

**SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO AUTOMATIZADO PARA PECES  
DE CULTIVO BAJO UN AMBIENTE IoT**

**MANUEL FERNANDO RINCON GONZALEZ  
CRISTIAN ALFONSO SÁNCHEZ DUARTE**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2026**

**SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO AUTOMATIZADO PARA PECES  
DE CULTIVO BAJO UN AMBIENTE IoT**

**MANUEL FERNANDO RINCON GONZALEZ  
CRISTIAN ALFONSO SÁNCHEZ DUARTE**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR  
EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**DIRECTOR:  
MEngSc. ADOLFO DUARTE RUEDA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
VALLEDUPAR – CESAR  
2026**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**DD/MM/AAAA**

## **Dedicatoria**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi madre Gladys González, mi abuela Elvira Morantes y mis hermanas, quienes han sido los pilares fundamentales de mi formación académica y un apoyo incondicional en el camino hacia esta meta.

Asimismo, quiero agradecer al Ingeniero Jorge Mario Gómez Bolaño por su invaluable apoyo, por compartir con nosotros su conocimiento y experiencia, y por brindarnos consejos que nos han permitido enfrentar con éxito los desafíos más complejos a lo largo de nuestra carrera profesional.

## **Agradecimientos**

A nuestro director  
A nuestro codirector  
A nuestra familia

## INDICE

Dedicatoria .....	4
Agradecimientos .....	5
INDICE DE FIGURAS .....	9
INDICE DE TABLAS .....	11
GLOSARIO DE TERMINOS .....	12
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	14
RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	15
1. INTRODUCCIÓN .....	16
2. ANTECEDENTES .....	17
2.1 AMBITO NACIONAL .....	17
2.2 ÁMBITO INTERNACIONAL .....	17
3. LÍNEA Y TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	19
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
5. JUSTIFICACIÓN .....	22
6. OBJETIVOS .....	24
6.1 OBJETIVO GENERAL .....	24
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
7. MARCO TEÓRICO .....	25
7.1 Piscicultura .....	25
7.1.1 Concepto de piscicultura .....	25
7.1.2 Registros y tramitación para el funcionamiento establecimientos de acuicultura en Colombia .....	25
7.1.3 Importancia de la piscicultura en Colombia .....	26
7.2 Peces y su alimentación: .....	27
7.3 Dosificación automatizada: .....	29
7.3.1 Dosificación por tiempo .....	30
7.3.2 Diagrama Básico del sistema .....	31
7.4 Control de un servomotor .....	32
7.4.1 Controlador del servo motor para la dosificación .....	34
7.5 IoT (Internet of Things): .....	35

7.5.1 Implementación de IoT: .....	36
7.5.2 Comunicación entre dispositivos .....	36
<b>7.6 Aplicación Móvil .....</b>	<b>36</b>
7.6.1 Desarrollo de aplicación móvil .....	37
7.6.2 Almacenamiento de registros y datos:.....	37
7.6.3 Monitoreo en tiempo real:.....	37
<b>8 DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>39</b>
<b>8.1 HARDWARE DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>39</b>
8.1.1 Descripción y funcionamiento Circuito Electrónico Principal .....	40
8.1.2 Fuente de alimentación del dispositivo .....	44
8.1.3 Diseño de la carcasa del prototipo .....	44
<b>8.2 FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE PRINCIPAL.....</b>	<b>45</b>
8.2.1 Vistas de la interfaz gráfica (PANEL PRINCIPAL) .....	47
8.2.2 MENÚ DE OPCIONES DEL PANEL PRINCIPAL .....	50
<b>8.3 SOFTWARE DE LA APLICACIÓN .....</b>	<b>58</b>
8.3.1 Conexión de la app y el panel principal .....	59
8.3.2 Vistas de la interfaz gráfica (APLICACIÓN MÓVIL) .....	61
8.3.3 Controladores de la aplicación .....	71
<b>8.4 Diseño de la tolva .....</b>	<b>73</b>
8.4.1 Criterios de diseño.....	73
8.4.2 Descripción física .....	74
8.4.3 Capacidad de la Tolva.....	75
<b>9 ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
9.1 Calibración y tolerancias del sistema de dosificación.....	77
<b>9.1.1 Cálculo del error absoluto por semana .....</b>	<b>79</b>
<b>9.1.2 Cálculo del error porcentual (tolerancia) por semana.....</b>	<b>79</b>
<b>9.1.3 Cálculo del error absoluto general del sistema .....</b>	<b>80</b>
<b>9.1.4 Cálculo de la tolerancia global del sistema.....</b>	<b>80</b>
<b>9.2 Análisis estadístico avanzado del desempeño del sistema de dosificación.....</b>	<b>80</b>
<b>9.2.1 Descripción del conjunto de datos .....</b>	<b>81</b>
<b>9.2.2 Análisis inferencial mediante intervalos de confianza.....</b>	<b>82</b>
<b>9.3 Pruebas de campo.....</b>	<b>84</b>

9.4 Carta de Satisfacción del prototipo .....	85
10 COMPARATIVA .....	87
11 CONCLUSIONES .....	89
12 RECOMENDACIONES .....	90
13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	91

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema del marco normativo vigente que regula la acuicultura y la pesca en Colombia. ....	26
<b>Figura 2.</b> Diagrama esquemático del sistema dosificador de alimento para peces. ....	31
<b>Figura 3.</b> Estructura interna de un servo motor. ....	32
<b>Figura 4.</b> Correspondencia entre los grados y ancho de pulso de un servomotor. ....	32
<b>Figura 5.</b> Oscilograma común de señal para uso de servomotor controlado por PWM. ....	33
<b>Figura 6.</b> Sistema en lazo abierto para el control de servomotor para la dosificación. ....	35
<b>Figura 7.</b> Diagrama de comunicaciones del prototipo. ....	36
<b>Figura 8.</b> Diagrama de bloques del prototipo. ....	39
<b>Figura 9.</b> Circuito implementado para el ESP32. ....	41
<b>Figura 10.</b> Circuito diseñado en kiCad implementado para la construcción del circuito principal del sistema. ....	42
<b>Figura 11.</b> Diagrama de flujo de la descripción del funcionamiento del circuito electrónico interno. ....	43
<b>Figura 12.</b> Circuito impreso implementado para la construcción de una fuente de voltaje. ....	44
<b>Figura 13.</b> Caja de almacenamiento de los circuitos del sistema. ....	45
<b>Figura 14.</b> Diagrama del funcionamiento del dispositivo. ....	46
<b>Figura 15.</b> Diagrama del funcionamiento visual de la interfaz del panel principal. ....	48
<b>Figura 16.</b> Vista de la pantalla de bienvenida del panel principal del prototipo. ....	49
<b>Figura 17.</b> Vista de la pantalla del menú de inicio del panel principal del prototipo. ....	49
<b>Figura 18.</b> Vista de la interfaz del submenú de opciones (Opción 1, Dosificaciones diarias). ....	50
<b>Figura 19.</b> Diagrama del funcionamiento visual de la opción #1 del menú principal. ....	51
<b>Figura 20.</b> Diagrama del funcionamiento visual de la opción #1 del menú principal. ....	52
<b>Figura 21.</b> Diagrama de bloques del funcionamiento del proceso de dosificado del sistema manual. ....	53
<b>Figura 22.</b> Vista de la opción #2 del menú inicial correspondiente a la conexión wifi. ....	54
<b>Figura 23.</b> Vista de la opción #3 del menú inicial correspondiente a la Configuración de la hora del sistema. ....	55
<b>Figura 24.</b> Diagrama de flujo que describe el proceso de configuración de la hora del sistema. ....	56
<b>Figura 25.</b> Vista Opción #4 correspondiente a la configuración de fecha de dosificación. ....	56
<b>Figura 26.</b> Diagrama de flujo de la configuración de la fecha del sistema para una dosificación semanal. ....	57

<b>Figura 27.</b> Diagrama de flujo que describe el funcionamiento del sistema. ....	58
<b>Figura 28.</b> Diagrama de flujo comunicación entre dispositivos. ....	60
<b>Figura 29.</b> Diagrama del funcionamiento de la aplicación con la base de datos. .	61
<b>Figura 30.</b> Vistas de la aplicación móvil. ....	62
<b>Figura 31.</b> Vista de inicio de la aplicación, animación de inicio. ....	63
<b>Figura 32.</b> Vista de la opción “Home” sin registros.....	64
<b>Figura 33.</b> Vista de la opción “Home” con registros. ....	65
<b>Figura 34.</b> Vista de la opción “seleccionar Semana”. ....	66
<b>Figura 35.</b> Vista de la opción “PROGRAMAR DOSIFICACION”. ....	67
<b>Figura 36.</b> Vista de la opción “Configuración”. ....	68
<b>Figura 37.</b> Vista de la opción “Consumo mensual”.....	69
<b>Figura 38.</b> Vista de la opción “Gráfica de consumo”. ....	70
<b>Figura 39.</b> Diagrama de flujo del controlador de la conexión ESP32 y Aplicación móvil por WebSocket. ....	71
<b>Figura 40.</b> Diagrama de flujo del controlador de registros y base de datos del sistema con Expo SQLite.....	72
<b>Figura 41.</b> Tolva de plástico reforzado utilizada en el sistema automatizado de dosificación de alimentos.....	74
<b>Figura 42.</b> Apertura del servo motor para la dosificación de alimentos.....	75
<b>Figura 43.</b> Visualización Gráfica de los datos obtenidos por las pruebas del sistema. ....	78
<b>Figura 44.</b> Colaboración de la empresa AGROSIYAMA S.A.S para el desarrollo de la prueba de campo. ....	84
<b>Figura 45.</b> Prueba de campo en criadero AGROSIYAMA.....	85
<b>Figura 46.</b> Carta de satisfacción del producto. ....	86

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Guía de alimentación de peces de cría .....	28
<b>Tabla 2.</b> Guía de dosificación de alimento.....	29
<b>Tabla 3</b> Descripción y organización de funcionamiento del sistema.....	47
<b>Tabla 4.</b> Número de semanas, cantidad de comida y número de dosificaciones diarias. ....	50
<b>Tabla 5.</b> Pruebas del sistema en el proceso de dosificación. ....	77
<b>Tabla 6.</b> Error absoluto por semana. ....	79
<b>Tabla 7.</b> Error porcentual por semana. ....	80
<b>Tabla 8.</b> Medidas estadísticas descriptivas por semana. ....	82
<b>Tabla 9.</b> Intervalos de confianza al 95 % por semana. ....	83

## GLOSARIO DE TERMINOS

<b>actuador</b>	Dispositivo electromecánico que convierte una señal de control en movimiento físico. En el proyecto se utiliza un servomotor para controlar la salida del alimento.28
<b>acuicultura</b>	Actividad dedicada al cultivo controlado de organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos con fines productivos. ....13
<b>alevines</b>	Pez en etapa temprana de desarrollo posterior a la eclosión del huevo. ....25
<b>ancho de pulso</b>	Duración del tiempo en que una señal PWM permanece en estado alto dentro de un período determinado.....30
<b>aplicación móvil</b>	Software diseñado para ejecutarse en dispositivos móviles que permite el monitoreo y control remoto del sistema. ....34
<b>base de datos</b>	Conjunto organizado de datos que permite almacenar y recuperar información del sistema de dosificación. ....56
<b>biomasa</b>	Peso total de los peces presentes en un estanque o sistema de cultivo.....24
<b>Calibración</b>	Proceso mediante el cual se ajusta el sistema para asegurar que la cantidad de alimento dosificado sea precisa. ....75
<b>controlador en lazo abierto</b>	Tipo de control donde no existe retroalimentación de la salida hacia el controlador .....31
<b>dosificación</b>	Cantidad de alimento suministrada a los peces en un intervalo de tiempo determinado.....24
<b>ESP32</b>	Microcontrolador de bajo consumo con conectividad WiFi y Bluetooth utilizado como unidad central del sistema.....37
<b>interfaz gráfica</b>	Conjunto de elementos visuales que permiten la interacción del usuario con el sistema. ....52
<b>Internet de las cosas</b>	Tecnología que permite la interconexión de dispositivos electrónicos a través de internet. ....33
<b>microcontrolador</b>	Circuito integrado programable que ejecuta las funciones de control del sistema. ....52
<b>monitoreo en tiempo real</b>	Seguimiento continuo del estado y funcionamiento del sistema mientras está en operación. ....35
<b>piscicultura</b>	Rama de la acuicultura enfocada en la cría y cultivo de peces. ...22
<b>servidor</b>	Sistema que gestiona la comunicación y el intercambio de datos entre dispositivos. ....58
<b>servomotor</b>	Motor eléctrico que permite un control preciso de posición angular.....28

<b>sistema automatizado</b>	
Conjunto de hardware y software que ejecuta tareas sin intervención manual constante. ....	72
<b>SQLite</b>	
Sistema de gestión de bases de datos relacional liviano utilizado para el almacenamiento local de información. ....	57
<b>tolua</b>	
Recipiente utilizado para almacenar el alimento antes de ser dosificado. ....	72
<b>WebSocket</b>	
Protocolo de comunicación que permite intercambio de datos bidireccional en tiempo real. ....	69
<b>Wi-Fi</b>	
Tecnología de comunicación inalámbrica utilizada para la conexión entre el sistema y la aplicación móvil. ....	57

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

### **AP**

Punto de Acceso, 60

### **AUNAP**

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, 24

### **FPGA**

Field Programmable Gate Array, 33

### **GPRS**

General Packet Radio Service, 18

### **Hz**

Hertz, 32

### **IDE**

Entorno de Desarrollo Integrado, 59

### **interfaz gráfica**

Conjunto de elementos visuales que permiten la interacción del usuario con el sistema., 54

### **Internet de las cosas**

Tecnología que permite la interconexión de dispositivos electrónicos a través de internet., 35

### **IoT**

Internet of Things, 35

### **kg**

Kilogramos, 28

### **MCU**

Microcontroller Unit, 37

### **ms**

Milisegundos, 34

### **PWM**

Pulse Width Modulation, 32

### **SQL**

Structured Query Language, 37  
conexión entre el sistema y la aplicación móvil., 59

## **RESUMEN**

Este proyecto se llevó a cabo con el objetivo de diseñar, desarrollar y construir un sistema automatizado para optimizar la dosificación de alimentos en granjas piscícolas, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia del proceso. El sistema físico permite la manipulación manual únicamente para indicar la dosificación de acuerdo a la cantidad de alimento requerida, y el número de veces que el sistema lo permita. Además, el sistema se basa en tecnología IoT, lo que permite su control de forma inalámbrica. El proyecto fue implementado utilizando un ESP32 Nano y un módulo Wifi ESP32, junto con el diseño de una interfaz móvil. Para el desarrollo de la aplicación móvil, se empleó JavaScript en combinación con el frameworks React Native, utilizando Expo CLI para facilitar el despliegue en diferentes dispositivos. La comunicación entre la aplicación y el sistema principal se realiza a través de WiFi, con el servidor principal actuando como punto de acceso. La aplicación móvil permite un control manual de las funciones principales del sistema, como la activación de la dosificación, la monitorización del proceso en tiempo real, y la configuración de alarmas para la dosificación automática, proporcionando una solución integral y eficiente para la gestión de la alimentación en granjas piscícolas.

## **ABSTRACT**

This project was undertaken with the goal of designing, developing, and constructing an automated system to optimize feed dispensing in fish farms, reducing waste and improving process efficiency. The physical system allows manual operation only to indicate the amount of feed to be dispensed and the number of times the system permits. Additionally, the system is based on IoT technology, enabling wireless control. The project was implemented using an ESP32 and a WiFi ESP32 module, along with the design of a mobile interface. For the development of the mobile application, JavaScript was employed in combination with the React Native framework, utilizing Expo CLI to facilitate deployment across various devices. Communication between the application and the main system is conducted via WiFi, with the main server acting as an access point.

The mobile application allows manual control of the system's main functions, such as activating feed dispensing, monitoring the process in real-time, and setting alarms for automatic dispensing, providing a comprehensive and efficient solution for managing feeding in fish farms.

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en una actividad fundamental para satisfacer la creciente demanda de productos pesqueros a nivel mundial. Sin embargo, el éxito y la sostenibilidad de esta práctica dependen en gran medida de la correcta administración de los recursos alimenticios destinados a los peces en cautiverio. Un manejo inadecuado de la alimentación no solo puede afectar el crecimiento y la salud de los peces, sino que también impacta negativamente en la calidad del producto final y en la rentabilidad de la operación acuícola.

En este contexto, el presente proyecto se propone como una solución innovadora para optimizar el proceso de dosificación de alimento en criaderos de peces mediante la incorporación de herramientas tecnológicas avanzadas. La problemática central que aborda este proyecto es la necesidad de garantizar una distribución precisa y adecuada de las raciones alimenticias, considerando que el número de porciones diarias es crucial para el bienestar de los peces. El objetivo principal es desarrollar e implementar sistemas automatizados que permitan un control riguroso y eficiente de la dosificación de alimentos, adaptándose a las necesidades específicas de cada especie. Estos sistemas no solo contribuirán a preservar las raciones de alimento, evitando el desperdicio, sino que también mejorarán la eficiencia operativa del proceso de alimentación. De esta manera, se espera que la aplicación de estas tecnologías avance hacia una acuicultura más sostenible y rentable, asegurando la calidad del producto final y promoviendo la viabilidad económica del sector.

Con la adopción de sistemas electrónicos y tecnológicos, este proyecto pretende marcar un hito en la gestión de la alimentación en acuicultura, proporcionando soluciones que benefician tanto a los productores como al medio ambiente.

## **2. ANTECEDENTES**

Se llevó a cabo una investigación bibliográfica como base para este proyecto, con el propósito de recopilar antecedentes que servirán como una guía fundamental para el desarrollo del mismo.

### **2.1 AMBITO NACIONAL**

#### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE ALIMENTO CONTROLADO CON PLATAFORMA EMBEBIDA, PARA TILAPIA ROJA MONITOREABLE REMOTAMENTE**

El proyecto que se describe a continuación se centra en el desarrollo integral de un sistema de dosificación de alimento para tilapia roja, que se controla mediante una plataforma embebida y se puede monitorear de forma remota. Este sistema se ha diseñado para mejorar la eficiencia y la gestión en la acuicultura, específicamente en la cría de tilapia roja [18].

#### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA PECES DE 200 KILOS DE CAPACIDAD, PROVISTO PARA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA GRANJA PISCÍCOLA**

Se desarrolló una búsqueda de antecedentes de este tipo de máquinas para evaluar qué mecanismo de distribución de alimento era el más conveniente a elegir, con este mecanismo se realiza un diagnóstico en los tiempos y cantidad de alimento a suministrar, una vez definido el sistema mecánico de distribución se dimensiona el sistema fotovoltaico y almacenamiento de energía y finalizando se calcula la flotabilidad y equilibrio de toda la estructura. El resultado final es una máquina que realice la alimentación de los peces de forma automática alimentada con energía solar fotovoltaica [19].

### **2.2 ÁMBITO INTERNACIONAL**

#### **DISEÑO DE UN ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA PECES ORNAMENTALES EN GRANJAS ACUÍCOLAS**

Se ha desarrollado un dispositivo electrónico innovador diseñado para automatizar la alimentación de peces ornamentales en estanques de crianza. Este dispositivo tiene como objetivo principal facilitar el proceso de cría de peces en granjas acuícolas, reduciendo al mínimo la intervención humana necesaria. La clave del funcionamiento del alimentador radica en un microcontrolador programado que supervisa y controla la cantidad de alimento proporcionado a diario a los peces. Para garantizar un suministro constante de alimento, independientemente de las

circunstancias, hemos incorporado sensores y dispositivos de señalización que mantienen un monitoreo continuo del nivel de alimento en el dispositivo. Una característica destacada de este alimentador es su independencia de conexiones externas excesivas o específicas. Esto se debe a que cuenta con su propia fuente de alimentación interna y un circuito de potencia diseñado para mantener un rendimiento óptimo en todas las condiciones de funcionamiento [20].

