**DECANATO**  
Ciudad Universitaria - Lambayeque



**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 033-2022-D/FACFyM**

Siendo las 16:00 del día 30 de Setiembre del 2022, se reunieron vía plataforma virtual, <https://meet.google.com/usn-jkzo-tdu> los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

**Prototipo de Sistema de Riego Automatizado para Mejorar la Irrigación en Áreas de Sembrío de Palta - Olmos**

Designados por Resolución N°358-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 25 de mayo de 2021 y su Modificatoria la Resolución N° 629-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 02 de setiembre de 2021

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

**M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos**

Presidente

**Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano**

Secretario

**Mg. Ing. Juan Carlos Ñañez Aguilar**

Vocal

La tesis fue asesorada por Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez, nombrado por Resolución N° 358-2021-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 25 de Mayo de 2021.

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 827-2022-VIRTUAL-D/FACFyM de fecha 27 de Setiembre de 2022.

La Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: Oblitas Cabrera Gian Jhairo y Pérez Hernández Luis Eduardo, y tuvo una duración de 50 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de 15 (Quince) en la escala vigesimal, mención, Regular.

Por lo que quedan aptos para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico**, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 17:10 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

**M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos**  
Presidente

**Ing. Segundo Francisco Segura Altamirano**  
Secretario

**Mg. Ing. Juan Carlos Ñañez Aguilar**  
Vocal

**CERTIFICO:** Que esta fotocopia es idéntica a su original que he tenido a la vista doy fe.  
Chiclayo,

**Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez**  
Asesor



## ANEXO 01

### CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

(Resolución N° 626-2021-CU del 30 de Diciembre 2021)


Yo, OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ, usuario revisor del documento titulado: **PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO DE PALTA – OLMOS.**

Cuyos autores son: Bach. Oblitas Cabrera, Gian Jhairo identificado con DNI: 72312977 y Bach. Pérez Hernández Luis identificado con DNI: 72517328 declaro que la evaluación realizada por el programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de 13% verificable en el resumen de reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el recibo digital a efectos de trazabilidad respectiva del proceso

Lambayeque, 30 de mayo de 2022.



---

Mg. Oscar Uchelly Romero Cortez  
DNI 41812294  
ASESOR

Adj.

1. Recibo Digital Turnitin firmado.
2. Vista actual con Informe de Originalidad Turnitin firmados.

# REPORTE AUTOMATIZADO DE SIMILITUDES

## PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA MEJORAR LA IRRIGACIÓN EN ÁREAS DE SEMBRÍO DE PALTA – OLMOS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	platina.inia.cl	5%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.unprg.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.uladech.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.una.edu.ni	1%
	Fuente de Internet	
6	Submitted to Universidad de Málaga - Tii	1%
	Trabajo del estudiante	
7	forum.arduino.cc	<1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

  
Mg. Oscar Uchelly Romero Cortez  
DNI 41812294  
ASESOR

9	<a href="http://www.handfie.com">www.handfie.com</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://naylampmechatronics.com">naylampmechatronics.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://dspace.espoch.edu.ec">dspace.espoch.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.udl.edu.pe">repositorio.udl.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.dientuhello.com">www.dientuhello.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to University of Bolton Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://create.arduino.cc">create.arduino.cc</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.cecodes.org.co">www.cecodes.org.co</a>	




---

Mg. Oscar Uchelly Romero Cortez  
DNI 41812294  
ASESOR



Fuente de Internet

<1 %

---

21 Submitted to Esumer Institucion Universitaria  
Trabajo del estudiante

<1 %

---

22 ribuni.uni.edu.ni  
Fuente de Internet

<1 %

---

23 doi.org  
Fuente de Internet

<1 %

---

24 repositorio.ups.edu.pe  
Fuente de Internet

<1 %

---

25 web.siia.unam.mx  
Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografia

Activo



---

Mg. Oscar Uccelly Romero Cortez

DNI 41812294

ASESOR

# RECIBO DIGITAL



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Luis Eduardo Pérez Hernández  
Título del ejercicio: PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA M...  
Título de la entrega: PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA M...  
Nombre del archivo: PROYECTO\_PEREZ\_OBLITAS.docx  
Tamaño del archivo: 2.2M  
Total páginas: 54  
Total de palabras: 8,547  
Total de caracteres: 45,493  
Fecha de entrega: 27-may.-2022 09:46a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1845399412



Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.

  
Mg. Oscar Uchelly Romero Cortez  
DNI 41812294  
ASESOR