



ISSN 3061-7057

Tecnología y medio ambiente  
en sinergia

# Tecnologías Sostenibles y Aplicaciones Ambientales

2024

Revista Anual

Vol. 1





# Directorio

---

## COMITÉ EDITORIAL

### EDITORA EN JEFE

DRA. ÚRSULA SAMANTHA MORALES  
RODRÍGUEZ

### REDACCIÓN, CORRECIÓN Y ESTILO

DR. LUNA BENOSO BENJAMÍN

### DISEÑO GRÁFICO Y EDITORIAL

DAVID ALEJANDRO SOTO VELAZQUEZ

---

## CONSEJO EDITORIAL

### SNI I - INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

DR. JOSÉ JUAN CARBAJAL HERNÁNDEZ

### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

M. EN C. JOSÉ CRUZ MARTÍNEZ PERALES

### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

M. EN C. RENE BALTAZAR JIMÉNEZ RUIZ

TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES Y APLICACIONES AMBIENTALES, AÑO 1, NO. 1, ES UNA PUBLICACIÓN ANUAL EDITADA POR ÚRSULA SAMANTHA MORALES RODRÍGUEZ. CALLE AMATISTA NO. 112 COL. JOVITO SERRANO, YAUTEPEC, MORELOS, MEXICO, C.P. 62730. [WWW.REVISTATSAA.COM.MX](http://WWW.REVISTATSAA.COM.MX), CONTACTO@REVISTATSAA.COM.MX. EDITOR RESPONSABLE: ÚRSULA SAMANTHA MORALES RODRÍGUEZ. RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO NO. 04-2024-030417302900-102, ISSN: 3061-7057, AMBOS OTORGADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR, RESPONSABLE DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE ESTE NÚMERO, DRA. ÚRSULA SAMANTHA MORALES RODRÍGUEZ, CALLE AMATISTA NO. 112 COL. JOVITO SERRANO, YAUTEPEC, MORELOS, MEXICO, C.P. 62730, FECHA DE ÚLTIMA MODIFICACIÓN, 14 DE JUNIO DE 2024.

# *Tecnología y medio ambiente en sinergia*

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOS CONTENIDOS DE ESTA REVISTA SIN AUTORIZACIÓN PREVIA POR ESCRITO DEL COMITE EDITORIAL. LAS OPINIONES EXPRESADAS EN LOS ARTÍCULOS SON RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DE SUS AUTORES Y NO REFLEJAN NECESARIAMENTE LA POSTURA DE LA REVISTA.

# Índice

- 5 **SISTEMA DE LLENADO DE AGUA AUTOMATICO**
- 11 **MACETA AUTOMATIZADA**
- 21 **AUTOMATIZACION Y CONTROL DE LA POSICION DE UN PANEL SOLAR DADA LA RADIACION INCIDENTE**
- 35 **CROQUEFEED SISTEMA DE ALIMENTACION AUTOMATIZADA**
- 53 **CONTROLADOR AUTOMATICO DE TEMPERATURA EN UN HABITAT**







**A medida que exploramos las  
fronteras de la tecnología,  
recordemos que nuestra  
verdadera innovación radica en  
encontrar formas de preservar  
y proteger nuestro medio  
ambiente**



## Sistema De Llenado De Agua Automático

Guerrero Pérez, Brandon Josué.

*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo*

ESCOM IPN, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Av. Juan de Dios Bátiz, Nueva Industrial Vallejo,

Gustavo A. Madero, 07320 Ciudad de México, CDMX

[bguerrerop1600@alumno.ipn.mx](mailto:bguerrerop1600@alumno.ipn.mx)

**Resumen** – En este proyecto se implementará un sistema de monitoreo del nivel del agua para un contenedor en el hogar, el cual, a través del uso de un sensor ultrasónico, Arduino uno y el Internet de las Cosas alertará a los usuarios acerca del nivel del agua a través de notificaciones desde una página web, y se encenderá o se apagará una bomba de agua dependiendo de las medidas con el propósito de reducir el desperdicio de agua y hacer sus hogares inteligentes.

**Palabras clave:** Internet de las Cosas (IoT), sensor, bomba de agua, contenedor, agua.

### I. INTRODUCCIÓN

En algunos lugares de México la automatización es algo que no ha sido considerado para su uso diario como una herramienta en el hogar, por lo tanto, es muy común que mucha gente haga sus actividades manualmente. Formalmente no hay información en INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) acerca del nivel de automatización de los hogares mexicanos; a pesar de las necesidades básicas de integración de control de luminarias, riego, subir o bajar cortinas solares, temporizar enseres domésticos, más todas las actividades de apoyo a personas de la tercera edad y las orientadas hacia los menos protegidos, además de servicios médicos, están a la espera de la aportación de entusiastas artistas, técnicos y profesionales que se involucren en este rubro (Torres, 2019).

El hecho de que muchas casas no cuenten con sistemas automáticos es una gran problemática debido a que en ciertos ámbitos produce un desperdicio de

recursos, por ejemplo, una bomba de agua sin automatización podría desperdiciar mucha agua, esto porque alguien podría encender la bomba de agua manualmente y dejarla encendida durante un tiempo indefinido y una vez que el agua alcance el límite del contenedor de agua, esta no se detendrá y se desperdiciara hasta que alguien apague la bomba de agua manualmente.

Para dar solución a este problema este proyecto propone el uso de una tecnología moderna como el Internet de las Cosas (IoT). Utilizando dispositivos electrónicos interconectados a través del internet de las cosas para monitorear el nivel del agua en un contenedor, para esta tarea se utilizará un sensor ultrasónico para controlar el flujo de agua, esto lo hará encendiendo o apagando la bomba de agua y finalmente el sensor enviará datos del nivel de agua a través de internet a una página web.

## II. OBJETIVO, JUSTIFICACIÓN Y RELEVANCIA

Activar o desactivar una bomba de agua es relativamente fácil pero el desperdicio de agua que puede ocurrir por un error humano puede ser enorme. Cada día este error en el que una bomba de agua permanece encendida por más tiempo del debido afecta a muchas personas, y todos esos errores significan un gran desperdicio de agua diario, este error representa un gran problema porque el agua al ser el recurso más importante del planeta y escasea en muchos lugares de México y del mundo. Estadísticamente los estados del país que más sufren de esta escasez son: Durango, Chihuahua y Coahuila; en segundo orden: Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y Guanajuato (Gobierno de México, 2018).

El propósito de este proyecto es diseñar y construir un prototipo que permita controlar el flujo de agua que suministra una bomba de agua y mostrar datos del nivel de agua en un contenedor, esto con el fin de reducir el desperdicio de agua. Este prototipo será implementado con el uso de un sensor ultrasónico para medir el nivel del agua, el uso de wifi que permitiría la transmisión continua de los datos obtenidos del sensor y finalmente el uso de una placa de desarrollo (Arduino uno) para la implementación del código necesario para calcular la cantidad de agua que llena el contenedor de agua, el código se implementará para mostrar datos y en una aplicación web seleccionar los parámetros requeridos para un tanque de agua específico.

## III. MARCO TEORICO

Los sensores son componentes esenciales en cualquier sistema automatizado, actuando como los

ojos y oídos de la maquinaria y los sistemas de control. En la automatización, los sensores se encargan de recoger información del entorno o de un proceso específico y convertirla en señales que pueden ser leídas y procesadas por un controlador, como un microcontrolador o una computadora. Esta información puede incluir, pero no se limita a, temperatura, presión, nivel de líquidos, proximidad y movimiento.

En el proyecto en cuestión, se utiliza un sensor ultrasónico, específicamente el modelo HCSR04, para la medición de niveles de líquidos. Este sensor funciona emitiendo ondas de sonido de alta frecuencia que rebotan en la superficie del líquido y regresan al sensor. El tiempo que tardan estas ondas en regresar es proporcional a la distancia entre el sensor y la superficie del líquido. Estos datos permiten calcular el nivel del líquido dentro del contenedor. Los sensores ultrasónicos son altamente precisos, no invasivos y se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales y domésticas para la medición de líquidos y sólidos.

La integración de sensores como el HC-SR04 en un sistema de control automatizado es clave para su funcionalidad. En nuestro sistema de llenado de agua, el sensor ultrasónico mide continuamente el nivel del agua en el contenedor. Esta información se transmite al controlador Arduino, que procesa los datos y toma decisiones basadas en los niveles medidos. Por ejemplo, si el nivel del agua es bajo, el sistema puede activar una bomba para llenar el contenedor. Si el nivel es alto, el sistema desactivará la bomba para prevenir el desbordamiento. Este proceso de toma de decisiones se realiza en tiempo real y puede ser monitorizado y ajustado remotamente a través de una interfaz web.

Los sensores, y en particular los sensores ultrasónicos, desempeñan un papel crucial en la automatización de procesos como el sistema de llenado de agua automático. Proporcionan datos precisos y en tiempo real que son fundamentales para el control y la eficiencia del sistema. Su implementación en proyectos de IoT como este demuestra la versatilidad y el valor de los sensores en la mejora de los procesos domésticos y la gestión eficiente de recursos.

#### IV. DISEÑO Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA

**Arduino:** Nos servirá como:

- Una placa de desarrollo que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores.
- Un software gratuito, abierto y multiplataforma que debe instalarse en un ordenador y que permite escribir, verificar y guardar en la memoria del microcontrolador de la placa Arduino el conjunto de instrucciones que se requieren para comenzar a ejecutarse, es decir: permite programar.
- Un lenguaje de programación gratuito. Específicamente dentro del lenguaje Arduino, existen elementos similares a muchos otros lenguajes de programación existentes, así como diferentes comandos que permiten especificar de forma coherente y sin errores las instrucciones exactas en las que se desea

programar el microcontrolador de la placa (Fernández, 2022).

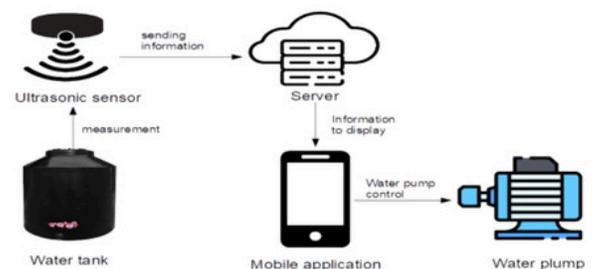
**Dispositivo de monitoreo IoT:** Sensor ultrasónico (HC-SR04) que se encargará de tomar medidas del contenedor de agua y enviará esa información a la aplicación web.

**Aplicación web:** Plataforma digital accesible para los usuarios que muestra de forma clara e intuitiva los datos recopilados por los dispositivos, esta aplicación permitirá controlar el caudal de agua de la bomba de agua en función de los valores obtenidos por el sensor.

**Sistema de control automático y manual:** Un sistema de control automático que detiene el flujo de agua una vez que el agua ha alcanzado el límite. El sistema de control manual solo podrá operar cuando el agua esté fuera del rango de capacidad máxima del tanque de agua.

**Conexión Wi-Fi:** Un módulo Wi-Fi (ESP-01) que se enviara a través de internet la información enviada desde Arduino a la aplicación web con la ayuda del framework Flask.

**Energía para la bomba de agua:** Relevador (FL-3FF-S-Z) que tomará señales de corriente directa del Arduino para que al detectar el pulso se encienda o apague la bomba de agua que trabaja con corriente alterna.



**Diagrama de bloques del sistema**

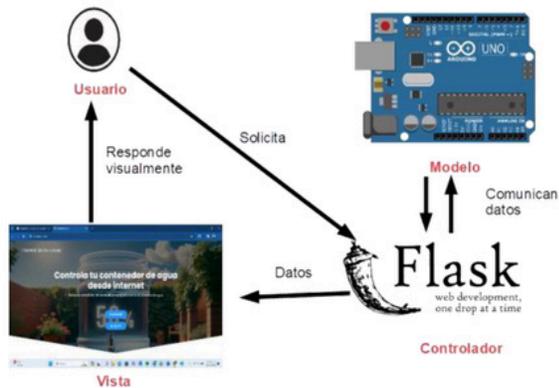


Diagrama modelo-vista-controlador

## V. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO

Para poder medir el porcentaje de agua en un contenedor, primero se deben tomar medidas en metros o centímetros del contenedor vacío con el sensor ultrasónico, luego se debe llenar el contenedor con una medida de referencia (por ejemplo, 1 litro) y medir el volumen del contenedor nuevamente y obtener la medida de cuánta distancia disminuye al agregar el agua.

Una vez que tengamos las medidas de referencia, las insertamos en nuestro código Arduino para poder mostrar los datos correctos sobre el nivel de agua del tanque, para mostrar la cantidad de agua que hay en el tanque, el programa tendrá en cuenta que cuanto menos distancia hay entre el agua y el sensor, el nivel del agua habrá subido y esto se hará según las medidas de referencia que se tomaron.

Para la llevar a cabo la transmisión de datos de Arduino a la aplicación web se hizo uso de un módulo Wi-Fi (ESP-01) para que poder conectar el Arduino a internet y de esa forma poder enviar datos de forma remota, para el envío de dichos datos se utilizó el framework Flask, que permitió crear la aplicación web rápidamente y con un mínimo número de líneas de código haciendo uso de peticiones HTTP a Arduino, permitiendo así que al presionar botones de la aplicación web se realizaran las peticiones a Arduino y por lo tanto se pudiera controlar la bomba de agua desde la página web.

Se necesitaba hacer que con las señales de corriente directa que envía Arduino se activara la bomba de agua que trabaja con corriente alterna por lo que se optó por hacer uso de un relevador (FL-3FF-S-Z). Este relevador al detectar las señales del Arduino encenderá o apagará la bomba de agua.

Finalmente, se necesitaba que esta aplicación web pudiera ser usada a distancia sin tener que estar conectado a la misma red para su funcionamiento, por lo que se optó por usar ngrok, que es una herramienta de uso gratuito que nos permite exponer nuestro entorno local a la web, es decir, podemos "publicar" nuestro trabajo en local para que el resto del mundo lo pueda ver sin la necesidad de subir la aplicación a un servidor.

**Pruebas y validación:** Se hicieron diversas pruebas que se poco a poco fueron formando parte del prototipo final, a continuación, se describirán las pruebas mencionadas:

- La primera prueba fue el implementar un código en Arduino para el correcto funcionamiento del sensor ultrasónico y dependiendo de los datos obtenidos de un bote con agua, se pudiera encender o apagar un led verde (que representaba la bomba de agua) de forma manual, con un switch. Además de tener un led rojo, (que representa una alarma) si el agua alcanzaba un cierto límite el led encendiera y ya no se podría activar el led verde.
- Para la siguiente prueba se implementó que el funcionamiento del switch sea remplazado con comandos al monitor serial de Arduino.
- Después se implementó un LCD para mostrar de forma continua los datos que obtenía el sensor.
- Se agregó el módulo Wi-Fi al proyecto y se realizó la página web que mostraba dos botones (uno de encendido y otro de apagado) para mostrar que las peticiones HTTP funcionaban.
- Por último se implementó el uso del relevador para en vez de encender el led verde se

encendiera una bomba de agua y se agregó el uso de ngrok para hacer que la página pudiera estar de forma pública.

## VI. RESULTADOS

Durante la fase de implementación y pruebas del sistema de llenado de agua automático, se recopilaron diversos datos para evaluar el rendimiento y la eficacia del sistema. Los resultados se presentan a continuación:

**Medición del Nivel del Agua:** El sensor ultrasónico HC-SR04 mostró una buena precisión en la medición del nivel del agua en el contenedor. Las pruebas se realizaron en un rango de niveles de agua, desde 5 cm hasta 50 cm, con una variabilidad mínima en la precisión.

El tiempo de respuesta del sensor para detectar cambios en el nivel del agua fue consistentemente menor a 3 segundos.

**Control de la Bomba de Agua:** La activación y desactivación de la bomba de agua, controlada por las señales del Arduino en respuesta a los datos del sensor, fue mayormente exitosa en las pruebas realizadas.

**Interfaz Web y Conectividad:** La interfaz web proporcionó un correcto control sobre la bomba de agua, con un promedio de 3 segundos en realizar las peticiones.

La sostenibilidad del sistema se evidenció en la reducción del desperdicio de agua y en el bajo consumo energético del dispositivo.

## VII. CONCLUSIONES

Los resultados indican que el sistema de llenado de agua automático es funcional a grandes rasgos. La precisión del sensor ultrasónico y la capacidad de respuesta del sistema de control proporcionan una solución fiable para la automatización del proceso de llenado de agua. Además, la interfaz web ofrece una plataforma accesible y fácil de usar para el control

remoto del sistema, lo que contribuye a una mayor conveniencia y eficiencia en su uso.

Estos resultados preliminares son prometedores y demuestran el potencial del sistema de llenado de agua automático para mejorar significativamente la gestión del agua en entornos domésticos. Este proyecto aun falta pulirse ya que no fue capaz de realizar el monitoreo adecuado del nivel del agua, además de tener un poco de retardo al realizar las peticiones.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Torres, J. (2019, 11 de octubre). Domótica en México ¡La inteligencia de tu casa!. CIENCIA Y DESARROLLO.  
<https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=306>
- (2018, 7 de mayo). ¿Qué regiones del país son las más afectadas por las sequías? GOBIERNO DE MÉXICO.  
<https://www.gob.mx/cenapred/articulos/que-regiones-del-pais-son-lasmas-afectadas-por-lassequias#:~:text=Estad%C3%ADsticamente%20los%20estados%20del%20pa%C3%ADs,Luis%20Potos%C3%AD%2C%20Aguascalientes%20y%20Guanajuato.>
- Fernández Yúbal (2022, 23 de septiembre). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. Xataka.  
<https://www.xataka.com/basics/quearduino-como-funciona-que-puedeshacer-uno>



## Maceta Automatizada.

García Boyzo, Elizabeth., Jacinto Hernández, Alejandro.

*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo.*  
ESCOM IPN, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Av. Juan de Dios Bátiz, Nueva Industrial Vallejo,  
Gustavo A. Madero, 07320 Ciudad de México, CDMX

**Resumen** – Este proyecto propone un sistema automatizado de riego que utiliza un sensor de humedad en el suelo, controlado por una plataforma Arduino. La automatización del riego se basa en datos en tiempo real proporcionados por el sensor, ajustando la frecuencia y cantidad de agua suministrada. La interfaz de usuario incluye una pantalla LCD con módulo I2C y una conexión Bluetooth que permite el control remoto a través de una aplicación móvil. El proyecto no solo busca optimizar el uso del agua y la eficiencia energética, sino que también promueve la agricultura sostenible, contribuyendo al Objetivo de Desarrollo Sostenible 15. Con beneficios como la mejora del crecimiento de las plantas y la reducción de costos de agua, se espera una experiencia del usuario mejorada y una adaptabilidad a diversos entornos agrícolas.

**Palabras clave:** Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 (ODS), Conservación de recursos, Automatización de riego, Versatilidad en la agricultura, Costos de agua reducido.

### I. INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más orientado hacia la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente, la agricultura juega un papel crucial. En este contexto, el proyecto que se presenta busca abordar la problemática relacionada con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 (ODS 15): Vida de Ecosistemas Terrestres. Con el fin de promover la salud de los suelos y la biodiversidad, nos enfocamos en el diseño e implementación de una maceta automatizada, utilizando tecnologías como Arduino y Bluetooth, para gestionar eficientemente el riego de las plantas.

El núcleo de esta innovadora propuesta es la integración de un sensor de humedad basado en Arduino. Este dispositivo proporcionará mediciones precisas y en tiempo real del contenido de humedad en la tierra circundante. La importancia de este componente radica en su capacidad para evaluar las necesidades hídricas de las plantas independientemente de las condiciones climáticas externas. [1]

La unidad de control incorporada gestionará la bomba de agua en función de las lecturas del sensor de humedad, permitiendo un riego personalizado y eficiente. La clave reside en la automatización del proceso, eliminando la necesidad de intervención

humana constante y reduciendo así el desperdicio de agua, un recurso valioso y limitado. [2]

La interfaz de control remoto se logrará mediante la tecnología Bluetooth de Arduino, proporcionando una conexión inalámbrica con una aplicación diseñada en App Inventor. Esto no solo simplifica la interacción del usuario, sino que también permite monitorear y ajustar el sistema de riego desde la comodidad de un dispositivo móvil. [3]

Este proyecto se enmarca en el ODS 15 al abordar directamente la gestión sostenible de la tierra, contribuyendo a la conservación de los ecosistemas terrestres y promoviendo prácticas agrícolas responsables. Al implementar tecnologías accesibles como Arduino y App Inventor, buscamos democratizar la automatización agrícola, haciendo que la gestión eficiente del agua sea accesible para agricultores y entusiastas por igual.