### **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DISPENSADOR AUTOMÁTICO PARA ANIMALES DOMÉSTICOS CONTROLADO POR UNA APLICACIÓN MÓVIL**

Implementación de un prototipo dispensador automático de alimentos para animales domésticos controlado por una aplicación móvil para facilitar la provisión de alimento a las mascotas, especialmente canes, debido a que, en muchos casos, sus dueños se encuentran ausentes durante el día por los compromisos laborales, académicos, familiares, entre otros. Este sistema permitirá que las mascotas reciban la porción adecuada de croquetas en el horario definido y de acuerdo con su peso, facilitando el cuidado de su salud. Para la elaboración del prototipo se utilizó la metodología descriptiva, cuantitativa y de observación con el apoyo de documentos como tesis, revistas científicas y papers [21].

### **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CONTROL ELECTRÓNICO DE ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL, RECOPIACIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ABIÓTICOS (pH, TEMPERATURA Y TURBIDEZ) Y MUESTREO MEDIANTE MÓDULO GPRS PARA PISCIGRANJAS**

Presenta el desarrollo de un sistema integral que combina control, recopilación de datos de parámetros bióticos y muestreo a través de un módulo GPRS. Este sistema está diseñado para recolectar información crucial, como temperatura, pH y turbidez, que son los parámetros abióticos más relevantes en el estudio, calidad y producción de peces. Además de la recopilación de datos, el sistema también ofrece capacidades de control. En particular, supervisa y regula un alimentador artificial que suministra alimentos según las preferencias del piscicultor [23]. Además, gestiona el funcionamiento de una bomba de agua y un calefactor resistivo, ajustando sus operaciones de acuerdo con los parámetros abióticos medidos en tiempo real [22].

### **3. LÍNEA Y TEMA DE INVESTIGACIÓN**

La investigación se enmarca en torno a la principal línea de investigación, que se centra en sistemas de control y la automatización. Estos temas son analizados dentro del contexto de la asignatura perteneciente al ciclo de profundización "Energía, Automática e Instrumentación Electrónica." del Programa de Ingeniería Electrónica. No obstante, es importante señalar que el proyecto en desarrollo está ajustado para alinearse con la línea de investigación de "Automatización y Control".

#### 4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos veinte años, se ha experimentado un creciente reconocimiento de la importancia de los sectores de la pesca y la piscicultura en cuanto a su contribución esencial a la seguridad alimentaria en el país [1]. En Colombia, el sector de la piscicultura se ha mantenido en un constante crecimiento en temas relacionados con la producción. Por ejemplo, durante el año 2017, se experimentó un aumento del 9% en comparación con el año fiscal previo, es decir, la vigencia de 2016. Además, si consideramos el crecimiento promedio desde el año 2007 hasta la fecha actual, encontramos un significativo incremento del 8.54%. Este progreso continuo se refleja en los números, con una transición de 109.300 toneladas producidas en 2016 a una cifra notable de 120,230 toneladas en el año 2017 [2], lo que permite observar un evidente crecimiento en este sector.

Conceptualmente, la piscicultura se define como la práctica que permite generar producción a través del cultivo de organismos acuáticos en este caso peces [3], por medio de diferentes procesos de crianza basándose en su alimentación en su población y clasificación por tamaño lo cual es de gran ayuda para una buena producción de peces de cultivo, es importante otros parámetros en su ecosistema como lo es la calidad del agua, oxígeno, temperatura y también el volumen de su población [4].

La implementación de tecnología en el sector piscícola ha tenido un impacto positivo en la producción de peces de cultivo. Diferentes sistemas tecnológicos han mejorado la cría de organismos acuáticos. Por ejemplo, se ha desarrollado un sistema de dosificación por peso que controla la cantidad de alimento suministrado a los peces. Esto se logra mediante un alimentador automático que proporciona diferentes raciones, ajustando la alimentación entre 0.5% y 3% del peso del pez [5]. Este enfoque evita el desperdicio de comida y permite un suministro de alimento más preciso. Otro caso es el sistema Biofloc, que aprovecha los desechos del alimento, materia orgánica y compuestos inorgánicos perjudiciales para la calidad del agua, este sistema actúa como una red que retiene los nutrientes en el estanque, mejorando la calidad del agua y reduciendo los gastos de mantenimiento [6]. Las herramientas tecnológicas permiten acceder a la información en tiempo real, con independencia de las distancias, lo cual permite el ahorro de tiempo y de costos y la disminución de errores sistemáticos [7] como por ejemplo un cambio abrupto de temperatura, medición de oxígeno, y cantidad de alimento suministrada en cierto intervalo de tiempo.

Una buena alimentación en los peces de cultivo es de gran relevancia ya que este factor ayuda al constante crecimiento del pez prolongando su vida un gran intervalo de tiempo. El tema de la alimentación es un factor indispensable ya que, de acuerdo a la especie de pez, tienen horarios de alimentación distintos o las veces al día que se suministra la comida y en algunos casos puede que los peces cambian su horario de alimentación [8].

La problemática que existe en cuanto a la alimentación de peces de cultivo, radica en el Horario en el que se suministra el alimento y en el proceso de suministro, ya

que estos métodos de forma manual funcionan pero no es tan preciso del todo, lo que conlleva a una nutrición no óptima para los peces lo cual limita su buen desarrollo en cuanto a su tiempo de crecimiento ya que es directamente proporcional con su alimentación, además, de presentar un incremento en los costos de operación del sistema.

Con la problemática planteada, se requiere optimizar los procesos de producción y alimentación mencionados anteriormente, ya que se reconoce que sobrealimentar a los peces genera un desperdicio de alimento considerable [9], también utilizando diferentes métodos de alimentación, se pudo establecer que si se alimentan los peces de forma manual se genera menor rendimiento en el crecimiento del pez [10] y se da a conocer que con ayuda de la tecnología se logró establecer un ahorro de 360 kg de comida por cada tonelada de pescado producido [11]. Asimismo, se comparó la cantidad de alimento consumido entre un alimentador automático y uno manual, y se comprobó que el promedio fue de 428 gr en el primero y 421.5 gr en el segundo [12]. Observando las estadísticas mencionadas se opta por desarrollar un sistema automatizado dosificador de alimento para peces de cultivo, con la intención de solucionar una serie de necesidades las cuales ocasionan desaprovechamiento de recursos y tiempo de producción.

Con base en lo mencionado anteriormente, surge una interrogante que será abordada en el proyecto que se presentará. **¿Cómo se puede implementar la tecnología para contribuir al sector de producción piscícola para una óptima alimentación de los peces de cultivo?**

## 5. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de esta propuesta de proyecto se da en respuesta a la necesidad de optimizar el proceso de dosificación de alimento para peces de crianza en piscinas de diverso tamaño, brindando así una mayor facilidad en este procedimiento en diferentes granjas donde se realice o practique la piscicultura.

El ministerio de agricultura colombiano está direccionando la rama de la acuicultura en la ejecución del convenio 122 del 2013 el cual implica aunar todos los esfuerzos en mejorar la productividad y competitividad del sector pesquero y acuicultor de la nación, uno de los ítems clave es el fortalecimiento de las capacidades de acuicultores y pescadores colombianos, uno de los objetivos principales de este proyecto [13]. Actualmente el gobierno colombiano está apostando por direccionar o impulsar la pesca en diferentes sectores y coordinar la cadena productiva de la piscicultura ya que se destina principalmente a atender la demanda a nivel nacional, que es en donde se desea hacer énfasis.

A menudo resulta complicado para los piscicultores determinar con precisión la cantidad de alimento necesaria, la hora exacta y en qué intervalo del día debe ser suministrado el alimento, ya que como anteriormente se mencionó, la instalación de este proyecto permitirá optimizar y automatizar de manera adjunta la dosificación del alimento para peces, además de que se podrá monitorear constantemente cuánto alimento hay disponible, la hora en la que se realizó la última dosificación y cuanta cantidad se suministrará, este proceso mencionado con anterioridad también estará reflejado en la implementación de las tecnologías IoT que por medio de una herramienta de software se podrá monitorear el estado del sistema y el control absoluto de la cantidad de alimento requerido a suministrar.

Este trabajo va a aportar una herramienta no muy costosa y de uso intuitivo para los piscicultores dado que tanto el dispositivo como su software se caracterizan por ser prácticos, todo esto brindará mejores resultados en cuánto a la calidad de la cría de peces, además brindará una mayor eficiencia ya que eliminará la necesidad de monitorear de forma presencial el nivel de comida en el dispositivo ya que podrá observar este parámetro desde cualquier punto de la granja donde se implemente la piscicultura y junto a esto mejorará la calidad de vida de los peces, debido a que no suministrar correctamente el alimento afecta considerablemente el crecimiento de los peces, ya que la sobre alimentación hace que se contamine el tanque con residuos de comida alterando niveles de acidez en el agua[14] y suministrar una cantidad menor a la esperada hará que disminuya el tiempo de vida del pez.

Con la instalación del dispositivo se pretende que el crecimiento de los peces sea lineal y equilibrado, facilitando la monitorización de parámetros del sistema y mejorará la calidad de vida del pez. Todo esto se hará teniendo en cuenta que actualmente la cantidad de piscicultores no ha dejado de aumentar en el territorio nacional [15], las necesidades que tienen estos y que el gobierno nacional está realizando una apuesta por dinamizar la producción piscícola ya que esto generaría mayores ingresos y activación económica a nivel regional [16], todo esto teniendo en cuenta datos importantes obtenidos del gobierno como que entre el año 2012 y

el año 2021 la producción acuícola aumentó el 116.16% donde la producción pasó de 89.064 toneladas a 192.521 toneladas teniendo entre ellos productos como la tilapia, trucha, cachama y otras especies [17].

## **6. OBJETIVOS.**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de dosificación de alimento automatizado para peces de cultivo mediante la implementación de IoT.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Elaborar una herramienta de hardware que permita la dosificación de alimentos medida por tiempo.

Implementar un sistema de comunicación del dispositivo con la herramienta de software bajo un entorno IoT.

Desarrollar una herramienta de software que permita el monitoreo de los parámetros del sistema (Alimento, dosificado, fecha y hora de dosificación) para la generación de reportes.

Elaborar un manual de uso y funcionamiento del dispositivo como ayuda de capacitación para el usuario.

## 7. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como propósito principal presentar los fundamentos teóricos necesarios para la correcta elaboración del trabajo. Se enfocará en explicar y definir los conceptos clave que permiten entender el alcance del proyecto. En primer lugar, se abordará la normativa que sustenta el desarrollo del proyecto, seguida de una exploración de los conceptos matemáticos, algorítmicos y computacionales que contribuyen al avance y éxito del trabajo.

### 7.1 Piscicultura

Para comprender mejor diferentes términos y conceptos empleados en el desarrollo del proyecto de tesis se realizará la clarificación y desglose de información en este capítulo para asimilar mejor la temática.

#### 7.1.1 Concepto de piscicultura

La piscicultura es la práctica de criar, cultivar y cosechar organismos acuáticos, como peces, mariscos y plantas acuáticas, en ambientes controlados o semi-controlados. Es una forma importante de producción de alimentos y puede incluir la cría de especies que son destinadas al consumo humano o a la repoblación de poblaciones naturales, entre otros propósitos.

#### 7.1.2 Registros y tramitación para el funcionamiento establecimientos de acuicultura en Colombia

La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, también conocida como AUNAP, surgió como resultado del decreto 4181 de 2011 en Colombia, estableciéndose como la entidad encargada de supervisar y regular todas las actividades relacionadas con la acuicultura y la pesca en el país a partir del 1 de enero de 2012. AUNAP desempeña un papel fundamental en la administración y el control de estas actividades, garantizando el cumplimiento de las leyes y regulaciones que rigen el sector [24].

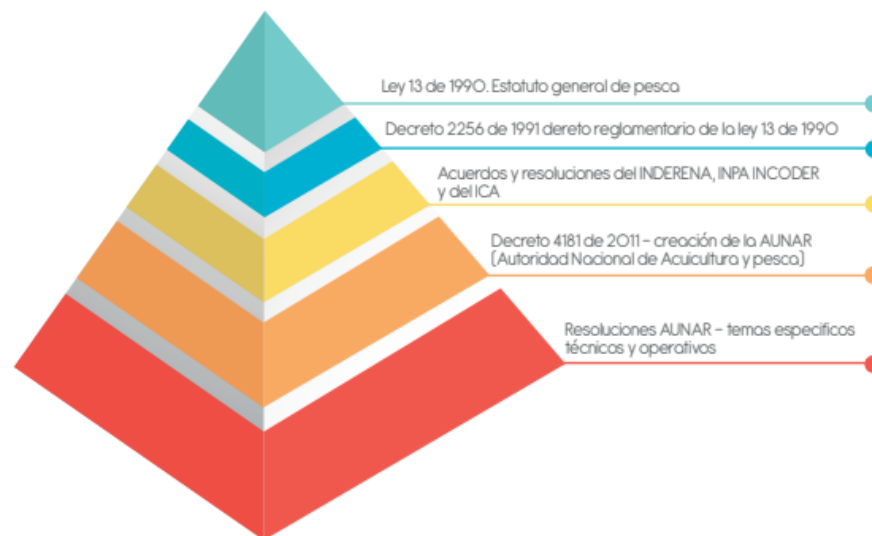
El marco normativo que rige la acuicultura y la pesca en Colombia es esencial para mantener un equilibrio en el uso sostenible de los recursos marinos y acuáticos, asegurando que las actividades relacionadas con estos sectores se realicen de manera que se preserven los ecosistemas y se promueva el desarrollo económico. Este conjunto de normas y políticas es fundamental para regular las prácticas de explotación, asegurando que se respeten los límites biológicos y se minimicen los impactos negativos en el medio ambiente.

La **Figura 1** ilustra de manera visual este esquema normativo, destacando las leyes, reglamentos y políticas que guían las operaciones en el sector. Esta representación permite una comprensión más clara de cómo se interrelacionan los diferentes

elementos del marco regulatorio, mostrando cómo cada componente contribuye a la gestión sostenible de los recursos acuáticos.

Dentro de este contexto, la labor de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) es esencial para garantizar que estas normativas se cumplan de manera efectiva. La AUNAP desempeña un papel crucial en la supervisión y control de las actividades pesqueras y acuícolas, velando por que las prácticas se alineen con las políticas de sostenibilidad. Su trabajo no solo se centra en la regulación, sino también en la promoción de un desarrollo responsable que equilibre la producción económica con la conservación del medio ambiente. Además, la AUNAP colabora con otras entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y comunidades locales para fomentar la investigación y la innovación en el sector. Esto incluye el apoyo a proyectos que buscan mejorar las técnicas de cultivo y pesca, reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos. De esta manera, la AUNAP contribuye al fortalecimiento del sector, asegurando que la acuicultura y la pesca en Colombia puedan desarrollarse de manera sostenible a largo plazo, en beneficio de las generaciones presentes y futuras [24].

**Figura 1.** Esquema del marco normativo vigente que regula la acuicultura y la pesca en Colombia.



Tomado de [24]

### 7.1.3 Importancia de la piscicultura en Colombia

El crecimiento demográfico del país aunado a la situación económica y empresarial del país brindan condiciones favorables para que el país pueda suplir requerimientos de proteína animal para el consumo humano [24]. Actualmente, la acuicultura nacional representa un ítem de gran importancia a nivel económico para muchas regiones del país, ya que dinamiza el mercado y constituye una fuente

significativa de ingresos a nivel regional. Esta actividad no solo genera empleo directo en las comunidades donde se lleva a cabo, sino que también impulsa el desarrollo de industrias complementarias, como la fabricación de alimentos para peces, el transporte y la comercialización de productos acuícolas. El crecimiento de la acuicultura en Colombia ha sido notable en las últimas décadas, gracias a las condiciones favorables del país, como la diversidad de cuerpos de agua, el clima adecuado y la disponibilidad de recursos naturales. Estos factores han permitido que la acuicultura se convierta en una alternativa viable y sostenible frente a la pesca tradicional, que enfrenta desafíos debido a la sobreexplotación de recursos pesqueros y a los cambios en los ecosistemas marinos.

En Colombia la superficie total dedicada a la piscicultura en Colombia es muy reducida, con apenas 2 130 hectáreas utilizadas; la gran mayoría de las granjas (98,67%) usan estanques en tierra, lo cual es indicativo de alta dispersión y atomización productiva. El 1,33% restante se produce con el sistema de jaulas flotantes en diferentes cuerpos de agua nacionales [25].

## **7.2 Peces y su alimentación:**

La alimentación de los peces es un aspecto crucial que varía significativamente según la etapa de vida en que se encuentren. Cada fase del desarrollo de los peces, desde la larva hasta la adultez, requiere una estrategia de alimentación específica que influye directamente en su crecimiento, salud y calidad de vida. La cantidad y frecuencia de las dosificaciones diarias de alimento, así como la adecuación de estas al momento correcto, son factores determinantes para optimizar la producción acuícola. **La Tabla 1** muestra las distintas fases del desarrollo de los peces y cómo diversos factores, como la temperatura del agua, impactan en la cantidad de alimento suministrado. Por ejemplo, en la fase de engorde, el número de dosificaciones diarias tiende a disminuir, pero la cantidad de alimento suministrado en cada dosificación aumenta. Esto se debe a que, en esta etapa, los peces tienen una mayor capacidad de ingestión y pueden aprovechar mejor el alimento, lo que resulta en un aumento eficiente de su masa corporal. Además, la relación entre la cantidad de alimento y la biomasa del pez se ajusta según la temperatura del agua. Durante las fases tempranas del desarrollo, como el alevinaje, el porcentaje de alimento en relación con la biomasa es más alto, especialmente en condiciones de temperaturas óptimas para el crecimiento. Sin embargo, a medida que los peces avanzan hacia la fase de engorde, este porcentaje disminuye, lo que refleja un cambio en las necesidades nutricionales y metabólicas de los peces en crecimiento.

**Tabla 1.** Guía de alimentación de peces de cría

TABLA GUIA DE ALIMENTACIÓN								
FASE	CONTEGRAL	MERCADO	NÚMERO DE VECES ALIMENTAR	PESO	CANTIDAD DE ALIMENTO COMO PORCENTAJE DE LA BIOMASA SEGÚN TEMPERATURA DEL AGUA			
					8 a 10°C	10 a 12°C	12 a 14°C	14 a 16°C
INICIACIÓN	Pez Iniciación E. 48% (1mm)	Nacional	8 a 10	1 a 50	4.5 a 4.6%	4.6 a 4.8%	4.8 a 5%	5 a 6%
			8 a 10					
			6 a 8					
LEVANTE	Pez 45% S.P (1.8mm)		6 a 8	51 a 150	2.7 a 3%	2.9 a 3.4%	3.1 a 3.5%	3.2 a 3.6%
			4 a 6					
	Pez 45% S.P (3.5mm)		3 a 4	151 a 300	2 a 2.3%	2.3 a 2.5%	2.3 a 2.6%	2.4 a 2.7%
ENGORDE	Pez 45% C.P (4.7mm)		3 a 4	300 a 450	1.1 a 1.2%	1.1 a 1.2%	1.2 a 1.3%	1.3 a 1.4%

De acuerdo a la **Tabla 1** es importante tener conocimiento de la biomasa existente en la piscina, en caso de que sean 10.000 alevines en etapa de iniciación y que cada uno tenga un peso de alrededor de 42 gr la biomasa será de 420 kg, y suponiendo que la temperatura en la piscina oscila entre 12 y 14°C el cálculo del peso de la dosificación será:

$$420Kg * 3.1\% = 13.020Kg(1)$$

Para la automatización de procesos como la dosificación de alimentos, se utilizan sistemas electrónicos y programación, lo que permite un control más eficiente y preciso. En este caso, se cuenta con un sistema electrónico manual que permite seleccionar los datos correspondientes a la etapa de desarrollo del pez, asegurando condiciones óptimas de dosificación. Estos datos están preestablecidos en la (tabla .2) y serán configurados en el sistema.

