

MAESTRIA EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION



TECNOLÓGICO
DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE CUAUTITLÁN IZCALLI

T
E
S
C
I

**“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego
Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION
PRESENTA:**

ING.CHRISTOPHER JONATAN PAREDES DE LA FUENTE

DIRECTOR(A) DE TESIS:

MTRA.VIRIDIANA JIMENEZ MARTIENEZ

AUTORIZACIÓN

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

AGRADECIMIENTOS

Hoy, al llegar a esta meta tan anhelada, no puedo evitar que los recuerdos me invadan. Recuerdo los días interminables frente a una pantalla, las madrugadas en vela, el peso de las responsabilidades y la presión que a veces parecía insoportable. Pero también recuerdo cada abrazo, cada gesto de amor, cada “tú puedes” que me sostuvo cuando creí que ya no podía más.

Agradezco profundamente a mi hija, mi compañera de vida y mi familia entera, porque este logro es una historia que escribimos juntos. Ustedes me dieron razones cuando sentía que ya no quedaban, y fuerzas cuando ya no tenía ninguna.

Gracias por estar ahí, incluso cuando yo no podía estar del todo. Por esperarme, por comprender mis ausencias, por celebrar mis pequeñas victorias y secar mis lágrimas cuando el mundo parecía demasiado. No existen palabras que puedan abarcar lo que siento, pero hoy, con esta tesis entre mis manos, quiero que sepan que esto es por ustedes y para ustedes.

Mi compromiso con ustedes es eterno. Porque si algo me ha enseñado este camino, es que el amor verdadero y el apoyo de quienes creemos, lo pueden todo.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo mi corazón, a ti, mi hija adorada, Barbara Michelle Paredes Troncoso. Eres la razón más pura y poderosa que tengo para seguir luchando cada día. Tu sonrisa ha sido el faro que ha iluminado mis noches más oscuras, y tu existencia, el motor que ha empujado cada uno de mis pasos hacia adelante. Este logro es tan tuyo como mío, porque ha sido tu amor el que me ha sostenido cuando mis fuerzas flaqueaban. Que esta página en mi vida sea una de tantas que te inspire mañana a luchar por tus sueños, como tú me has enseñado a nunca rendirme.

A ti, Cinthya Troncoso Castillo, mi compañera de vida, mi sostén inquebrantable. Has estado a mi lado cuando todo parecía imposible, cuando el cansancio se apoderaba de mi cuerpo y la duda de mi mente. Tus palabras de aliento, tu fe en mí incluso en mis momentos más vulnerables, han sido mi refugio. Gracias por creer en mí cuando ni yo mismo podía hacerlo. Esta meta no es solo un triunfo académico; es el testimonio del amor que me fortalece día con día.

Y a mi familia, en especial a mis padres, pilares eternos de mi existencia. Por cada noche sin dormir esperando que regresara, por cada sacrificio silencioso, por cada palabra de aliento disfrazada de regaño, por cada oración que elevaban por mí sin que yo lo supiera... gracias. Son ustedes quienes me enseñaron que el verdadero éxito no está en los títulos ni en los reconocimientos, sino en la constancia, en la humildad, y en no olvidarse jamás de dónde venimos.

Esta tesis es un homenaje a todo lo vivido, a cada lágrima derramada en silencio, a cada renuncia personal que implicó seguir este camino. Pero, sobre todo, es una promesa: seguiré adelante, no solo por mí, sino por ustedes, que han sido mi mayor razón para resistir, persistir y nunca dejar de soñar.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	6
RESUMEN.....	2
PALABRAS CLAVE:	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO 1. MARCO CONTEXTUAL	7
LA AGRICULTURA.....	8
LA APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS	8
CAPÍTULO 2.	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 USO DE DISPOSITIVOS EN ARDUINO	11
2.2 SISTEMAS DE RIEGO AUTOMATIZADOS	11
2.3 EDUCACIÓN AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD	12
2.4 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA DEL USO DE SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO	12
2.5 RELACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE RIEGO INTELIGENTES.....	12
CAPÍTULO 3.....	13
MARCO METODOLÓGICO	13
MARCO METODOLÓGICO.	14
TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
MÉTODOS Y TÉCNICAS.	14
POBLACIÓN Y MUESTRA.	14
INSTRUMENTOS UTILIZADOS.	15
CAPÍTULO 4.....	17
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	17
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	18

**“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego
Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”**

CODIGO	19
RESULTADOS OBTENIDOS.....	20
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
CAPÍTULO 5.....	22
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS	22
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS CONCLUSIONES GENERALES.....	23
APORTES DESDE EL PUNTO DE VISTA PRÁCTICO.....	23
LIMITACIONES.....	23
RECOMENDACIONES	23
REFERENCIAS.....	24
ANEXOS	25

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Significado
LCD	Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)
IDE	Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado)
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
ONU	Organización de las Naciones Unidas
RH	Relación de Humedad
°C	Grados Celsius
mL	Mililitros
SDG	Sustainable Development Goals (Objetivos de Desarrollo Sostenible)

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Símbol o	Descripción	Unidad
H	Humedad del suelo	%
T	Temperatur a	°C
V	Voltaje	Volts (V)
I	Corriente eléctrica	Amperio s (A)
t	Tiempo de riego	minutos
Q	Caudal de agua	litros/mi n
R	Resistencia eléctrica del sensor	ohmios (Ω)

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

RESUMEN

En un escenario donde los recursos naturales están cada vez más comprometidos, la gestión eficiente del agua se ha convertido en una prioridad global. La agricultura, siendo una de las actividades con mayor demanda hídrica, enfrenta retos considerables para garantizar la sostenibilidad sin sacrificar productividad. Este proyecto propone el diseño, desarrollo y aplicación de un sistema de riego automatizado basado en sensores de humedad del suelo, utilizando la plataforma Arduino como núcleo de procesamiento.

La investigación se llevó a cabo en comunidades del Estado de México, donde se identificó una alta preocupación por el consumo de agua y el tiempo invertido en riego manual. Mediante una metodología mixta, que combinó encuestas, pruebas de campo y observación directa, se validó la efectividad del dispositivo propuesto. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en el uso de agua y tiempo de trabajo, así como un alto nivel de aceptación por parte de los usuarios.

Además de su funcionalidad técnica, el sistema representa una herramienta educativa para fomentar la conciencia ambiental y el aprendizaje de tecnologías accesibles. Este trabajo demuestra que es posible implementar soluciones de bajo costo que promuevan tanto la eficiencia agrícola como la formación en sostenibilidad. A largo plazo, la adopción de este tipo de dispositivos podría tener un impacto significativo en el uso responsable del agua y en la formación de comunidades más resilientes frente al cambio climático.