### II. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El riego de las plantas es una tarea crucial en la agricultura y jardinería, pero a menudo se realiza de manera ineficiente. La falta de monitoreo preciso del contenido de humedad en el suelo puede resultar en un

uso excesivo de agua o, en su defecto, en un riego insuficiente. Estas prácticas ineficientes no solo tienen un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sino que también contribuyen al desperdicio de recursos hídricos, un problema cada vez más acuciante en muchas regiones del mundo.

Además, la variabilidad climática hace que las necesidades de riego puedan cambiar drásticamente, lo que dificulta la implementación de un sistema de riego estándar. La falta de una solución automatizada y precisa para la gestión del riego impide alcanzar un equilibrio óptimo entre el suministro de agua y las demandas de las plantas, afectando negativamente la salud de los ecosistemas terrestres. De igual forma un gran problema para la vegetación con el cambio climático es el nivel de humedad que llegan a tener, ya que la mayoría de las plantas deben regarse dependiendo de la época del año, ya que a mayor temperatura más rápido requerirán agua las plantas, esto sin contar que cada tipo de planta requiere un tiempo de riego distinto.

- Desarrollar un sistema de monitoreo: Implementar un sensor de humedad en el suelo basado en Arduino que proporcione mediciones precisas y en tiempo real del contenido de humedad en la tierra, independientemente de las condiciones climáticas externas [4].
- Automatizar el riego: Diseñar una unidad de control también basada en Arduino que utilice los datos del sensor de humedad para activar la bomba de agua de manera automática, asegurando un suministro de agua adaptado a las necesidades reales de las plantas [5].
- Integrar la comunicación Bluetooth: Utilizar la tecnología Bluetooth de Arduino para permitir la comunicación entre el sistema de riego automatizado y una aplicación móvil desarrollada en App Inventor [6].
- Desarrollar una base de datos en TinyDB donde vengan diversos tipos de planta, su tiempo de regado y el porcentaje de humedad que deberá tener la tierra para volver a necesitar ser regada.
- Desarrollar una aplicación intuitiva: Crear una interfaz de usuario amigable mediante la

aplicación móvil, que permita a los usuarios monitorear los niveles de humedad en tiempo real y controlar el riego con bluetooth [7].

- Contribuir al ODS 15: Alinear el proyecto con el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 15, promoviendo la conservación de la vida en ecosistemas terrestres a través de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes [8].

### III. MARCO TEÓRICO

En el siguiente cuadro se puede observar una comparativa de 5 macetas inteligentes que están en el mercado actualmente



	Click & Grow Smart Garden	Vértible® Huerta Interior	Citysens - Macetero Vertical	Klarstein GrowIt Cuisine	PLANTUI 6 Smart Garden
Colores disponibles	3	4	2	1	1
Medidas (cm)	30 x 10 x 28	33 x 18.5 x 38	29 x 29 x 148	42.5 x 38.5 x 15.8	29 x 29 x 37
Peso (kg)	1.2	1.5	4	1.6	2.45
Capacidad plantas	3	4	2/3/4	12/28	6
Luz LED	✓	✓	✗	✓	✓
Depósito (litros)	1.2	2	7	2	3
	VER PRECIO	VER PRECIO	VER PRECIO	VER PRECIO	VER PRECIO

Información obtenida de: Pulido, A. G. (2021, November 17). •> Macetas Inteligentes: las 5 mejores de 2024  Inteligentes Shop. <https://inteligentes.shop/macetas/>

- 1) PLANTUI 6 Smart Garden – 6 plantas
  - a) Ventajas:
    - i) Capacidad de 6 plantas
    - ii) Premiado por el Reddot Desing Award
    - iii) Diseño en color rojo de gran belleza Se encoge totalmente
    - iv) Tiene un depósito de 3 lt.
  - b) Desventajas:
    - i) No trae instrucciones, pero están en internet
- 2) Klarstein GrowIt Cuisine – 12 plantas
  - a) Ventajas:
    - i) 2 litros de capacidad de depósito
    - ii) Luz LED de control de temperatura

- iii) Bello diseño en blanco
  - iv) Capacidad de 12 a 28 plantas
  - v) Liviano 1.6 kg
  - b) Desventajas:
    - i) Poco resistente a golpes y caídas
- 3) Citysens Macetero Vertical – Control vía app
- a) Ventajas:
    - i) Realizado con plástico reciclado
    - ii) Múltiples premios de diseño internacionales
    - iii) Depósito de 7 litros
    - iv) Controlado vía app
    - v) Modelos de 2 a 4 plantas
  - b) Desventajas:
    - i) App móvil poco intuitiva
- 4) Véritable® Huerta Interior – 4 colores disponibles
- a) Ventajas:
    - i) Depósito 2 litros
    - ii) Sistema de luz 16/8 imitación del sol
    - iii) Pesa 1,5 kilos, muy liviana
    - iv) Capacidad 4 plantas
    - v) Bello diseño y disponible en 4 colores
  - b) Desventajas:
    - i) Poca resistencia a los golpes
- 5) Click & Grow Smart Garden – El número 1
- a) Ventajas:
    - i) 3 plantas al mismo tiempo
    - ii) Sistema de riego inteligente
    - iii) Ligero 1,2 kg
    - iv) Compacto y de gran diseño
    - v) Disponible en 3 colores
  - b) Desventajas:
    - i) Hay que usar un pot especial para semillas propias

A continuación, una comparativa del proyecto con los sistemas:

- Eficiencia en el Uso de Recursos Hídricos:

- Proyecto: Utiliza un sensor de humedad en el suelo para ajustar el riego en tiempo real, optimizando el uso del agua de manera específica para las necesidades de las plantas.

- Comparación: En comparación con proyectos que simplemente programan riegos basados en horarios fijos, el enfoque en la medición precisa de la humedad del suelo permite un uso más eficiente de los recursos hídricos [1].

- Interfaz de Usuario y Control Remoto: ○ Proyecto: Incorpora una pantalla LCD local para la visualización de datos y permite el control remoto mediante una aplicación móvil mediante la tecnología Bluetooth.

- Comparación: En comparación con sistemas que solo ofrecen control local o remoto, la combinación de pantalla LCD y conexión Bluetooth proporciona flexibilidad y accesibilidad tanto para usuarios cercanos como remotos [8].

- Integración de Tecnologías:

- Proyecto: Combina sensores de humedad en el suelo, Arduino para la automatización, pantalla LCD con módulo I2C y conexión Bluetooth.

- Comparación: La integración de múltiples tecnologías ofrece un sistema completo que aborda tanto la eficiencia del riego como la experiencia del usuario, destacándose en comparación con proyectos que pueden abordar solo una parte del proceso [2], [9].

- Enfoque en Desarrollo Sostenible (ODS 15):

- Proyecto: Alineado con el ODS 15, busca promover prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de los ecosistemas terrestres.

- Comparación: En comparación con proyectos que no tienen un enfoque explícito en objetivos de desarrollo sostenible, este proyecto contribuye directamente a metas ambientales más amplias [5].

- Usabilidad para Diferentes Tipos de Plantas:
  - Proyecto: Adaptable a diferentes tipos de plantas al permitir ajustes personalizados según las necesidades específicas de cada especie.
  - Comparación: En comparación con sistemas genéricos, este proyecto brinda versatilidad para su implementación en una variedad de entornos y cultivos [1].

El proyecto destaca por su enfoque integral, eficiencia en el uso de recursos hídricos, flexibilidad en la interfaz de usuario y la contribución a objetivos de desarrollo sostenible en comparación con otros proyectos similares.

#### IV. MARCO CONCEPTUAL

- Sensores de humedad en el suelo:

Los sensores de humedad en el suelo son dispositivos que miden el contenido de agua presente en la tierra, proporcionando datos cruciales para la gestión del riego. La tecnología capacitiva y resistiva son comunes en estos sensores [9].

En la Ilustración 1 se muestra el dataship de el sensor de humedad

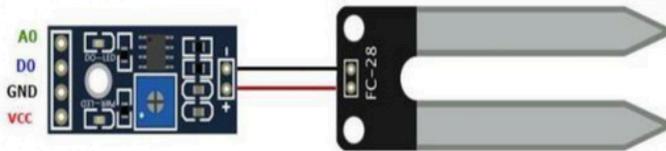


Ilustración 1 Dataship Sensor

- VCC debe ser del orden de 5V, puede estar conectado a la misma alimentación que el arduino.
- GND debe estar conectado al gnd de arduino.
- A0 es el pin de datos analógico
- D0 es el pin de datos digital
- Arduino NANO:

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto ampliamente utilizada para el desarrollo de proyectos electrónicos. Su versatilidad y facilidad de programación lo convierten en una elección popular

para la automatización en proyectos como sistemas de riego [10].

En la Ilustración 2 se muestra el Pin layout de nuestro Arduino nano

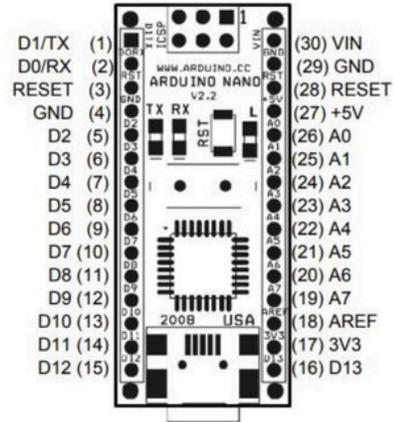


Ilustración 2 Pin layout de Arduino NANO

En la Tabla 1 se muestra las especificaciones de nuestro Arduino

Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Tabla 1 Descripción de Arduino Nano

- Automatización del riego:
  - La automatización del riego implica el uso de sistemas que controlan el suministro de agua a las plantas de manera autónoma. Esta práctica garantiza un uso eficiente de los recursos hídricos y optimiza el crecimiento de las plantas [11].
- Comunicación bluetooth en Arduino:
  - La comunicación Bluetooth permite la transferencia inalámbrica de datos entre dispositivos. En el contexto de este proyecto, se utilizará para la conexión entre la unidad de control de riego y la aplicación móvil [12]. En Ilustración 3 se muestra la información del modulo.

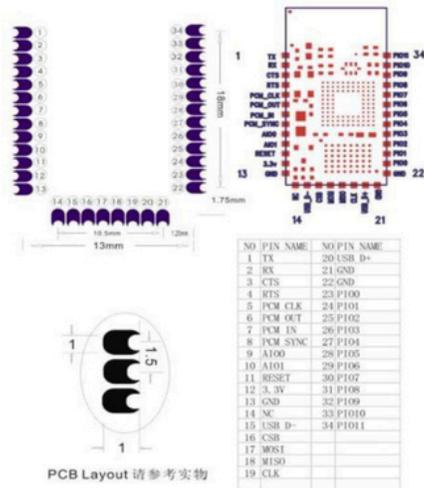


Ilustración 3 Información módulo de Bluetooth

- Desarrollo de aplicaciones con App Inventor: App Inventor es una plataforma que simplifica el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles para Android. Permite a los usuarios sin experiencia en programación crear aplicaciones de manera intuitiva [13].
- Objetivo de desarrollo sostenible 15 (ODS 15); El ODS 15 se centra en la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Este proyecto contribuye al ODS 15 al promover prácticas agrícolas más sostenibles mediante la gestión eficiente del riego [14].
- Visualización con Pantalla LCD: La integración de una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) proporciona una interfaz local para la visualización de información, como los niveles de humedad del suelo, permitiendo una monitorización en tiempo real sin depender exclusivamente de la aplicación móvil[15]. En las Ilustraciones 4 y 5 muestra información sobre el Pin Layout y el diagrama a bloques.

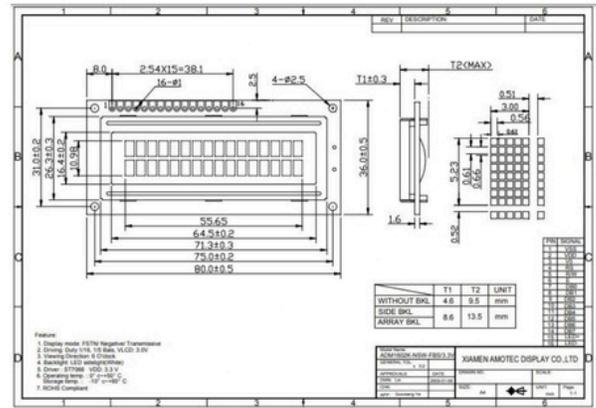


Ilustración 4 Pin layout LCD

Item	Symbol	Standard	Unit
Power voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	0	7.0
Input voltage	$V_{IN}$	VSS	VDD
Operating temperature range	$V_{OP}$	0	+50
Storage temperature range	$V_{ST}$	-10	+60

5. Block diagram

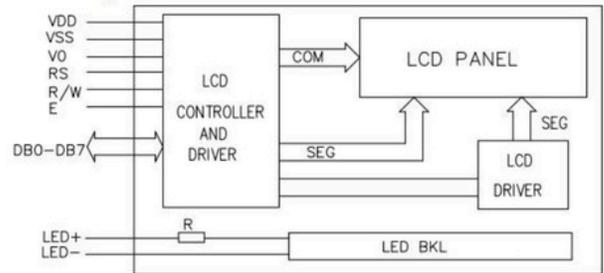


Ilustración 5 Diagrama de bloques LCD

En la Tabla 2 muestra las especificaciones del LCD.

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	Vss	Power supply	Signal ground for LCM
2	V <sub>DD</sub>		Power supply for logic for LCM
3	V <sub>0</sub>		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7-10	DB0-DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11-14	DB4-DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power supply	Power supply for BKL
16	LED-	LED BKL power supply	Power supply for BKL

Tabla 2 Especificaciones de LCD

- Módulo I2C para Pantalla LCD:

El uso de un módulo I2C (Inter-Integrated Circuit) para la pantalla LCD simplifica la conexión y la gestión de cables. Este módulo permite una comunicación serial eficiente entre la placa Arduino y la pantalla, optimizando la implementación y el rendimiento del sistema [16]. En la Ilustración 6 se muestra el diagrama a bloques del módulo.

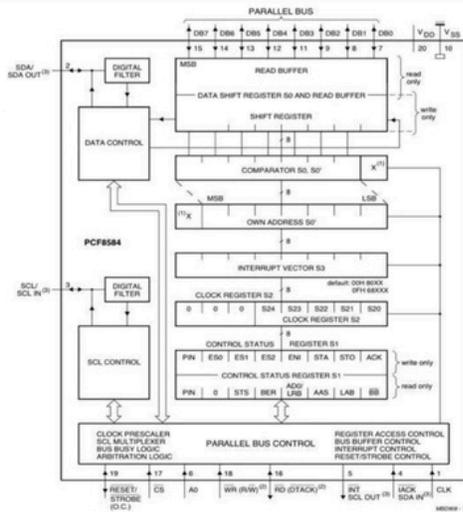


Ilustración 6 Diagrama a bloques modulo I2C

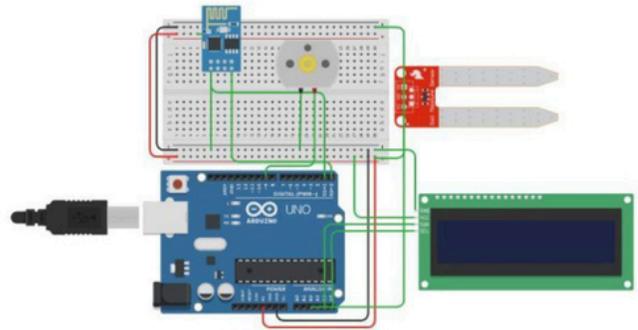


Ilustración 7 Circuito emulado

b) Arquitectura de la comunicación  
 En la Ilustración 8 se muestra la arquitectura de comunicación entre la maceta y nuestra app móvil con bluetooth.

En la tabla 3 se muestra la descripción del módulo.

SYMBOL	PIN	I/O	DESCRIPTION
CLK	1	I	clock input from microcontroller clock generator (internal pull-up)
SDA or SDA OUT	2	I/O	I <sup>2</sup> C-bus serial data input/output (open-drain). Serial data output in long-distance mode.
SCL or SCL IN	3	I/O	I <sup>2</sup> C-serial clock input/output (open-drain). Serial clock input in long-distance mode.
IACK or SDA IN	4	I	Interrupt acknowledge input (internal pull-up); when this signal is asserted the interrupt vector in register S3 will be available at the bus Port if the ENI flag is set. Serial data input in long-distance mode.
INT or SCL OUT	5	O	Interrupt output (open-drain); this signal is enabled by the ENI flag in register S1. It is asserted when the PIN flag is reset. (PIN is reset after 1 byte is transmitted or received over the I <sup>2</sup> C-bus). Serial clock output in long-distance mode.
A0	6	I	Register select input (internal pull-up); this input selects between the control/status register and the other registers. Logic 1 selects register S1, logic 0 selects one of the other registers depending on bits loaded in ESO, ES1 and ES2 of register S1.
DB0	7	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 0
DB1	8	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 1
DB2	9	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 2
V <sub>SS</sub>	10	-	ground
DB3	11	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 3
DB4	12	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 4
DB5	13	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 5
DB6	14	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 6
DB7	15	I/O	bidirectional 8-bit bus Port 7
RD (DTACK)	16	I(O)	RD is the read control input for MAB8049, MAB8051 or Z80-types. DTACK is the data transfer control output for 68000-types (open-drain).
CS	17	I	chip select input (internal pull-up)
WR (R/W)	18	I	WR is the write control input for MAB8048, MAB8051, or Z80-types (internal pull-up). RW control input for 68000-types.
RESET/STROBE	19	I/O	Reset input (open-drain); this input forces the I <sup>2</sup> C-bus controller into a predefined state; all flags are reset, except PIN, which is set. Also functions as strobe output. supply voltage
V <sub>DD</sub>	20	-	supply voltage

Tabla 3 Descripción modulo I2C

## V. DISEÑO Y ARQUITECTURA

a) Arquitectura del circuito

En la Ilustración 7 se muestra el armado de nuestro circuito, en esta simulación el servo motor es la representación de nuestra bomba de agua.

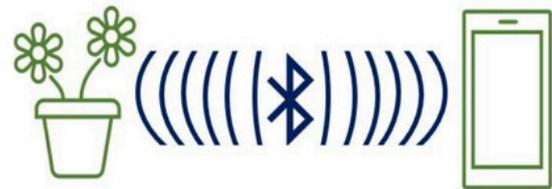


Ilustración 8 Arquitectura de la comunicación del circuito con la App

c) Arquitectura general

En la Ilustración 9 muestra el funcionamiento de la maceta automatizada.

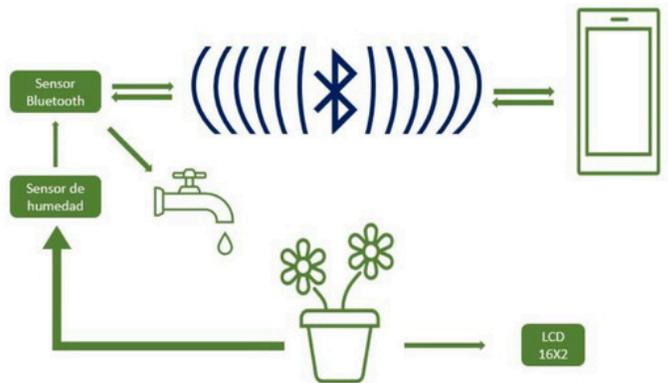


Ilustración 9 Arquitectura general del proyecto

d) Materiales

En la Tabla 4 se muestra el costo de los materiales utilizados en el proyecto, Los productos fueron adquiridos en Mercado Libre. La selección de los

sensores ya actuadores de debió a la compatibilidad que tenían en el Arduino NANO.