El proyecto contempla el uso de cinco conjuntos de datos correspondientes a las cinco semanas de alimentación de los peces. Por ejemplo, en la primera semana, que corresponde a la fase de iniciación, los peces requieren una ración diaria de 4.29 gramos, lo que equivale a 30 kg por semana. En la **Tabla 2**, también se detalla el número de raciones por dosificación y la cantidad de alimento necesaria en cada ración, Adicionalmente esta tabla está configurada para racionar alimento a una cantidad de 10.000 peces. A continuación, se presenta la ecuación utilizada para calcular las raciones:

$$\text{Kilogramos/dosificación} = \frac{(\text{Kilogramos/semana})}{(\text{Raciones/dosificación})} \quad (2)$$

A modo de ejemplo utilizaremos los datos de la semana 1 para observar el cálculo de las raciones:

$$\text{Kilogramos/dosificación} = \frac{30\text{kg}}{7} \approx 4.2\text{kgs} \quad (3)$$

Como se puede observar, la cantidad de alimento en kilogramos por día se divide entre las raciones programadas. En este caso, se realizan 7 dosificaciones semanales, con 4.2Kg gramos de alimento por dosificación. Este mismo principio se aplica a los demás datos presentados en la tabla, donde varían tanto los kilogramos diarios como el número de dosificaciones.

**Tabla 2.** Guía de dosificación de alimento.

Edad (Semanas)	Rango Peso (g)	Referencia Alimento	Kg / Día	Kg/Semana	Kg/Etapa
1	5-8	Pez Iniciación	4,29	30,0	115
2	9-13	Pez Iniciación	5,71	40,0	
3	14-18	Pez Iniciación	6,43	45,0	
4	19-24	Pez Extruido	7,14	50,0	116
5	25-31	Pez Extruido	9,43	66,0	

### 7.3 Dosificación automatizada:

Con el objetivo de optimizar los procesos en el campo de la acuicultura, se implementó la automatización del sistema dosificador de alimentos. Esta tecnología permite al acuicultor gestionar de manera más eficiente y precisa la alimentación de los peces, adaptándose a las necesidades específicas de cada etapa de desarrollo. Además, ofrecerá una herramienta poderosa que no solo mejorará la productividad y reducirá el desperdicio de alimento, sino que también facilitará una monitorización

constante y en tiempo real de todo el proceso de alimentación. Esto asegurará que cada cultivo de peces reciba la cantidad exacta de alimento en el momento adecuado, contribuyendo así a un crecimiento más saludable y sostenible de las poblaciones acuáticas.

### 7.3.1 Dosificación por tiempo

La dosificación por tiempo es el modo en el que el sistema realiza el suministro de alimento de acuerdo a las condiciones del usuario para el beneficio del criadero. A continuación, tenemos dos parámetros específicos de la dosificación por tiempo. El cálculo de la dosificación de alimento para peces por tiempo el cual se observa en la ecuación (4) es importante para asegurar que los peces reciban la cantidad adecuada de alimento en un período específico. La cantidad de alimento que debe proporcionar depende de varios factores, como el tamaño de los peces, la especie y sus necesidades nutricionales. A continuación, una fórmula general para calcular la dosificación de alimento por tiempo:

$$DAT = (\text{Requerimiento Diario de Alimento} / \text{Tiempo})(4)$$

Donde:

- **Requerimiento Diario de Alimento:** Esta es la cantidad total de alimento que los peces necesitan consumir en un día, (Tabla 2).
- **Tiempo:** El período o intervalo de tiempo durante el cual se desea proporcionar el alimento. Se expresa en horas.

Por ejemplo, supongamos que se tiene un estanque con cierta especie de pez y se requiere suministrar 1kg gramos de alimento al día. Para lograr una alimentación continua y balanceada, se planea realizar 7 dosificaciones a la semana, distribuidas en intervalos de 24 horas cada una.

El cálculo de la dosis por tiempo sería:

$$\text{Alimento total semanal} = \frac{1000g}{\text{dia}} \times 7\text{dias} = 7000 \frac{\text{gramos}}{\text{semana}} \quad (5)$$

$$\text{Dosis por dosificacion} = \frac{7000g}{7\text{dosificaciones}} = 1000 \frac{\text{gramos}}{\text{dosificacion}} \quad (6)$$

Además, al tratarse de 7 dosificaciones distribuidas uniformemente durante la semana (una dosificación por día), el **intervalo entre cada dosificación será de 24 horas:**

$$\text{Intervalo} = \frac{7\text{días}}{7\text{dosificaciones}} = 1\text{día} = 24\text{horas}(7)$$

Se tiene en cuenta que estos cálculos pueden variar según las condiciones específicas del sistema y las necesidades de los peces. Además, es importante monitorear el comportamiento de los peces y ajustar la dosificación si es necesario para evitar el desperdicio de alimento y mantener su ciclo de vida.

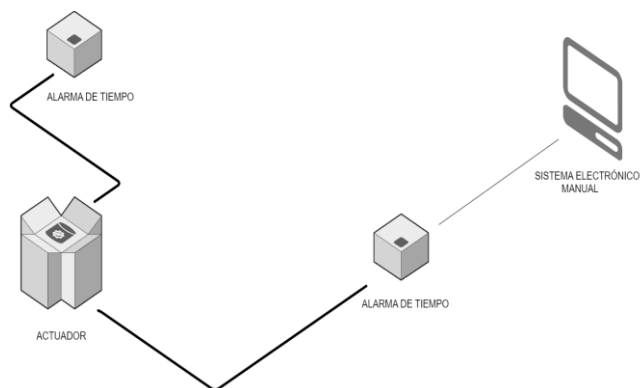
### 7.3.2 Diagrama Básico del sistema

El sistema dosificador inicialmente suministrará una cantidad específica de alimento de acuerdo al tiempo en el que este inicie a realizar su dosificación, para ser más precisos el sistema mide la cantidad de alimento de acuerdo al tiempo que demore el actuador encendido, como, por ejemplo, en 10 segundos de dosificación se suministran aproximadamente 500 gramos de comida.

En la **Figura 2**, se puede apreciar un diagrama básico que consta de dos fases, la primera fase incluye un sistema de control electrónico manual este sistema utiliza un ESP-32 para todas las funciones propuestas del sistema, lo que permite al usuario o en este caso el piscicultor, establecer la semana específica, en este caso para las dosificaciones se utilizó la **Tabla 2** la cual sirve de guía para establecer el tiempo de dosificación, estos datos incluyen la frecuencia de dosificación de comida por semana, la cantidad de alimento a dosificar y el intervalo de tiempo en el que el sistema operará.

La segunda fase involucra una alarma y un actuador (servomotor). La alarma notifica el momento en que se llevará a cabo la dosificación. Esto significa que el actuador funcionará de acuerdo a los parámetros preestablecidos en el sistema de control manual.

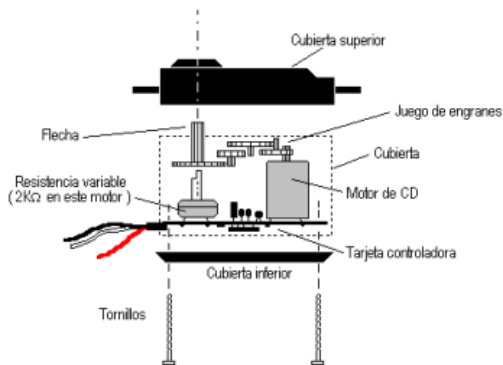
**Figura 2.** Diagrama esquemático del sistema dosificador de alimento para peces.



## 7.4 Control de un servomotor

Un servomotor se destaca como un actuador rotativo o lineal de alta precisión que permite un control minucioso sobre la posición angular, aceleración y velocidad de su eje, capacidades que no se encuentran en un motor convencional. La utilización de este dispositivo es de gran relevancia ya que funciona como un sistema de lazo cerrado, lo cual permite que estos sistemas sean más precisos en cualquier proceso en el que se implementen [26]. En la **Figura 3**, se puede observar el esquema de un servo motor.

**Figura 3.** Estructura interna de un servo motor.



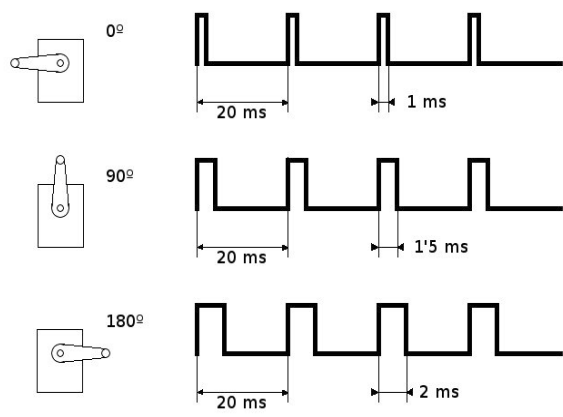
Tomado de [28]

El PWM para servomotores es un tipo específico de señal PWM. Entre sus características más destacadas, se utiliza comúnmente una frecuencia de 50Hz, lo que equivale a un período de 20 milisegundos:

$$\left(\frac{1}{50} \text{ Hz} = 0.02 \text{ segundos}\right) \quad (8)$$

En otras palabras, el período de la señal de 50Hz es de 20 milisegundos, siendo el inverso de la frecuencia. Otra forma de expresarlo es que una frecuencia de 50Hz significa que la señal se repite de manera cíclica cada 20 milisegundos, y este es el primer requisito fundamental del PWM para servos. Cuando la señal PWM se desplaza de un punto a otro, su recepción requiere establecer puntos de sincronización para una decodificación precisa, lo que permite medir con precisión la duración de los pulsos como se observa en la **Figura 4**. Esto es especialmente relevante en servos comunes, donde las posiciones se extienden desde 0 hasta 180 grados [27].

**Figura 4.** Correspondencia entre los grados y ancho de pulso de un servomotor.

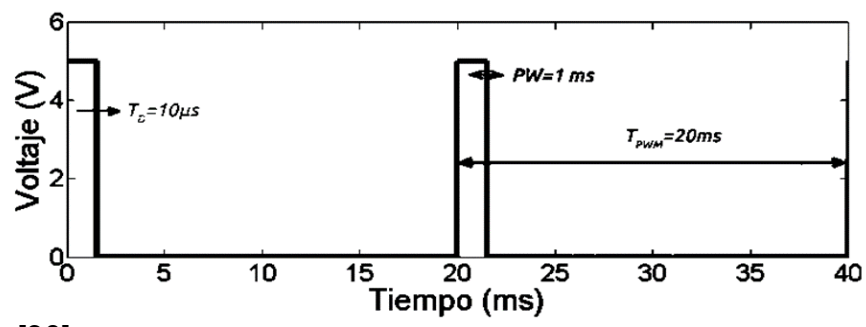


Tomado de [29]

Para utilizar este tipo de servomotores, comúnmente, los parámetros frecuencia de funcionamiento  $f_{PWM}$  son:

- Ancho de pulso PW operativo
- Tiempo muerto  $TD$
- Tiempo central  $TC$
- Ángulo de operación  $\theta$

**Figura 5.** Oscilograma común de señal para uso de servomotor controlado por PWM



Tomado de [30]

Cuando se emplean servomotores como periféricos, es habitual recurrir a tarjetas de desarrollo fundamentadas en microcontroladores o FPGA, en este caso se utilizará un ESP-32. Para llevar a cabo el análisis del rendimiento previsto en un servomotor controlado mediante PWM, es esencial comprender las directrices de operación y sus relaciones con la arquitectura del microcontrolador en uso [30]. Para obtener una buena respuesta se requiere que el generador de señal, en la **Figura 5** los temporizadores del microcontrolador generen cambios mínimos de paso  $\Delta T$  iguales o inferiores al  $TD$ , sí y solo si busca una buena resolución en la posición del servomotor [29], la cual se obtiene mediante ecuación (9)

$$RP = \theta \times \frac{TD}{PW} \quad (9)$$

Si se busca generar una señal cuyo valor dependa de la posición angular deseada en el servomotor, esta relación se determina mediante la ecuación (10):

$$\mu sPWM = \left(\frac{PW}{\theta}\right)(\theta D - \theta_{min}) + Usmin(10)$$

donde  $\mu sPWM$  indica el ancho de pulso que se necesita generar para una determinada  $fPWM$ , los subíndices min y D indican, dentro de su rango, el mínimo y deseado respectivamente:

$$\mu smin = TC - \frac{PW}{2} \quad (11)$$

$$\theta_{min} = \theta C - \frac{\theta}{2} \quad (12)$$

Si el ángulo está centralizado, se considera que  $\theta_{min} = -90^\circ$  con un  $\theta = 180^\circ$ , pero si se cuenta con un ángulo no centralizado y las características antes mencionadas a ecuación (3) se le asigna el ancho de pulso mínimo para operar el servomotor y ecuación (4) se reduce a 0, por lo que la ecuación (2) se reduce a lo siguiente:

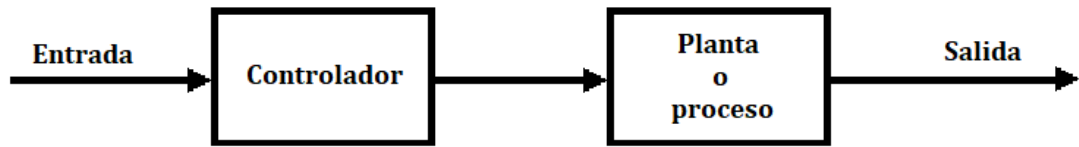
$$\mu sPWM = \frac{PW}{\theta} \times \theta D + \mu smin(10)$$

#### 7.4.1 Controlador del servo motor para la dosificación

Un **controlador en lazo abierto** para un servomotor es un sistema de control en el cual no se utiliza retroalimentación para ajustar la salida, como la posición angular del eje del motor de la **Figura 3**. En este tipo de configuración, el controlador envía una señal de control predeterminada, generalmente mediante la **modulación por ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés)**, y se asume que el sistema se comportará conforme a un modelo teórico establecido, sin considerar variaciones en el entorno o en la carga del sistema [32].

En un sistema en lazo abierto, el control es unidireccional: la señal de entrada se genera basándose únicamente en el valor deseado de la salida, sin medir la salida real. Esto implica que se requiere que el sistema tenga condiciones estables y predecibles para que funcione correctamente. En nuestro caso, la **Figura 6** demuestra que el sistema de dosificación de alimentos presenta cargas constantes y repetitivas, por lo que se considera adecuado el uso de este tipo de control, dado que reduce la complejidad y los costos asociados a sensores y retroalimentación [33].

**Figura 6.** Sistema en lazo abierto para el control de servomotor para la dosificación



- **Entrada (Señal de control):** Una señal PWM se envía al servomotor. La duración del pulso determina la posición angular del eje. Por ejemplo, un pulso de 1 ms puede corresponder a 0°, 1.5 ms a 90°, y 2 ms a 180° [34].
- **Controlador:** Lógica de control que define la duración de los pulsos según los parámetros definidos, como tiempo de apertura o ángulo deseado.
- **Planta o proceso:** El servomotor interpreta la señal PWM y mueve su eje al ángulo correspondiente.
- **Salida:** Movimiento angular del eje del motor, que acciona la compuerta del dosificador de alimento.

Este tipo de controlador activa el servomotor en cada ciclo de dosificación, garantizando uniformidad en la cantidad de alimento suministrada por ración, dado que el tiempo de apertura es constante. Esto contribuye a la estabilidad del sistema y a la precisión en el proceso de alimentación.

### 7.5 IoT (Internet of Things):

El uso del internet es actualmente una parte integral de la vida cotidiana de las personas, y la incorporación de sistemas de automatización que interactúan con los seres humanos para mejorar su calidad de vida, aumentar el confort y simplificar las tareas diarias parece ser una evolución natural. Una de las tecnologías habilitadoras clave es el Internet de las Cosas (IoT), que permite la interconexión de dispositivos electrónicos de forma digital, asignándoles direcciones IP y conectándose a través de redes. Esta interconexión digital no se limita a dispositivos móviles, sino que se extiende a la infraestructura de las ciudades [28], o zonas rurales en donde nuestro proyecto se plantea ejecutar.

La importancia del Internet de las Cosas es que ha revolucionado la industria tecnológica lo cual nos permite implementarla en la industria piscicultora al proporcionar una serie de herramientas y capacidades de monitoreo, control y gestión de datos que optimizan la producción, mejoran la salud de los peces y fomentan prácticas más sostenibles. A medida que esta tecnología continúa

evolucionando, es de esperar que la acuicultura siga avanzando hacia un futuro más eficiente, rentable y respetuoso con el medio ambiente.

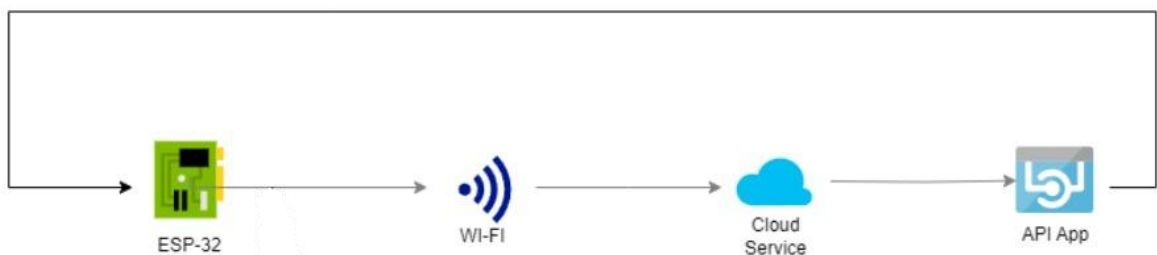
### 7.5.1 Implementación de IoT:

El Internet de las cosas (IoT) desempeñará un papel de vital importancia en el desarrollo de este proyecto. Gracias a esta tecnología se realizó una Aplicación Móvil lo cual permitirá a los clientes no solo controlar el prototipo, sino también supervisar y administrar todo el proceso desde cualquier lugar, aprovechando al máximo las capacidades de comunicación a través de LAN e Internet [28]. Esta integración representa un avance significativo en el campo de la piscicultura, ya que proporciona a los usuarios un control sin precedentes sobre sus sistemas y un acceso remoto. Esta capacidad potenciará la eficiencia y la versatilidad en la administración de sus instalaciones, mejorando la toma de decisiones, la automatización de tareas y, en última instancia, el rendimiento y la rentabilidad de sus operaciones en el sector piscícola.

### 7.5.2 Comunicación entre dispositivos

Para la comunicación entre dispositivos como se muestra en la **Figura 7**, se hará uso de conexión WI-FI, esto con el fin de poder realizar envío y recepción de datos entre los dispositivos que hacen parte del prototipo en su caso entre el microcontrolador y la app móvil, esto se hará creando una red WI-FI desde el microcontrolador ESP32 para poder enviar los datos que censa a una nube o servidor para que posteriormente el aplicativo móvil pueda acceder a ellos utilizando WebSockets, es importante tener en cuenta que el microcontrolador encargado de la conexión a internet puede también enviar datos a otros dispositivos a través de comunicación SPI .

**Figura 7.** Diagrama de comunicaciones del prototipo



### 7.6 Aplicación Móvil

A continuación, se presentarán varios apartados que abordan la importancia de una interfaz móvil en el proyecto que se va a llevar a cabo:

### **7.6.1 Desarrollo de aplicación móvil**

El desarrollo de la aplicación móvil es una pieza clave en los sistemas modernos de monitoreo remoto, ya que establece la interfaz directa entre el usuario y el prototipo. Permite la supervisión de variables del sistema en tiempo real, el envío continuo de datos, la generación de registros históricos y el control remoto del dispositivo, elevando así la flexibilidad y eficiencia operativa [35]. Los entornos de desarrollo actuales facilitan la creación de aplicaciones multiplataforma, capaces de ejecutar en Android e iOS, lo que optimiza costos y tiempos de desarrollo. TypeScript aporta tipado estático y escalabilidad, siendo ideal para proyectos en los que se requiere mantenimiento estructurado y robusto. Además, herramientas como Visual Studio Code y Android Studio ofrecen emulación, depuración avanzada y conectividad con servicios externos, esenciales para la comunicación bidireccional con hardware y redes. La relevancia de la aplicación móvil reside en extender la interacción del usuario más allá del lugar físico donde está el prototipo: permite ejecutar funciones críticas, recibir alertas y acceder a datos desde cualquier punto con conexión a Internet, asegurando continuidad operativa y soporte a la toma de decisiones basada en datos [36]. En proyectos de piscicultura automatizada, esta aplicación sirve como ese “puente digital” indispensable entre el hardware (sensores, actuadores, MCU) y el usuario, cerrando el ciclo de monitoreo y control en tiempo real.