Palabras clave:

Riego automatizado, sensores de humedad, Arduino, sostenibilidad, educación ambiental, agricultura eficiente, desarrollo tecnológico, gestión del agua.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

ABSTRACT

Abstract: Efficient water management is essential in a world where natural resources are increasingly compromised. In agriculture, the ability to measure and monitor soil moisture has been a key need since the earliest civilizations. Today, soil moisture sensors enable precise irrigation management, promoting both agricultural efficiency and environmental sustainability. This thesis explores sensors, from their rudimentary beginnings to the advanced devices available today, integrated with technology. It also discusses the main types of sensors, their applications in automated irrigation systems, and how they contribute to more responsible water management on a planet facing climate challenges. Looking to the future, these devices help us rethink water use, recognizing that every drop counts.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

INTRODUCCIÓN

Este trabajo aborda de forma detallada el diseño, desarrollo, implementación y evaluación de un dispositivo de riego automatizado basado en sensores de humedad y controlado mediante microcontroladores de Arduino.

La elección de este tema surge de la necesidad urgente de adoptar tecnologías sostenibles en el manejo del agua, especialmente en el ámbito agrícola, donde el uso ineficiente del recurso hídrico continúa siendo una problemática de gran impacto ambiental, económico y social.

En un contexto donde el cambio climático, el crecimiento poblacional y la presión sobre los recursos naturales se intensifican, resulta fundamental encontrar soluciones accesibles y replicables que promuevan el desarrollo sustentable.

El objetivo principal del presente proyecto es diseñar y construir un sistema capaz de detectar automáticamente los niveles de humedad del suelo y activar un sistema de riego únicamente cuando sea necesario.

La implementación de este dispositivo tiene una doble finalidad: por un lado, mejorar la eficiencia en el uso del agua en cultivos agrícolas mediante la automatización del proceso de riego; por otro, servir como una herramienta didáctica para fomentar la educación ambiental y tecnológica en estudiantes, así como en comunidades interesadas en la gestión sustentable del agua.

La problemática que atiende esta investigación está relacionada con la sobreutilización del agua en sistemas de riego convencionales, que suelen ser manuales y no consideran el estado real de humedad del suelo. Esta práctica, común en pequeñas comunidades, incrementa el desperdicio de agua, eleva los costos operativos y no garantiza la salud adecuada del cultivo.

Desde el punto de vista contextual, el proyecto se sitúa en comunidades rurales del Estado de México, donde prevalecen condiciones climáticas semiáridas, limitaciones

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

económicas y un acceso restringido a tecnologías modernas. Estas condiciones representan un entorno propicio para la implementación de soluciones de bajo costo y alto impacto como la propuesta en este estudio.

La justificación del trabajo radica en que, además de atender una necesidad técnica concreta, el sistema desarrollado impulsa el aprendizaje práctico en temas de programación, electrónica básica y sostenibilidad ambiental. Su potencial educativo le otorga un valor adicional, al fomentar habilidades tecnológicas en jóvenes y adultos que pueden aplicar este conocimiento en sus contextos cotidianos.

La metodología utilizada combina un enfoque mixto de investigación. Se aplicaron encuestas a usuarios potenciales para conocer sus hábitos, necesidades y expectativas respecto al riego. Posteriormente, se desarrolló un prototipo funcional que fue probado en condiciones reales. El análisis incluyó observaciones cualitativas, resultados cuantitativos y comparación con la literatura existente.

La estructura del documento se organiza en cinco capítulos. En el Capítulo 1 se presenta el marco contextual, describiendo la situación problemática en el entorno seleccionado. En el Capítulo 2 se desarrolla el marco teórico, abordando conceptos clave como el uso de microcontroladores Arduino, sensores de humedad, automatización y educación ambiental. El Capítulo 3 detalla la metodología de investigación y desarrollo utilizada. El Capítulo 4 describe la aplicación práctica del sistema, los resultados obtenidos y su análisis. Finalmente, el Capítulo 5 presenta las conclusiones generales, los aportes del proyecto, las limitaciones encontradas y las recomendaciones para futuras investigaciones.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Justificación

La creciente demanda de alimentos y la disminución de los recursos naturales hacen imperativo el uso responsable del agua. En el desarrollo sustentable, el riego ineficiente no solo implica un desperdicio de este recurso, sino también un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos. El uso de tecnologías que permitan automatizar el riego en función de las necesidades reales del suelo es fundamental para enfrentar estos desafíos.

Este dispositivo no solo busca mejorar la eficiencia en el consumo de agua, sino que también pretende ser una herramienta educativa. Su integración en entornos escolares y comunitarios permitirá que los estudiantes aprendan de manera práctica sobre tecnología y sostenibilidad, relacionando conceptos teóricos con soluciones reales. Además, el proyecto fomenta una mayor conciencia sobre el uso del agua, vinculando la tecnología con prácticas ambientales responsables. De este modo, se contribuye tanto al desarrollo sostenible como a la formación de ciudadanos conscientes de los desafíos ambientales del futuro.

**“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego
Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”**

CAPÍTULO 1.

MARCO CONTEXTUAL

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

La agricultura

es uno de los sectores que más agua consume a nivel mundial, representando aproximadamente el 70% del uso total de agua dulce según datos de la FAO. Sin embargo, gran parte de esta agua se desperdicia debido a sistemas de riego ineficientes y al uso de prácticas tradicionales que no consideran variables como la humedad del suelo, las condiciones climáticas o las necesidades hídricas específicas de los cultivos. En este contexto, la automatización del riego se presenta como una alternativa viable para mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir costos y aumentar la productividad agrícola.

La aplicación de nuevas tecnologías

en el campo ha ido en aumento, particularmente en países desarrollados, donde la agricultura de precisión es ya una realidad consolidada. No obstante, en regiones rurales de países en desarrollo, el acceso a estas soluciones sigue siendo limitado por factores económicos, educativos y tecnológicos. Por ello, se requieren alternativas accesibles, replicables y de fácil uso, como los sistemas basados en plataformas abiertas tipo Arduino, que permiten automatizar procesos sin necesidad de grandes inversiones.

Contexto específico En el Estado de México, muchas comunidades rurales dependen de la agricultura como principal fuente de ingreso y sustento. Sin embargo, enfrentan múltiples desafíos, entre ellos el acceso limitado al agua, el uso de técnicas tradicionales de riego y la escasa formación tecnológica. A pesar del interés creciente en la sostenibilidad, la adopción de nuevas tecnologías ha sido lenta, debido en parte a la falta de recursos y capacitación.