CANTIDAD	MATERIAL	COSTO
2 metros	Mangera	\$10
1	Bomba de agua 12v	\$76
1	Arduino NANO	\$100
1	Sensor de humedad	\$100
1	Modulo Bluetooth Esp8266	\$67
1	Lcd 16x2	\$82
1	Modulo 12C	\$20
1	Maceta	\$80
5	Flores	\$50
1	Protoboard	\$50
TOTAL		\$635

*Tabla 4 Costos*

#### e) Software

- **Arduino:** Es una plataforma de código abierto que combina hardware y software. Su software, conocido como el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, facilita la creación de proyectos electrónicos interactivos. En nuestro proyecto empleamos un Arduino nano para la medición de los niveles de humedad en la tierra, así como para activar las bombas de agua cada vez que se requiriera y para conectarnos por medio del modulo bluetooth con un dispositivo móvil. [17]
- **App Inventor:** Es una plataforma de desarrollo visual para aplicaciones Android. Desarrollada por el MIT, permite la creación de aplicaciones móviles mediante un enfoque visual de programación basado en bloques. Esta herramienta fue empleada para la creación de la aplicación móvil donde el usuario podrá interactuar con el circuito de la planta de riego automático. [18]

## VI. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

### a. Etapas

#### i. Plantación

Se llena la maceta de tierra, se humedeció, y se plantan suculentas, la cual fue la planta que escogimos; a continuación, procedimos con colocar más tierra para cubrir la raíz de las plantas. Finalmente regamos las plantas. ii. Programación

El funcionamiento y creación del programa va en función de la humedad presente en la tierra que contiene la maceta, la cual es detectada por el sensor de humedad. Si el sensor de humedad no detecta que la tierra este suficientemente hidratada este enviara una señal al Arduino el cual activara la bomba de agua, que será encargada de suministrar el agua a la planta; para finalmente, cuando haya suficiente humedad en la tierra de la maceta, el sensor lo detecte también y envíe la señal al Arduino para el suspenda el funcionamiento de la bomba de agua.

- #### iii. Integración del sistema de control a la estructura
- Para finalizar colocamos el circuito de nuestra Maceta automatizada en una protoboard pequeña, con el fin de hacer dicho circuito más compacto. Pintamos de color negro la estructura y agregamos un depósito de agua al mismo; para finalmente pegar la protoboard con el circuito a un costado de la maceta y la bomba de agua dentro del depósito de agua.

### b. Validación

Para realizar las pruebas del funcionamiento ocupamos los datos obtenidos de la planta de Girasol.

En la Ilustración 10 se realizó la prueba con tierra mojada.

## VII. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Base de datos con datos sobre el riego de las plantas y porcentaje de humedad. (Tabla 5)

Tabla 5 Base de datos

Tipo de Planta	Humedad para Activar Bomba (%)	Intervalo de Riego (días aproximados)
Cactus	10	14-21
Suculenta	5	21
Tomate	50	7-10
Rosa	60	10-14
Menta	70	5-7
Cala	80	14-21
Fresa	40	7-10
Lavanda	50	14-21
Orquídea	60	14-21
Girasol	15	7-10
Aloe Vera	30	14-21

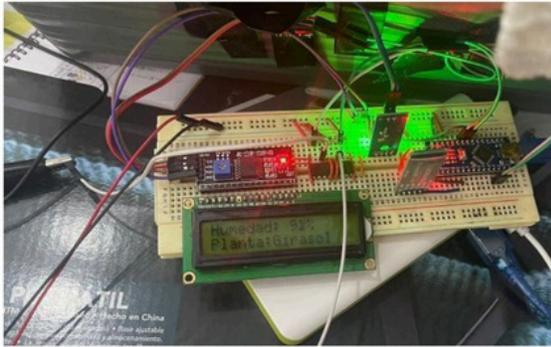


Ilustración 10 Prueba con Tierra mojada

En la Ilustración 11 se muestra la prueba con tierra húmeda.

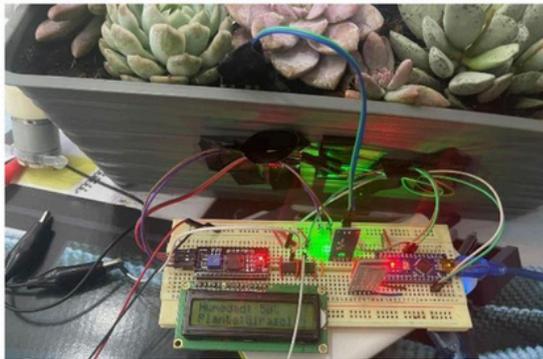


Ilustración 11 Prueba con tierra semihúmeda

En la Ilustración 12 se muestra la prueba con tierra seca.

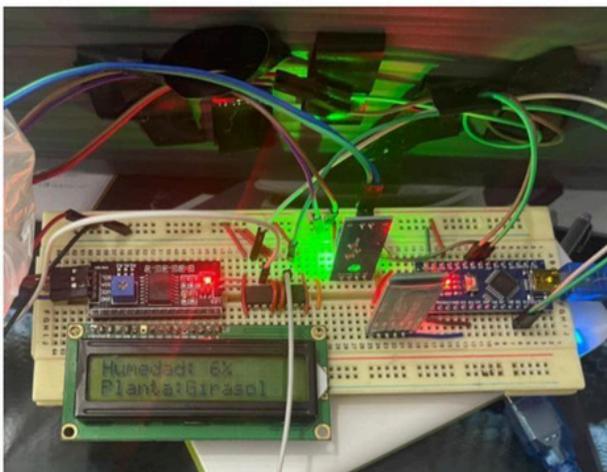


Ilustración 12 Pruebas con tierra seca

Aplicación móvil para la administración del proyecto. (Ilustración 13)

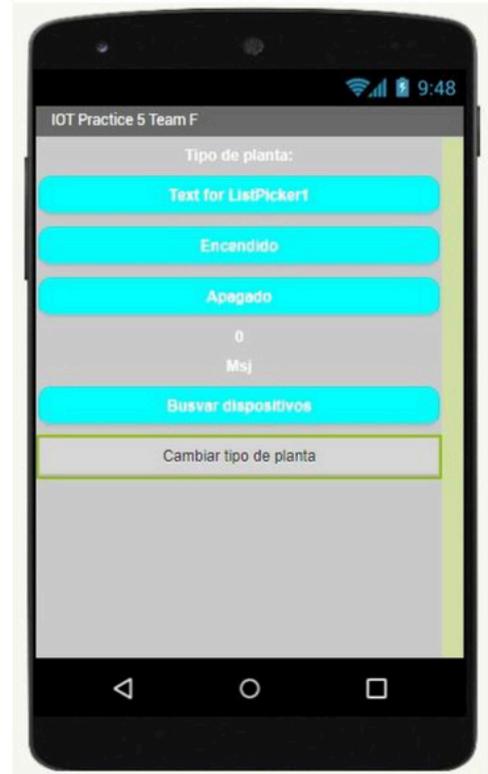


Ilustración 14 Prototipo

## VIII. CONCLUSIONES

### Eficiencia en el uso del agua:

La implementación de un sistema automatizado de riego basado en el sensor de humedad en el suelo ha demostrado una eficiencia significativa en el uso del agua. La adaptación del riego según las condiciones del suelo ha minimizado el desperdicio y ha mejorado la utilización precisa de este recurso vital.

### Optimización del crecimiento de las plantas:

La automatización del riego en función de los datos proporcionados por el sensor de humedad ha conducido a un crecimiento óptimo de las plantas. La adaptabilidad del sistema a diferentes tipos de plantas ha permitido ajustes personalizados, mejorando la salud y desarrollo de los cultivos.

### Experiencia del usuario mejorada:

La integración de una pantalla LCD con módulo I2C y la conexión Bluetooth con una aplicación móvil han proporcionado una experiencia del usuario mejorada. La visualización local de datos y el control remoto han facilitado la supervisión y gestión del sistema de riego de manera intuitiva.

### Contribución a la agricultura sostenible:

La alineación del proyecto con el Objetivo de Desarrollo sostenible 15 ha fortalecido su contribución a prácticas agrícolas sostenibles. La optimización del riego y la conservación de recursos hídricos respaldan los esfuerzos Ilustración 13 App hacia una agricultura más respetuosa con el medio ambiente.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- M. J. Sánchez-Molina, E. M. Perez-Coll, IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), Cartagena, Colombia, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ColComCon.2018.8443944.  
"Monitoring and controlling soil moisture

in precision agriculture," 2018 Ecuador, 2016, pp. 1-5,  
doi:10.1109/ETCM.2016.7522544

- L. F. Durán-Rosal, L. F. Barriga, J. P. Carrasco, R. Martínez, "Arduino-based automatic plant watering system," 2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Cuenca
- J. M. Rogers, "Bluetooth Low Energy: A Technical Overview," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 61, no. 3, pp. 297-309, August 2015, doi: 10.1109/TCE.2015.7382315.
- J. Evans, "Soil Moisture Sensors: What You Need to Know," Extension, University of Nevada, Reno, 2019.
- D. Halls, "Automatic Plant Watering and Soil Moisture Sensing," Make: Electronics, O'Reilly Media, 2015.
- A. Y. Kherbachi et al., "Design and Implementation of an Arduino-Based Bluetooth Remote Control System," International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2016.
- D. Wolber et al., "App Inventor: Create Your Own Android Apps," O'Reilly Media, 2011.
- United Nations, "Goal 15: Life on Land," Sustainable Development Goals, <https://sdgs.un.org/goals/goal15>.
- Z. Xue et al., "A Review of Soil Moisture Sensing Technologies and Their Use in Precision Agriculture," Journal of Hydrology, 2019.

- M. Banzi, "Getting Started with Arduino," O'Reilly Media, 2009.
- M. Kacira et al., "A Review of Greenhouse Control Technologies," Computers and Electronics in Agriculture, 2004.
- C. Hill, "Bluetooth: Connect Without Cables," Prentice Hall, 2001.
- D. Wolber et al., "App Inventor: Create Your Own Android Apps," O'Reilly Media, 2011.
- United Nations, "Goal 15: Life on Land," Sustainable Development Goals, <https://sdgs.un.org/goals/goal15>.
- J. F. Wakerly, "Digital Design: Principles and Practices," Pearson, 2015.
- NXP Semiconductors, "I2C-bus specification and user manual," 1995.
- M. Banzi, "Getting Started with Arduino," O'Reilly Media, 2009.
- D. Wolber et al., "App Inventor: Create Your Own Android Apps," O'Reilly Media, 2011.

## Automatización y control de la posición de un panel solar dada la radiación incidente

Avila-Pablo Nancy G., Flores-Bobadilla Cinthia A., Hernández-Herrera Alma F.

*Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad.*

Unidad Profesional, Av. Wilfrido Massieu, Adolfo López Mateos S/N, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A.

Madero, 07738 Ciudad de México

**Resumen** – La energía solar es aquella energía que aprovecha la radiación electromagnética del sol para transformarla en energía eléctrica o térmica para el aprovechamiento humano, la utilización de sensores a lo largo de la historia ha apoyado a la humanidad en la detección y medición de magnitudes físicas, estas en conjunto, son de gran utilidad en la industria eléctrica y sustentable, ya que, dados ciertos parámetros de medición se puede aumentar la eficiencia de un sistema en este caso de generación de energía solar mediante paneles fotovoltaicos, centrándose en valores de radiación y humedad.

**Palabras clave:** Sensores, automatización, humedad, radiación, LDR, paneles.

### I. INTRODUCCIÓN

La energía solar es aquella que se obtiene mediante países o lugares se ven en la necesidad de importar la luz o calor del sol, tiene muchas maneras de ser combustibles de otras naciones, es por esto que este aprovechada por el ser humano y por los seres vivos tipo de energía ha sido viable para el mundo en que habitan el planeta, existen procesos naturales que cuestiones energéticas. tienen como objetivo la preservación de la vida en la

porque proviene de un recurso natural como lo es el sol, esta no contamina, es inagotable, y se encuentra en cualquier parte del mundo, además promueve la independencia energética debido a que algunos

Tierra, pero las necesidades del hombre han hecho

A lo largo del tiempo la tecnología ha evolucionado que se busquen alternativas de aprovechamiento de en múltiples áreas, en esto caso la generación de dicha energía, es por esto que se ha utilizado como energía juega un papel muy importante en este sistema de calefacción residencial o calentamiento ámbito, para aprovechar la energía solar como de agua y la más importante como sistema de energía eléctrica se utilizan paneles solares que generación de energía según la RAE es un dispositivo que, junto a otros

Dado que la energía solar es una energía renovable

elementos, aprovecha la radiación solar para generar energía eléctrica o térmica (RAE, 2017)[1].

Un panel solar es capaz de generar energía eléctrica principalmente, esto es mediante la captación de la radiación por lo cual es necesario tener algún registro de la radiación que incide en un lugar para determinar la viabilidad de la colocación de los paneles en determinado sitio, para esto se pueden utilizar sensores que detecten la cantidad de radiación que cierto lugar recibe durante determinado tiempo, además de muchos otros factores involucrados como la sombra, lluvia, existencia de nubes, humedad, temperatura, entre otros, es por eso que es necesario contar con datos meteorológicos del lugar de interés, es por esto que se han implementado sensores que detecten o midan estas magnitudes, con el fin de determinar si un espacio es apto o no para una instalación de tal naturaleza.

Un sensor según la RAE es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente (ASALE & RAE, 2021)[2], es decir un sensor es un instrumento que detecta algún tipo de entrada del entorno físico. Dicha entrada puede ser luz, calor, movimiento, humedad, presión o cualquier magnitud de fenómenos ambientales. La salida es generalmente una señal que se convierte en una pantalla legible por humanos en la ubicación del sensor o se transmite electrónicamente a

través de una red para su lectura o procesamiento adicional.

Los sensores son de mucha utilidad en diversos ámbitos de la vida humana, en este caso funcionan como instrumentos de medición en los múltiples fenómenos que pueden afectar una instalación de generación de energía fotovoltaica, de igual forma pueden ayudar a medir o detectar las magnitudes de rangos de operación de los paneles dada su hoja de especificaciones, la detección de estas magnitudes es de fundamental importancia para el correcto funcionamiento del sistema de generación eléctrica, así se pueden definir múltiples parámetros de operación.

Parte importante de un sistema de control son los actuadores, que según la Real Academia de Ingeniería son dispositivos o máquinas que activan el sistema de control de un proceso; la naturaleza de esta señal determina el tipo de actuador (Diccionario RAING, 2022)[3].

Para que el actuador lleve a cabo la acción que se necesita se deben establecer condiciones de funcionamiento, con esto será capaz de activar ciertas partes de un circuito, tal es el caso de un servomotor, que es un actuador rotativo que permite un control preciso en términos de posición angular, aceleración y velocidad, lo cual es de suma importancia en el control de la posición de un panel solar, ya que determina el giro principalmente, del componente que sea conectado a este, según sea la actividad a desempeñar.

Actualmente existen instalaciones solares de carácter autónomo que tienen como principal objetivo guiar paneles solares hacia los rayos del sol, desde el amanecer hasta que se oculta el sol, este tipo de dispositivos se utilizaban en el pasado para captar los rayos solares, pero en el espacio a través de órbitas artificiales (Ezquerro, 2022)[4].

Hoy en día existen distintos tipos de seguidores solares los cuales son manuales pasivos, que se caracterizan por tener un líquido en su interior el cual se evapora generando un desequilibrio en el sistema implementado y provoca que el panel se incline hacia la dirección del sol, los seguidores manuales como su nombre lo indica, requiere de mano de obra para inclinar los paneles de manera permanente y los

seguidores activos deben su operación al manejo de motores que determinan la posición de los paneles.

## II. PROBLEMÁTICA

Una de las problemáticas más sobresalientes en la obtención de la energía eléctrica es la contaminación, tan solo en México se le atribuye el 17% del total de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que actúa como principal productor y distribuidor de energía eléctrica en el país mencionado en el artículo de Forbes México, publicado en junio del 2022 [5][5]. Se puede atribuir el alto porcentaje de emisión de contaminantes a que las principales fuentes de generación de energía eléctrica en el país son los hidrocarburos.

Los hidrocarburos o combustibles fósiles no solo son una fuente contaminante y emisora de gases de efecto invernadero, adicionalmente ocasionan perturbaciones en los ecosistemas y son fuentes no renovables o agotables. Al depender energéticamente de los hidrocarburos se tienen consecuencias económicas e impiden lograr acuerdos internacionales como lo es el caso del tratado de París 2030 para combatir el cambio climático.

Por otro lado, tenemos que la mejor alternativa a estas fuentes contaminantes son las energías limpias que pertenecen mayormente a las fuentes renovables, un ejemplo de estas sería la energía solar fotovoltaica la cual no emite gases de efecto invernadero. Las celdas fotovoltaicas o paneles solares tienen como principal complejidad su proceso de instalación, pues se debe medir y analizar el área donde se desea colocar para asegurar que se cumpla con ciertos parámetros, esto con el objetivo de que la instalación tenga éxito y trabaje de manera óptima.

De igual forma se debe optar por implementar sistemas que permitan sacar el máximo provecho en cuanto a la generación de energía,

## III. JUSTIFICACIÓN

La generación de energía en México y el mundo es un tema de gran relevancia debido a que el ser humano

requiere de energía eléctrica para desempeñarse en cualquier ámbito, es por esto que se debe aprovechar al máximo cualquier recurso que sea de utilidad para dicho propósito.

Actualmente uno de los mayores problemas por los que atraviesa la humanidad es el deterioro del ambiente, lo cual se debe a diversos factores que principalmente se deben a acciones humanas, contaminación, desechos tóxicos mal tratados, quema de combustibles fósiles a gran escala, entre otros, en consecuencia, el objetivo actual es la protección al medio ambiente, por esta razón se ha optado por el uso de energías renovables no contaminantes para la satisfacción de esta necesidad.

Expuesto esto, la presente propuesta pretende por medio de herramientas o dispositivos de control y medición aprovechar al máximo la energía solar que pueda captarse en cierto lugar.

De igual forma determinar la viabilidad de instalación de un sistema de generación de energía dados parámetros de radiación y humedad, para garantizar en lo máximo posible el aprovechamiento de dicho sistema y asegurar que las condiciones de humedad afecten en lo menor posible los módulos fotovoltaicos dadas sus especificaciones.

#### IV. OBJETIVOS

##### GENERAL

Analizar las condiciones de radiación y humedad para la implementación, control y automatización mediante Arduino de la posición de un panel solar para seguir los movimientos solares.

##### ESPECÍFICOS

- Registrar las condiciones de humedad y radiación.
- Definir parámetros de operación para la automatización de la posición del panel solar.

- Implementar indicadores que permitan visualizar datos de radiación y humedad, así como las posiciones actuales del panel solar.
- Comprobar el funcionamiento del sistema implementado simulando condiciones naturales del sol.

#### V. SOLUCIÓN PROPUESTA

Dada la problemática que se desea mitigar, se implementó un sistema que consta de tres etapas importantes:

- Primera etapa, calibración de los sensores.  
Se usa un estándar de medición para determinar la relación entre el valor mostrado por el instrumento de medición y el valor verdadero.
- Segunda etapa, elaboración del sistema. Se crea una estructura resistente y capaz de realizar el movimiento adecuado para el seguimiento de la luz solar, además que tenga las características necesarias para adaptar las fotorresistencias.
- Tercera etapa, control y automatización.

Se determinan los múltiples parámetros bajo los cuales debe funcionar el sistema, es decir, mediante la programación de sensores se establecen las funciones que deben seguir los actuadores propuestos, en este caso, actuadores rotativos, esto para aprovechar en gran medida la energía solar modificando las distintas posiciones del panel dado el movimiento del sol, para apreciar datos y resultados se implementan algunos indicadores.

#### VI. METODOLOGÍA

##### MATERIALES

- Sensor de radiación ML8511, sensor de luz ultravioleta (UV) que entrega una señal de voltaje analógica que depende de la cantidad de luz que UV que detecta. El sensor toma como entrada la intensidad UV, la cual se mide en  $\text{mW}/\text{cm}^2$  y envía la señal de la salida como voltaje. Tiene un rango de 0 a  $15 \text{ mW}/\text{cm}^2$  y opera con un rango de voltaje de 1 a 3 Volts. El sensor se alimenta con un rango de voltaje de 2.7 a 3.6 Volts.
- Sensor de humedad DHT22, es un sensor digital de humedad y temperatura de buen rendimiento y bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos. Utiliza una fuente de alimentación de 3.3 a 6 Volts en corriente directa. Trabaja con un rango de temperatura de  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , de igual forma para la medición de la humedad utiliza la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (Humedad relativa HR) con un rango de 0 a 100%. Emite temperatura y humedad a través de data serial.
- Fotorresistencia LDR, componente electrónico cuya resistencia se modifica con el aumento de intensidad de la luz incidente.
- Arduino Uno, placa de microcontrolador de código abierto basado en el microchip ATmega328P.
- Servomotor, dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición.
- Panel solar, dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.
- Cables de puente, cable con un conector en cada punta que se usa normalmente para interconectar entre sí los componentes en una placa de pruebas.
- Pantalla LCD de 4x20 para la visualización de los índices de radiación UV, Humedad, temperatura y por lo tanto el estado en el que se encuentra el sistema.