### **7.6.2 Almacenamiento de registros y datos:**

El almacenamiento de registros constituye un elemento esencial en sistemas automatizados, ya que permite mantener un historial organizado de las actividades realizadas por el prototipo. En este proyecto, el almacenamiento se realiza de manera local mediante SQLite, una base de datos ligera y relacional que facilita la persistencia de la información sin necesidad de servidores externos. Su integración directa con dispositivos embebidos asegura eficiencia en el manejo de datos y bajo consumo de recursos [37]. El uso del lenguaje SQL para la gestión de esta base de datos aporta flexibilidad, dado que permite la consulta y organización estructurada de los registros. Este enfoque resulta clave en aplicaciones donde la trazabilidad de las actividades (como la dosificación de alimentos en sistemas de piscicultura) es necesaria para la correcta toma de decisiones [38]. Además, el historial extendido de actividades almacenado en la base de datos no solo facilita la supervisión del sistema, sino que también contribuye a la optimización de la dosificación, brindando al usuario información confiable para planificar acciones futuras y mantener un manejo eficiente del recurso.

### **7.6.3 Monitoreo en tiempo real:**

El monitoreo en tiempo real es una funcionalidad que otorga la capacidad de supervisar continuamente los parámetros de un sistema, garantizando la obtención de información constante y actualizada. En este proyecto, el monitoreo se centra en el nivel de comida en los tanques, lo cual es fundamental para asegurar una dosificación adecuada. Esto se logra a través de la comunicación directa entre

sensores y el dispositivo controlador, con transmisión constante de datos [39]. Este enfoque permite al usuario tener una visión inmediata del estado de la piscina, facilitando la toma de decisiones en situaciones críticas y asegurando la continuidad operativa del prototipo. Asimismo, el monitoreo en tiempo real incrementa la resiliencia del sistema, ya que brinda la posibilidad de detectar anomalías rápidamente y ejecutar acciones correctivas [40]. La implementación de esta técnica es considerada indispensable en sistemas basados en Internet de las Cosas (IoT) y automatización, ya que asegura tanto la gestión eficiente de variables de entorno como la confiabilidad del sistema.

## 8 DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe el procedimiento realizado para diseñar e implementar el prototipo con el propósito de alcanzar los resultados esperados. Se detallan los elementos necesarios para ensamblar el prototipo, junto con los algoritmos de programación que aseguran el adecuado desempeño del sistema.

### 8.1 HARDWARE DEL PROTOTIPO

Para la construcción del diseño físico del dispositivo se tomaron en cuenta las funciones y necesidades que debía cumplir para su óptimo funcionamiento, para ello se utilizaron 4 elementos principales. En la **Figura 8** podemos observar un diagrama de bloques con los elementos seleccionados:

**Figura 8.** Diagrama de bloques del prototipo.



Podemos observar que nuestro prototipo se compone por:

- **ESP32:** Este dispositivo desempeña un papel fundamental como el cerebro de todo el sistema, aquí ocurre todo el proceso del objetivo principal además es el intermediario entre la aplicación móvil y el sistema principal. Su principal función es habilitar la comunicación y el control del sistema a través de tecnología IoT (Internet de las cosas). Gracias a su capacidad de conectividad Wi-Fi el ESP32 permite gestionar y supervisar de manera remota las operaciones del sistema, optimizando su funcionamiento y facilitando la interacción del usuario desde cualquier lugar.
- **SERVO MOTOR TD8120MG:** Este componente es el encargado de realizar la dosificación del alimento de manera precisa y eficiente. Funciona mediante señales PWM (modulación por ancho de pulso) enviadas desde el ESP-32, las cuales controlan su tiempo de activación y su ángulo de rotación. Durante

el proceso de dosificación, el servo motor rota 180 grados, permitiendo la salida adecuada del alimento. Una vez completada la dosificación, el motor regresa a su posición inicial, asegurando un ciclo continuo y confiable. Gracias a su diseño robusto y capacidad de precisión, el TD8120MG es ideal para aplicaciones que requieren movimientos controlados y repetitivos como este sistema automatizado.

- **PANTALLA ILI9341:** Este componente es uno de los más importantes del prototipo, ya que permite la visualización clara y detallada de los datos esenciales del sistema. Entre sus funciones principales destacan mostrar el registro de dosificaciones, el menú principal, los submenús, así como información sobre la temperatura, la humedad y la hora actual. Gracias a esta pantalla, el usuario puede interactuar con el sistema de forma intuitiva, gestionando sus funciones manualmente a través de botones físicos, lo que facilita un control accesible y eficiente.
- **RTC (Real Time Clock):** El uso del **RTC (Real Time Clock)** en el proyecto es fundamental porque garantiza que cada dosificación de alimento y cada evento registrado tenga una marca de tiempo precisa y confiable. Esto permite generar un historial cronológico de las actividades realizadas en la piscina. Además, al mantener la hora incluso ante fallos de energía o reinicios del sistema, el RTC asegura la continuidad del monitoreo y control del proceso, brindando al piscicultor información confiable para la toma de decisiones y mejorando la eficiencia en la gestión de los recursos.

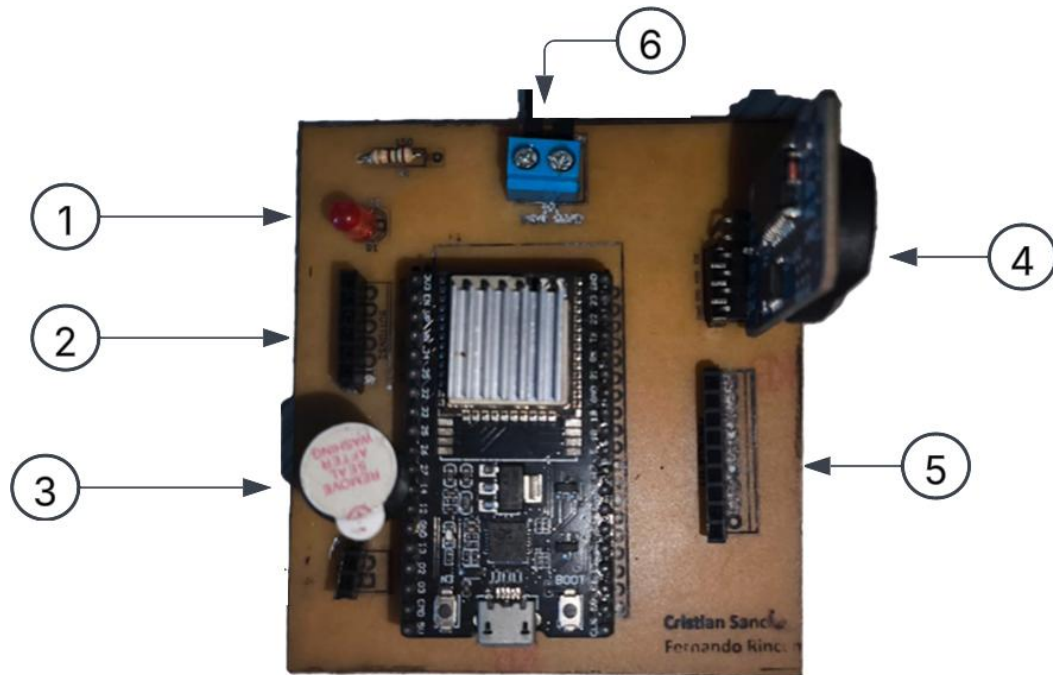
### 8.1.1 Descripción y funcionamiento Circuito Electrónico Principal

El ESP-32 modelo Devkit V1 es un microcontrolador eficiente y versátil, ideal para aplicaciones de IoT, automatización y sistemas embebidos. Integra múltiples funciones en un solo chip, lo que permite desarrollar proyectos avanzados con bajo consumo energético. Posee un procesador dual-core Xtensa LX6 de hasta 240 MHz, 520 KB de SRAM y soporte para memoria flash externa, ofreciendo un alto rendimiento, [31]. Su principal ventaja es la conectividad inalámbrica integrada, con Wi-Fi y Bluetooth 4.2/BLE, lo que facilita la comunicación sin módulos externos. Dispone de 38 pines GPIO, configurables como entradas/salidas digitales, PWM, ADC (hasta 18 canales), y comunicación serial (SPI, I2C, UART). También incluye salidas DAC, sensores táctiles, sensor de efecto Hall y sensor de temperatura interno. Opera a 3.3V y puede alimentarse mediante micro-USB o USB-C. Gracias a sus modos de bajo consumo, es ideal para dispositivos portátiles o alimentados por batería, [31].

Este controlador es el núcleo de nuestro sistema; aquí se obtienen se procesan y se envían todos los comandos y datos que el usuario ocupe, ya que contiene el algoritmo principal del dispositivo, el ESP-32 es alimentado con una fuente de voltaje diseñada a 7V lo que es capaz de suministrar energía a todos los componentes instalados en el circuito como se muestra en la **Figura 9**, toda la

visualización de los datos obtenidos es visualizado por una pantalla ILI9341 de 2.8 pulgadas (240x320).

**Figura 9.** Circuito implementado para el ESP32.

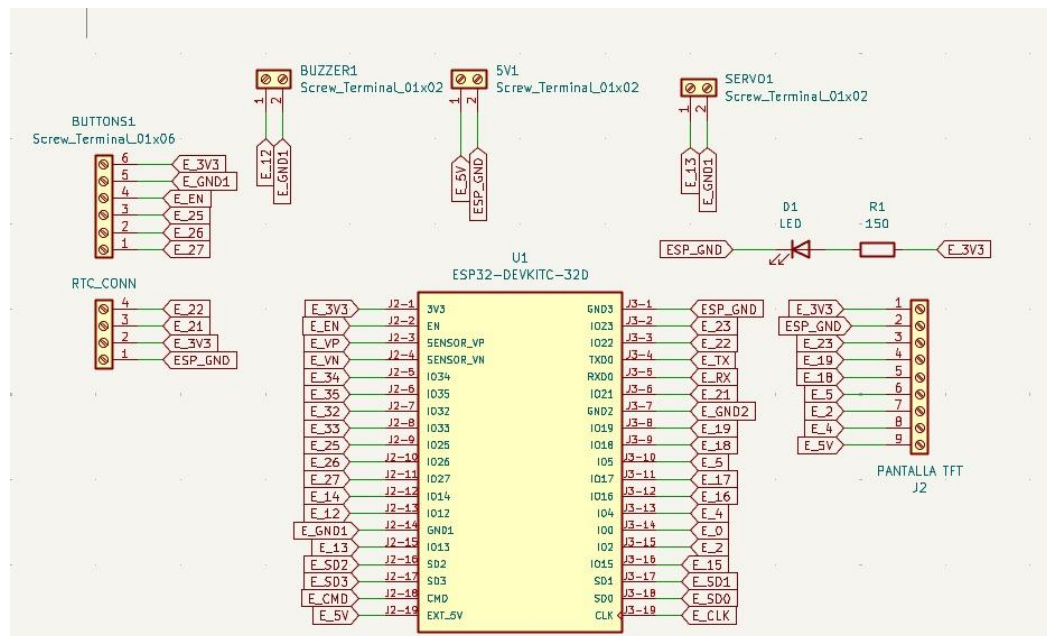


1. Led
2. Regleta de conexión de botones del sistema
3. Regleta de conexión de buzzer
4. Regleta de conexión de RTC
5. Regleta de conexión de pantalla ILI9341
6. Entrada de voltaje de 7 volts

El circuito mostrado en la **Figura 9** corresponde al sistema electrónico desarrollado, cuyo diseño integra los principales módulos y conexiones necesarias para el funcionamiento del dispositivo. En la parte central se encuentra la placa ESP32, encargada del procesamiento y control general del sistema. Esta se conecta a través de diversas regletas que permiten una disposición ordenada y segura de los periféricos: la regleta de conexión de botones del sistema (2) facilita la interacción del usuario; la regleta de conexión del buzzer (3) permite la generación de señales acústicas de alerta; y la regleta de conexión del módulo RTC (4) asegura la comunicación con el reloj de tiempo real para el registro cronológico de eventos. Asimismo, la regleta de conexión de la pantalla ILI9341 (5) posibilita la visualización gráfica de la información procesada. El sistema incorpora un LED indicador (1) que verifica el estado de encendido de la placa, proporcionando una referencia visual del funcionamiento. Finalmente, la entrada de voltaje de 7 V (6) suministra la energía

necesaria para el funcionamiento estable de todos los componentes, garantizando una distribución adecuada y una operación confiable del circuito electrónico. En la **Figura 10** se presenta el diagrama esquemático del circuito electrónico implementado y construido en la herramienta de software KiCad. El sistema está basado en el microcontrolador ESP32-DEVKITC-32D, el cual cumple la función de unidad de control principal encargada de la adquisición, procesamiento y transmisión de datos. El diseño incorpora diversas regletas de conexión que permiten la interconexión modular de los diferentes componentes del sistema. La regleta BUTTONS1 agrupa las entradas digitales destinadas a los botones de control, mientras que la regleta RTC\_CONN establece la comunicación con el módulo RTC, encargado de mantener la referencia temporal del sistema. Asimismo, se dispone de una regleta BUZZER1 para la conexión del dispositivo acústico de notificación, una regleta SERV01 destinada al control de actuadores tipo servomotor, y la regleta de la pantalla TFT (ILI9341), utilizada para la visualización gráfica de los datos y del estado del sistema. El circuito incluye un LED indicador (D1), conectado a través de una resistencia limitadora (R1), cuya función es señalar visualmente el encendido y correcto funcionamiento de la placa. La alimentación se suministra mediante una entrada de 7 V, la cual es regulada internamente para proporcionar los niveles de tensión requeridos (3.3 V y 5 V) por cada módulo, garantizando estabilidad eléctrica y confiabilidad en la operación del conjunto.

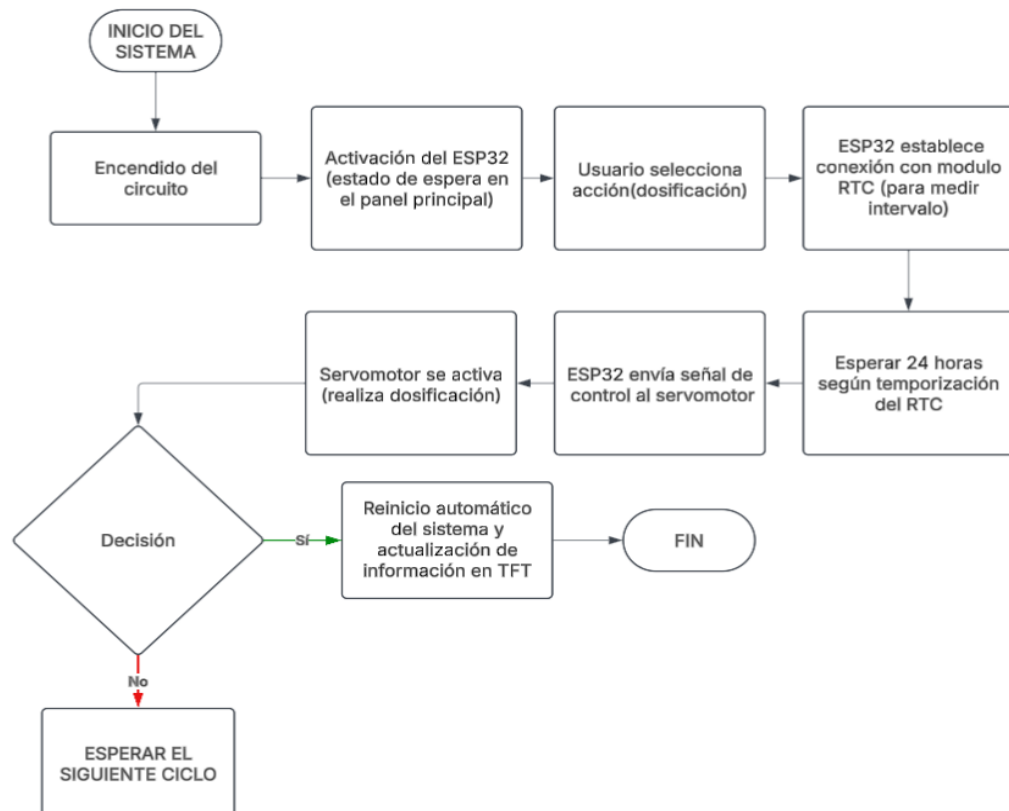
**Figura 10.** Circuito diseñado en kiCad implementado para la construcción del circuito principal del sistema.



En el diagrama de flujo de la **Figura 11**, se describe el proceso de operación del sistema electrónico, el cual inicia con el encendido del circuito, momento en el cual se suministra energía a todos los módulos. Una vez establecida la alimentación, el

microcontrolador ESP32 se activa y queda en estado de espera dentro del panel principal, preparado para recibir una instrucción del usuario. Cuando el usuario selecciona una acción específica, como la dosificación, el ESP32 establece comunicación con el módulo RTC (Real Time Clock), el cual permite medir los intervalos de tiempo con precisión. En este caso, el sistema está programado para realizar una dosificación cada 24 horas. Transcurrido el intervalo correspondiente, el ESP32 envía una señal de control al servomotor, activándolo durante un tiempo determinado para ejecutar la acción de dosificación. Luego de completarse la operación, el servomotor se apaga. Este proceso se repite de manera cíclica siete veces, correspondientes a las siete dosificaciones programadas. Una vez finalizado el ciclo completo de dosificaciones, el sistema se reinicia automáticamente y actualiza la información en la pantalla TFT (ILI9341), donde se muestran los registros y notificaciones del proceso. De esta forma, el sistema mantiene un funcionamiento autónomo, controlado y supervisado mediante la interfaz gráfica y el reloj de tiempo real.

**Figura 11.** Diagrama de flujo de la descripción del funcionamiento del circuito electrónico interno.



### 8.1.2 Fuente de alimentación del dispositivo

Para garantizar el óptimo funcionamiento del prototipo, fue necesario diseñar y construir una fuente de alimentación con dos salidas de voltaje una destinada al microcontrolador ESP32 y otra al servomotor como se observa en la **Figura 12**. Esta decisión se tomó debido a que el fabricante del ESP32 no recomienda utilizar la salida de 3.3V o 5V del propio microcontrolador para alimentar servomotores, ya que esto podría generar sobrecargas o inestabilidad en el sistema. Para el diseño de la fuente se seleccionaron componentes compatibles con los requerimientos del sistema. Entre ellos, se empleó un transformador de 24V con toma central, el cual permitió distribuir eficientemente el voltaje y reducir el riesgo de sobrecargas. Además, se utilizaron dos puentes de diodos GBU 608 para la rectificación, un regulador de voltaje LM7805 para obtener una salida estable de 5V destinada al ESP32, y un regulador LM338 para proporcionar una alimentación regulada adecuada al servomotor.