Un diagnóstico realizado mediante encuestas reveló que el 85% de los agricultores considera que el costo del agua es un factor relevante en su actividad productiva. Además, el 50% de ellos dedica alrededor de cinco horas semanales al riego manual,

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

lo cual representa una carga de trabajo considerable. La mayoría mostró interés en un sistema que les permita ahorrar tiempo, reducir gastos y optimizar el recurso hídrico.

Diagnóstico del problema o situación actual La situación actual evidencia una baja eficiencia en el uso del agua en prácticas agrícolas tradicionales. Los agricultores no cuentan con información precisa sobre cuándo y cuánto regar, lo que conduce al riego excesivo o insuficiente. Este problema, aunque cotidiano, tiene implicaciones graves para el medio ambiente, la economía familiar y la sostenibilidad a largo plazo.

Los datos recopilados en la encuesta también indican que el 90% de los encuestados estaría dispuesto a adoptar un sistema automatizado si este fuera de bajo costo y fácil de instalar. Asimismo, el 95% opina que esta tecnología mejoraría la sostenibilidad agrícola. Estos resultados reflejan un alto nivel de interés por innovar, pero también una necesidad de soluciones que se ajusten a las condiciones económicas y técnicas de los usuarios.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

2.1 Uso de dispositivos en Arduino

Es una plataforma de hardware libre que ha revolucionado el desarrollo de proyectos electrónicos debido a su bajo costo, simplicidad y capacidad de adaptación. Se compone de una placa electrónica programable y un entorno de desarrollo (IDE) que permite escribir y cargar instrucciones a través de un lenguaje de programación basado en C/C++.

La utilización de dispositivos Arduino en sistemas automatizados ofrece múltiples ventajas. Por ejemplo, permite la integración de sensores como los de humedad, temperatura, luminosidad y presión, lo que facilita el desarrollo de sistemas inteligentes. En este proyecto, Arduino es el componente central que procesa la información obtenida por los sensores de humedad del suelo y activa el sistema de riego mediante una válvula controlada electrónicamente.

Además, su naturaleza de código abierto facilita la colaboración entre comunidades académicas, técnicas y sociales, generando una cultura de innovación accesible. En el ámbito educativo, Arduino es ampliamente utilizado por su capacidad para introducir a los estudiantes en el mundo de la robótica, la automatización y la programación de manera práctica.

2.2 Sistemas de riego automatizados

Los sistemas de riego automatizado consisten en un conjunto de componentes electrónicos y mecánicos que permiten controlar el suministro de agua de forma automática, ya sea mediante temporizadores, sensores o condiciones programadas. Estos sistemas se pueden clasificar en programables, por sensores o combinados.

La implementación de este tipo de tecnologías permite un uso racional del agua, reducción de tiempos de operación, disminución de costos laborales y aumento en la eficiencia de producción. En contextos de escasez hídrica, representan una solución fundamental para garantizar la seguridad alimentaria sin comprometer los recursos naturales.

Estudios recientes han demostrado que estos sistemas pueden reducir el consumo de agua hasta en un 40%, dependiendo del tipo de cultivo y condiciones ambientales. Además, contribuyen a un manejo más sostenible del suelo, al evitar la saturación hídrica que afecta la estructura y composición del mismo.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

2.3 Educación ambiental y sostenibilidad

La educación ambiental es un proceso que busca desarrollar conciencia, conocimientos y habilidades que permitan actuar en favor del ambiente. A través de ella, las personas pueden comprender la interdependencia entre los sistemas naturales y sociales, y tomar decisiones responsables respecto al uso de los recursos.

La incorporación de dispositivos tecnológicos como herramientas pedagógicas ofrece un enfoque innovador para la enseñanza de la sostenibilidad. En este sentido, el proyecto no solo cumple una función técnica, sino que también promueve el aprendizaje activo y contextualizado. Al trabajar con sensores, programación y conceptos de ecología, los estudiantes desarrollan habilidades científicas, tecnológicas y sociales.

2.4 Justificación teórica del uso de sensores de humedad del suelo

El conocimiento del contenido de humedad en el suelo es fundamental para la toma de decisiones agronómicas relacionadas con el riego. Los sensores de humedad permiten una medición precisa, en tiempo real, que ayuda a evitar el riego innecesario o la falta de agua en los cultivos.

Desde el punto de vista técnico, estos sensores se basan en la conductividad eléctrica del suelo o en la capacitancia del mismo, que varían según la cantidad de agua presente. Al integrarlos a un sistema Arduino, se puede crear un sistema de respuesta automática que garantice un uso más eficiente del recurso hídrico.

2.5 Relación con otros sistemas de riego inteligentes

Existen múltiples soluciones comerciales para el riego automatizado, muchas de ellas con interfaces móviles, conectividad inalámbrica y sensores múltiples. Sin embargo, su costo elevado limita su adopción en comunidades rurales o instituciones educativas con bajo presupuesto. El sistema propuesto en este trabajo se caracteriza por ser de bajo costo, escalable y con materiales de fácil adquisición. Si bien no cuenta con todas las funcionalidades de sistemas de alta gama, ofrece una alternativa eficiente, accesible y con gran valor educativo.

CAPÍTULO 3.

MARCO METODOLÓGICO

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Marco Metodológico.

Este proyecto se desarrolló bajo un enfoque de investigación mixta, es decir, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. El componente cuantitativo permitió conocer datos estadísticos sobre los hábitos de riego y la percepción del uso de tecnología en el sector agrícola. El enfoque cualitativo se utilizó para entender las motivaciones, necesidades y limitaciones de los usuarios, así como para observar de manera directa la implementación del dispositivo en condiciones reales.

Tipo de investigación

La investigación fue aplicada, ya que tuvo como objetivo la solución de un problema concreto a través del diseño y construcción de un dispositivo tecnológico. También fue exploratoria, porque permitió examinar una problemática poco abordada desde la perspectiva de accesibilidad tecnológica en comunidades rurales.

Métodos y técnicas.

Se aplicaron encuestas estructuradas a una muestra representativa de agricultores y usuarios potenciales del sistema. Estas encuestas fueron diseñadas para recopilar datos sobre el uso del agua, el tiempo dedicado al riego, el interés en nuevas tecnologías, la inversión estimada y el nivel de conocimiento tecnológico.

Además, se utilizó la observación directa durante las pruebas del prototipo para evaluar el funcionamiento del sistema en tiempo real. Se realizaron también entrevistas informales con usuarios para complementar la información cuantitativa.

Población y muestra.

La muestra estuvo compuesta por 30 participantes de comunidades rurales del Estado de México. Se seleccionó intencionalmente a personas que tuvieran experiencia previa en labores agrícolas o manejo de espacios verdes, como huertos escolares o comunitarios.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Instrumentos utilizados.