## VII. MÉTODOS

Dada la problemática y solución redactada anteriormente se realizó un sistema que detecta valores de humedad y radiación en el ambiente, y se almacenan los datos adquiridos mediante una placa ••Materiales y HerramientasAdquirir los sensores principalmente y de desarrollo Arduino, una vez analizados dichos los múltiples aditamentos necesarios para la instalación e implementación de los datos se implementó un seguidor solar de dos ejes circuitos en cuestión.

con el propósito de automatizar y controlar la posición del panel de prueba para adquirir la mayor radiación posible y genere así energía eléctrica para alimentar un display de voltaje.

En el caso del sensor de temperatura y humedad, va conectado a una entrada digital, caso contrario con el sensor de radiación que es mediante entradas analógicas, al igual que las ldr, en el caso de los servomotores, tienen una entrada pwm que es una modulación por ancho de pulso, los servomotores se activan y rotan de acuerdo a la captación de luz de las ldr, todo esto mediante programación.

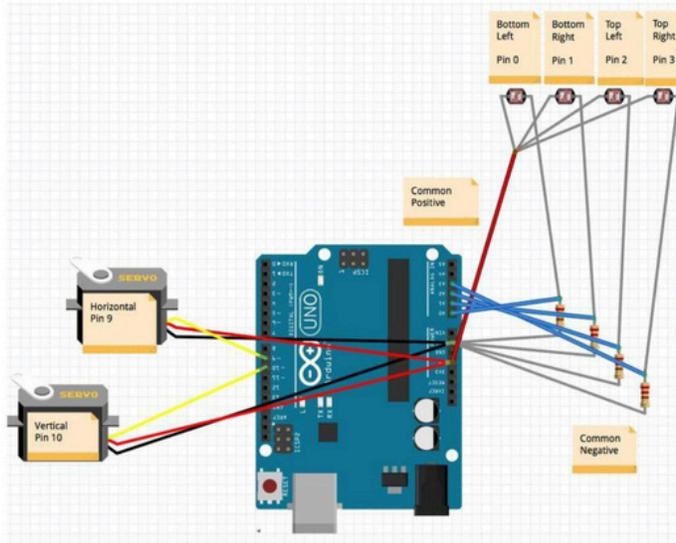


Ilustración 4 Esquema de conexiones entre el Arduino, los servomotores y las LDR

Para mostrar los múltiples parámetros o magnitudes procesadas, se utiliza una LCD de 20 x 4, la cual se comunica mediante el protocolo I2C.

El sistema requiere de una estructura para ser montado, para esto, se definieron plantillas a utilizar y se procedió a hacer los cortes necesarios para ensamblarlas y darle forma al seguidor de eje dual, el material utilizado fue mdf, que es un tipo de madera acartonada para evitar que la estructura fuera muy pesada e interfiriera en el funcionamiento del prototipo.



Ilustración 3 Estructura de montaje

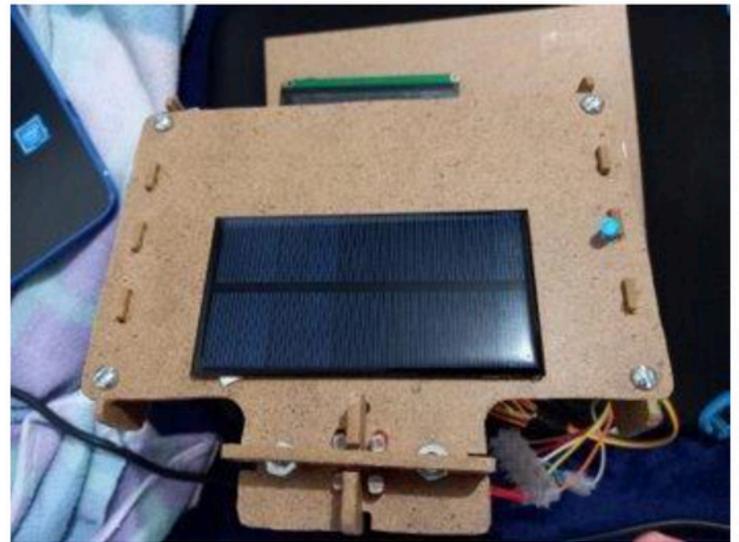


Ilustración 4 Esquema de conexiones entre el Arduino, los servomotores y las LDR

Una vez cortadas las piezas, se acoplaron los servomotores y las LDR con sus respectivas conexiones, siguiendo un esquema como el de la ilustración 4.

Una vez logrado esto, se acoplan los demás sensores tomando en cuenta el pinout de cada uno, y se procede a realizar la programación de cada uno de ellos para ser procesados y mostrados en la LCD y posteriormente realizar sus lecturas en Labview.

## VIII. DESARROLLO

Dada la problemática y solución redactada anteriormente se implementó un sistema de adquisición de datos mediante una placa de desarrollo de Arduino, en la cual se reciben entradas analógicas y digitales según sea el caso.

Se adquirieron los sensores previamente descritos, los cuales entregan valores de humedad, temperatura y radiación respectivamente, se ensamblaron de acuerdo a sus características de salida, entrada y alimentación.

- Implementación de sensores de humedad y radiación, Definir las características del seguidor solar, en este caso será un seguidor activo de dos ejes, para mayor aprovechamiento de energía solar.

- Definir las estructuras de montaje que se van a utilizar dadas las dimensiones del panel, el servomotor y los sensores de radiación y humedad, de tal forma que se vea presentable y ordenado.

- Corte y ensablaje de las estructuras previamente definidas, conexión de las partes de los servomotores en las estructuras rotatorias.

- Construcción de la electrónica.
- Conexión de los sensores con el Arduino bajo un arreglo dado, fotorresistencias en lugares específicos fuera del panel, servomotores en ciertas partes de la estructura de sostén para permitir los giros deseados.

- Se genera un código en Arduino para determinar sensibilidad de los sensores y velocidades de reacción de los servomotores, así como la posible salida de la cantidad de energía generada.

- Análisis de resultados.
- Implementación de interfaz haciendo uso de Labview.

- Evaluación de resultados.



Ilustración 1 PINOUT de un sensor de temperatura y humedad DHT22



Ilustración 2 PINOUT del sensor UV GYML8511

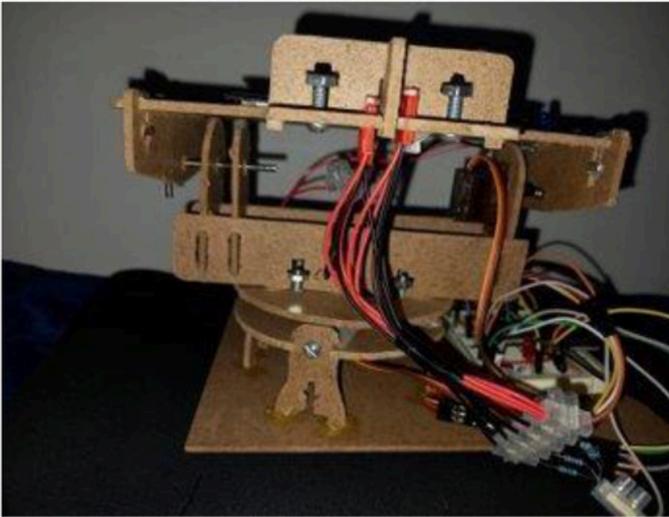


Ilustración 5 Adaptación de los sensores para el proceso de la información en la LCD

En cuanto a la programación, fue realizada en Arduino, se inicia incluyendo las librerías a utilizar, se definen las variables y entradas, así como el tipo de entrada y los estados iniciales, límites de operación de los servomotores, la inicialización de la LCD, si se reciben o envían valores, etc.

Después se procede a realizar las condicionales específicas para hacer funcionar el seguidor solar dependiendo de la cantidad de luz que detecten las LDR, este proceso es mediante promedios de lecturas, el giro se da en horizontal y en vertical según corresponda, se realizan las lecturas y se imprimen en el puerto serial y en la lcd, de igual forma se anexa un led como indicador de peligro en caso de que la humedad ambiental exceda el 80%, ya que es justo cuando el panel puede presentar menor eficiencia o puede presentar fallas, posteriormente los datos o variables se procesan en Labview.

```
//DHT
#include <DHT.h> //Cargamos la
librería DHT
#include <Servo.h> // include Servo library
#define DHTTYPE DHT22 //Definimos el modelo
del sensor DHT22
#define DHTPIN 2 // Se define el pin para
el
Arduino
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //LCD
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

//LED
int led = 11; //UV int UVOUT = A6;
//Salida del sensor UV int REF_3V3
= A7; //Ref voltaje

//SERVO
// 180 horizontal MAX Servo
horizontal; // horizontal
int servoh = 90; // 90;
// pred

int servohLimitHigh =
180; int servohLimitLow =
65;

// 65° MAX
Servo vertical; // vertical
int servov = 90; // 90;
// pred

int servovLimitHigh = 120;
//lim int servovLimitLow = 15;
//lim

//LDR
int ldr1t = 2; //LDR
t1 int ldr1r =
3; //LDR tr int
ldr1d = 0; //LDR d1
int ldr1r = 1; //LDR
dr

//LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); //
Definición de
LCD 20x4

void setup()
{
Serial.begin(9600); //LED pinMode(led,
OUTPUT); //DHT
dht.begin();

//UV
pinMode(UVOUT, INPUT); pinMode(REF_3V3,
INPUT); //SERVO horizontal.attach(9);
//PIN SERVO vertical.attach(10); //PIN SERVO
horizontal.write(180); //PRED
vertical.write(45); //PRED delay(500);
//LCD lcd.init(); //
lcd.print("Estado: ");
```



```

//Serial.println("Temperatura [°C]: ");
Serial.print(",");
Serial.println(t);
lcd.setCursor(10,2);
lcd.print(t); delay(100);
if (h >= 80){
digitalWrite(led, HIGH);
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("PELIGRO"); }else
{digitalWrite(led, LOW);
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("ESTABLE");
}
}
//Prom int averageAnalogRead(int
pinToRead)
{ byte numberOfReadings = 8;
unsigned int runningValue = 0;
for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
runningValue += analogRead(pinToRead);
runningValue /= numberOfReadings;
return(runningValue);
}
//The Arduino Map function but for floats
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max,
float out_min, float out_max)
{
return (x- in_min) * (out_max – out_min)/(in_max –
in_min)+out_min;
}

```

Ya procesados los datos en Arduino se realiza la conexión en Labview, mediante la librería VISA la cual se encarga de leer el puerto serial asignado y procesar los datos según convenga, estos son mostrados en destintos indicadores, que es un metro una barra y un termómetro.

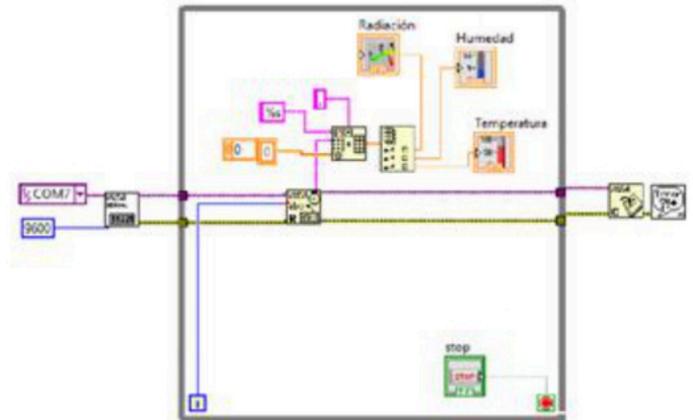


Ilustración 6 Diagrama de bloques LabView

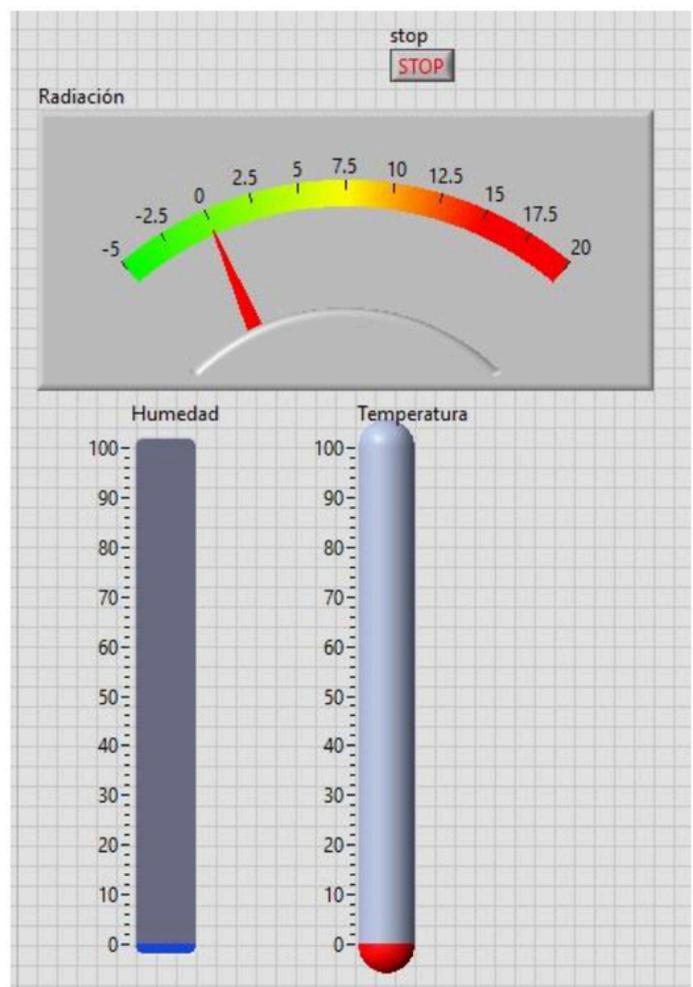


Ilustración 7 Panel frontal de LabView

## IX. NORMAS

En instalaciones residenciales o industriales se deben seguir ciertas normas de funcionamiento, para garantizar la seguridad del sistema, seguridad humana y correcto funcionamiento de las instalaciones, el Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas establece que las normas que deben ser consideradas e implementadas son:

- CFE G0100-04 Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30kW.  
Es una norma directamente de CFE la cual tiene como objetivo:
  - Definir los Requerimientos para el diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados con la red eléctrica (SFVI).
  - Garantizar la seguridad del personal.
  - Garantizar la calidad de la energía en la red.
  - Garantizar la integridad física y operacional de la red eléctrica y de los SFVI.
- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social La (STPS) Es el despacho del poder ejecutivo federal encargado de la administración y regulación de las relaciones laborales (obrero-patrón), las más importantes son:
- NOM-009-STPS-Vigente. Condiciones de seguridad para realizar trabajos en alturas, en la cual se encuentra el equipo de seguridad necesario para realizar las actividades, así como lineamientos que se deben cumplir para que los trabajadores puedan realizar la instalación sin poner en riesgo su integridad física.
- NOM-001-SEDE-VIGENTE. Instalaciones eléctricas.
- NOM-029-STPS-Vigente. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de

trabajo Condiciones de seguridad. Esta norma tiene como objetivo “Establecer las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas”, y aplica en todos los centros de trabajo de se realicen trabajos de mantenimiento a instalaciones eléctricas, ya sean permanentes o provisionales.

- NOM-017-STPS-Vigente. Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

Objetivo “Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud”.

Dictamina los estándares que se deben cumplir en una instalación eléctrica, así como cuestiones específicas en sistemas fotovoltaicos en el artículo 690 “sistemas solares fotovoltaicos” y de interconexión a la red eléctrica que marca el artículo 705 “fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas”.

- Centro Nacional de Control de Energía Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW de la SENER (DOF15-XII-2016), el cual tiene como objetivo “Establecer los lineamientos generales en materia administrativa y de infraestructura que deberán cumplir los Distribuidores, Generadores Exentos y Generadores que representen Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW para realizar la interconexión de sus Centrales Eléctricas a las Redes Generales de Distribución de manera ágil y oportuna, garantizando las condiciones de eficiencia, Calidad,

Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional”, este manual es de orden público he interés general.

- Comisión Reguladora de Energía

Expide, las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.

Estas disposiciones tienen como objetivo:

1. Establecer los lineamientos generales en materia de Generación Distribuida.
2. Definir el modelo de Contrato que celebran el Distribuidor y el Solicitante para la interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 Mega watts (MW) a las Redes Generales de Distribución.
3. Establecer las especificaciones técnicas generales requeridas en materia de Generación Distribuida.
4. Autorizar el modelo de Contrato que celebran el Suministrador de Servicios Básicos y el Generador Exento para determinar la contraprestación aplicable por la energía eléctrica entregada a las Redes Generales de Distribución.
5. Desarrollar la metodología para determinar la contraprestación aplicable por la energía eléctrica entregada.

Dependiendo del giro o lugar en el cual se implemente un sistema de generación de energía fotovoltaica se deberán seguir ciertas normas o parámetros para garantizar en lo mayor posible la seguridad del sistema y del personal involucrado, así como el usuario final (ccee, 2016)[6].

## X. ARQUITECTURA

La ilustración 1 ejemplifica la arquitectura simple del sistema implementado, los sensores se conectan al Arduino para lograr el registro, control y automatización de dichos sensores para cumplir los objetivos establecidos, de igual forma la pantalla LCD se conecta con el Arduino para la fácil visualización de los datos obtenidos con los sensores, así como el estado en el que se encuentra el sistema. El Arduino por su parte se conecta a la computadora para estar alimentado y poder ser programado eficientemente para el control de los servomotores y el panel propiamente.

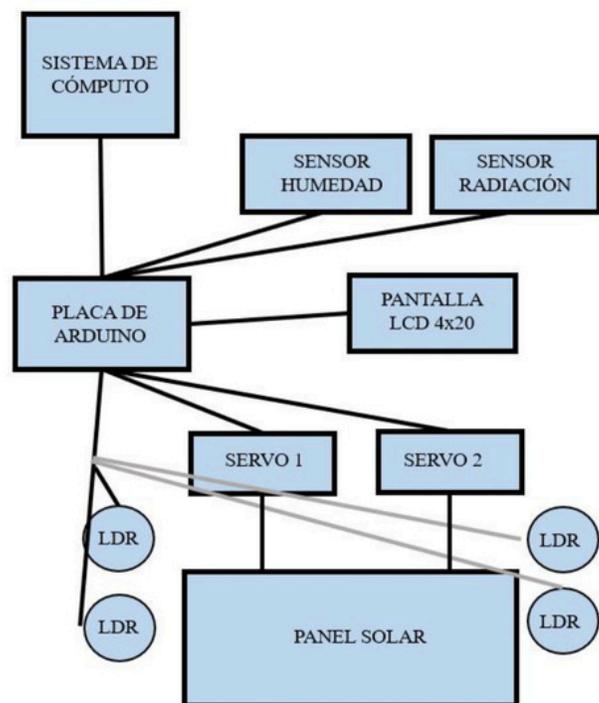


Ilustración 8 Diagrama simple de la arquitectura de la propuesta de seguidor solar de dos ejes.

## XI. IMPACTO DEL PROYECTO

### ALCANCES

Construir un sistema de automatización en un panel para que aproveche la luz solar durante un periodo de tiempo más largo que el promediado, en un plazo de dos meses, y de acuerdo con los datos recabados de los sensores de humedad y radiación.

## CONTRIBUCIONES

Aportar nuevas herramientas para la instalación de paneles solares para que trabajen de forma más autónoma y que con ello se aumente la eficiencia que dichas instalaciones puedan tener, de esta forma se logre reducir costos de instalación y que el tiempo de recuperación de la inversión sea más corta, puesto que se aprovechará la radiación para producir una mayor cantidad de energía.

Se podrán brindar los datos obtenidos de los sensores para considerar el nivel de eficiencia que se tendría al realizar una instalación de paneles solares, de forma que se entregue un reporte de los beneficios no solo ambientales, sino que también económicos que se obtendrían haciendo uso de un sistema como este.

De igual forma contribuye a que en un futuro se desarrolle una interfaz o algún tipo de software o aplicación que permita monitorear el funcionamiento de la instalación fotovoltaica y que así mismo permita realizar las debidas modificaciones deseadas, dependiendo de los datos que se obtengan con los sensores. Esto desde un dispositivo de uso comercial, como un teléfono celular, tableta o una computadora en forma de una plataforma sencilla para el usuario.

## XII. RESULTADOS OBTENIDOS

El montaje de un panel permite un ahorro económico además de que su instalación contribuye con la sostenibilidad del planeta.

Al realizar este proyecto se logra aumentar la eficiencia de los paneles y de la energía obtenida gracias a los factores previos analizados para una correcta instalación de este mismo, encima se aprovecha al máximo la energía solar puesto que el panel tiene un sistema que sigue la luz solar hacia cualquier lado que se encuentre.