**Figura 12.** Circuito impreso implementado para la construcción de una fuente de voltaje.



### 8.1.3 Diseño de la carcasa del prototipo

El diseño de la carcasa se tuvo en cuenta muchos factores en el cual la durabilidad y la protección de los componentes electrónicos es un factor importante en este proyecto. En la **Figura 13**, El gabinete del prototipo está fabricado en polipropileno homopolímero con retardante a la llama y protección contra rayos UV, lo que lo hace apto para su uso en entornos exteriores o expuestos a condiciones ambientales exigentes. Su color es blanco, y cuenta con un grado de protección IP65, lo que garantiza una alta resistencia al polvo y chorros de agua desde cualquier dirección, lo cual lo hace perfecto para un ambiente húmedo como el área de la piscicultura, cuenta con una medida de 16cm x 21cm x 11cm de longitud lo cual permite una mejor organización de los componentes electrónicos. En la parte frontal cuenta con

una tapa de plástico la cual esta perforada con una medida de 7 cm de largo y 5 cm de ancho para la pantalla ILI9341, donde es necesaria para la observación de los datos del dispositivo, también cuenta con cuatro perforaciones para los botones el cual se encarga de la manipulación del dispositivo.

**Figura 13.** Caja de almacenamiento de los circuitos del sistema.



## **8.2 FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE PRINCIPAL.**

El software principal desarrollado para las funciones del sistema cuenta con una pantalla de inicio compuesta por un menú de cuatro opciones. La opción número uno corresponde a las dosificaciones diarias; al acceder a ella, se despliega un submenú con cinco semanas de alimentación preconfiguradas, cada una con cantidades distintas de alimento y número de dosificaciones por semana.

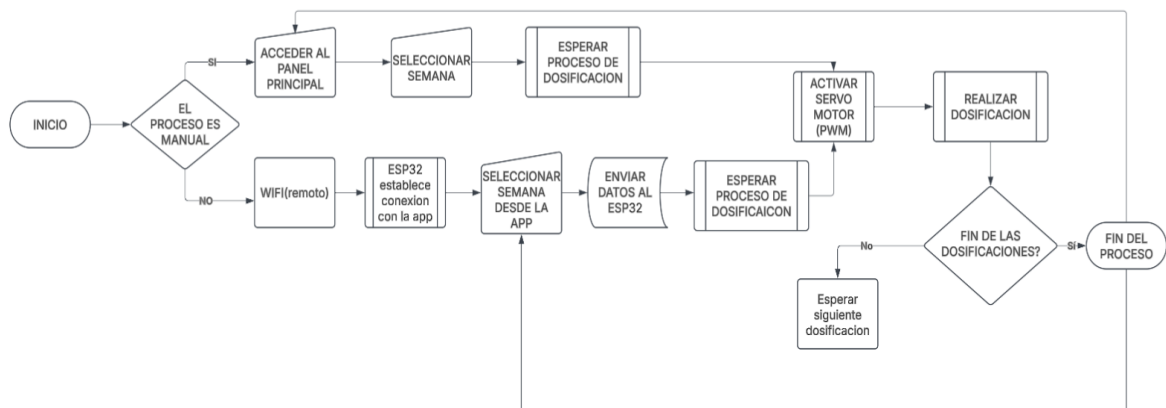
La opción número dos, y una de las más relevantes, es la conexión Wi-Fi mediante tecnología IoT (Internet de las Cosas). En esta sección, el sistema se conecta a una aplicación móvil que permite la gestión remota de la alimentación. Para esta función, se utilizó el ESP32 como interfaz de comunicación, gracias a su conectividad inalámbrica integrada. De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el dispositivo opera bajo **dos modos de funcionamiento: modo manual y modo remoto mediante conexión Wi-Fi.**

En el modo manual, el usuario puede interactuar directamente con el dispositivo a través del panel principal, utilizando las opciones del menú para programar una

dosificación específica en cualquier día o semana, según las necesidades alimenticias del pez, considerando su tamaño y etapa de crecimiento.

El segundo modo utiliza la conectividad Wi-Fi, implementada mediante un módulo ESP-32, el cual permite la comunicación entre el sistema principal y una aplicación móvil. Esta aplicación réplica las funcionalidades del panel principal, pero añade la ventaja de control a distancia, facilitando la operación del sistema desde cualquier lugar con acceso a la red internet ofrecida por el ESP-32. Además de permitir la configuración remota, la aplicación móvil ofrece notificaciones en tiempo real sobre el registro de dosificaciones, y brinda al usuario acceso a la misma información disponible en el panel frontal del dispositivo, manteniendo la supervisión y control del sistema en todo momento, en la **Figura 14** se observa un diagrama de bloques general del funcionamiento total del sistema:

**Figura 14.** Diagrama del funcionamiento del dispositivo



Este sistema sigue la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) para gestionar el proceso de dosificación. En la capa de Modelos, se almacenan y gestionan los datos del sistema, incluyendo la información registrada por ESP-32, el historial de dosificaciones y la configuración de dosificación. La Vista se encarga de la interfaz gráfica, permitiendo la selección de semanas de dosificación y mostrando el estado del proceso y su finalización. Finalmente, los Controladores gestionan la ejecución del sistema, coordinando eventos clave como el inicio del proceso, la dosificación por tiempo y la verificación de finalización, asegurando un funcionamiento automatizado y eficiente como se plasma en la **Tabla 3**.

**Tabla 3** Descripción y organización de funcionamiento del sistema

<b>Modelos</b>	<b>Vistas</b>	<b>Controladores</b>
Datos almacenados por ESP32 (tiempo y número de dosificaciones)	Interfaz gráfica para selección de semanas de dosificación	Controlador principal de eventos
Registro de dosificaciones	Visualización del estado del proceso de dosificación	Controlador de proceso de dosificación por tiempo
Modelo de configuración de dosificación	Indicadores de finalización del proceso	Controlador de verificación de finalización de dosificación

Este sistema sigue el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), donde:

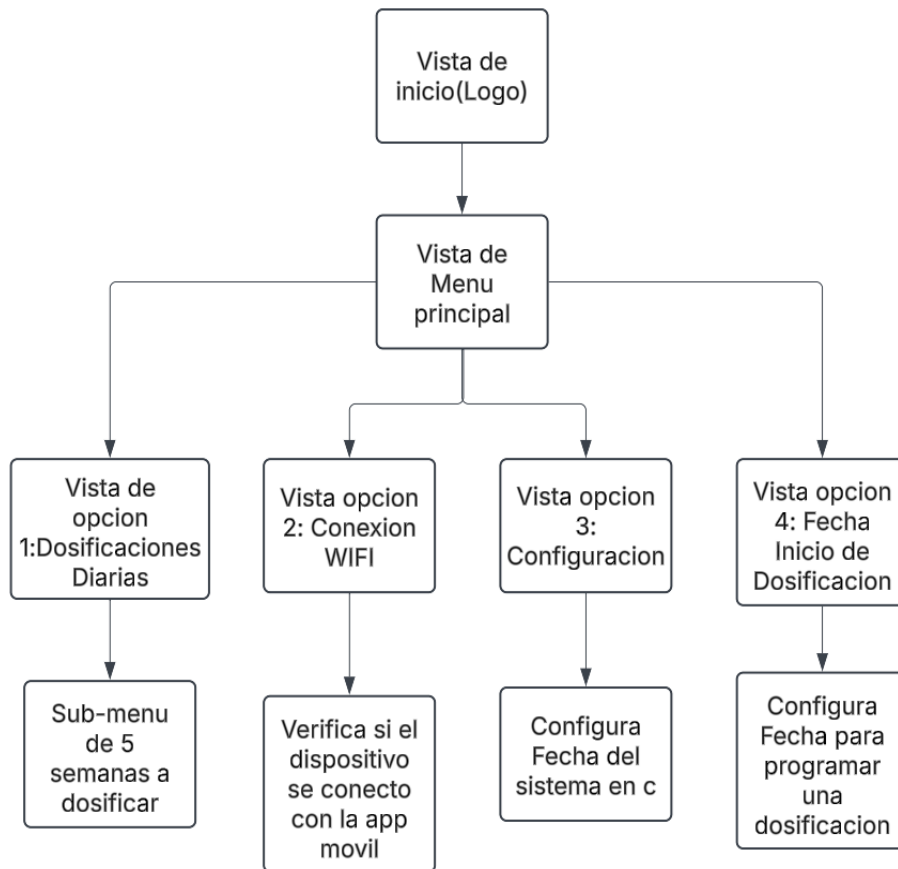
- Los modelos manejan los datos y la lógica del sistema.
- Vistas presentan la información al usuario.
- Los Controladores gestionan la interacción y la ejecución de procesos.

### 8.2.1 Vistas de la interfaz gráfica (PANEL PRINCIPAL)

ESP-32 cuenta con una gran cantidad de librerías que facilitan la interacción con diferentes sensores y pantallas. En este caso, explicaremos dos librerías ampliamente utilizadas para el desarrollo de las vistas de interfaz: `Adafruit_GFX_Library` y `Adafruit_ILI9341`. La librería **Adafruit\_GFX\_Library** fue utilizada para el manejo de gráficos en la pantalla en su caso la `ILI9341` la cual proporcionó herramientas para dibujar formas geométricas como por ejemplo el menú de opciones y la interfaz de cada submenú imprimir texto y manejar imágenes. Su principal ventaja es que actúa como una capa de abstracción que permite que otras librerías específicas para controladores de pantallas (como `Adafruit_ILI9341`) de la cual hablaremos a continuación, funcionen de manera sencilla y óptima.

La librería **Adafruit\_ILI9341** está diseñada específicamente para manejar pantallas TFT basadas en el controlador `ILI9341`. Se implementó esta librería porque contiene la función de visualizar gráficos a color y una interfaz SPI rápida, lo que hizo ideal para visualización avanzada de datos como por ejemplo temperatura humedad, registros, hora e incluso alarmas. Esta librería permite controlar pantallas TFT de 2.2", 2.4", 2.8" y 3.2", en nuestro caso se implementó una TFT de 2.4", la importancia de esta librería es que es completamente compatible con la librería `Adafruit_GFX_Library` anteriormente mencionada. Esto permitió las funciones gráficas de `Adafruit_GFX` y aplicarlas a pantallas `ILI9341` sin necesidad de escribir código específico para gráficos. A continuación, la **Figura 15** representa cómo se observan las vistas del sistema con el propósito de alcanzar el objetivo de funcionamiento:

**Figura 15.** Diagrama del funcionamiento visual de la interfaz del panel principal.



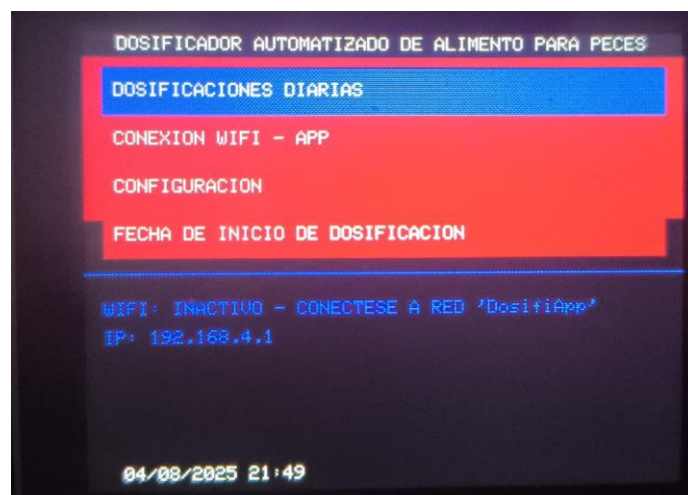
El propósito de la interfaz es organizar distintas opciones que permiten navegar por el sistema del panel principal. Al observar la **Figura 16**, lo primero que se observa es un mensaje de bienvenida acompañado del logo de la aplicación, resaltando la identidad visual del sistema. Esta pantalla introductoria se muestra durante 5 segundos antes de dar paso a la interfaz principal.

**Figura 16.** Vista de la pantalla de bienvenida del panel principal del prototipo.



Después de los 5 segundos de visualización, se despliega un menú de opciones dividido en cuatro secciones, las cuales incluyen la opción de realizar dosificaciones diarias, verificar la conexión Wi-Fi y configuración de la hora del dispositivo. En la interfaz **Figura 17**, también se muestra un detalle importante como lo es la hora actual y la verificación de conexión “WIFI INACTIVO”, ya que este dato es relevante el cual es utilizado en el funcionamiento de las dosificaciones.

**Figura 17.** Vista de la pantalla del menú de inicio del panel principal del prototipo.



## 8.2.2 MENÚ DE OPCIONES DEL PANEL PRINCIPAL

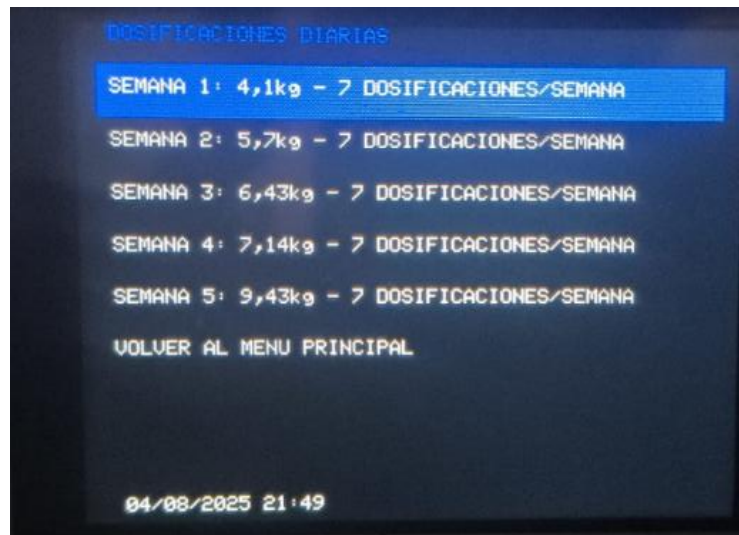
**Dosificaciones diarias:** La primera opción del menú corresponde a las dosificaciones diarias. Al ingresar mediante los controles manuales del sistema, se despliega un submenú con opciones configuradas según las semanas de crecimiento de un pez. A continuación, se observa en la **Tabla 4** la configuración de dosificaciones por día y su cantidad de alimento.

**Tabla 4.** Número de semanas, cantidad de comida y número de dosificaciones diarias.

<b>Semana</b>	<b>Cantidad Total</b>	<b>Dosificaciones por día</b>
<b>Semana 1</b>	4.2 kg	1
<b>Semana 2</b>	5.71 kg	1
<b>Semana 3</b>	6.43 kg	1
<b>Semana 4</b>	7.14 kg	1
<b>Semana 5</b>	9.43 kg	1

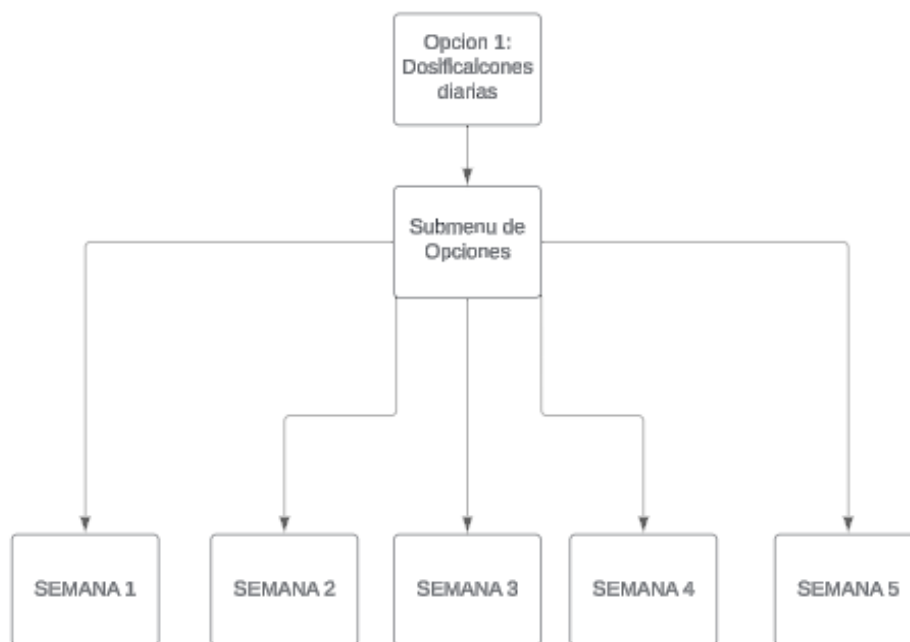
En la **Figura 18**, se puede observar en la interfaz que cada opción representa una semana específica, indicando la cantidad de alimento y el número de dosificaciones diarias. Además, el submenú incluye una opción que permite regresar al menú principal para facilitar la navegación.

**Figura 18.** Vista de la interfaz del submenú de opciones (Opción 1, Dosificaciones diarias).



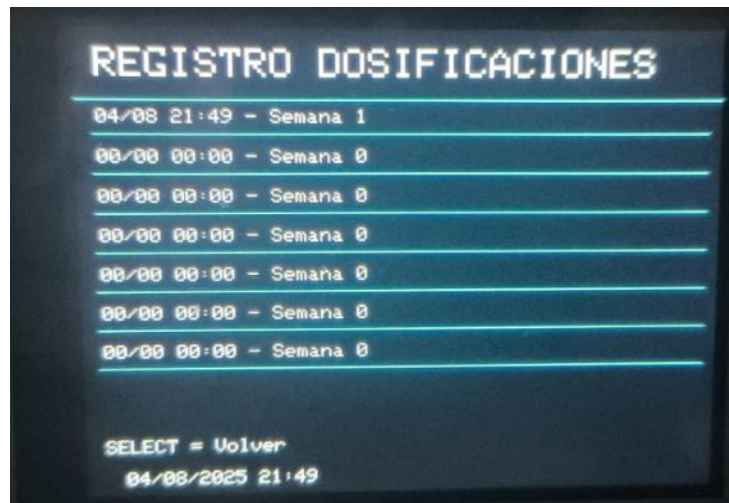
La interfaz está diseñada para ser sencilla y libre de distracciones para el usuario. En la **Figura 19**, se presentan un diagrama de bloques con cinco opciones sin configuraciones adicionales, ya que estas han sido preestablecidas con datos generales para la dosificación de cada piscina de acuerdo al tamaño del pez. Al ingresar en cualquiera de las opciones, se observa la misma estructura de interfaz utilizada en el proceso de dosificación como se muestra en el siguiente diagrama de bloques:

**Figura 19.** Diagrama del funcionamiento visual de la opción #1 del menú principal.



La **Figura 20** corresponde a la pantalla del sistema en el apartado “REGISTRO DOSIFICACIONES”, la cual presenta un fondo completamente negro, lo que mejora el contraste y la legibilidad del texto. El título principal se muestra en la parte superior en letras blancas y en mayúscula, con una tipografía de estilo digital, resaltando el encabezado de la sección. En el centro de la pantalla aparece un listado de registros en color blanco, organizados en filas y separados por líneas horizontales de color azul claro, que cumplen la función de dividir visualmente cada entrada, aportando orden y claridad en la presentación de datos. En la parte inferior, también en letras blancas, se incluye la instrucción “SELECT = Volver”, y finalmente, la fecha y hora actual del sistema, igualmente en blanco, manteniendo coherencia en el esquema cromático de la interfaz.

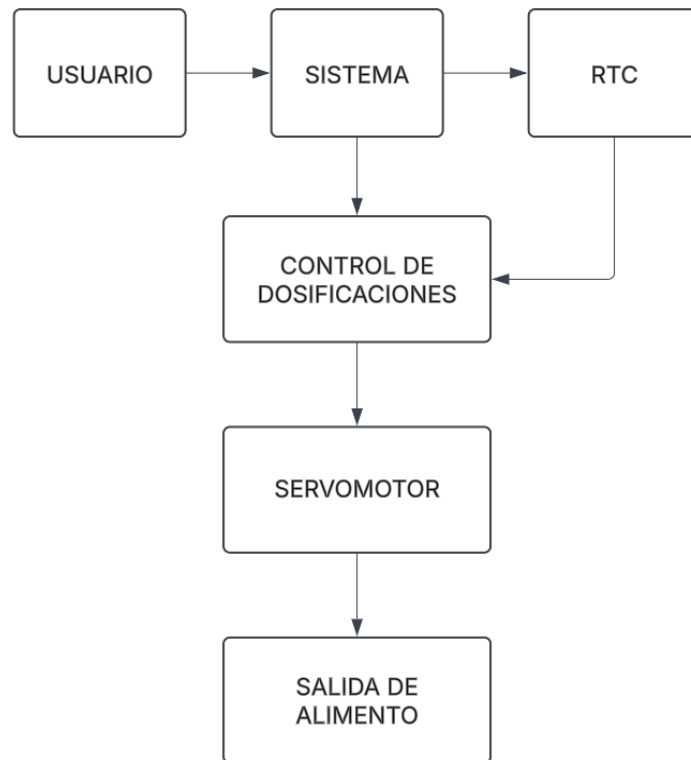
**Figura 20.** Diagrama del funcionamiento visual de la opción #1 del menú principal.