Los instrumentos empleados fueron:

Encuestas impresas y digitales.

Registros fotográficos y de video.

Bitácoras de observación.

El prototipo de riego automatizado.

Software de análisis estadístico básico para la tabulación de datos.

Cronograma

El proyecto se desarrolló a lo largo de seis meses, distribuidos en las siguientes fases:

Diseño de instrumentos (mes 1)

Aplicación de encuestas (mes 2)

Diseño y construcción del prototipo (mes 3)

Pruebas en campo y recolección de datos (mes 4 y 5)

Análisis de resultados y redacción final (mes 6)

Lugar de desarrollo

El proyecto se llevó a cabo en comunidades del Edo de mex. y áreas cercanas, así como en un espacio de laboratorio dentro de la institución educativa donde se diseñó y probó el prototipo.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”



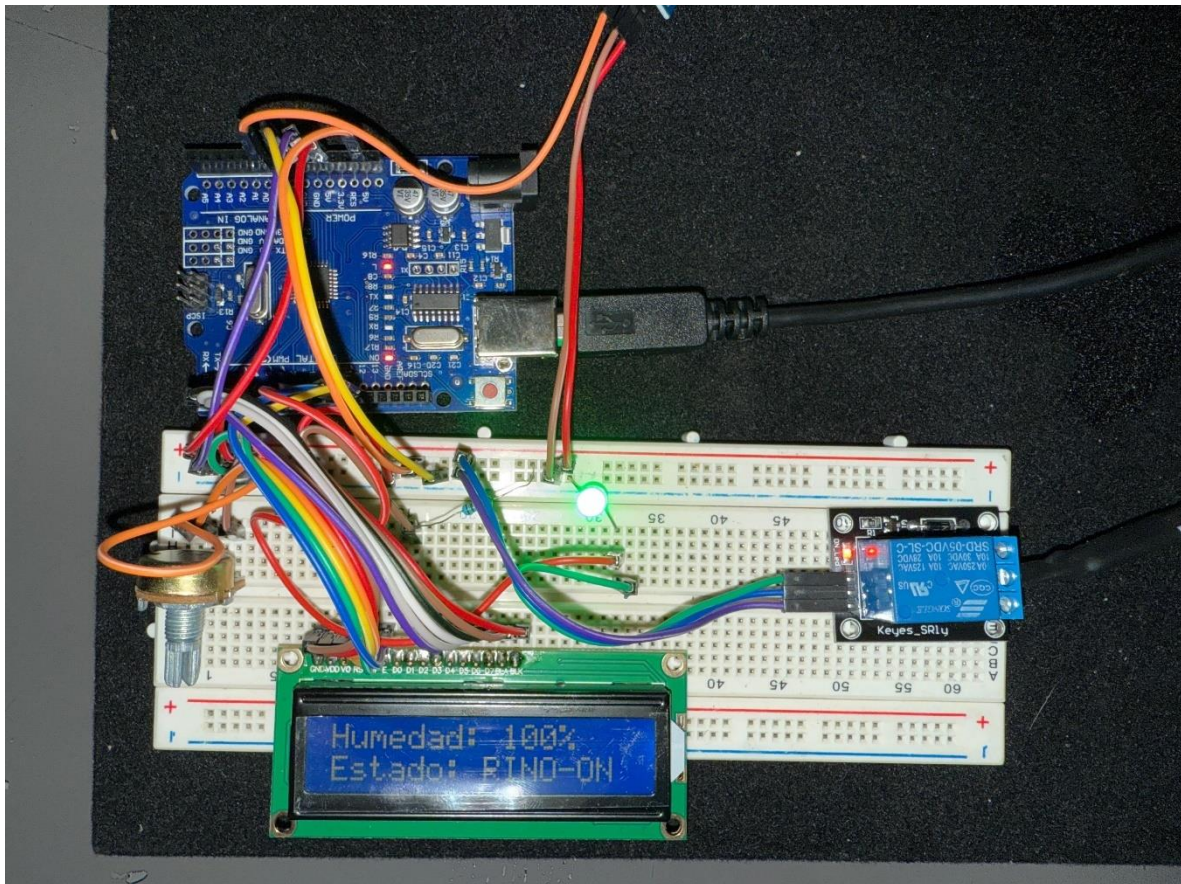
CAPÍTULO 4.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Aplicación de la Metodología y Discusión de Resultados.

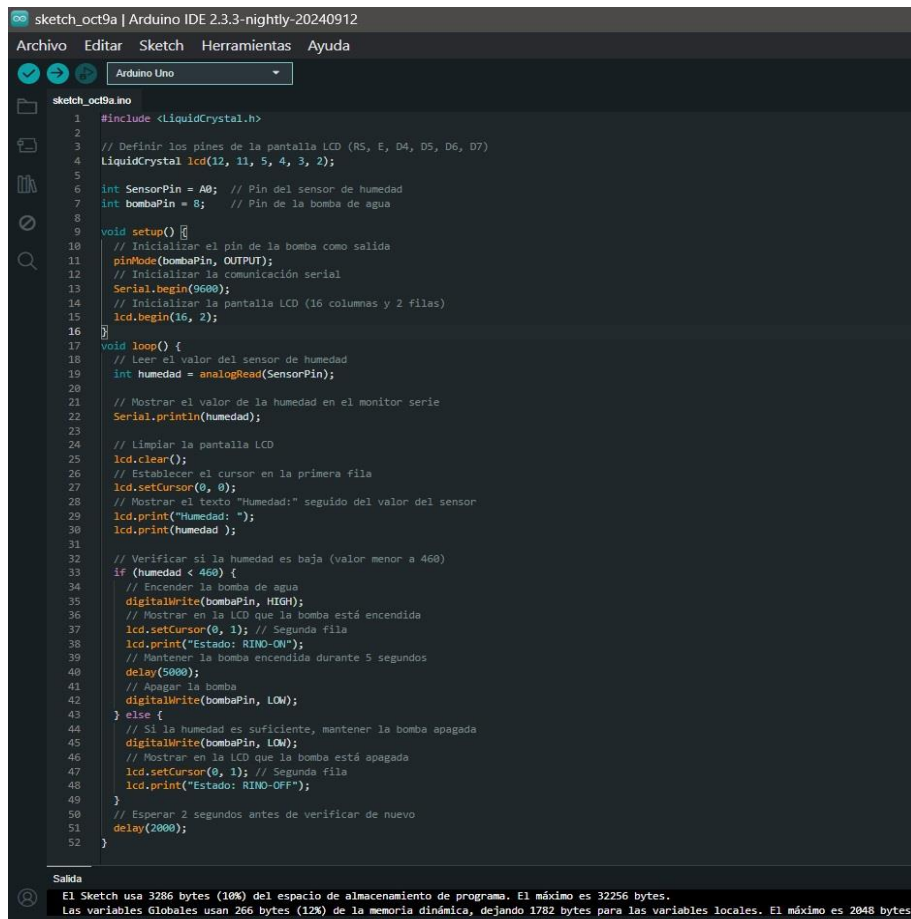
Desarrollo del proyecto El desarrollo del proyecto se dividió en varias etapas. Inicialmente se recopilaron los requerimientos técnicos y pedagógicos. Se seleccionaron los componentes electrónicos más adecuados: sensor de humedad capacitivo, placa Arduino UNO, módulo de relé, válvula solenoide, fuente de alimentación y cables de conexión.