Dado esto, se obtiene un prototipo funcional de seguidor solar de dos ejes con sus respectivas mediciones de radiación y humedad, a pesar de ser funcional el uso de los sensores seleccionados dan ciertas limitaciones al sistema, debido a que la intensidad máxima que alcanza a leer el sensor de UV ML8511 es de 15mW/cm<sup>2</sup>, por lo que al ser expuesto a

una fuente de luz artificial tiene un buen funcionamiento, los servomotores se activarán y guiados por las fotorresistencias seguirán la luz como propósito principal. Sin embargo, cuanto se expone directamente al sol este no puede trabajar de una forma eficiente debido a que en México la intensidad anual promedio ronda entre los 20 mW/cm<sup>2</sup> y los 25.4 mW/cm<sup>2</sup>, lo que está por encima de la capacidad de los sensores.

Finalmente, el índice de humedad que se presenta en el ambiente permite al usuario conocer las condiciones en las que se encuentra el panel, ya sea que se encuentre en estado estable o en peligro (Si el nivel de humedad HR supera el 80%). En caso de encontrarse en riesgo se indicará en el apartado de estado "PELIGRO" de la pantalla LCD, de igual forma se enviará una alerta al usuario por medio de un indicador led, el cual se encenderá en estos casos y se mantendrá apagado cuando el estado sea estable.

## XIII. CRONOGRAMA

En este cronograma se estipulan los tiempos aproximados en los que se realizará el proyecto, se puede encontrar un total de cinco actividades que constan de la verificación, creación, programación y construcción del proyecto.

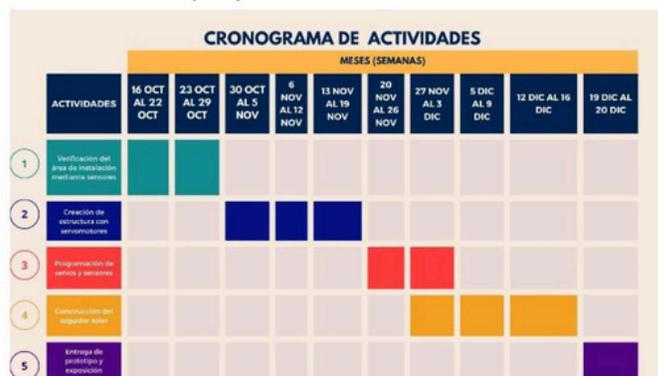


Ilustración 9 Cronograma de actividades para la elaboración del proyecto

## XIV. BIBLIOGRAFÍA

- RAE. (2017). Definición de panel solar - Diccionario panhispánico del español jurídico

- RAE. Diccionario Panhispánico Del Español Jurídico - Real Academia Española.  
<https://dpej.rae.es/lema/panel-solar>
- ASALE, R., & RAE. (2021). Diccionario de la lengua española RAE - ASALE. "Diccionario de La Lengua Española" - Edición Del Tricentenario.  
<https://dle.rae.es/sensor?m=form>
- Diccionario RAING. (2022). Raing.es.  
<https://diccionario.raing.es/es/lema/actuador>
- Ezquerro V. (2022, March 16). Qué es un seguidor solar | Vanesa Ezquerro Arquitecto Passivhaus. Vanesa Ezquerro Arquitecto Passivhaus.  
<https://www.vanesaezquerro.com/que-es-unseguidor-solar/>
- Staff, F. (2022, June 15). CFE genera el 17% de las emisiones de CO2 del país: informe. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/cfe-generael-17-de-las-emisiones-de-co2-del-paisinforme/#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20Federal%20de%20Electricidad>
- cceea. (2016). ¿Cuáles son las Normas para instalaciones fotovoltaicas en México? - CCEEA. Cceea.mx.  
<https://cceea.mx/blog/energia-solarfotovoltaica/cuales-son-las-normas-parainstalaciones-fotovoltaicas-en-mexico>



## CroqueFeed Sistema de Alimentación Automatizada.

Gómez Hernández, Alan Javier, Villegas Palacios, David., Morales Rodríguez, Morales-Rodríguez, Ursula S.

*Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo*

**Resumen** – En la presente propuesta de proyecto final se propone el desarrollo de una aplicación web para mejorar la calidad de vida de las mascotas y simplificar la tarea de sus cuidadores. Utiliza un dispensador de croquetas con capacidades avanzadas y un servicio web para monitorear y controlar la alimentación de las mascotas. El sistema incorpora tecnología de sensor ultrasónico para medir el nivel de croquetas y notificar al usuario cuando es necesario rellenar el dispensador. También permite al usuario abrir remotamente la compuerta del dispensador para alimentar a la mascota. Se centra en el bienestar de las mascotas, el cuidado responsable, la facilitación de la vida cotidiana, el monitoreo en tiempo real, el control a distancia y la reducción del desperdicio de alimentos.

**Palabras clave:** Aplicación web, ESP32, Cuidado responsable, IoT, Alimentación automatizada.

### I. INTRODUCCIÓN

Automoción, administración, educación o salud son algunos de los sectores que están aprovechando las ventajas que ofrece el Internet de las Cosas (IoT) como es la reducción de costes, la optimización de procesos y la mejora de servicios. Ahora, estas avanzadas tecnologías aterrizan en FIEB (Fundación para la Investigación en Etología y Biodiversidad) para asegurar el bienestar de los animales que se alojan en su refugio CITES, situado a las afueras de Madrid.[1]

La creciente adopción de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) ha transformado numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana, incluyendo la forma en que cuidamos a nuestras mascotas. La propuesta de este proyecto se centra en el desarrollo de una aplicación web que utiliza la tecnología IoT para mejorar la calidad de vida de las mascotas y simplificar la tarea de sus cuidadores.[2]

El cuidado de las mascotas es una responsabilidad que requiere atención y tiempo. Sin embargo, debido al ritmo de vida actual, a veces puede ser difícil mantener una rutina de alimentación constante para nuestras mascotas. Aquí es donde la tecnología IoT puede desempeñar un papel crucial. Los dispositivos IoT para el cuidado de mascotas pueden ayudar a los dueños a monitorear y controlar la alimentación de sus mascotas, incluso cuando no están en casa. [3]

El bienestar de nuestras mascotas es de suma importancia, y uno de los aspectos fundamentales para su salud es la alimentación adecuada y constante. Sin embargo, en la vida moderna, nuestras ajetreadas rutinas a veces pueden dificultar cumplir con esta responsabilidad de manera consistente.

Para abordar este desafío, hemos concebido un sistema inteligente que revolucionará la forma en que alimentamos a nuestras mascotas. Este proyecto consta de un dispensador de croquetas con capacidades avanzadas y una aplicación móvil que le permite al usuario monitorear y controlar la alimentación de sus mascotas de manera conveniente.

Este proyecto propone el uso de ESP32, un chip que proporciona conectividad Wi-Fi y Bluetooth para dispositivos integrados, lo que lo hace ideal para aplicaciones de IoT. El sistema incorporará un dispensador de croquetas con capacidades avanzadas y un sensor ultrasónico para medir el nivel de croquetas y notificar al usuario cuando sea necesario rellenar el dispensador. [5]

La funcionalidad permite al usuario abrir la compuerta del dispensador durante aproximadamente 3 segundos, permitiendo que la comida caiga en el plato de la mascota. Esta acción se puede realizar de forma remota a través de la aplicación móvil, lo que brinda un control total sobre la alimentación, incluso cuando el cuidador no está presente en casa.

En este documento, presentaremos una descripción detallada de las características, funcionalidades y beneficios de "CroqueFeed", además de los objetivos del proyecto, los recursos necesarios y un plan de implementación. Además, solicitaremos la autorización para avanzar con la ejecución de este emocionante proyecto que tiene el potencial de transformar la forma en que cuidamos y alimentamos a nuestras mascotas.

Estamos seguros de que "CroqueFeed" marcará un hito en el mundo de la alimentación de mascotas, y esperamos contar con su respaldo y aprobación para llevar a cabo este proyecto visionario.

## II. OBJETIVO

Diseñar e implementar "CroqueFeed: Sistema de Alimentación Automatizada", una solución tecnológica innovadora destinada a elevar la calidad de vida de las mascotas y facilitar la responsabilidad de sus cuidadores. El objetivo principal es lograr un control detallado y remoto sobre el proceso de alimentación de las mascotas, proporcionando una experiencia integral que promueva el bienestar animal y simplifique la gestión alimentaria para los dueños. Este sistema integrará de manera eficiente la automatización a través de la placa ESP32, sensores ultrasónicos y actuadores para brindar un monitoreo en tiempo real, notificaciones claras y apertura remota de la compuerta del dispensador.[11] La solución también incorporará capas de seguridad, como la autenticación a través de Firebase, para garantizar un acceso seguro a la aplicación web asociada. Este objetivo se alinea con nuestra visión de transformar la forma en que las mascotas son alimentadas, brindando comodidad y tranquilidad a los cuidadores, y promoviendo un cuidado responsable y avanzado a través de la tecnología.

## III. Objetivos Específicos

1. Diseñar y construir un dispensador de croquetas automatizado utilizando una placa ESP32, un sensor ultrasónico HC-SR04 y dos servomotores SG-90.
2. Desarrollar una aplicación web que permita a los usuarios monitorear y controlar remotamente la alimentación de sus mascotas. La aplicación se desarrollará utilizando React para la interfaz de usuario, Vite para el entorno de desarrollo, Tailwind CSS para el diseño, y Node.js y Express.js para el backend.
3. Implementar una funcionalidad de notificación en tiempo real que alerte a los usuarios cuando el nivel de croquetas en el dispensador sea bajo y necesite ser rellenado.
4. Integrar Firebase para la autenticación de usuarios, proporcionando una capa adicional de seguridad para la aplicación web.
5. Realizar pruebas de funcionalidad y usabilidad para garantizar que el sistema funciona correctamente y es fácil de usar para los cuidadores de mascotas.

## IV. JUSTIFICACIÓN

Desafortunadamente hoy en día millones de personas tienen al cuidado un animalito, sin embargo, una cantidad de estas personas no están al pendiente de alimentar o proveer las necesidades básicas de ellos, dado que los animalitos no tienen la facilidad de poder hacerlo por si solos se ve como un problema. Hoy en día con las tecnologías y el internet de las cosas podemos darle un cambio radical, disminuyendo el porcentaje de animales con mal cuidado, facilitando las cosas con una aplicación que pueda mandarle alertas para alimentar a sus mascotas. En el hecho de que muchas personas tienen muchos pendientes, o ocupaciones diferentes, se busca facilitar la vida cotidiana de ellos y sobre todo de tener un mejor cuidado de los animalitos en casa. [3]

La necesidad del Sistema de Alimentación Automatizada se basa en la creciente importancia de las mascotas en la vida de las personas y la evolución de la

tecnología, que nos brinda la oportunidad de abordar sus necesidades de manera más efectiva. A continuación, se presentan las razones fundamentales que respaldan la implementación de este proyecto:

**Bienestar de las Mascotas:** Las mascotas son parte integral de nuestras vidas y merecen una alimentación constante y adecuada. "CroqueFeed" garantiza que las mascotas reciban comida en el momento adecuado, incluso cuando sus cuidadores no pueden estar presentes, lo que contribuye significativamente a su bienestar y salud.

**Cuidado Responsable:** La alimentación adecuada y consistente es esencial para el cuidado responsable de las mascotas. "CroqueFeed" empodera a los cuidadores con herramientas para garantizar que sus mascotas reciban la cantidad de comida necesaria y en el momento adecuado, sin importar su ubicación.

**Facilitación de la Vida Cotidiana:** Las agendas ocupadas y los compromisos diarios pueden dificultar la atención inmediata a las necesidades de las mascotas. El sistema "CroqueFeed" alivia a los cuidadores de la preocupación constante de la alimentación de sus mascotas, permitiéndoles centrarse en otros aspectos de su vida cotidiana.

**Monitoreo en Tiempo Real:** La función de notificación basada en sensores ultrasónicos proporciona una capacidad de monitoreo en tiempo real del nivel de croquetas en el dispensador. Esto asegura que el usuario esté al tanto de cuánta comida queda y pueda rellenar el dispensador de manera oportuna.

**Control a Distancia:** La aplicación web asociada a "CroqueFeed" permite a los usuarios controlar la alimentación de sus mascotas desde cualquier lugar con una conexión a Internet. Esta funcionalidad ofrece comodidad y flexibilidad, lo que es especialmente útil para personas que viajan con regularidad.

**Tecnología Innovadora:** "CroqueFeed" utiliza tecnología de vanguardia, como sensores ultrasónicos y control remoto a través de una aplicación móvil. Esto muestra nuestro compromiso con la innovación y la mejora continua de las soluciones de alimentación para mascotas.

**Reducción de Desperdicio de Alimentos:** Al proporcionar una alimentación precisa y controlada,

"CroqueFeed" ayuda a reducir el desperdicio de comida, lo que a su vez tiene un impacto positivo en el medio ambiente.

## V. PROBLEMÁTICA

La problemática abordada del proyecto se centra en las dificultades que enfrentan los dueños de mascotas para proporcionar una alimentación constante y adecuada debido a las ajetreadas rutinas diarias. La falta de tiempo y la distracción cotidiana pueden llevar a situaciones en las que las mascotas no reciben la atención alimentaria necesaria. Estudios han demostrado que un patrón de alimentación irregular puede llevar a un aumento en los comportamientos relacionados con el estrés en las mascotas.[10]

Además, la alimentación inadecuada puede tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de las mascotas. Por ejemplo, la sobrealimentación puede llevar al sobrepeso, que a su vez puede causar una serie de problemas de salud. Por otro lado, la subalimentación puede resultar en desnutrición y sus asociados problemas de salud. [4]

A pesar de la existencia de alimentadores automáticos de mascotas en el mercado, muchos dueños de mascotas todavía enfrentan desafíos. Algunos alimentadores automáticos pueden atascarse durante el proceso de dispensación de alimentos, mientras que otros pueden sobrealimentar a las mascotas. Además, muchos de los alimentadores automáticos existentes no ofrecen la capacidad de monitorear y controlar la alimentación de las mascotas de manera eficiente, especialmente cuando los dueños de mascotas no están presentes físicamente. [5]

Esta problemática se agrava por la ausencia de una solución tecnológica integral que permita a los cuidadores monitorear y controlar la alimentación de sus mascotas de manera eficiente. Aquí es donde el proyecto "CroqueFeed: Sistema de Alimentación Automatizada" entra en juego, proponiendo una solución innovadora para abordar estos desafíos.

## VI. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Para abordar el problema de la alimentación de mascotas, se propone el proyecto “CroqueFeed: Sistema de Alimentación Automatizada”. Este sistema se basa en una serie de componentes y tecnologías que trabajan en conjunto para proporcionar una solución integral.

1. **Hardware:** El corazón del sistema es una placa ESP32, que permite la conexión a internet vía Wi-Fi para transmitir datos<sup>1</sup>. Un sensor ultrasónico HC-SR04 se utiliza para proporcionar mediciones en tiempo real del nivel de croquetas en el dispensador. Dos servomotores SG-90 actúan como actuadores para la compuerta del dispensador. Todo esto se monta en una estructura hecha de tubos de PVC, con conexiones realizadas con jumpers y una tabla de prototipo de conexión. La programación del ESP32 se realiza utilizando el IDE de Arduino.
2. **Aplicación web:** La aplicación web se desarrolla utilizando React para la interfaz de usuario, Vite para el entorno de desarrollo y Tailwind CSS para el diseño. El backend de la aplicación se desarrolla utilizando Node.js y Express.js, proporcionando una API para interactuar con el hardware<sup>6</sup>. Se utiliza Firebase para la autenticación de usuarios, proporcionando una capa adicional de seguridad. Este sistema permite a los usuarios tener un control preciso sobre la alimentación de sus mascotas, incluso cuando no pueden estar presentes físicamente. La alimentación se automatiza a través de la apertura de una compuerta del dispensador, que se puede activar remotamente desde la aplicación web. Además, el sensor ultrasónico proporciona mediciones en tiempo real del nivel de croquetas en el dispensador y envía notificaciones claras sobre la necesidad de rellenarlo. De esta manera, se aborda la falta de monitoreo en tiempo real, un problema común entre los cuidadores que desean estar seguros de que sus mascotas están siendo alimentadas adecuadamente.

## VII. ESTADO DEL ARTE

Nombre del dispensador.	Características	Precio
Yuposl Comedero Automático para Gatos	Puede establecer porciones por alimentación y establecer las comidas de 1 a 6 para sus mascotas. Configurado para que suelte croquetas cada cierto tiempo.	\$800
Comederos Automáticos Para Gatos Con Cámara, Pumpkii 4l Come.	Establece horario de alimentación preferido de forma remota con la aplicación móvil gratuita (solo admite red Wi-Fi de 2,4 GHz)   Cámara HD para mascotas.	\$3700

Alimentador Automático Perros Y Gatos 6l Wifi App	Aplicación de control remoto El comedero automático para gatos WiFi se puede conectar a una red de 2,4 GHz, y puede organizar y controlar las comidas de su mascota en cualquier momento y en cualquier lugar a través de la aplicación "TUYA" en su teléfono inteligente iOS o teléfono Android.	\$1689
CroqueFeed Sistemas de Alimentación Automatizada	Servicio web para alimentar a tu mascota de manera remota, al igual que una interfaz de seguridad. Usando Wifi, y monitoreo desde cualquier lugar.	\$804

Wi-Fi a una aplicación web, donde los usuarios pueden acceder y visualizar la calidad del aire en su ubicación. La aplicación web nos dará las dos funciones, la primera es la alerta de que esta apunto las croquetas del dispensador y la segunda el botón de interacción para liberar las croquetas al plato. En la figura uno podemos ver la interacción entre el ESP32 con los componentes que tendrá el dispensador, al igual que el dispensador solo va a interactuar con la aplicación mandándole señales para que actúen los dispositivos que están conectados con base a la aplicación. Para la figura 2 tenemos el diagrama visto desde la implementación real y como lo llevamos al MVC con los dispositivos usados en el esp32 en el modelo que aquí funge como un servidor aparte ya que espera peticiones http para hacer la instrucción deseada que es "abrir compuerta" o "obtener el valor de croquetas en el contenedor" mandada desde el controlador con GET, finalmente devuelve en JSON la respuesta que puede ser el valor del contenedor lleno o vacío, en caso de la compuerta que ya fue abierta. Esta información es recibida por el controlador que es el encargado de gestionarla para mandarla a la vista que es el servicio web responsivo. El controlador es quien interactúa por ambas partes para que la información sea gestionada, se visualice y mande instrucciones al dispositivo ES32, es decir que es quien maneja las peticiones HTTP. Finalmente, la vista es lo que ve el usuario de primera instancia un login con firebase para que verifique es una persona real y evitar las peticiones de cualquier dispositivo, después de este login tiene la visualización de los datos del contenedor de croquetas y puede abrir la compuerta con un botón, básicamente es la interfaz lo que ve el usuario, las peticiones que se hacen aquí de consultas y de interacción pasan al controlador para verificarlas, y finalmente para que lleguen al modelo.

### VIII. Diseño y Arquitectura del sistema

En la Figura 1 podemos ver que la arquitectura del sistema para el prototipo consta de varios componentes interconectados. El ESP32 actúa como centro de control y recopila datos de los sensores. Estos datos se muestran en tiempo real en una pantalla LCD de 16x2. Además, los datos se envían a través de una conexión

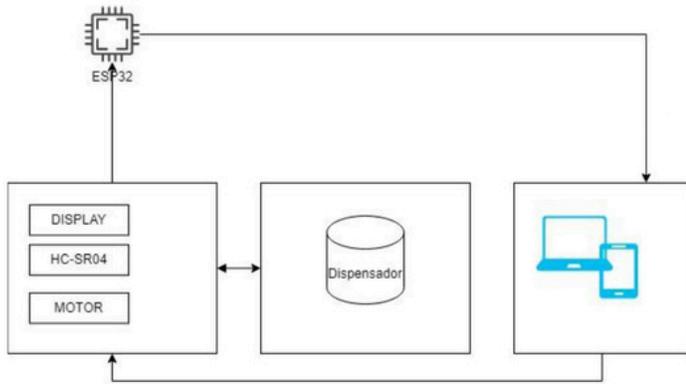


Ilustración 1. Diagrama del sistema prototipo.