- **PROCESO DE DOSIFICADO**

Cuando el usuario selecciona una opción del submenú (Opción 1. Dosificaciones Semanales), el sistema genera automáticamente una primera dosificación de referencia e inicia un proceso automático que, cada 24 horas, repite la entrega de alimento con un gramaje específico según la semana correspondiente; por ejemplo, en la semana 1 se suministran 4.2 kg diarios, en la semana 2 aumenta a 5.71 kg por día, y así sucesivamente conforme a la elección realizada. Todo el control de tiempo se lleva a cabo mediante el módulo RTC, que garantiza precisión en los intervalos de dosificación y permite además medir el tiempo de apertura del servomotor, asegurando que la cantidad dispensada coincida de manera exacta con la programación establecida, en la **Figura 21** se observa un diagrama de bloques el cual describe el proceso de dosificado del prototipo.

**Figura 21.** Diagrama de bloques del funcionamiento del proceso de dosificado del sistema manual.



El RTC proporciona la referencia de tiempo precisa al control de dosificación. El control de dosificación activa el servomotor en los intervalos establecidos. El servomotor libera la cantidad exacta de alimento hacia la salida.

**Conexión Wifi – APP:** Este prototipo cuenta con una opción llamada Conexión Wi-Fi - APP, la cual nos permite verificar si el dispositivo se encuentra vinculado correctamente con la aplicación móvil. Aunque en principio parece una simple comprobación de conexión, esta función cumple un propósito más importante: establecer la interconexión entre el sistema y la aplicación, lo que posibilita realizar las dosificaciones directamente desde la aplicación móvil.

**Figura 22.** Vista de la opción #2 del menú inicial correspondiente a la conexión wifi.

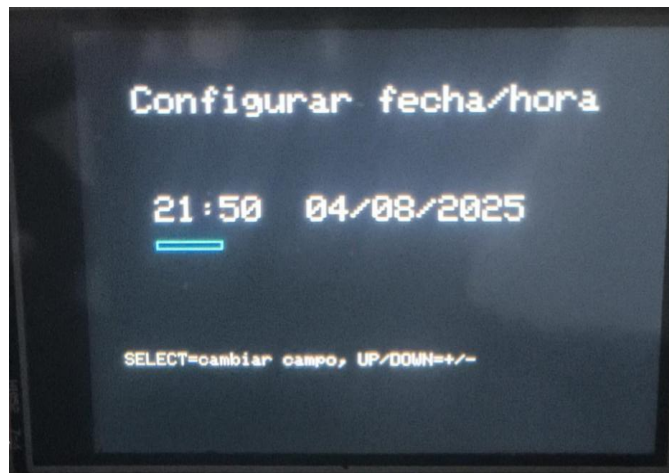


La **Figura 22** muestra la pantalla de una interfaz gráfica en un dispositivo electrónico, probablemente un módulo con microcontrolador y pantalla TFT. En este caso, el sistema se encuentra en el apartado de conexión WiFi, donde se visualizan los parámetros necesarios para que el usuario pueda enlazar su dispositivo móvil o computadora a la red creada por el sistema.

En la pantalla se presenta la sección “CONEXION WIFI”, donde el usuario puede visualizar los parámetros esenciales de red. Se muestra el SSID “DosiFiApp”, que identifica la red Wifi creada por el dispositivo, junto con la \**contraseña* “dosificador123”, necesaria para garantizar un acceso seguro y restringido. Además, aparece la dirección IP 192.168.4.1, asignada al microcontrolador en modo Access Point (AP), lo que permite que los clientes conectados puedan comunicarse con el dispositivo y acceder a funciones como la configuración o el monitoreo mediante una interfaz web. Finalmente, en la parte inferior se indica la instrucción “Presione SELECT para volver al MENU”, evidenciando que el sistema cuenta con un menú interactivo y navegable mediante pulsadores físicos para facilitar la experiencia del usuario.

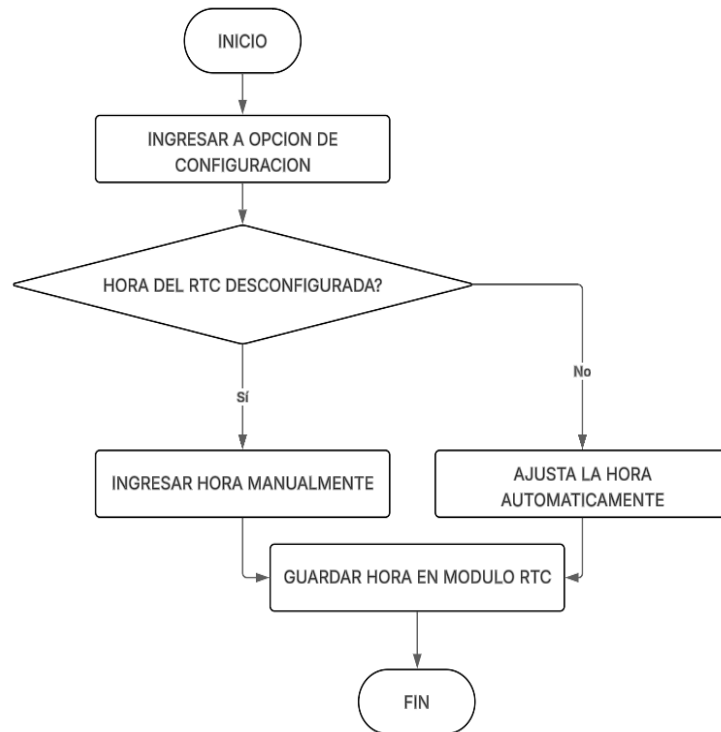
**Configuración:** En la **Figura 23**, existe una opción llamada “*Configuración*” en la cual es posible ajustar la hora del sistema, ya sea sincronizándolo con la hora actual en tiempo real o estableciéndose manualmente. Esta funcionalidad se implementó debido a que el sistema incorpora un módulo RTC (Real Time Clock), el cual mantiene el formato horario en tiempo real. Sin embargo, dicho módulo funciona con baterías que, con el tiempo, pueden descargarse y ocasionar la desconfiguración de la hora ().

**Figura 23.** Vista de la opción #3 del menú inicial correspondiente a la Configuración de la hora del sistema.



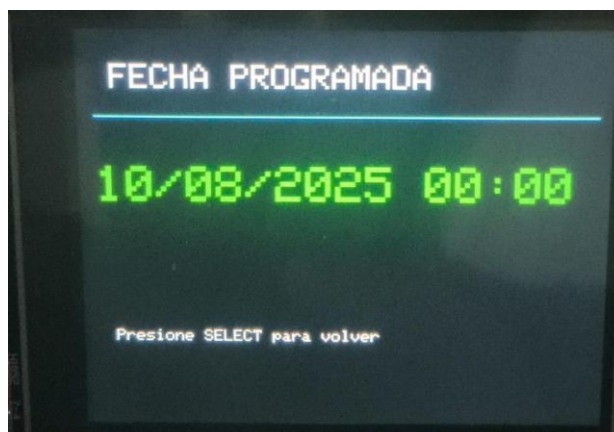
Para evitar la necesidad de abrir el dispositivo y reemplazar la batería cada vez que esto ocurra, se desarrolló un script que permite modificar y guardar la hora directamente desde el panel de control, a través de la opción “Configuración”. De esta manera, el sistema puede mantener una referencia horaria más precisa y confiable, sin riesgo de que la hora se desconfigure por completo. En el siguiente diagrama de bloques correspondiente a la **Figura 24**, se puede observar el funcionamiento del sistema en cuanto a la configuración horaria del prototipo:

**Figura 24.** Diagrama de flujo que describe el proceso de configuración de la hora del sistema.



**Programación de Dosificación:** El sistema incluye una de las funciones más importantes: la opción de Programación de dosificación. Tanto desde la aplicación móvil como desde el sistema principal, el usuario puede programar de manera manual una dosificación para una fecha y hora específicas.

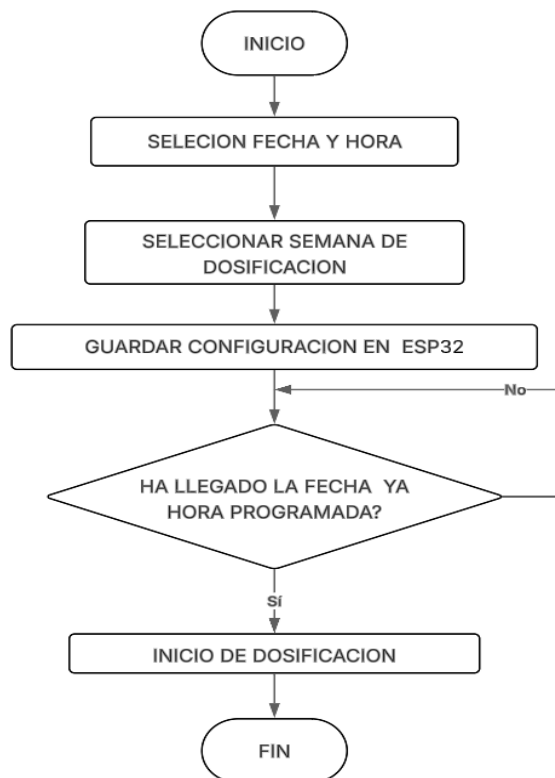
**Figura 25.** Vista Opción #4 correspondiente a la configuración de fecha de dosificación.



En la **Figura 25**, se permite visualizar en la pantalla del dispositivo la fecha y la hora en que se ejecutará una futura dosificación. La información principal se presenta en números grandes de color verde brillante sobre fondo negro, lo que otorga un contraste fuerte que asegura una lectura inmediata. El encabezado aparece en blanco, acompañado de una línea azul que lo separa del contenido principal, manteniendo la uniformidad gráfica del sistema. En la parte inferior se incluye la instrucción “Presione SELECT para volver”, lo que refleja nuevamente la simplicidad en la interacción.

- En cuanto al funcionamiento: El usuario selecciona el día en que desea realizar la dosificación, elige una de las cinco opciones disponibles y establece la hora exacta en la que quiere que se ejecute el proceso. Toda esta información queda almacenada en la memoria EEPROM del microcontrolador ESP 32, garantizando que, al llegar la fecha y hora programadas, el sistema inicie automáticamente la dosificación de acuerdo con lo configurado. A continuación, se observa por medio de un diagrama de flujo correspondiente a la **Figura 26**, el funcionamiento de esta opción del sistema:

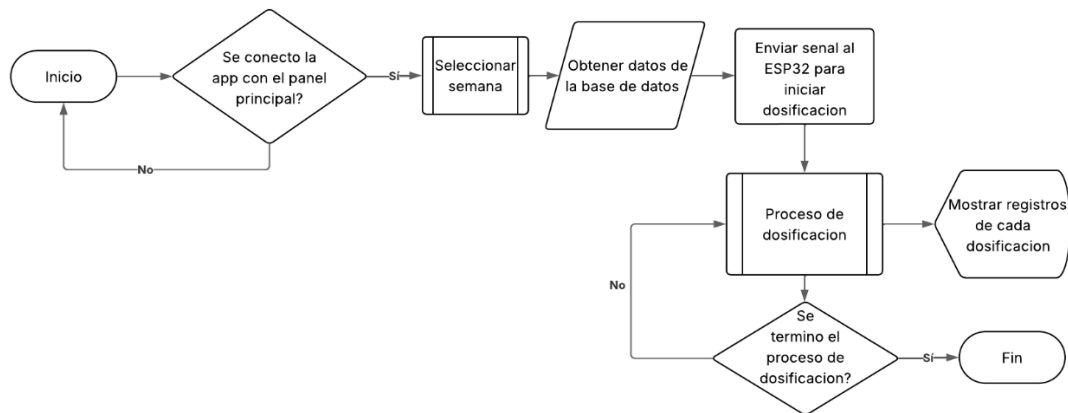
**Figura 26.** Diagrama de flujo de la configuración de la fecha del sistema para una dosificación semanal.



### 8.3 SOFTWARE DE LA APLICACIÓN

El sistema inicia con la aplicación móvil, la cual primero debe establecer conexión con el panel principal. Si la conexión no se logra, el proceso no puede continuar y se retorna al punto inicial hasta que el vínculo sea exitoso. Una vez asegurada la conexión, el usuario procede a seleccionar la semana de dosificación que desea programar. Con base en esa selección, la aplicación consulta la información almacenada en la base de datos y la utiliza para generar una señal que se envía directamente al ESP32, encargado de poner en marcha el proceso de dosificación. Al iniciarse la dosificación, se ejecutan las acciones necesarias para suministrar las cantidades programadas y, de manera paralela, se registran los datos de cada operación para que el usuario pueda visualizarlos como se observa en el diagrama de la **Figura 27**. Durante este ciclo, el sistema valida constantemente si la dosificación ha finalizado. En caso de que aún no haya concluido, se mantiene en ejecución hasta completarla; cuando finalmente termina, el procedimiento se cierra de forma ordenada, garantizando tanto el cumplimiento del objetivo como el almacenamiento de la información correspondiente.

**Figura 27.** Diagrama de flujo que describe el funcionamiento del sistema.



La realización de la aplicación móvil implicó el uso del lenguaje TypeScript haciendo uso de librerías que facilitan la creación de las funcionalidades implementadas, uso de calendarios y uso de bases de datos con la librería SQLite haciendo uso de lenguaje SQL para manejo y gestión de estos datos, el funcionamiento de la aplicación se basa en el uso de la conexión WebSocket con el panel principal para permitir la comunicación bidireccional entre ambos dispositivos permitiendo el envío y recepción de información en tiempo real, es importante resaltar que esta información se guardará en una base de datos estructurada para que haya persistencia de información de usuario permitiendo así generar reportes y posterior observación de manera detallada de esa información guardada, para realizar el funcionamiento óptimo de la aplicación móvil se utilizaron las siguientes librerías:

- **Expo SQLite:** Esta librería es fundamental para la gestión de datos locales, permite que la aplicación almacene información estructurada directamente en el dispositivo del usuario utilizando una base de datos SQLite. Esto es crucial para un funcionamiento eficiente sin conexión a internet, ya que el prototipo fue diseñado pensando en un funcionamiento donde no haya red, además esto permite a la aplicación guardar datos de forma persistente y recuperarlos cuando sea necesario.
- **Expo Notifications:** Simplifica el manejo de notificaciones en Android e iOS. Permite que la aplicación programe y envíe notificaciones locales y notificaciones push. Esta capacidad es vital para mantener al usuario informado sobre eventos en cuanto al prototipo importantes, como una dosificación realizada mientras se esté conectado al panel principal.
- **Expo Task Manager:** Actúa como un gestor de tareas que pueden ejecutarse en segundo plano. Esto es especialmente útil para procesos que deben completarse de manera confiable, como la sincronización de datos con un servidor o el procesamiento de información, incluso si el usuario ha cerrado la aplicación. Esta librería asegura que las tareas críticas no se interrumpan y se ejecuten según lo programado, lo que contribuye a la fiabilidad de la aplicación.
- **React native datetime picker:** Permite la selección de forma nativa de una fecha para la programación de eventos, o fechas importantes.

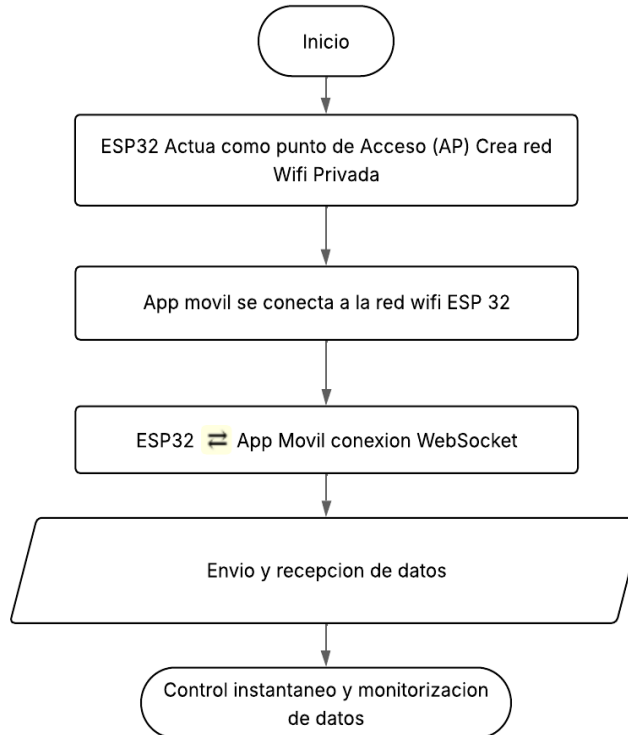
Es importante tener en cuenta que el desarrollo fue llevado a cabo en el entorno de desarrollo integrado Visual Studio Code IDE, al ser un entorno tan completo por ofrecer herramientas avanzadas para el desarrollo, prueba y depuración de aplicaciones y utilizando Android Studio al contar con emuladores de diferentes tipos, gestor de dependencias y soportes para diferentes servicios

### 8.3.1 Conexión de la app y el panel principal

Para establecer una comunicación fluida y eficiente, se optó por una estrategia de red local. El ESP32 actúa como un punto de acceso (AP), creando su propia red Wi-Fi privada a la que se conecta directamente la aplicación móvil.

Una vez establecida esta conexión, se utiliza el protocolo WebSocket para gestionar el intercambio de datos. Este método es ideal porque permite una comunicación bidireccional y en tiempo real, creando un canal persistente entre el ESP32 y la aplicación. Esto significa que ambos dispositivos pueden enviar y recibir información de manera simultánea y constante, lo que es perfecto para el control instantáneo y la monitorización de datos, como se observa en la **Figura 28**:

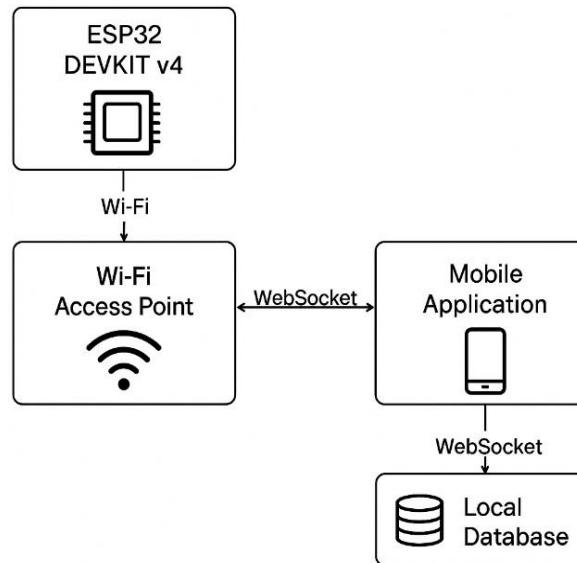
**Figura 28.** Diagrama de flujo comunicación entre dispositivos.



Para que el prototipo funcione, el flujo de comunicación entre el **ESP32 DEVKIT v4** y la aplicación móvil es fundamental. El ESP32, un microcontrolador con capacidades de IoT, se configura como un **punto de acceso (AP)**, creando una red Wi-Fi local a la cual la aplicación móvil del usuario se conecta directamente. Una vez que la aplicación está conectada a la red del ESP32, se establece un canal de comunicación bidireccional mediante el protocolo **WebSocket**. A diferencia de las solicitudes HTTP tradicionales (que son unidireccionales), WebSockets permiten que el ESP32 y la aplicación móvil se envíen y reciban información de forma simultánea y en tiempo real.