“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

CODIGO

Posteriormente, se diseñó el código en lenguaje Arduino para que el sistema leyera continuamente los niveles de humedad y activara la válvula de riego sólo cuando los niveles estuvieran por debajo del umbral definido. El sistema fue ensamblado sobre una base plástica y conectado a una pequeña bomba de agua para simular un sistema de riego.



```
sketch_oct9a | Arduino IDE 2.3.3-nightly-20240912
Archivo  Editar  Sketch  Herramientas  Ayuda
Arduino Uno
sketch_oct9a.ino
1 #include <LiquidCrystal.h>
2
3 // Definir los pines de la pantalla LCD (RS, E, D4, D5, D6, D7)
4 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
5
6 int SensorPin = A0; // Pin del sensor de humedad
7 int bombaPin = 8; // Pin de la bomba de agua
8
9
10 void setup() {
11 // Inicializar el pin de la bomba como salida
12 pinMode(bombaPin, OUTPUT);
13 // Inicializar la comunicación serial
14 Serial.begin(9600);
15 // Inicializar la pantalla LCD (16 columnas y 2 filas)
16 lcd.begin(16, 2);
17 }
18
19 void loop() {
20 // Leer el valor del sensor de humedad
21 int humedad = analogRead(SensorPin);
22 // Mostrar el valor de la humedad en el monitor serie
23 Serial.println(humedad);
24 // Limpiar la pantalla LCD
25 lcd.clear();
26 // Establecer el cursor en la primera fila
27 lcd.setCursor(0, 0);
28 // Mostrar el texto "Humedad:" seguido del valor del sensor
29 lcd.print("Humedad: ");
30 lcd.print(humedad);
31
32 // Verificar si la humedad es baja (valor menor a 460)
33 if (humedad < 460) {
34 // Encender la bomba de agua
35 digitalWrite(bombaPin, HIGH);
36 // Mostrar en la LCD que la bomba está encendida
37 lcd.setCursor(0, 1); // Segunda fila
38 lcd.print("Estado: RINO-ON");
39 // Mantener la bomba encendida durante 5 segundos
40 delay(5000);
41 // Apagar la bomba
42 digitalWrite(bombaPin, LOW);
43 } else {
44 // Si la humedad es suficiente, mantener la bomba apagada
45 digitalWrite(bombaPin, LOW);
46 // Mostrar en la LCD que la bomba está apagada
47 lcd.setCursor(0, 1); // Segunda fila
48 lcd.print("Estado: RINO-OFF");
49 }
50 // Esperar 2 segundos antes de verificar de nuevo
51 delay(2000);
52 }
```

Salida

El Sketch usa 3286 bytes (10%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 266 bytes (12%) de la memoria dinámica, dejando 1782 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Se realizaron pruebas controladas en macetas y posteriormente en parcelas pequeñas. Se registraron los niveles de humedad, el tiempo de activación del riego y el consumo de agua.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Resultados obtenidos

Los principales hallazgos se resumen de la siguiente manera:

Reducción del uso de agua entre un 30% y 50% en comparación con el riego manual.
Ahorro estimado de tiempo laboral entre 5 y 10 horas al mes.

Aceptación del dispositivo por parte de los usuarios: 95% consideró útil la tecnología.
Inversión promedio aceptada: entre \$3,000 y \$7,000 pesos.

Ahorro mensual potencial estimado: entre \$500 y \$1,000 pesos.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

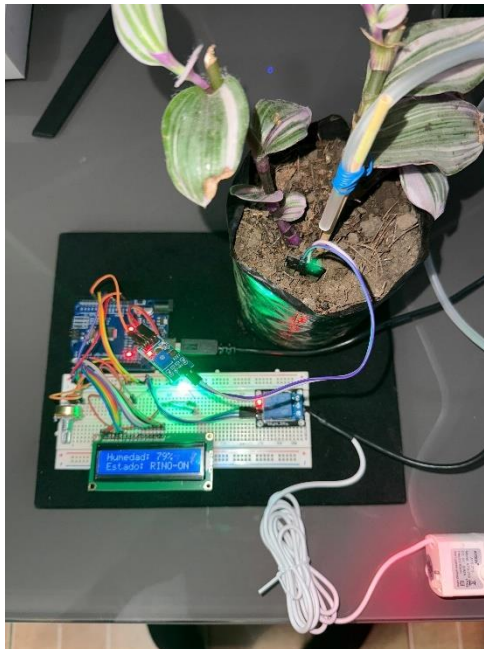
Discusión de resultados

Los resultados obtenidos validan la hipótesis inicial:

un sistema de riego automatizado basado en Arduino puede mejorar significativamente la eficiencia del uso del agua y reducir la carga de trabajo de los agricultores.

El nivel de aceptación por parte de los usuarios fue muy alto, lo que sugiere un buen potencial para su adopción masiva en contextos similares.

El análisis comparativo con datos del estado del arte indica que los resultados de ahorro y funcionalidad son consistentes con investigaciones similares. No obstante, la principal ventaja del sistema propuesto radica en su bajo costo y potencial educativo, lo que lo hace accesible a una mayor población.



CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS PARA TRABAJOS FUTUROS

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

Conclusiones y Perspectivas para Trabajos Futuros Conclusiones generales.

El proyecto demostró que es posible diseñar e implementar un sistema de riego automatizado funcional, de bajo costo y educativo, utilizando sensores de humedad y microcontroladores Arduino. Este sistema no solo optimiza el uso del agua, sino que también sirve como herramienta de enseñanza para temas relacionados con la tecnología y la sostenibilidad.

Aportes Desde el punto de vista práctico.

se ofrece una solución viable para agricultores de pequeña escala. Desde la perspectiva académica, el proyecto aporta un modelo didáctico útil para docentes interesados en educación ambiental y tecnológica.

Limitaciones

Las principales limitaciones fueron:

Dependencia de una fuente de energía estable.

Falta de conectividad remota para monitoreo a distancia.

Requiere cierto grado de conocimiento técnico para mantenimiento.