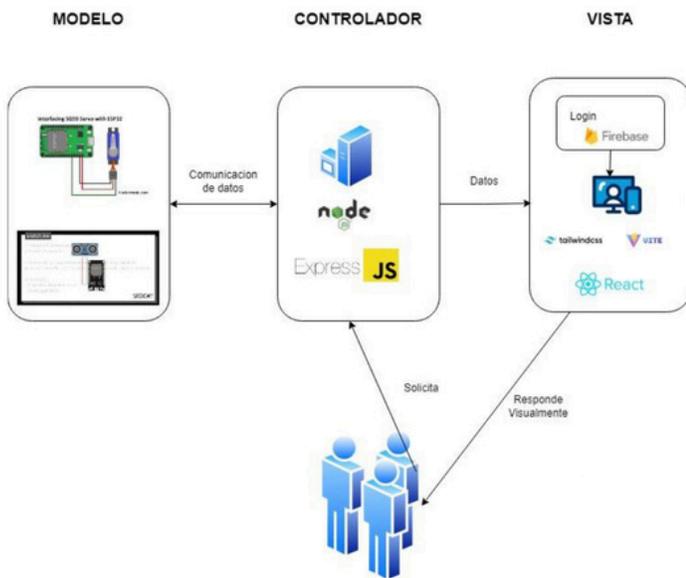


Ilustración 2. MVC.

## IX. RACIONALIDAD DE LA SOLUCIÓN

La racionalidad de la solución propuesta, “CroqueFeed: Sistema de Alimentación Automatizada”, se basa en la necesidad de abordar los desafíos inherentes a la alimentación de mascotas y mejorar la calidad de vida tanto de los animales como de sus cuidadores. La alimentación constante y adecuada es esencial para el bienestar de las mascotas, y cualquier cambio inesperado en la rutina de alimentación puede causar ansiedad en las mascotas. “CroqueFeed” permite mantener un control continuo sobre la alimentación, asegurando que las mascotas reciban la cantidad de comida necesaria, incluso en ausencia de sus cuidadores. Esto contribuye a la salud y el bienestar de

las mascotas, lo que a su vez mejora la relación entre las mascotas y sus dueños. En cuanto a la optimización de recursos, el desperdicio de alimentos para mascotas es un problema común<sup>4</sup>. La solución “CroqueFeed” establece una alimentación precisa y controlada, lo que disminuye significativamente el desperdicio de comida y, en última instancia, reduce los costos asociados con la alimentación de mascotas. Además, “CroqueFeed” ayuda a prevenir la obesidad y los trastornos relacionados en las mascotas.

## X. COSTOS

DISPOSITIVOS O MATERIAL	DESCRIPCION	COSTO
Tubos de PVC	Para el armado del dispensador	\$150
ESP32	Placa Wifi microcontrolador para la conexión con la app.	\$250
Jumper de conexión	Para las conexiones del sensor, actuador y el microcontrolador.	\$50
Tabla de prototipo de conexión	Para las conexiones de nuestro circuito.	\$159
hc-sr04	Sensor de distancia o ultrasónico para medir la cantidad de croquetas	\$75
2 Servomotores sg-90	Para la compuerta será el actuador	\$120
		Total: 804

## XI. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan conceptos teóricos relevantes para la comprensión del proyecto:

### Internet de las Cosas (IoT):

*Definición:* IoT se refiere a la interconexión de dispositivos físicos mediante la integración de sensores, actuadores y conectividad a Internet para recopilar, transmitir y procesar datos. En el contexto de "CroqueFeed", el ESP32 actúa como el nodo central que se conecta a la red, permitiendo la comunicación entre el dispensador de croquetas y la aplicación web.

### Placa ESP32:

*Concepto:* La placa ESP32 es un microcontrolador que combina Wi-Fi y Bluetooth, adecuado para proyectos de IoT. En "CroqueFeed", la ESP32 sirve como el cerebro del sistema, permitiendo la conectividad a Internet y la comunicación con la aplicación web. [7]

### Sensores Ultrasónicos (HC-SR04):

*Función:* Los sensores ultrasónicos emiten ondas acústicas y miden el tiempo que tarda en recibir el eco, proporcionando información sobre distancias. En este proyecto, el sensor HC-SR04 se utiliza para medir el nivel de croquetas en el dispensador, facilitando el monitoreo en tiempo real.

### Actuadores (Servomotores SG-90):

*Definición:* Los actuadores son dispositivos que generan movimientos controlados en respuesta a señales eléctricas. Los servomotores SG-90 en "CroqueFeed" controlan la apertura de la compuerta del dispensador, permitiendo la liberación controlada de croquetas.

### Aplicación Web con React, Vite y Tailwind CSS:

*Descripción:* React es una biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario interactivas. Vite es un entorno de desarrollo rápido y Tailwind CSS facilita el diseño. La aplicación web "CroqueFeed" utiliza estas tecnologías para ofrecer una interfaz amigable y receptiva.

### Node.js y Express.js:

*Definición:* Node.js es un entorno de ejecución para JavaScript fuera del navegador, mientras que Express.js es un marco de aplicación web para Node.js. Ambos se utilizan en el backend de la aplicación web para gestionar las rutas y la lógica del servidor.

### Firebase para Autenticación de Usuarios:

*Concepto:* Firebase es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles y web adquirida por Google. En "CroqueFeed", Firebase se implementa para la autenticación de usuarios, proporcionando capas adicionales de seguridad para el acceso a la aplicación web.

### Modelo-Vista-Controlador (MVC):

*Descripción:* MVC es un patrón de diseño arquitectónico que separa la aplicación en tres componentes principales: Modelo (datos y lógica), Vista (interfaz de usuario) y Controlador (manejo de la interacción del usuario). Este enfoque se implementa en "CroqueFeed" para organizar y estructurar el desarrollo del sistema.

### Seguridad en Aplicaciones IoT:

*Importancia:* La seguridad en aplicaciones IoT es crucial para proteger datos sensibles y garantizar un funcionamiento seguro. La implementación de Firebase y otras medidas de seguridad en "CroqueFeed" demuestra el compromiso con la privacidad y la protección de la información del usuario.

## XII. PLANIFICACIÓN

En el diagrama de Gantt 1 se muestra el plan para el desarrollo del proyecto en los tres meses aproximados del mismo.

Tabla 1. Diagrama de Gantt

Actividades	October	NovemBer	Diciembre

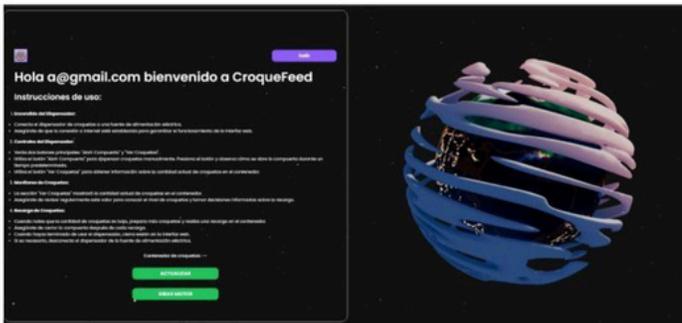




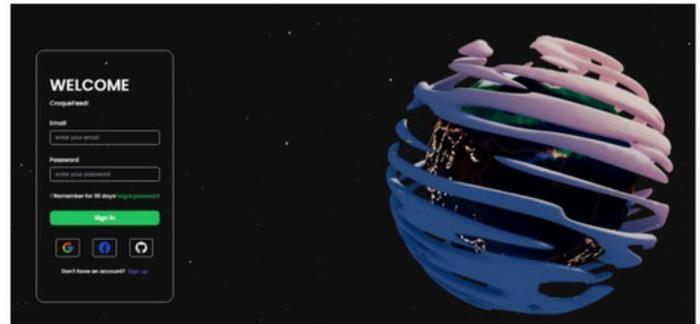
*Ilustración 5 Montaje del prototipo*

Concluyendo así el mes de octubre con la instalación del prototipo únicamente con los actuadores, sensor y la placa ESP32 ya las mejores para que funcionaran en conjunto fueron en diciembre.

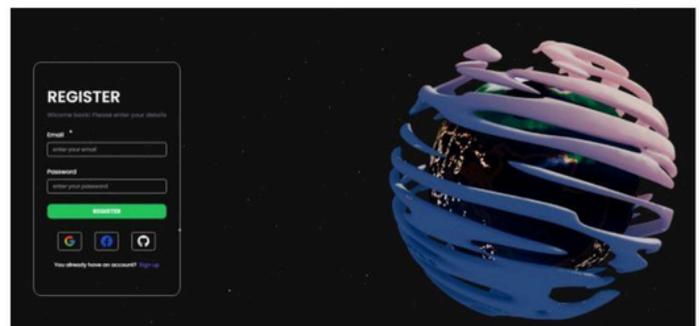
Para el mes de noviembre fue la "Creación de la aplicación del usuario" empezando por el diseño del servicio web responsivo Se diseño como se muestra en la ilustración 6. Y en el mes de diciembre se diseña la pagina de login y register como en la ilustración 7 y 8. En conjunto con el diseño del logotipo de la aplicación mostrada en la ilustración 9.



*Ilustración 6 Diseño del "home"*



*Ilustración 7 Diseño del "login"*



*Ilustración 8 Diseño del "register"*



*Ilustración 9 Diseño del "logotipo"*

Por esta parte no tuvimos inconvenientes para el diseño ya que desde un principio cuando nos hablaron sobre IoT lo primero que se nos venia a la menta era el mundo cambiante que vivimos donde el internet funge alrededor de todas las personas, es inevitable no interactuar con ella por ende el diseño del espacio y estrellas para el modelo responsivo planeábamos solo dejar de primera vista el lado izquierdo para el usuario y le fuera cómodo abrirlo en el celular donde se encuentre como si fuera una app móvil. El reto viene después para la integración del servicio MVC ya que nuestro prototipo cambia totalmente, la primera dificultad que encontramos fue el entender los principios y pasarlos a nuestra planeación ya que no entendíamos como

cualquier persona que tuviera wifi, pudiera usar la aplicación y que de igual forma tuviera la seguridad, y comodidad para usarla.

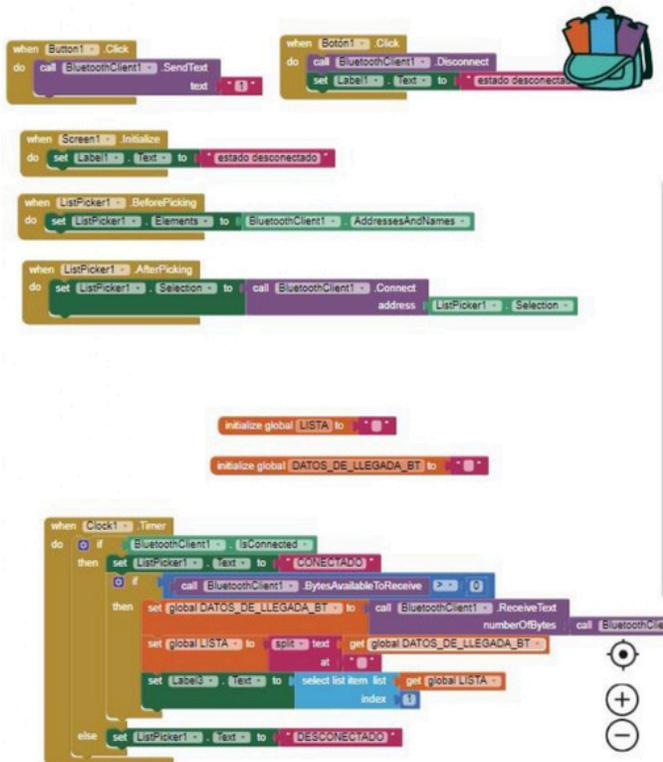


Ilustración 4. Lógica de bloques

Bien para el mes de octubre tomamos una decisión para nuestro diagrama de gannt de seguir con el proyecto como llevarlo a nuestro objetivo y resolver nuestra problemática este fue el de usar wifi y una interfaz web para que cualquier persona pudiera tener acceso, aprovechar el potencial de IOT con diferentes tecnologías. Por ende, la actividad siguiente fue "Montaje del dispositivo con el prototipo", "integración del sensor de distancia y actuadores" "Integración WIFI en el dispositivo". Para este caso el camino que se optó de un principio fue usar un motor paso a paso para girar las compuertas (nuestro actuador) y seguir usando el sensor de distancia HC-SR04 como en la primera solución, sin embargo aquí optamos por usar el sensor wifi del modulo ESP32 ya que al intentar usar el dispositivo ESP01 con el Arduino la comunicación con nuestro servicio web montado en el mismo no funciono, se opto por esta alternativa ya que nos percatamos que se quemo de los pines de conexión por una mala

conexión de nuestra parte. Cabe destacar que cuando empezamos a usar el ESP32 tuvimos complicaciones para poder instalar los drivers ya que eran diferentes a los que se tienen en línea, pero se logró encontrar los correspondientes a la placa y con esto tener el uso completo de ella para programarla. Bien el montaje en la placa del prototipo fue bueno ya que teníamos las conexiones acordes a la información de la placa quedando de la siguiente manera:

Motor paso a paso	
PIN 18 DIG	IN1
PIN 19 DIG	IN2
PIN 12 DIG	IN3
PIN 13 DIG	IN4
VIN or 3.3v	VCC
GND	GND
sensor ultrasónico HC-SR04	
PIN DIG 2	TRIG 2
PIN DIG 15	ECHO 3
GND	GND
VIN	VCC

Con estos pines pudimos hacer correcta funcionalidad con la ESP32 y probarla con algunos códigos sencillos para ver si giraba el motor al igual que nos mostrara la distancia. No tuvimos mayor conflicto hasta que integramos con nuestro dispensador de pvc ya que el motor no tenia la suficiente fuerza para girar y cerrar la compuerta por eso mismo la solución que encontramos fue el usar servomotores sg-90 para que fueran ambos los que ayudaran a abrir y cerrar la compuerta como se muestra en la ilustración 5. Al igual que se uso una tapa y unos palos para el movimiento de la compuerta y un palo en el tope para medir la distancia de las croquetas podemos decir también que las mejoras fueron hasta diciembre donde incorporamos los tubos de pvc de esta manera para sostener el contenedor principal.

```

// Rutas GET app.get('/getDistance', async
(req, res) => {    let time =
moment().format('YYYY-MM-DD HH:mm:ss'); //
Formato de fecha y hora deseado
    console.log(`[${time}] METHOD: GET
${req.path}`);
try {
    const response = await
axios.get('http://192.168.100.5:8080'
+ req.path);
    const qualityData = response.data;
// Suponiendo que la respuesta contiene los
datos de calidad
    time = moment().format('YYYY-
MM-DD HH:mm:ss');
console.log(`[${time}] Distancia:
${qualityData} cm\n`);

    // Enviarlo como respuesta a la
solicitud GET    res.json({
quality: qualityData });
} catch (error) {

int handleWebRequests() {
client = server.available();
    if (!client) return
0;

    Serial.println("Nuevo cliente");
String buffer = ""; while
(client.connected()) {    if
(client.available()) {        request =
client.readStringUntil('\r');
        if (request.indexOf("GET
/getDistance")
!= -1) {            if (distanciaEnable)
sendHTTPResponse(String(readDistance()));
else sendHTTPResponse("Not Enable");
        }
        else if (request.indexOf("GET
/getGirar") != -1) {            if
(motorEnable) sendHTTPResponse("Girar: "
+ String(abrirCompuerta()));        else
sendHTTPResponse("Not Enable");
        }
    }
}

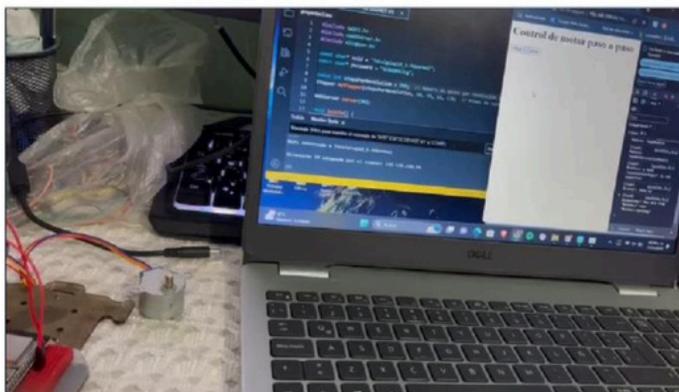
```

Y así manejamos nuestras rutas establecidas dentro de estas tienen su función en particular entre estas obtener la información que viene del ESP32 en una IP ya fijada por la ESP32 en la red donde se encuentre en automático cuando se conecte se establece esa IP y si llegara a cambiar de red a una distinta se tendrían que hacer las modificaciones en esta IP a la correspondiente de la ESP32. A continuación el pedazo de código más importante de la ESP32 para el manejo de las peticiones que le llegan y como las regresa.

Esta función se ejecuta continuamente en un bucle y se encarga de manejar las solicitudes web que llegan al dispositivo. Verificación de Cliente Nuevo: Comprueba si hay un cliente web nuevo esperando a ser atendido. Un cliente web podría ser un navegador u otro dispositivo que se conecta al ESP32. Manejo del Cliente: Si hay un cliente, se inicia el manejo y se imprime en la consola "Nuevo cliente". Lectura de la Solicitud del Cliente: Se lee la solicitud completa del cliente hasta que se encuentra un retorno de carro ('\r'), lo que indica el final de la solicitud. Procesamiento de Solicitudes:

La función verifica el contenido de la solicitud para determinar qué acción realizar. Si la solicitud contiene "GET /getDistance", y la variable distanciaEnable está activada, envía una respuesta HTTP con la distancia medida por un sensor ultrasónico. Si la solicitud contiene "GET /getGirar", y la variable motorEnable está activada,

funcionaba el controlador que sería el intermediario, después los servidores de la ESP32 ya que para nosotros era funcional un sitio web en la ESP32 como en la ilustración 10. Aquí podemos observar que la pagina es sencilla pero funcional cumple con el propósito sin embargo el montar la pagina dentro de la ESP32 presentaba varias desventajas, numero 1 la conectividad era algo tardada si no encontrabas cerca del dispositivo, numero 2 las peticiones se hacían ahí mismo entonces si llegaban muchas se trababa, numero 3 no era factible para un futuro si quisiéramos mas dispositivos o si crecía la aplicación porque no aguantaría todo el diseño de la pagina web. Lo que nos lleva al diseño del servicio visto como MVC como en la ilustración 2.



*Ilustración 10"Aplicacion del ESP32 como servidor y mostrando la página web"*

Las complicaciones que tuvimos en el diseño e integración del MVC fue principalmente el montar el controlador ya que nuestra primera tecnología para realizarlo era Flask como backend sin embargo la integración con está usando sockets, y rutas http no lograban vincularse con el ESP32 es decir que no recibía nada a pesar de que los servicios estaban montados en diferentes lugares. Por ende, optamos cambiar de tecnología y usar un framework cómodo para nosotros que fue node js y express js, al igual que sockets para las rutas, la facilidad que nos da express es poner las rutas de una manera sencilla, manejar las peticiones dentro de funciones, validarlas y finalmente pasarlas al servidor del ESP32 desde la vista que igual declaramos en el controlador es una ruta fija.

Por eso cuando abre el servicio lo que nos aparece es lo de esa ruta que es el index.html,

en este índice se mandan las peticiones del usuario de la siguiente manera:

```
app.use(express.static(path.join(__dirname,
'../view/public/'))); app.get('/',
(req, res) => {
res.sendFile(path.join(__dirname,
'../view/public/index.html'));
});
```

Por eso cuando abre el servicio lo que nos aparece es lo de esa ruta que es el index.html, en este índice se mandan las peticiones del usuario de la siguiente manera:

```
// Esta función hace una solicitud GET al
servidor Express async function getData() {
try {          const response = await
fetch('/getDistance'); // Realiza la
solicitud GET al servidor          const
data = await response.json();
// Obtiene los datos en formato JSON

          // Muestra los datos en la página
HTML
document.getElementById('Distancia').innerTex
t = `${data.quality} cm`;      } catch (error)
{          console.error('Error al obtener los
datos del sensor de distancia:', error);
      }
}
```

Con js mandamos la petición a express con la ruta /getDistance ya establecida en el controlador, por eso esta dentro de una promesa que si no hay ningún error en procesar los datos nos responde con los datos en tipo JSON.

envía una respuesta HTTP informando sobre el giro de un motor o servo.