En la **Figura 29** muestra un diagrama de bloques en donde la aplicación móvil desempeña un papel importante como la interfaz del usuario, controlando el prototipo y recibiendo sus registros. Para obtener estos datos, la aplicación realiza peticiones al servidor WebSocket en el ESP32. Como la mayor parte del intercambio de información es para obtener datos, se utilizarían principalmente mensajes para solicitar y recibir los registros, los cuales se almacenan en la base de datos local del telefono móvil.

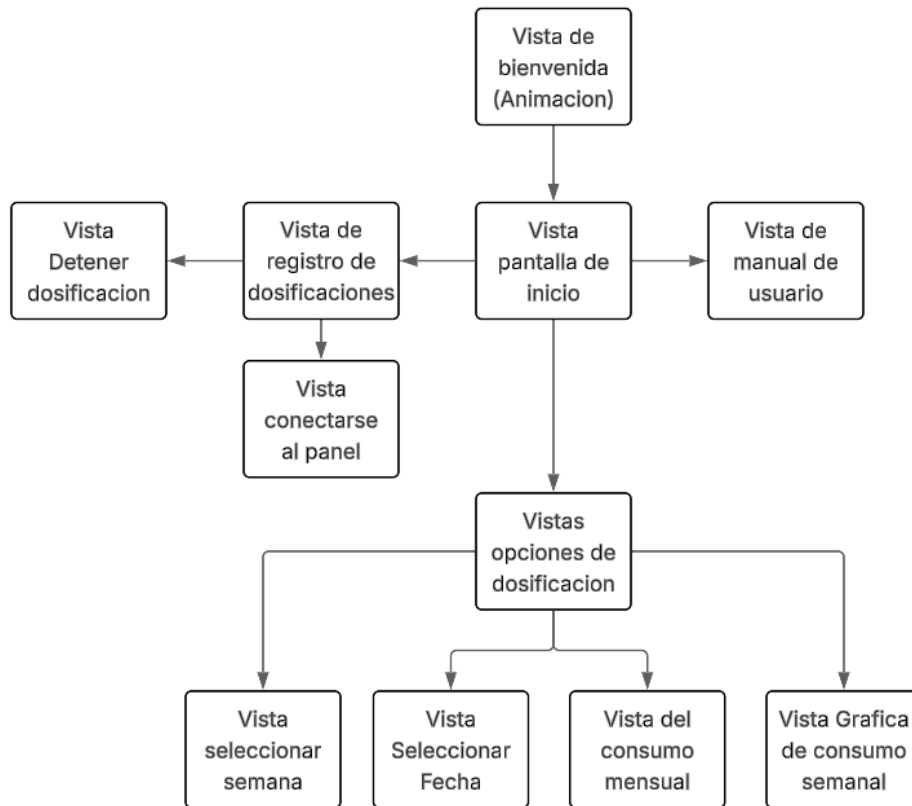
**Figura 29.** Diagrama del funcionamiento de la aplicación con la base de datos.



### 8.3.2 Vistas de la interfaz gráfica (APLICACIÓN MÓVIL)

Para el desarrollo visual de la aplicación móvil se utilizó la librería **Gifted Charts**, la cual brindó la posibilidad de representar datos mediante gráficos dinámicos, atractivos y personalizables, permitiendo que la información relevante fuera interpretada de una manera más clara, sencilla y visualmente comprensible para el usuario. Esta herramienta no solo mejoró la presentación de las variables clave, sino que también aportó un valor agregado en términos de estética y funcionalidad dentro de la interfaz. De manera complementaria, se implementó **React Navigation**, encargada de gestionar la navegación entre las diferentes vistas de la aplicación, ofreciendo un desplazamiento fluido, ordenado e intuitivo que facilitó la interacción del usuario con los distintos apartados del sistema. La integración de estas dos librerías resultó esencial, ya que no solo optimiza la experiencia visual y el acceso a los datos, sino que también reforzó la usabilidad, la interactividad y la satisfacción general del usuario al interactuar con la aplicación. De tal manera se presenta A continuación un diagrama de flujo de la **Figura 30**, cómo se observan las vistas en la aplicación móvil:

**Figura 30.** Vistas de la aplicación móvil.



Las vistas de la interfaz visual de la aplicación se basan en las necesidades del usuario para conectarse con el sistema principal brindando control total del prototipo e información completa en cuanto al uso de este.

El diseño de la interfaz gráfica se desarrolló teniendo en cuenta que la app debe ser intuitiva y dinámica para el usuario.

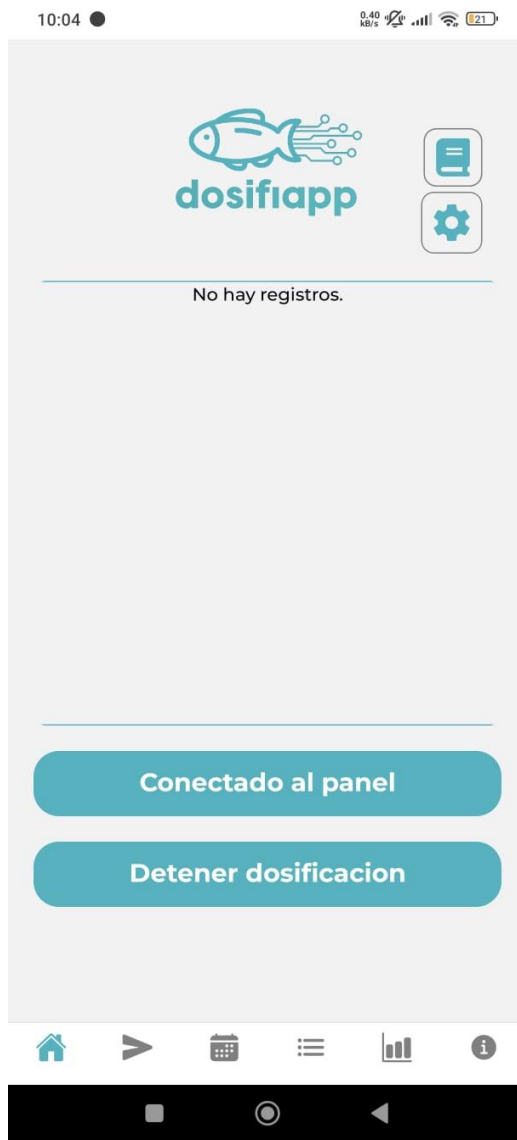
En la **Figura 31** se observa que la pantalla está compuesta por una animación la cual dura cinco segundos de duración, la animación presenta una ilustración vectorial de un pez de forma circular, con un cuerpo de color naranja y manchas amarillas distribuidas en su superficie. El fondo está compuesto por un gradiente de tonos azules que representan el agua, acompañado de ondas superpuestas que generan una sensación de movimiento y profundidad. El estilo visual es minimalista y de colores planos haciendo referencia al propósito y objetivo de la app que permite dosificar alimentos para peces de cría.

**Figura 31.** Vista de inicio de la aplicación, animación de inicio.



La **Figura 32** muestra la interfaz principal de la aplicación DosifiApp, diseñada para la gestión y control de procesos de dosificación. En la parte superior se observa el logotipo de la aplicación, acompañado de dos iconos laterales que corresponden a las secciones de registros e interfaz de configuración. En el centro de la pantalla se indica el mensaje “No hay registros.”, lo que refleja la ausencia de datos almacenados en ese momento. En la parte inferior destacan dos botones principales: “Conectado al panel”, que confirma la vinculación activa con el panel principal, y “Detener dosificación”, que permite al usuario interrumpir el proceso en curso. Finalmente, en la franja inferior se dispone una barra de navegación con accesos directos representados por iconos, entre ellos: inició, control de ejecución, calendario, listado de registros, gráfica de consumo e información general.

**Figura 32.** Vista de la opción “Home” sin registros.



La **Figura 33** muestra la pantalla principal de la aplicación DosifiApp cuando existen registros almacenados. En la parte central se listan las entradas correspondientes a procesos de dosificación, indicando de manera estructurada la fecha, hora, semana y cantidad suministrada en kilogramos. Cada registro cuenta con un botón de eliminación identificado con un ícono rojo en forma de “X”, que permite al usuario gestionar y depurar la información registrada. Debajo de la lista se encuentran tres botones de acción: “Eliminar registros” en color rojo, destinado a borrar múltiples entradas; “Conectado al panel”, que confirma la vinculación activa con el sistema de control; y “Detener dosificación”, para interrumpir un proceso en ejecución. La parte

inferior de la interfaz conserva la barra de navegación con accesos rápidos representados por íconos, lo que facilita la usabilidad y organización dentro de la aplicación.

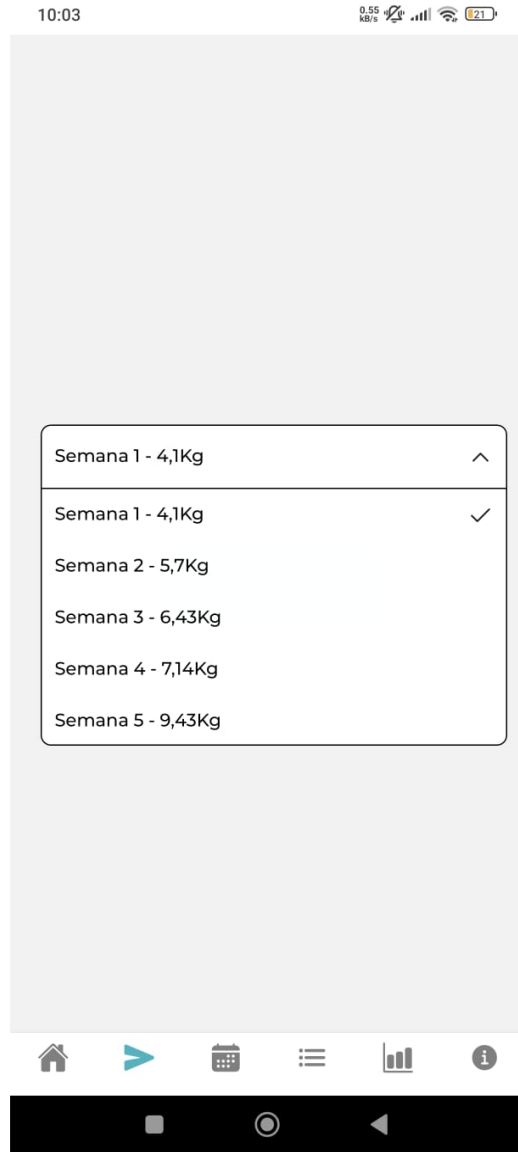
**Figura 33.** Vista de la opción “Home” con registros.



La **Figura 34** corresponde a una sección de la aplicación DosiFiApp en la cual el usuario puede seleccionar el registro de consumo de alimentos por semanas. En el centro de la pantalla se despliega un menú desplegable que muestra las semanas disponibles junto con el peso total dosificado en kilogramos: desde la Semana 1 con 4,1 kg hasta la Semana 5 con 9,43 kg. El diseño minimalista permite una selección rápida y clara, resaltando con un visto el valor elegido. En la parte inferior se mantiene la barra de navegación de la aplicación, con accesos directos representados por íconos de inicio, ejecución, calendario, registros e información.

Esta interfaz facilita el seguimiento semanal del consumo y permite al usuario identificar de manera ordenada la evolución del proceso de dosificación.

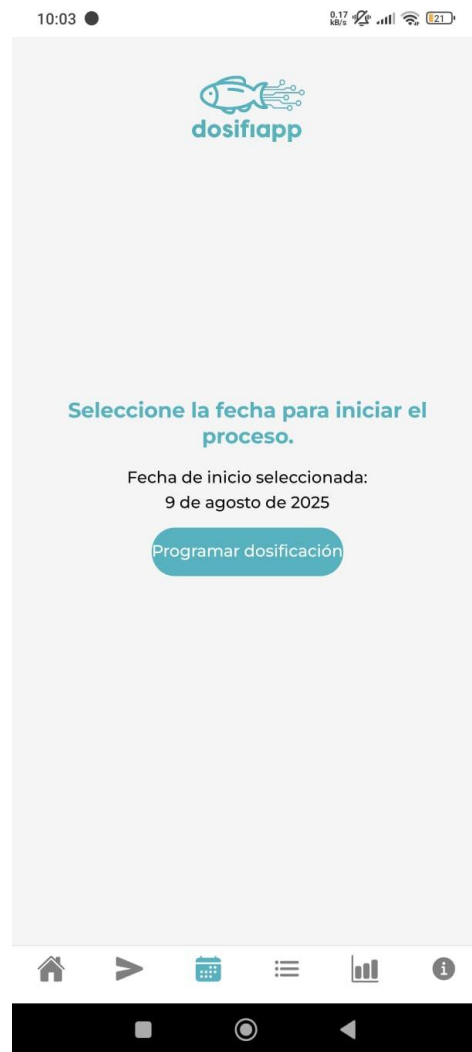
**Figura 34.** Vista de la opción “seleccionar Semana”.



La **Figura 35** presenta la interfaz de DosifiApp en la sección destinada a la programación de procesos de dosificación. En el centro de la pantalla se muestra el mensaje “Seleccione la fecha para iniciar el proceso”, seguido de la fecha de inicio seleccionada —en este caso, *9 de agosto de 2025*. Justo debajo aparece el botón “Programar dosificación”, que permite confirmar y registrar la fecha elegida en el calendario del sistema. El diseño mantiene la simplicidad visual característica de la aplicación, con tipografía clara y botones resaltados en color azul para facilitar la

interacción. En la parte inferior se encuentra la barra de navegación con accesos rápidos a inicio, ejecución, calendario, registros e información general, garantizando una experiencia de usuario ordenada e intuitiva.

**Figura 35.** Vista de la opción “PROGRAMAR DOSIFICACION”.



La **Figura 36** corresponde al módulo de **configuración de fecha y hora del panel** dentro de la aplicación. En ella, el usuario puede seleccionar de manera manual el día, mes, año, hora y minutos a través de un sistema de selección tipo carrusel, lo que garantiza precisión en el ajuste temporal del dispositivo. En la parte superior se indica la función principal de la ventana (“Configurar fecha y hora del panel”), mientras que en la parte inferior se dispone de un botón destacado con la opción Enviar fecha y hora, que permite aplicar y sincronizar los valores establecidos con

el sistema. Esta interfaz ofrece un diseño minimalista y claro, orientado a facilitar la configuración temporal esencial para el correcto funcionamiento del proceso de dosificación y registro de eventos.

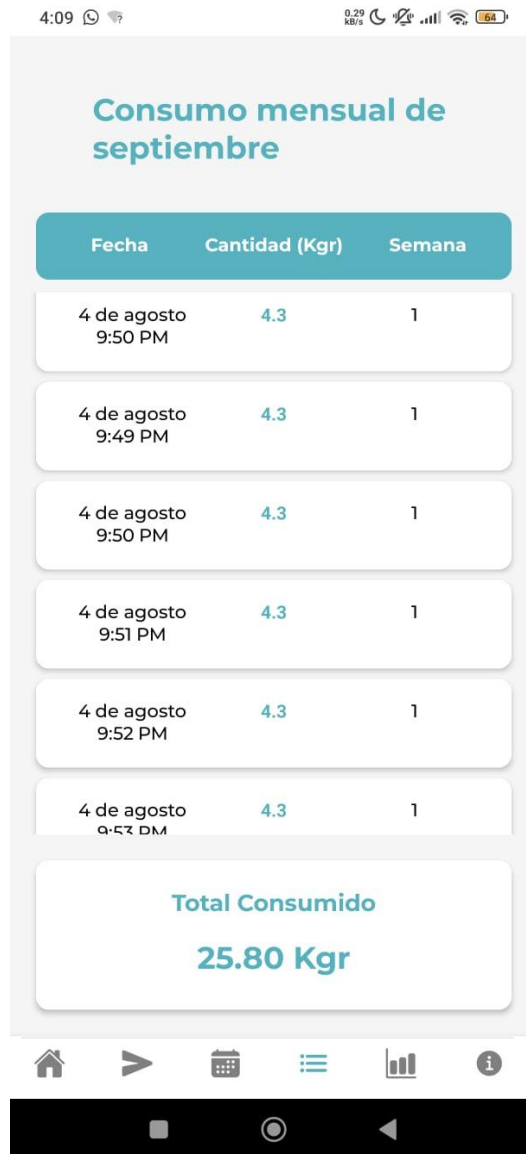
**Figura 36.** Vista de la opción “Configuración”.

The image shows a mobile application interface for configuring the date and time. At the top, there is a status bar with the time 1:01, signal strength, and battery level at 84%. Below the status bar, the title "Configuración" is displayed in teal, followed by a close button (X). The subtitle "Configurar fecha y hora del panel" is centered. The date picker is set to 04 / 09 / 2025, and the time picker is set to 14 : 01. A teal button labeled "Enviar fecha y hora" is positioned at the bottom of the configuration area. The bottom of the screen shows the standard Android navigation bar.

La **Figura 37** interfaz corresponde al módulo de reporte de consumo mensual, en este caso del mes de septiembre. Se presenta en forma de tabla con tres columnas principales: *Fecha*, *Cantidad (Kgr)* y *Semana*, donde se listan los registros históricos de consumo, especificando la hora exacta y la cantidad dosificada (4,3 kg en cada evento). Al final del listado, la aplicación resume de manera automática el consumo total acumulado, mostrando en un recuadro destacado el valor de 25,80 Kgr. Este

diseño permite al usuario realizar un seguimiento claro y ordenado del uso de insumos en un periodo determinado, facilitando el análisis y control de la eficiencia del sistema de dosificación.

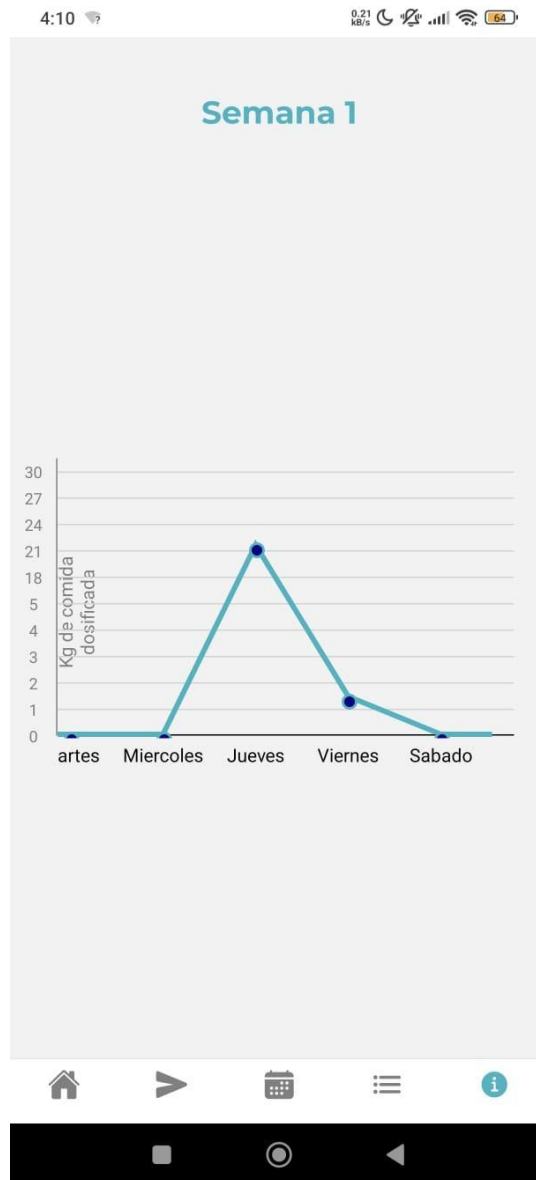
**Figura 37.** Vista de la opción “Consumo mensual”.