Recomendaciones

Se recomienda incluir módulos de comunicación inalámbrica como WiFi o GSM para monitoreo remoto. También se sugiere desarrollar materiales educativos complementarios para su implementación en escuelas.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

REFERENCIAS

1. Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). *Methods and technologies to improve efficiency of water use*. *Agricultural Water Management*, 95(8), 817–828.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377408000176?via%3Dihub>
2. Zhang, N., Wang, M., & Wang, N. (2002). *Precision agriculture—a worldwide overview*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2–3), 113–132.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169902000960?via%3Dihub>
3. Ahmad, L., Qamar, S., & Batool, R. (2021). *Development of low-cost soil moisture-based smart irrigation system using Arduino platform*. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 2(1), 45–58.
4. Ferreira, P. M., Ruano, A. E., Conceição, R. C., & Ruano, M. V. (2022). *Intelligent irrigation control using weather forecasts and soil moisture data*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 106610.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816992100627X?via%3Dihub>
5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2022). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022: Aprovechar la automatización agrícola para transformar los sistemas agroalimentarios*. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/items/c17a56ac-446b-4640-8ca5-a59a285d1cab>

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

ANEXOS

ENCUESTAS Y GRAGIFICAS

Resumen Cuantitativo de la Encuesta

1. Preocupación por el costo del agua:

- **85%** de los encuestados considera importante o muy importante el costo del agua en sus actividades agrícolas.

2. Porcentaje del presupuesto mensual destinado al riego:

- **55%** asigna menos del 10% de su presupuesto al riego.
- **30%** asigna entre un 10% y un 30%.
- **15%** supera el 30%.

3. Impacto del riego manual:

- **78%** indica que el riego manual incrementa los costos operativos.
- **22%** considera que el impacto es bajo o nulo.

4. Potencial de ahorro mensual (en pesos):

- **65%** estima que podría ahorrar entre **\$500 y \$1000** mensuales.
- **25%** considera que el ahorro puede superar los **\$1000**.
- **10%** reporta ahorros menores a **\$500**.

5. Interés en tecnología para reducir costos:

- **90%** está interesado o muy interesado en implementar tecnologías que reduzcan costos a largo plazo.

6. Percepción sobre sistemas automatizados:

- **87%** considera que un sistema automatizado podría mejorar la eficiencia del riego.
- **13%** no está seguro o no ve mejoras significativas.

7. Tiempo dedicado al riego manual:

- **50%** dedica alrededor de **5 horas semanales**.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

- **35%** invierte entre **5 y 10 horas semanales**.
- **15%** reporta más de **10 horas semanales**.

8. Interés en supervisión remota:

- **85%** está interesado en supervisar el sistema de riego de forma remota.
- **15%** no considera importante la supervisión a distancia.

9. Ahorro de tiempo laboral:

- **60%** espera ahorrar entre un **20% y un 50%** de su tiempo laboral con un sistema automatizado.
- **30%** espera ahorros superiores al **50%**.
- **10%** no prevé un ahorro de tiempo significativo.

10. Preferencia por automatización:

- **70%** prefiere un sistema completamente automatizado.
- **30%** desea un sistema semi-automatizado con intervención ocasional.

11. Ahorro de agua mensual (en litros):

- **50%** estima un ahorro de **50 a 100 litros** de agua.
- **40%** cree que el ahorro sería superior a **100 litros**.
- **10%** reporta un ahorro inferior a **50 litros**.

12. Inversión en tecnología sostenible:

- **45%** está dispuesto a invertir entre **\$3,000 y \$5,000 pesos**.
- **35%** considera viable invertir entre **\$5,000 y \$7,000 pesos**.
- **20%** invertiría más de **\$7,000 pesos**.

13. Impacto en sostenibilidad agrícola:

- **95%** cree que un sistema automatizado mejorará la sostenibilidad agrícola.
- **5%** no considera que tenga un impacto significativo.

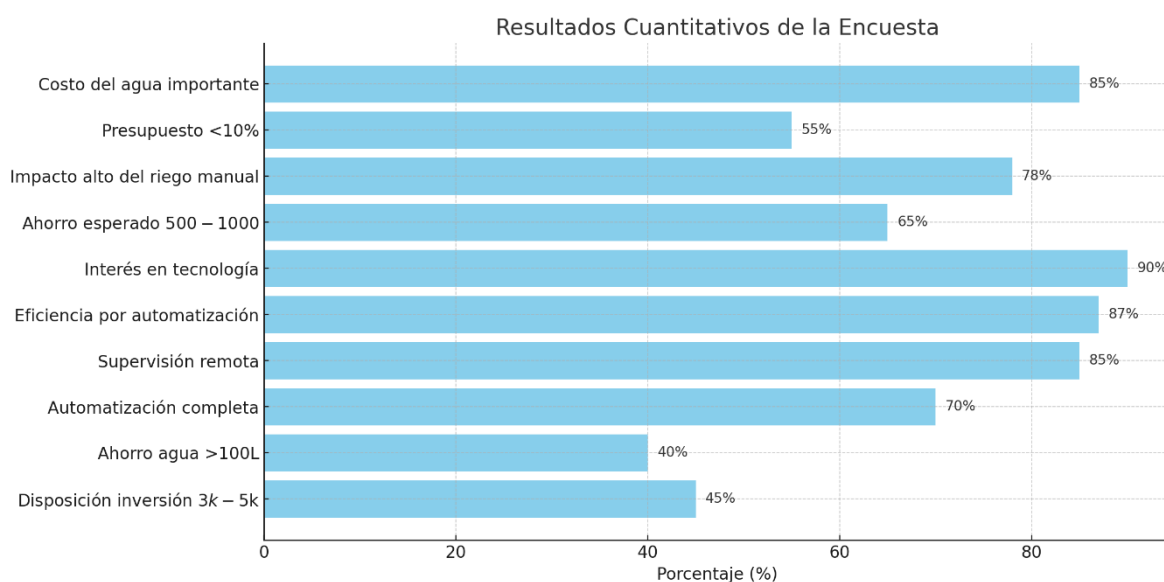
14. Distribución de la inversión inicial:

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

- La mayoría de los encuestados están dispuestos a invertir:
- **\$3,000**: 11 personas.
- **\$3,000 a \$7,000**: 11 personas.
- Un menor número considera inversiones **mayores a \$7,000**.

15. Opinión sobre la mejora de sostenibilidad agrícola:

- La mayoría de los participantes opinan que el riego automatizado puede ahorrar:
- **50 a 100 litros**: 12 personas.
- **Más de 100 litros**: 8 personas.
- Una minoría indicó ahorros menores:
- **Menos de 50 litros**: 2 personas.