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED
&& counterConnection < 10) {
  delay(500);    Serial.print(".");
  counterConnection++;
}
if (counterConnection < 10) {
  IPAddress ip(192,168,100,5);
  IPAddress gateway(192,168,100,1);
  IPAddress subnet(255,255,255,0);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet);

  Serial.println("");
  Serial.println("Conectado al WiFi");

  server.begin();
  Serial.print("API ESP32 desplegado
en la ip 'http://");
  Serial.print(WiFi.localIP());
  Serial.println(":8080'");
} else {
  Serial.println("");
}
}
```

Intento de Conexión WiFi: La instrucción `WiFi.status() != WL_CONNECTED` verifica si el ESP32 no está conectado a una red WiFi. `counterConnection` es un contador que se utiliza para limitar el número de intentos de conexión. La condición `counterConnection < 10` asegura que no se intente la conexión más de 10 veces.

#### Bucle de Conexión:

Mientras el ESP32 no esté conectado y no se haya intentado conectar más de 10 veces, el código se queda en un bucle. En cada iteración, espera 500 milisegundos (`delay(500)`) y muestra un punto en la consola (`Serial.print(".")`). También incrementa el contador de conexiones (`counterConnection++`). Manejo del Resultado de Conexión: Después de salir del bucle, se verifica si el contador de conexiones (`counterConnection`) es menor que 10.

Si es menor, significa que la conexión fue exitosa en algún momento de los intentos anteriores.

En este caso, se configuran manualmente la dirección IP, puerta de enlace y máscara de subred utilizando `WiFi.config`. Se imprime en la consola que el dispositivo está conectado y se inicia un servidor con `server.begin()`.

Se muestra la dirección IP asignada al ESP32 en la consola. Fracaso de Conexión: Si el contador de conexiones es igual o mayor que 10, se imprime un mensaje indicando que la conexión ha fallado.

Bien con esto logramos que funcionara correctamente nuestro MVC, de principio la implementación fue demasiado tardada por la documentación de las librerías, al igual que en la ESP32 para la integración del servo nosotros teníamos una biblioteca general que funcionaba para el arduino sin embargo después esta librería no fue soportada por la ESP32 por lo que tuvimos que buscar alternativas de bibliotecas entre ellas había una exclusiva del microcontrolador por lo que la lógica seguía siendo la misma entonces pudimos solucionar esa parte, después en la integración del servicio en express y esp32 tuvimos errores ya que cuando configuramos la ip la mascara por defecto no nos salía pero después de reiniciar nuestro modem pudimos identificar cual era y con esto lograr la comunicación en ambos por lo que fue funcional como en la ilustración 11.

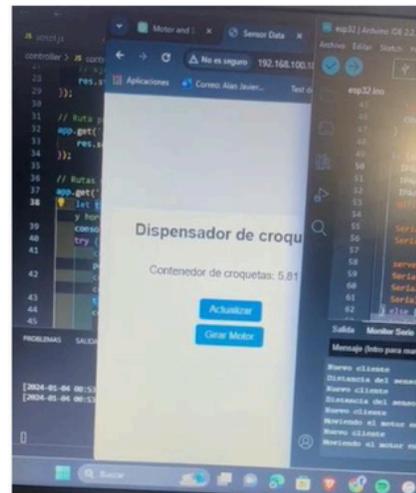


Ilustración 11 MVC version 1 sin css

Sin embargo, en nuestra opción era muy simple para nuestros usuarios la vista ya que teníamos un diseño ya previsto decidimos adaptarlo en la vista pero requeríamos algo mas estructurado para poder plasmarla por lo que las herramientas en este caso fue React y tailwind css, con lo que anteriormente ya habíamos trabajado nos daba la seguridad de lógralo, cuando creamos el proyecto quisimos optimizarlo con vite y que no estuviera tan pesado para subirlo a producción. Entre algunos problemas que nos encontramos al principio de la programación fue el que fuera responsivo ya que la idea de meter el planeta como un diseño 3D fue hacer la plantilla de este y animarlo para que se hiciera bola. Sin embargo, el diseño era tan pesado que usaba todos los recursos, para solucionarlo únicamente se renderizo a una calidad menor, las estrellas realmente eran estáticas, pero se implementó una función para que se movieran de manera aleatoria. Después para que fuera responsiva lo dividimos en dos si están en pantallas grandes se mostrará el planeta y si están en dispositivos móviles únicamente la funcionalidad de los botones y una serie de instrucciones como en la ilustración 6. Así logramos que fuera responsiva aparte de usar flex en la parte izquierda, aquí no tuvimos mayor problema ya que la lógica que teníamos de los botones era la misma con las rutas para las acciones, y los errores las manejábamos en la misma. De primera instancia se veía bien sin embargo nuestra lógica del contenedor aun no estaba implementada donde el usuario le saltaría la alerta de cuantas croquetas tiene el contenedor por es mismo optamos por implementar un modal que saltara como notificación, usamos una categoría de colores donde rojo es que esta casi vacío o vacío, amarillo si esta bien el contendor, y verde que es lleno. La lógica fue el dato lo guardamos en una variable local con useState el hook de react pudimos interactuar con el y pasar el valor al modal para que hiciera las validaciones, cambiara el color y finalmente su respectivo botón de cerrar, la complicación con el modal fue sobre todo el que no salía en pantalla con el botón es decir que como estaba en la promesa de que el dato del dispensador llegaría no la mostraba por ende por uso de pruebas lo pusimos fuera de la promesa para verificar y la sorpresa que nos

llevamos es que no cambiaba de color pero fue fácil de solucionar ya que como el diseño estaba únicamente en blanca lo hicimos dinámico como si pasara un valor a la clase, es decir que el blanco ya no seria fijo para el modal, también por comodidad la lógica del modal se implementó en otro archivo. Usamos la misma lógica de este modal para la notificación de que ya se abrió la compuerta y esto mas que nada para lo lógica de nuestro servicio, para que no se trabaran los motores de tanto presionar el botón de abrir se les dio un time de espera para que no pudieran interactuar con la pagina esto lo logramos con un contado y un bloqueo total de la ventana a unos segundos con eso solucionamos nuestra lógica de servicio.

Finalmente el reto también era ponerle esta capa de seguridad extra a nuestra página web por eso implementamos nuestro login y register con firebase de Google ya que es muy sencillo de usar, las credenciales que nos da al crear el servicio como tokens solo había que ponerlas en un archivo y instalar algunas librerías extras que nos proporcionan una lógica más simple para la interacción del inicio de sesión aquí el reto fue el redireccionamiento de la pagina en caso de que se validara o simplemente fuera un error, pero a pesar de que nos llevo tiempo pudimos hacerlo por las librerías solo teníamos que validar los datos. Dado que teníamos una plantilla del home usamos la misma para el login y register no hubo margen de error mas que acomodar bien nuestro formulario. El reto más complicado fue implementar la vista desde el controlador ya que a pesar de que la ruta era muy parecida, tal cual el index de la primera versión, no mostraba nada. Para solucionar esta parte de que la vista no mostraba nada con react buscamos que era porque no estaba en producción y había demasiados archivos para cargar entonces tuvimos que compilar y crear una carpeta dist que tuviera todo lo funcional de la pagina esto con un comando de node, una ves creada esta ruta tuvimos que cambiar la del controlador es decir la vista ya no iba ser public si no dist como a continuación:

```
app.use(express.static(path.join(__dirname,
'../view/public/dist/')));
```

Realizamos pruebas de integración del servicio web en el ESP32 utilizando el framework Express.js y Node.js.

Validamos la funcionalidad del Modelo-Vista-Controlador (MVC) para garantizar la comunicación efectiva entre el frontend y el backend.

Se realizaron pruebas de manejo de solicitudes HTTP para confirmar la obtención correcta de datos del dispensador y la capacidad de girar la compuerta.

#### Pruebas de Usabilidad:

**Interfaz Responsiva:** Verificamos la adaptabilidad de la interfaz web en diferentes dispositivos, asegurándonos de que fuera fácil de usar tanto en pantallas grandes como en dispositivos móviles.

#### Pruebas de Notificación:

**Alertas y Modalidades:** Realizamos pruebas en la lógica de notificación para confirmar que las alertas sobre el nivel del dispensador se mostraran correctamente en el modal de la interfaz web.

Validamos la implementación de modalidades de colores para indicar el estado del dispensador (rojo para casi vacío, amarillo para nivel adecuado, verde para lleno).

#### Pruebas de Rendimiento:

**Optimización de Recursos:** Implementamos pruebas de rendimiento para optimizar la carga de recursos en la interfaz web, especialmente al utilizar React y Tailwind CSS.

Verificamos que la compilación de la vista en la carpeta "dist" permitiera una carga eficiente de la página.

#### Pruebas de Escalabilidad:

**Manejo de Volumen de Usuarios:** Validamos la capacidad del sistema para manejar múltiples conexiones y solicitudes simultáneas, garantizando que fuera escalable para un mayor número de usuarios.

El conjunto de estas pruebas y validaciones contribuyó al desarrollo de un proyecto robusto, funcional y confiable, asegurando una experiencia positiva tanto

para los usuarios finales como para los desarrolladores y responsables del mantenimiento.

## XV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La funcionalidad de notificación en tiempo real ha demostrado ser efectiva al alertar a los usuarios cuando el nivel de croquetas es bajo. Esto permite una respuesta inmediata por parte del cuidador, asegurando que las mascotas reciban alimentación adecuada y oportuna.

### Seguridad y Control de Acceso

La implementación de Firebase para la autenticación garantiza un nivel adicional de seguridad en el acceso a la aplicación web. Los usuarios pueden tener la tranquilidad de que solo personas autorizadas pueden monitorear y controlar la alimentación de sus mascotas.

### Consumo Eficiente de Recursos

El sistema ha demostrado un consumo eficiente de recursos, tanto en términos de hardware como de ancho de banda. La optimización en el uso de recursos contribuye a un funcionamiento fluido y confiable del sistema.

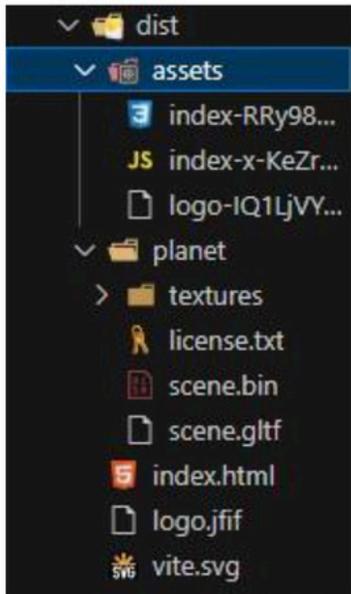
### Logros del Proyecto

- **Automatización Efectiva:** La automatización del dispensador de croquetas mediante el uso de la placa ESP32, sensor ultrasónico y servomotores ha demostrado ser eficiente y confiable.
- **Control Remoto y Monitoreo:** La aplicación web permite a los usuarios tener un control remoto preciso sobre la alimentación de sus mascotas y monitorear el nivel de croquetas en tiempo real.
- **Notificaciones Oportunas:** Las notificaciones en tiempo real han mejorado significativamente la capacidad de los cuidadores para responder rápidamente a las necesidades alimentarias de sus mascotas.

### Reflexiones sobre Mejoras Futuras

- **Expansión de Funcionalidades:** Se podría considerar la expansión de funcionalidades, como la programación de horarios de

En esa carpeta se encontraría la vista compilada lista para mostrarse con los siguientes archivos:



Donde podemos encontrar el planeta que usamos para la animación 3D, nuestro logo y las carpetas necesarias de lógica, diseño y el index que extrae esa información compilada como si estuviera comprimida y cifrada hasta cierto punto, esto nos permitió cambiar la vista simple a algo más amigable para los usuarios. A continuación, en la ilustración 12 se muestra todo el proyecto de funcionamiento.

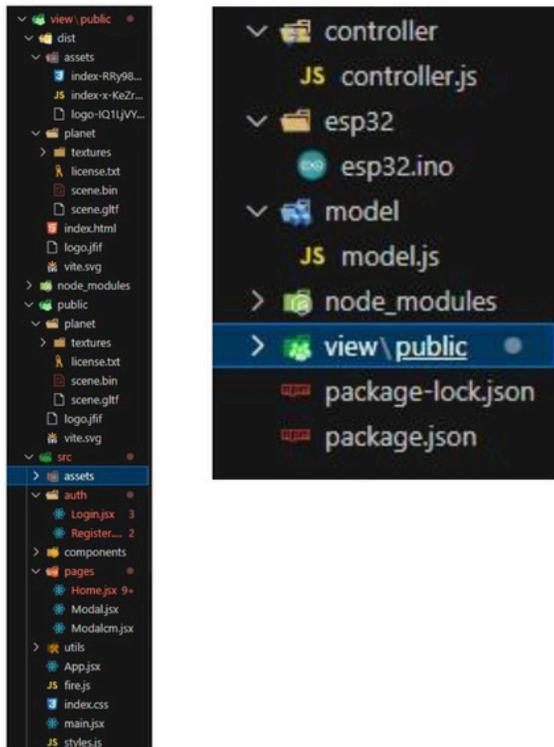


Ilustración 12 MVC version 2 del proyecto completo

#### XIV. PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Para nuestras pruebas primero validamos el registro correcto de usuarios y el login esto registrando dos usuarios a firebase como se muestra en la ilustración 13, se logra apreciar dos usuarios que registramos desde el servicio web al igual que con sus contraseñas cifradas esto quiere decir que la configuración de la identificación fue correcta sin embargo al principio el registrarse había más parámetros, pero los delimitamos por tiempos de implementación.

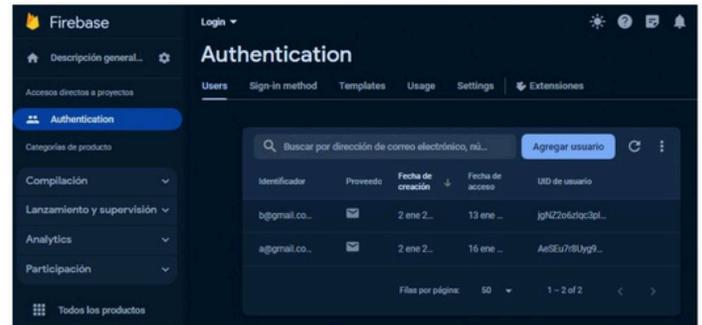


Ilustración 13 validación de usuarios

Para la Pruebas de hardware: en el funcionamiento del Dispensador: Verificamos que el dispensador realizara correctamente las funciones de notificación de nivel y apertura de compuerta. Se realizaron pruebas exhaustivas para garantizar la correcta sincronización entre el sensor de distancia HC-SR04, los motores paso a paso y los servomotores SG-90.

Aseguramos que la compuerta se abriera y cerrara adecuadamente según las señales del sistema. También aquí mismo se realizaron pruebas de conexión Wifi con el módulo ESP32 para asegurar la estabilidad y la correcta integración con el servicio web.

#### Pruebas de Software:

Aplicación del Usuario: Se llevaron a cabo pruebas en la aplicación móvil para verificar la correcta emisión de notificaciones al usuario sobre el estado del dispensador.

Se validó la interfaz de usuario en busca de posibles mejoras en diseño y usabilidad.

#### Servicio Web y MVC:

alimentación y la integración con dispositivos de monitoreo de salud para proporcionar un cuidado más completo.

- **Optimización de Energía:** Explorar opciones para optimizar el consumo de energía, especialmente en el modo de espera, para hacer el sistema aún más eficiente y sostenible.
- **Interfaz de Usuario Avanzada:** Mejorar la interfaz de usuario con características avanzadas, como informes de consumo de alimentos a lo largo del tiempo y sugerencias nutricionales basadas en patrones de alimentación.
- **Integrar una base de datos:** Para futuras consultas y que ayuden a más personas a integrarse al proyecto y hacer estudios sobre la viabilidad del proyecto para más personas con mascotas.

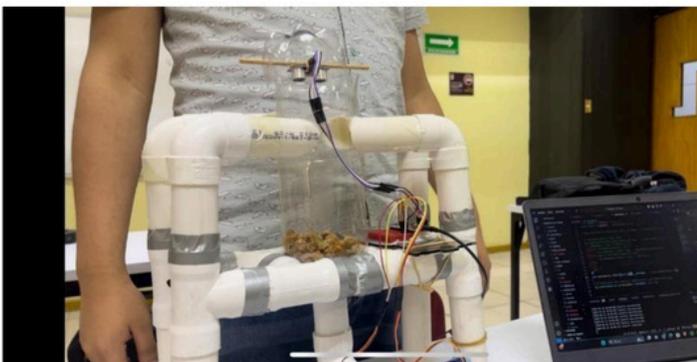


Ilustración 14. Proyecto terminado con las pruebas

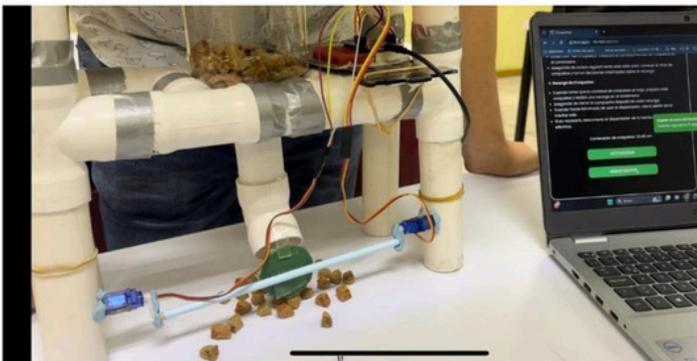


Ilustración 15. Proyecto terminado con las pruebas

Para este proyecto se tuvieron varios conflictos desde que iniciamos, sin embargo a nuestro tiempo se fueron solucionando con investigación adicional, al igual que

podemos decir que toma caminos distintos a la idea principal que teníamos sin embargo cumple con nuestro objetivo, podemos decir que el proyecto "CroqueFeed: Sistema de Alimentación Automatizada" representa un paso significativo hacia la mejora de la calidad de vida de las mascotas y la simplificación de las responsabilidades de sus cuidadores. La solución implementada ha demostrado eficacia en varios aspectos clave, proporcionando resultados alentadores. La eficiencia operativa del sistema es evidente en la automatización precisa del dispensador de croquetas. La integración de la placa ESP32, el sensor ultrasónico HC-SR04 y los servomotores SG-90 ha permitido una dispensación controlada y confiable de alimentos. Esta eficiencia se traduce en una alimentación constante y adecuada para las mascotas, incluso en ausencia de sus cuidadores.

La capacidad de acceso remoto y monitoreo en tiempo real a través de la aplicación web ha sido fundamental. La interfaz desarrollada con tecnologías modernas ha proporcionado a los usuarios un control intuitivo y una visibilidad instantánea sobre el nivel de croquetas. La respuesta ágil de la aplicación contribuye a una experiencia de usuario fluida y amigable. La implementación de notificaciones en tiempo real, basadas en el sensor ultrasónico, aborda una preocupación fundamental: la falta de monitoreo constante. Los cuidadores reciben alertas oportunas sobre la necesidad de rellenar el dispensador, garantizando una respuesta inmediata y mitigando la posibilidad de interrupciones en la alimentación de las mascotas.

En términos de seguridad y privacidad, la inclusión de Firebase para la autenticación ha fortalecido la protección de datos sensibles. La arquitectura del sistema ha sido diseñada con un enfoque en la seguridad, asegurando que solo usuarios autorizados tengan acceso a la aplicación web y, por ende, al control del dispensador.

Además de los logros alcanzados, el proyecto deja espacio para futuras mejoras. La expansión de funcionalidades, como la programación de horarios de alimentación y la integración con dispositivos de monitoreo de salud, podría enriquecer aún más la experiencia del usuario. Asimismo, se podría explorar la

optimización de la eficiencia energética y la mejora continua de la interfaz de usuario.

En conclusión, "CroqueFeed" no solo cumple con su objetivo de ofrecer una solución tecnológica para el cuidado de mascotas, sino que también sienta las bases para innovaciones futuras.

## XVI. BIBLIOGRAFÍA

- ACTUADORES ELÉCTRICOS | ¿QUÉ SON Y CÓMO FUNCIONAN? | SDI. (S.F.).  
SDI. [HTTPS://SDINDUSTRIAL.COM.MX/BLOG/INTRODUCCION-A-LOS-ACTUADORES-ELECTRICOS-MOTORESELECTRICOS/](https://sdindustrial.com.mx/blog/introduccion-a-los-actuadores-electricos-motoreselectricos/)
- [2]EL INTERNET DE LAS COSAS EN EL MUNDO ANIMAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD. (S.F.).  
BLOGTHINKBIG.COM. [HTTPS://BLOGTHINKBIG.COM/INTERNET-DE-LAS-COSAS-EN-EL-MUNDO-ANIMAL](https://blogthinkbig.com/internet-de-las-cosas-en-el-mundo-animal)
- "BENEFITS OF AN AUTOMATIC PET FEEDER," PETSAFE®, 2015. [ONLINE]. AVAILABLE.
- R. ESCOTT, "TOP 5 BENEFITS OF AUTOMATIC PET FEEDERS," CLOSER PETS, MAR. 17, 2021. [ONLINE]. AVAILABLE: .
- "WHAT ARE THE BENEFITS OF AN AUTOMATIC/SMART PET FEEDER?," INSTACHEW, FEB. 9, 2023. [ONLINE]. AVAILABLE.
- "ESP32 FOR IoT: A COMPLETE GUIDE," NABTO. [ONLINE]. AVAILABLE.
- S. BORAL, "WHAT IS ESP32 AND WHY IS IT BEST FOR IoT PROJECTS?," IoT TECH TRENDS, MAY 25, 2020. [ONLINE]. AVAILABLE.
- "IoT PET TECH SOLUTIONS: THE FUTURE IN SMART TECHNOLOGIES FOR PETS," COGNITEQ, MAR. 30, 2022. [ONLINE]. AVAILABLE.
- R. ISAACS, M. DIAZ, AND A. MURRAY, "THE BEST AUTOMATIC PET FEEDERS OF 2024," ZDNET, DEC. 7, 2023. [ONLINE]. AVAILABLE.
- "THE BEST AUTOMATIC PET FEEDERS IN 2023," POPULAR SCIENCE. [ONLINE]. AVAILABLE: .
- "AUTOMATIC PET FEEDER," AIP CONFERENCE PROCEEDINGS, AIP PUBLISHING, JUL. 24, 2023. [ONLINE]. AVAILABLE.

## Controlador automático de temperatura en un hábitat

Cortes-Archundia, Keila D., González-Galero, Katia M., y Vargas-Palafox, Alan E.

*Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad.*

Unidad Profesional, Av. Wilfrido Massieu, Adolfo López Mateos S/N, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, 07738 Ciudad de México

**Resumen** – El proyecto implica la aplicación práctica de las técnicas aprendidas durante las clases para abordar una problemática social específica o mejorar la eficiencia de un conjunto de procesos mediante la automatización. Esta iniciativa busca no solo poner en práctica los conocimientos adquiridos, sino también contribuir de manera tangible a la resolución de desafíos que afectan a la sociedad. Al identificar áreas donde la tecnología puede marcar la diferencia, se busca no solo optimizar procesos, sino también generar un impacto positivo en la comunidad, promoviendo así el desarrollo y el bienestar colectivo.

**Palabras clave:** Sensores, datos, electrónica, controladores, procesos.

### I. INTRODUCCIÓN

La principal dificultad que enfrenta una persona al tener a su cuidado una iguana es que, por ser de sangre fría, requieren de un ambiente con una determinada temperatura, humedad, radiación lumínica y luz para que puedan llevar a cabo funciones básicas como digerir la comida, metabolizar minerales, conservar la capacidad de reproducirse y mantener su temperatura corporal, entre otras.

Las iguanas son animales ectotérmicos, es decir no son capaces de regular su propia temperatura, ya que esta fluctúa de acuerdo con la temperatura ambiental. El rango de temperatura de una iguana se debe mantener entre 29°C y 35°C durante el día y entre 20°C y 25°C durante la noche, además de una humedad ambiental que se encuentra entre el 70% y el 80% para lograr un desarrollo adecuado de las funciones del reptil. (Valdez, 2015)

Según la Norma Oficial Mexicana 148-SCFI-2018 Prácticas comerciales-comercialización de animales de compañía y prestación de servicios para su cuidado,

adiestramiento y entrenamiento, se menciona las etapas de cuidado que deben tener las mascotas de compañía de todo tipo, en este caso abarca a esta área de reptiles como mascotas, por lo que se puede encontrar una ayuda a este sector. (Diario Oficial de la Federación, 2019)

### II. ANTECEDENTES

Un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible convertido en una pantalla legible para humanos.

Un sensor de temperatura es un componente eléctrico y electrónico que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. (Rodríguez, 2021)

Un sensor de humedad es un dispositivo que permite detectar y controlar el porcentaje de agua del aire o de cualquier material o superficie. Es un elemento indispensable en la meteorología. Sin embargo, cada vez

es incluido más frecuentemente en los sistemas de climatización . Los sensores de humedad suelen medir también la temperatura ya que ambos valores son necesarios para calcular la sensación térmica. Tal es el caso del DHT11 que es un sensor digital de temperatura y humedad relativa económico y fácil de usar. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor que es un componente electrónico cuyo valor varía en función de la temperatura y que así con ambos componentes se mida el aire circundante y se muestren los datos mediante una señal digital.

Un sensor térmico es de gran utilidad en un terrario debido a que las iguanas no son capaces de regular su temperatura por si solas y es por eso que mediante este sensor podemos ayudarlas a mantener regulada su temperatura de manera eficiente y automática.

### III. PROBLEMÁTICA

Las problemáticas que suelen presentarse son principalmente para las personas que se dedican al cuidado, protección y conservación de iguanas o reptiles en general. Esto se debe a que las iguanas son muy difíciles de mantener en cautiverio ya que por su naturaleza son incapaces de regular su propia temperatura y requieren de condiciones climáticas muy específicas para su correcto desarrollo. (Zazo, 2021)

### IV. JUSTIFICACIÓN

A través de investigaciones previas, podemos reconocer que:

- La temperatura ideal para **iguanas** es entre 29°C y 35°C.
- Las **iguanas** son animales ectotérmicos, el calor les permite moverse, comer y digerir, pero por ser incapaces de regular su temperatura corporal por si solos (por ser animales de sangre fría) requieren de nuestros cuidados.

- La temperatura del terrario de debe regular de acuerdo con el lugar de origen de cada ejemplar, respetando los promedios de temperatura entre el día y la noche.
- Para la zona caliente del terrario: se aplica calor artificial que puede obtenerse por medio de focos, lámparas de cerámica, paneles de calor y placas térmicas. (Imparcial, 2019)

### V. OBJETIVO GENERAL

Darle una automatización a un sistema luminoso en terrarios, donde la temperatura se deberá ajustar y mantener dentro de cierto rango mediante el uso de herramientas electrónicas, Arduino, sensores y actuadores adquiriendo datos y realizando funciones automáticas, de tal manera que la temperatura sea la ideal. Logrando así un controlador automático de temperatura en un hábitat.

### VI. OBJETIVO ESPECIFICO

El objetivo de este proyecto es crear un sistema de automatización de terrarios para reptiles, con el fin principal de atender a las necesidades climáticas que necesitan los reptiles para vivir, así como permitir a los dueños de estos animales controlar dichos cuidados de una manera sencilla. Se desarrollara el prototipo de un terrario automatizado que será capaz de regular la temperatura del hábitat del reptil mediante el uso de Arduino, un sensor de temperatura y humedad DHT11 y dos actuadores como lo son una placa térmica y un foco usando dos canales, uno conectado al foco y otro a la placa termica. Estos contribuirán a subir la temperatura del terrario cuando las condiciones de temperatura no se cumplan (En este caso se requiere una temperatura entre un rango de 29°C a 35°C), es decir, los actuadores se encenderán cuando se encuentren por debajo del rango y se apagaran cuando

se encuentren por encima del mismo, de tal manera que la temperatura siempre sea ideal. debido a que este tipo de reptiles son animales ectotérmicos, es decir, son incapaces de regular su temperatura corporal por si solos, dependiendo de fuentes externas, como lo será el controlador automático de temperatura.

- 1) 1 Arduino Uno
- 2) 1 sensor de temperatura y humedad (DHT11)
- 3) 1 pantalla LCD 16x2
- 4) 1 modulo relé para Arduino
- 5) 1 protoboard
- 6) 1 placa térmica
- 7) 1 foco
- 8) Cables o jumpers

## VII. SOLUCIÓN PROPUESTA

Se espera darle una solución adecuada a la problemática ya mencionada, haciendo uso de materiales electrónicos como es el caso de sensores, microcontroladores y actuadores, en donde cada uno realiza un papel indispensable para que el sistema funcione, se recibirá información por medio del sensor, el microcontrolador la procesara y el actuador hará una función en beneficio al problema.



Imagen 1 Prototipo Físico

## VIII. METODOLOGIA

### MATERIALES

Para la solución de este problema, se hará uso de:

## IX. ESTIMACION DE COSTOS

Material	Especificaciones	Imagen	Precio aproximado
<b>Sensor de temperatura y humedad</b>	Tensión de alimentación de 3 a 5 voltios Corriente máxima de alimentación 2,5 mA Rango de humedad relativa 20% a 80% con 5% de exactitud Rango de temperatura de 0 a 50°C con +2°C de exactitud Velocidad de 1 medida por segundo Tamaño 15.5mm x 12mm x 5,5mm Conexión de 4 pines		\$70
<b>Arduino Uno</b>	Microcontrolador Atmega328 Voltaje de operación 5V Voltaje de entrada 7 – 12V Voltaje de entrada 6 – 20V		\$300

<p><b>Modulo relé</b></p>	<p>Voltaje de alimentación: 5VDC. Se conectan directamente a un microcontrolador Se activa con una señal de 0VDC, es decir, 0 lógico. Posee LED indicador de accionamiento. El módulo cuenta con tres pines: Positivo (VCC), Señal, Negativo (GND). Soporte de corriente en contactos del relé: 10A 250V.</p>		<p>\$80</p>
<p><b>Pantalla LCD</b></p>	<p>Pantalla LCD Monocromática Voltaje de alimentación: 5V DC Color: Fondo azul y texto blanco Modo de operación: 4 y 8 bits Corriente máximo: 25mA</p>		<p>\$66</p>
<p><b>Foco</b></p>	<p>Potencia: 50 w Lámpara de amplio espectro para terrarios. Crea un área de calentamiento para la termorregulación. Aumenta la temperatura del aire.</p>		<p>\$191</p>
<p><b>Placa térmica</b></p>	<p>Potencia: 20.96 W Voltaje: 110 V Tamaño: 8x14 cm Temperatura máxima: 40°C</p>		<p>\$387</p>
<p><b>Protoboard</b></p>	<p>Puntos: 170 puntos Color: Rojo, azul, blanco, verde, amarillo y negro Material: Plástico POM Longitud: 48.5 mm Ancho: 35.5 mm Altura: 8.5 mm Peso de la unidad: 28 g Voltaje máximo: 36 V Máxima capacidad de corriente: 1.5 A Diámetro de cable: 0.4 a 0.7 mm Autoadherible</p>		<p>\$13</p>
<p><b>Placas de madera</b></p>	<p>Placas de MDF Grosor: 5mm Longitud: 20 cm Ancho: 20 cm</p>		<p>\$ 200</p>

## X. ARQUITECTURA

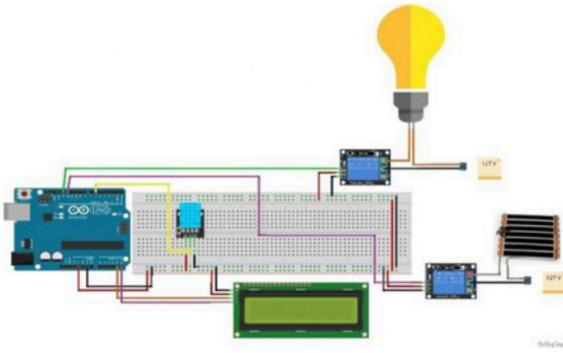


Imagen 2

## XI. DIAGRAMA DE BLOQUES

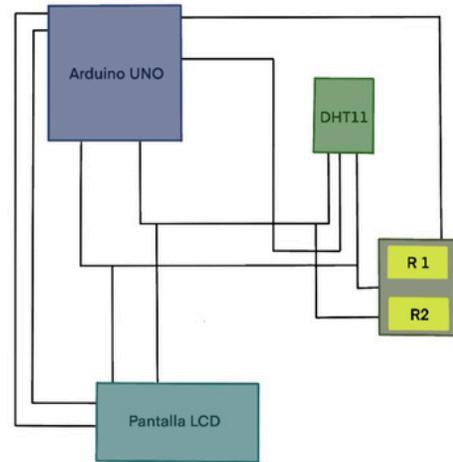


Imagen 3

## XII. ELABORACIÓN

- Para la estructura del prototipo fueron utilizadas placas de madera de 5mm de grosor para la elaboración del terrario.

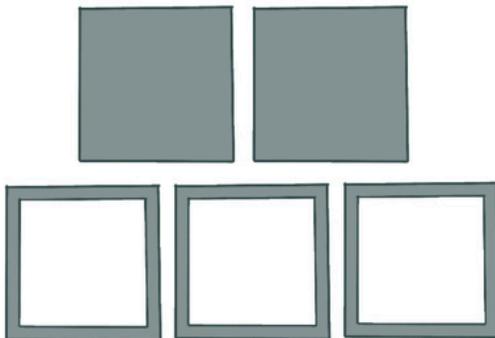


Imagen 4

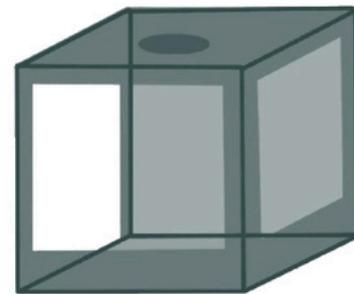


Imagen 5

- En la parte superior del terrario se ensambló el circuito (a manera de que no fuera visible) mostrado en la arquitectura, donde se encuentra el sensor DHT11 y sus conexiones correspondientes. La principal ocupación del circuito es utilizar el sensor DHT11 para que este registre la magnitud física que es la temperatura y mande una señal a los

actuadores para que estos se activen o desactiven de acuerdo a los parámetros especificados con anterioridad y a su vez se puedan visualizar los datos registrados en la pantalla LCD.

- En la parte superior del mismo se colocó el primer actuador es decir el foco.
- En la base se colocó el segundo actuador, es decir la placa térmica.
- En un costado del terrario se colocó la pantalla LCD donde se muestra en tiempo real la temperatura registrada.

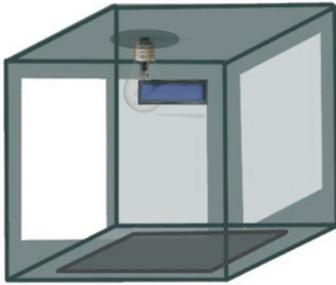


Imagen 6

\* Con fines demostrativos durante la etapa experimental de prototipo el rango programado en Arduino fue de 23°C a 25°C con el fin de poder fluctuar la temperatura con mayor facilidad.

### XIII. CÓDIGO DE ARDUINO

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h>
#include<Wire.h> #define DHTTYPE DHT11
// DHT 11 const int DHTPin = 6;
int pinRele = 13;
int pinRele2 = 12;
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
void setup(){
  dht.begin(); // Inicia el sensor de temp y humedad
  lcd.init(); //Iniciar pantalla
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temperatura: ");
  pinMode(pinRele, OUTPUT);
  digitalWrite(pinRele, HIGH);
```

```
} void loop(){ float h =
dht.readHumidity(); float t =
dht.readTemperature();
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(t); lcd.print(" C");
if (t < 23.00){
  digitalWrite(pinRele, LOW);
  digitalWrite(pinRele2, LOW);
}
if (t > 25.00){
  digitalWrite(pinRele, HIGH);
  digitalWrite(pinRele2, HIGH);
}
}
```

### XIV. IMPACTO DEL PROYECTO

Dentro del ámbito social el impacto es satisfactorio debido a que se cubre la problemática, adicional a que se ahorra el trabajo de tener que nivelar la temperatura de un reptil, así mismo en el ámbito tecnológico se logra realizar un controlador automático, lo que lo hace más interesante e innovador.

### XV. ALCANCES

Se espera estándares altamente elevados ya que será una herramienta para el cuidado y protección de reptiles ectotérmicos.

### XVI. CONTRIBUCIONES

El gran impacto que se tiene en el mundo de los reptiles es la protección hacia ellos, estos sensores tienen un objetivo para un bien común, mostrando así una idea innovadora y eficiente.

### XVII. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera un resultado satisfactorio, con esto se hace énfasis a que cumpla su función, que el sensor lea la información y esta sea interpretada para darle una solución a la problemática y así cumplir nuestros objetivos.

Con este tipo de lecturas térmicas del habitat, se pretende mantener un rango en específico, y que sea el adecuado para la iguana, al ir realizando la medida de la temperatura, podemos hacer una adquisición de datos

en los que se guarden en un dataframe los valores pico que se alcanzaron y las horas en las que se activó o desactivo el foco y la placa. Así cuando necesitemos la información, la podamos consultar por medio de comunicación serial.

## XVIII. CRONOGRAMA



Imagen 7

## XIX. CONCLUSIÓN

El objetivo principal de este proyecto era automatizar la temperatura de un terrario de reptiles, empleando para ello sensores, actuadores, Arduino UNO y la construcción de una base, durante el desarrollo del proyecto nos encontramos con algunas complicaciones, debido a que el proyecto fue desarrollado en la ciudad de México, un lugar que alcanza altas temperaturas de hasta 37°C resultaba un complicado hacer que la temperatura bajara para poder probar el funcionamiento correcto del sensor y la programación en Arduino, por lo que se establecieron distintos rangos cortos para hacer las pruebas, otra problemática fue ensamblar el circuito, llevar la arquitectura a un modelo físico, sin embargo a pesar de que hace falta trabajar y pulir mas el prototipo, este cumple con los objetivos planteados en un inicio y es capaz de mandar un señal para que los actuadores entren en funcionamiento de acuerdo al rango de temperatura establecido.

## XX. BIBLIOGRAFÍA

- (Imparcial, 2019) Imparcial, T. D. N. | E. L. (2019, 25 abril). Las iguanas y el calor. Noticias de Tijuana | EL IMPARCIAL. Recuperado 06 de octubre de 2022, de [https://www.elimparcial.com/tijuana/estilos/Las\\_iguanas\\_y\\_el\\_calor-20150813-0025.html](https://www.elimparcial.com/tijuana/estilos/Las_iguanas_y_el_calor-20150813-0025.html)

- (Valdez, 2015) Cómo conocer la temperatura ideal del terrario según el reptil. (2015). Recuperado 6 de octubre de 2022, de [https://animalear.com.cdn.ampproject.org/v/s/animalear.com/b/co-mo-conocer-la-temperatura-ideal-del-terrariosegun-el-reptil?amp=1&gsa=1&jsv=a9&usqp=mq331AQKKAFQArABIACAw%3D%3D#amp\\_tf=D\\_e%20%251%24s&aoh=16654424112185&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&share=https%3A%2F%2Fanimalear.com%2Fb%2Fco-mo-conocer-la-temperatura-ideal-del-terrariosegun-el-reptil](https://animalear.com.cdn.ampproject.org/v/s/animalear.com/b/co-mo-conocer-la-temperatura-ideal-del-terrariosegun-el-reptil?amp=1&gsa=1&jsv=a9&usqp=mq331AQKKAFQArABIACAw%3D%3D#amp_tf=D_e%20%251%24s&aoh=16654424112185&referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&share=https%3A%2F%2Fanimalear.com%2Fb%2Fco-mo-conocer-la-temperatura-ideal-del-terrariosegun-el-reptil)
- (Zazo, 2021) Zazo, M. (2021, 11 febrero). Terrario de iguanas: calor, luz y humedad. Tiendanimal. Recuperado 10 de octubre de 2022, de <https://www.tiendanimal.es/articulos/terrario-iguanas-calor-luz-humedad/>
- (Rodríguez, 2021) Rodríguez, Ó. (2021, 17 agosto). Qué es el sensor de humedad, qué utilidad tiene y aplicaciones. elconfidencial.com. Recuperado 10 de octubre de 2022, de [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-08-17/que-es-sensor-de-humedad-utilidadaplicaciones\\_3220448/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-08-17/que-es-sensor-de-humedad-utilidadaplicaciones_3220448/)
- (Diario Oficial de la Federación, 2019) Diario Oficial de la Federación. (2019, 28 marzo). Norma Oficial Mexicana 148-SCFI-2018. DOF. Recuperado 20 de noviembre de 2022, de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjYu6vpYf8AhWTIYkEHQZVC7oQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fpaot.org.mx%2Fcentro%2Fnormas-a%2F2019%2FDOF\\_28\\_03\\_2019.pdf&usg=AOvVaw1a7F59Hby\\_ysr2pcx0BXyz](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjYu6vpYf8AhWTIYkEHQZVC7oQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fpaot.org.mx%2Fcentro%2Fnormas-a%2F2019%2FDOF_28_03_2019.pdf&usg=AOvVaw1a7F59Hby_ysr2pcx0BXyz)

Tecnología y medio ambiente en sinergia

# Tecnologías Sostenibles y Aplicaciones Ambientales



Volumen 1  
Edición Febrero 2024