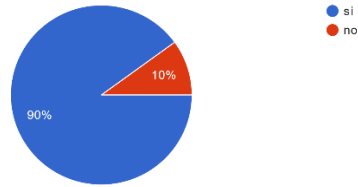


Conclusión

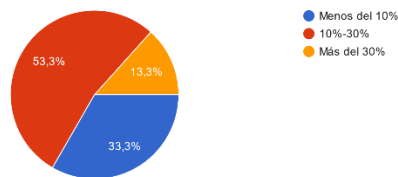
Los datos muestran una clara inclinación hacia la adopción de tecnologías automatizadas para el riego agrícola, debido a los beneficios en ahorro de costos, agua y tiempo. Este interés viene acompañado de una alta disposición a invertir en soluciones tecnológicas que promuevan la sostenibilidad ambiental y mejoren la productividad agrícola.

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

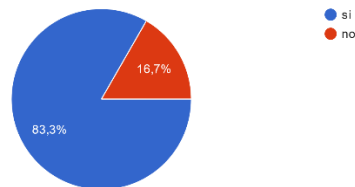
1.-¿Le preocupa el costo del agua en sus actividades agrícolas?
30 respuestas



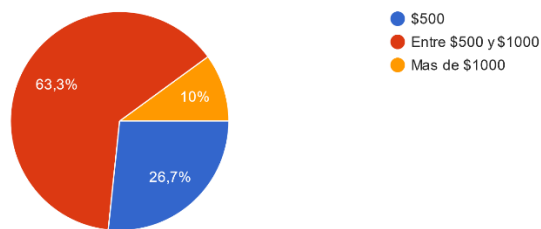
2.-¿Qué porcentaje de su presupuesto mensual dedica al riego agrícola?
30 respuestas



3.-¿Considera que el riego manual incrementa sus gastos operativos?
30 respuestas



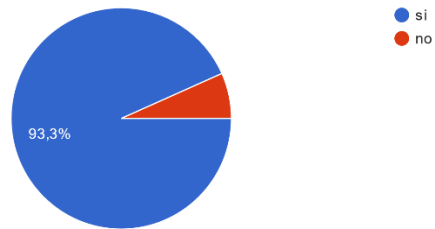
4.-¿Cuánto ahorraría al mes si optimizara el uso del agua?
30 respuestas



“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

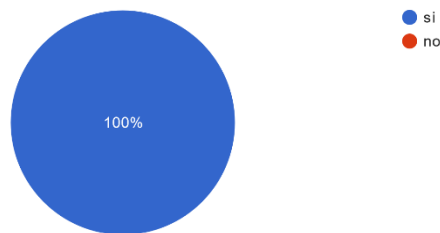
5.-¿Está dispuesto a implementar tecnología que reduzca costos a largo plazo?

30 respuestas



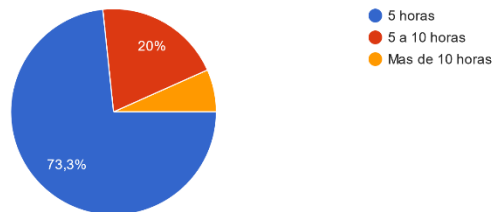
6.-¿Cree que un sistema automatizado puede mejorar la eficiencia en el riego?

30 respuestas



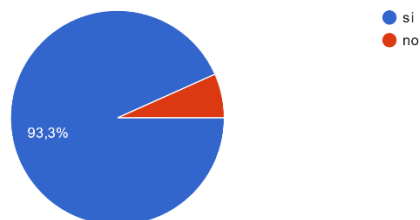
7.-¿Cuántas horas dedica semanalmente al riego manual?

30 respuestas



8.-¿Le gustaría supervisar el riego de sus plantas de manera remota?

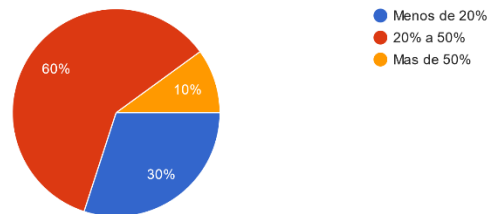
30 respuestas



“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

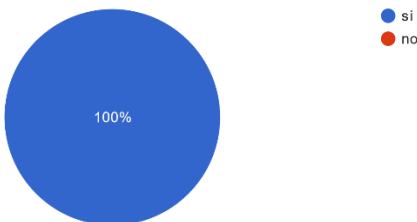
9.-¿Qué porcentaje de su tiempo laboral estaría dispuesto a ahorrar con un sistema automatizado?

30 respuestas



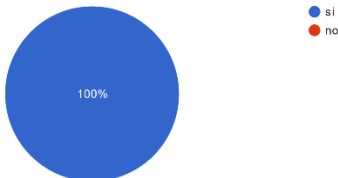
10.-¿Preferiría un sistema que funcione automáticamente sin intervención constante?

30 respuestas



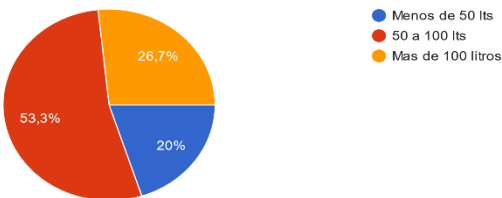
11.-¿Considera importante ahorrar agua como parte de prácticas sostenibles?

30 respuestas



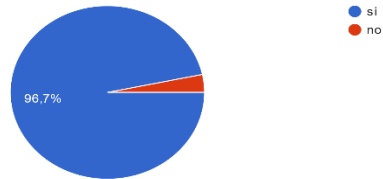
12.-¿Cuánta agua estima que podría ahorrar mensualmente con un sistema eficiente?

30 respuestas

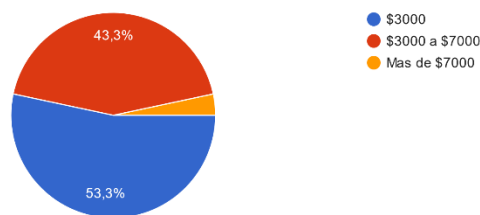


“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

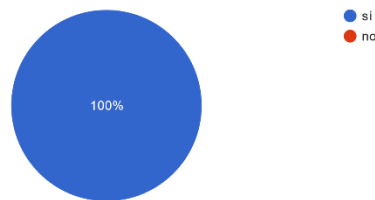
13.-¿Estaría dispuesto a invertir en tecnología que reduzca el impacto ambiental?
30 respuestas



14.-¿Qué inversión inicial estaría dispuesto a realizar en un sistema sostenible?
30 respuestas



15.-¿Piensa que la implementación de riego automatizado puede mejorar la sostenibilidad agrícola?
30 respuestas



CODIGO DE PROGRAMACION

```
#include <LiquidCrystal.h>

// Definir los pines de la pantalla LCD (RS, E, D4, D5, D6, D7)
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

int SensorPin = A0; // Pin del sensor de humedad
int bombaPin = 8;   // Pin de la bomba de agua

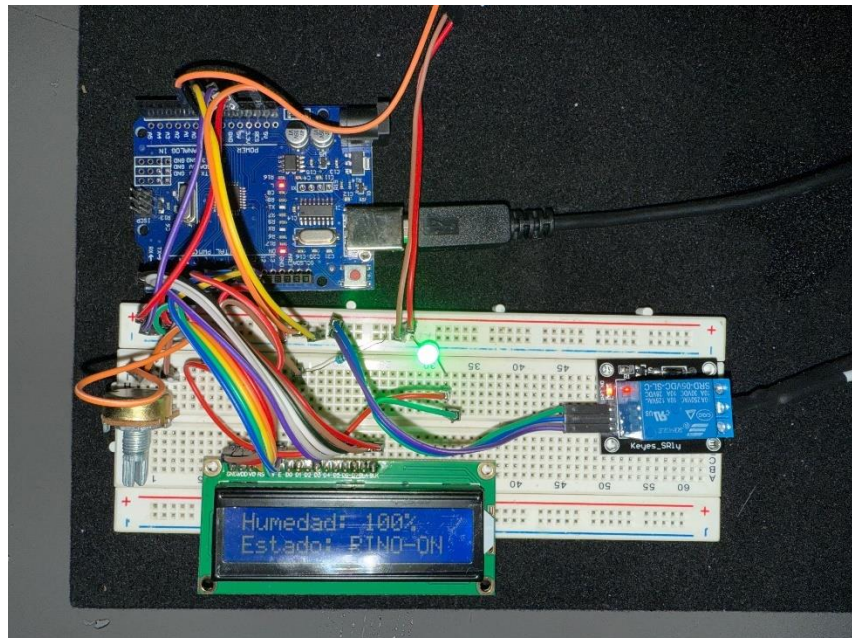
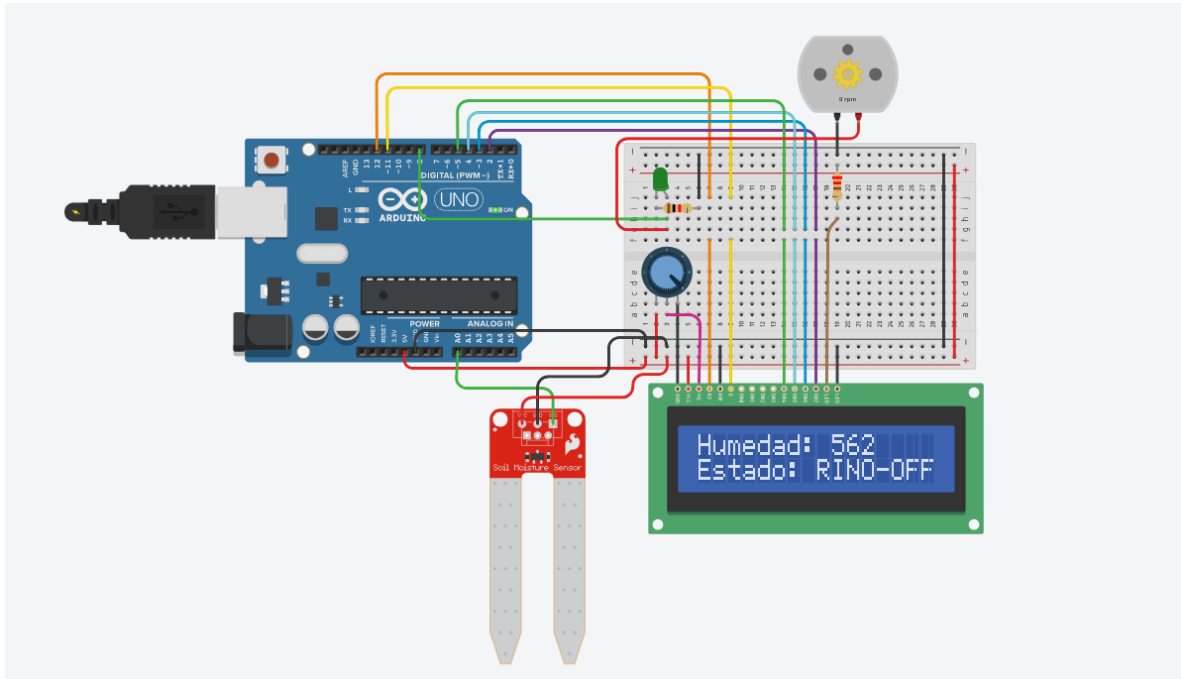
void setup() {
  // Inicializar el pin de la bomba como salida
  pinMode(bombaPin, OUTPUT);
  // Inicializar la comunicación serial
  Serial.begin(9600);
  // Inicializar la pantalla LCD (16 columnas y 2 filas)
  lcd.begin(16, 2);
}
```

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

```
void loop() {  
  // Leer el valor del sensor de humedad  
  int humedad = analogRead(SensorPin);  
  
  // Mostrar el valor de la humedad en el monitor serie  
  Serial.println(humedad);  
  
  // Limpiar la pantalla LCD  
  lcd.clear();  
  // Establecer el cursor en la primera fila  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  // Mostrar el texto "Humedad:" seguido del valor del sensor  
  lcd.print("Humedad: ");  
  lcd.print(humedad );  
  
  // Verificar si la humedad es baja (valor menor a 460)  
  if (humedad < 460) {  
    // Encender la bomba de agua  
    digitalWrite(bombaPin, HIGH);  
    // Mostrar en la LCD que la bomba está encendida  
    lcd.setCursor(0, 1); // Segunda fila  
    lcd.print("Estado: RINO-ON");  
    // Mantener la bomba encendida durante 5 segundos  
    delay(5000);  
    // Apagar la bomba  
    digitalWrite(bombaPin, LOW);  
  } else {  
    // Si la humedad es suficiente, mantener la bomba apagada  
    digitalWrite(bombaPin, LOW);  
    // Mostrar en la LCD que la bomba está apagada  
    lcd.setCursor(0, 1); // Segunda fila  
    lcd.print("Estado: RINO-OFF");  
  }  
  
  // Esperar 2 segundos antes de verificar de nuevo  
  delay(2000);  
}
```

“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

FOTO DEL DIAGRAMA



“Dispositivo Inteligente para la Detección de Humedad y Riego Automatizado, Enfocado en Desarrollo Sustentable y Educación Ambiental”