La **Figura 38** corresponde al módulo de visualización gráfica semanal, en este caso de la *Semana 1*. Se presenta un gráfico de líneas que muestra la cantidad de kilogramos promedio dosificados por día, permitiendo identificar el comportamiento y distribución del consumo a lo largo de la semana. En el ejemplo, se observa un pico de dosificación el día jueves, mientras que martes, viernes y sábado presentan valores bajos o nulos. Este tipo de representación visual facilita el análisis

comparativo de los patrones de dosificación, apoyando la toma de decisiones y la optimización del proceso mediante la detección de tendencias y posibles anomalías.

**Figura 38.** Vista de la opción “Gráfica de consumo”.



### 8.3.3 Controladores de la aplicación

Los controladores de la aplicación móvil **Dosifiapp** se diseñaron bajo un enfoque modular por tareas, garantizando la separación de responsabilidades y facilitando tanto el mantenimiento como la escalabilidad del sistema. Cada controlador cumple una función específica dentro del flujo de operación de la aplicación, permitiendo la interacción entre el usuario, la interfaz y el prototipo físico basado en ESP32.

- **Controlador de Conexión**

El controlador de conexión, también conocido como *WebSocket Controller*, tiene como función principal establecer, validar y mantener la comunicación entre la aplicación y el panel principal. Para lograrlo, gestiona la creación de una red Wi-Fi privada en la cual el ESP32 actúa como punto de acceso, e inicializa un canal WebSocket que asegura la comunicación bidireccional en tiempo real. Además, este controlador implementa verificaciones constantes del estado de la conexión, reintentos automáticos en caso de fallos y el cierre ordenado de la sesión cuando el usuario finaliza la dosificación, como se muestra a continuación en la **Figura 39**.

**Figura 39.** Diagrama de flujo del controlador de la conexión ESP32 y Aplicación móvil por WebSocket.



- **Controlador de Programación y Calendario**

El controlador de programación y calendario se encarga de administrar la selección de fechas y semanas de dosificación, garantizando que el usuario configure correctamente los parámetros del proceso. Para ello, hace uso de la librería *React Native Datetime Picker*, que facilita una interacción simple e intuitiva. Asimismo, valida que exista una conexión activa antes de permitir la programación, almacena las configuraciones en la base de datos local mediante SQLite y envía las instrucciones correspondientes al ESP32 para dar inicio a la dosificación.

- **Controlador de Procesos de Dosificación**

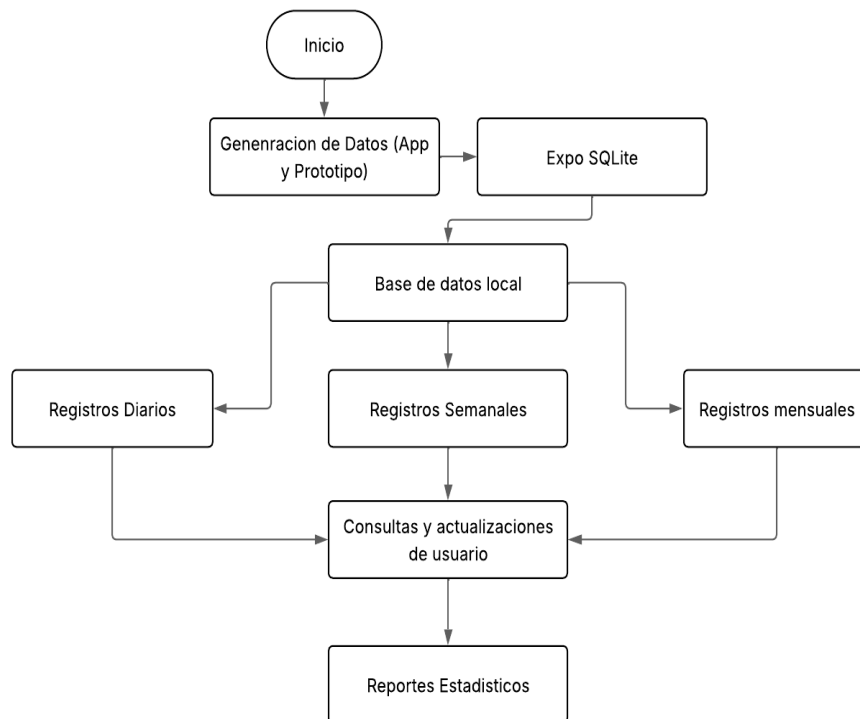
El controlador de procesos de dosificación centraliza la lógica relacionada con el inicio, seguimiento y finalización de cada ciclo de alimentación. A través de este componente, la aplicación envía órdenes al ESP32 para liberar alimento y registra en tiempo real la cantidad suministrada. También verifica constantemente el estado del proceso, identificando si se encuentra en

ejecución, pausado o finalizado, y notifica al usuario sobre eventos relevantes mediante *Expo Notifications*, como por ejemplo el aviso de “dosificación completada”.

- **Controlador de Registros y Base de Datos**

En la **Figura 40**, el controlador de registros y base de datos se ocupa de la gestión de la información persistente generada tanto por la aplicación como por el prototipo. Para este fin, se implementa *Expo SQLite*, que permite la creación y mantenimiento de una base de datos local. Este controlador organiza y almacena registros diarios, semanales y mensuales de dosificación, los cuales pueden ser consultados, actualizados y utilizados para generar reportes estadísticos que facilitan la toma de decisiones por parte del usuario.

**Figura 40.** Diagrama de flujo del controlador de registros y base de datos del sistema con Expo SQLite.



- **Controlador de Visualización Gráfica**

El controlador de visualización gráfica se orienta a presentar la información de manera clara y comprensible. Para lograrlo, se utiliza la librería *Gifted Charts*, que permite generar gráficos dinámicos de barras para representar consumos semanales y tablas para mostrar registros mensuales. Este

controlador está directamente enlazado con la base de datos local, garantizando que los datos visualizados corresponden siempre a la información más reciente.

- **Controlador de Navegación e Interfaz**

Finalmente, el controlador de navegación e interfaz coordina la transición entre pantallas y la interacción del usuario con la aplicación. Se implementa *React Navigation* para la gestión de vistas, incluyendo una animación inicial de bienvenida (*splash screen*) y accesos rápidos mediante una barra de navegación inferior. Este controlador también administra los estados visuales de la interfaz, resaltando la sección activa (inicio, ejecutar, calendario, registros o información) para ofrecer una experiencia más intuitiva y ordenada

## 8.4 Diseño de la tolva

En este proyecto, la tolva se integra con un sistema controlado por el microcontrolador ESP32, el cual gestiona la apertura del servomotor encargado de liberar porciones exactas de alimento a intervalos determinados. Por tanto, el diseño de la tolva se concibe en función de los requerimientos del sistema electrónico y de la naturaleza física del alimento utilizado. En este sentido, se buscó obtener una forma que facilitara el flujo gravitacional del alimento, minimizando obstrucciones, pérdidas o acumulaciones, y asegurando una sincronización adecuada con el mecanismo de dosificación controlado por el microcontrolador **ESP32**.

### 8.4.1 Criterios de diseño

El diseño de la tolva se estableció tomando en cuenta varios factores técnicos que determinan su funcionalidad y eficiencia:

- **Capacidad de almacenamiento:**

La tolva fue dimensionada para contener la cantidad de alimento suficiente para un ciclo completo de siete dosificaciones, equivalente a una semana de operación continua sin necesidad de recarga. Este parámetro se definió de acuerdo con las necesidades del sistema y la programación establecida en el módulo RTC, que ejecuta una dosificación cada 24 horas.

- **Geometría y forma estructural:**

Se adoptó una geometría troncocónica, lo cual permite aprovechar el flujo por gravedad y dirigir el alimento hacia la zona de descarga de manera natural. La inclinación de las paredes laterales fue ajustada para evitar zonas muertas o acumulación de partículas, optimizando el vaciado del contenido durante cada ciclo de dosificación.

- **Compatibilidad con el sistema de dosificación:**

En la parte inferior se realizó una **reforma estructural**, adaptando la salida de la tolva para asegurar una descarga constante y uniforme del alimento al

momento de la activación del servomotor. Esta modificación permitió controlar con precisión el flujo, evitando bloqueos o atascos en la compuerta de salida.

#### 8.4.2 Descripción física

En la **Figura 41** se observa la tolva empleada en el sistema automatizado de dosificación de alimentos. Este componente fue elaborado a partir de un recipiente de plástico reforzado, seleccionado por su resistencia mecánica, bajo peso y compatibilidad con alimentos secos. El uso de este material permite mantener la estructura libre de corrosión, facilita la limpieza y garantiza una adecuada durabilidad ante las condiciones ambientales de operación.

La tolva presenta una geometría troncocónica invertida, cuya forma favorece el flujo gravitacional del alimento hacia el conducto de salida. Las paredes internas son lisas y ligeramente texturizadas en el exterior para aportar rigidez estructural sin comprometer la funcionalidad. En la parte inferior, se observa una modificación estructural realizada para integrar un tubo de PVC negro que actúa como canal de descarga. Esta sección fue reforzada y sellada para evitar fugas del alimento y permitir un flujo continuo y uniforme durante cada ciclo de dosificación. El acople entre la tolva y el tubo fue asegurado mediante adhesivos y tornillería de fijación, garantizando una unión estable y hermética.

**Figura 41.** Tolva de plástico reforzado utilizada en el sistema automatizado de dosificación de alimentos.



El conducto inferior fue diseñado con un diámetro que permite un paso adecuado del alimento sin obstrucciones, mientras que su longitud facilita el acoplamiento directo con el servomotor encargado de controlar la compuerta de salida. Este

servomotor recibe las señales del microcontrolador ESP32, que determina los tiempos exactos de apertura y cierre durante la dosificación.

**Figura 42.** Apertura del servo motor para la dosificación de alimentos.



### 8.4.3 Capacidad de la Tolva

Para estimar la capacidad de la tolva se consideró su geometría troncocónica. El volumen total se determinó mediante la ecuación:

$$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + Rr + r^2)$$

donde:

- $V$ = volumen de la tolva,
- $h$ = altura del cuerpo troncocónico,
- $R$ = radio superior,
- $r$ = radio inferior.

**Cálculo volumétrico.** La tolva se modela geoméricamente como un tronco de cono con altura  $h = 40$  cm, radio superior  $R = 18$  cm y radio inferior  $r = 10$  cm. Aplicando la expresión del volumen de un tronco de cono:

$$V = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + Rr + r^2),$$

se obtiene:

$$R^2 = 324, r^2 = 100, Rr = 180 \Rightarrow R^2 + Rr + r^2 = 604.$$

Con  $h(R^2 + Rr + r^2) = 40 \cdot 604 = 24160$ , y luego multiplicando por  $\pi/3$ , el volumen calculado es  $V \approx 25\,300,29\text{cm}^3$ , es decir, aproximadamente 25,30 L. Considerando un uso operativo del 90 % del volumen para evitar sobrellenado y zonas muertas, el volumen útil de la tolva es de aproximadamente 22,77 L.

La tolva se encuentra directamente conectada al servomotor de control, cuya apertura es gestionada por el microcontrolador ESP32 según los intervalos establecidos por el módulo RTC. De este modo, el diseño mecánico se coordinó con la lógica electrónica para asegurar que cada ciclo de apertura proporcione la cantidad exacta de alimento programada.

## 9 ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 9.1 Calibración y tolerancias del sistema de dosificación

Con el fin de evaluar la precisión, repetibilidad y confiabilidad del sistema de dosificación automatizado, se realizaron pruebas experimentales para cada una de las semanas de alimentación establecidas en la guía de dosificación. Para cada semana se efectuaron **ocho mediciones consecutivas**, registrando la masa real de alimento dispensada por el sistema. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 5**.

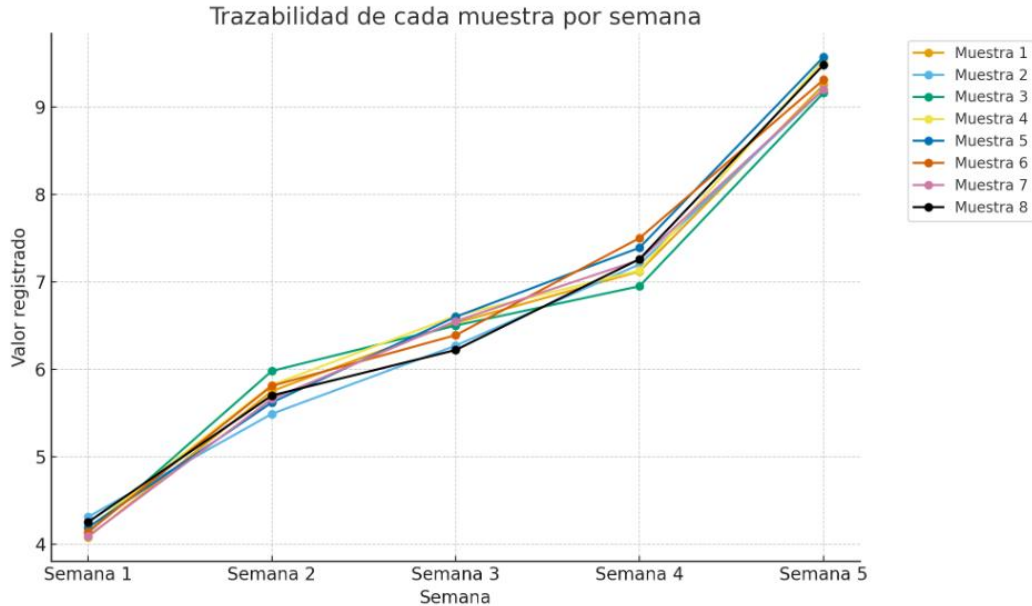
**Tabla 5.** Pruebas del sistema en el proceso de dosificación.

PRUEBAS	Semana 1(kg)	Semana 2(kg)	Semana 3(kg)	Semana 4(kg)	Semana 5(kg)
Muestra 1	4,08	5,75	6,53	7,12	9,25
Muestra 2	4,31	5,49	6,27	7,2	9,2
Muestra 3	4,13	5,98	6,5	6,95	9,16
Muestra 4	4,18	5,82	6,61	7,13	9,53
Muestra 5	4,19	5,62	6,6	7,39	9,57
Muestra 6	4,14	5,81	6,39	7,5	9,31
Muestra 7	4,09	5,66	6,55	7,25	9,2
Muestra 8	4,25	5,7	6,22	7,26	9,48
Promedio	4.17	5.73	6.46	7.23	9.34

Los valores obtenidos se consolidan en la **Tabla 5**, donde se observa que los resultados se mantienen cercanos al umbral o gramaje de referencia previamente establecido. Este comportamiento evidencia la capacidad del prototipo para dosificar de manera consistente, garantizando uniformidad en la cantidad de alimento suministrado y, por ende, asegurando condiciones adecuadas para la validación de su desempeño en un entorno real de aplicación. Al calcular el promedio de los valores por semana, se observa una tendencia creciente en los resultados: en la Semana 1 el promedio fue de 4,17 gr, en la Semana 2 ascendió a 5,73 gr, en la Semana 3 se obtuvo 6,46 gr, en la Semana 4 el valor fue de 7,23 gr y finalmente, en la Semana 5, se alcanzó un promedio de 9,34gr. Este comportamiento progresivo refleja un aumento constante y sostenido de los valores, lo cual confirma no solo la estabilidad del sistema, sino también su capacidad para mantener un patrón de funcionamiento confiable a lo largo del tiempo. La evolución de los promedios permite identificar la trazabilidad del proceso de dosificación, mostrando cómo el prototipo responde de manera uniforme en cada muestra y cómo se consolida una tendencia de mejora continua. Dichos resultados aportan

evidencia cuantitativa que respalda la validez del dispositivo como una herramienta eficaz y confiable para su aplicación en escenarios reales.

**Figura 43.** Visualización Gráfica de los datos obtenidos por las pruebas del sistema.



El comportamiento observado en la gráfica de la **Figura 43** confirma que el sistema de dosificación implementado cumple con los criterios de consistencia y mejora progresiva en el tiempo, lo cual es fundamental para su aplicación en procesos de piscicultura. El incremento gradual de los valores medios semana tras semana evidencia que el prototipo no solo mantiene un desempeño estable, sino que además optimiza la entrega del alimento en función de la programación definida. La baja dispersión reflejada en la desviación estándar indica que el sistema es confiable y reproducible, reduciendo la probabilidad de errores en la dosificación. Estos hallazgos respaldan la pertinencia de la solución tecnológica propuesta, ya que garantizan un suministro más eficiente y controlado, favoreciendo tanto la productividad como la sostenibilidad del cultivo.

En relación con los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales, se realizó un análisis comparativo entre el comportamiento esperado del sistema dosificador y los valores registrados en el estanque. Inicialmente, se estableció como criterio de validación que el prototipo debía mantener un suministro uniforme de alimento, sin presentar variaciones significativas en el gramaje entregado por semana. Al contrastar los valores registrados en las cinco semanas de prueba con el umbral de referencia, se evidenció que los promedios obtenidos (que oscilaron entre 4,17kg en la primera semana y 9,34kg en la quinta semana) siguieron una progresión ascendente y controlada, reflejando el crecimiento esperado en la dosificación según la programación establecida.

De igual manera, el sistema de comunicación entre la aplicación móvil y el dispositivo respondió de forma óptima, cumpliendo con la expectativa de mantener una conexión estable, sin fallas ni interrupciones. Este desempeño coincidió plenamente con los objetivos planteados en la fase de diseño, ya que se anticipa que el sistema debía integrar tanto la correcta ejecución del hardware como la interacción fluida con el software de control.

### 9.1.1 Cálculo del error absoluto por semana

El error absoluto se define como la diferencia entre el valor teórico de dosificación y el valor promedio obtenido experimentalmente:

$$E_a = | m_{teórico} - m_{promedio} |$$

Los valores teóricos, tomados de la guía de dosificación de la **Tabla 5**, se presentan A continuación:

**Tabla 6.** Error absoluto por semana.

<b>Semana</b>	<b>Valor teórico (kg)</b>	<b>Promedio medido (kg)</b>	<b>Error absoluto (kg)</b>
1	4.29	4.17	0.12
2	5.71	5.73	0.02
3	6.43	6.46	0.03
4	7.14	7.23	0.09
5	9.43	9.34	0.09

### 9.1.2 Cálculo del error porcentual (tolerancia) por semana

El error porcentual se calcula mediante:

$$E_r(\%) = \frac{E_a}{m_{teórico}} \times 100$$

**Tabla 7.** Error porcentual por semana.

Semana	Error absoluto ( $E_a$ ) (kg)	Error porcentual ( $E_p$ ) (%)
1	0.12	2.80 %
2	0.02	0.35 %
3	0.03	0.47 %
4	0.09	1.26 %
5	0.09	0.95 %

### 9.1.3 Cálculo del error absoluto general del sistema

El **error absoluto general** permite evaluar el comportamiento global del sistema y se obtiene como el promedio de los errores absolutos de todas las semanas:

$$E_{a,global} = \frac{E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4} + E_{a5}}{5}$$
$$E_{a,global} = \frac{0.12 + 0.02 + 0.03 + 0.09 + 0.09}{5} = 0.07Kg$$

Esto indica que, en promedio, el sistema presenta una desviación absoluta de **70 gramos** respecto al valor programado.

### 9.1.4 Cálculo de la tolerancia global del sistema

Para obtener una tolerancia representativa del sistema completo, se calcula el promedio del error porcentual:

$$E_{r,global} = \frac{2.80 + 0.35 + 0.47 + 1.26 + 0.95}{5} = 1.17\%$$

## 9.2 Análisis estadístico avanzado del desempeño del sistema de dosificación

Si bien el análisis inicial del sistema de dosificación se basó en promedios y desviación estándar para verificar la consistencia de los resultados, resulta

necesario incorporar un análisis estadístico más profundo que permita validar cuantitativamente el desempeño del prototipo. Este análisis tiene como objetivo evaluar no solo la tendencia central de los datos, sino también su dispersión, estabilidad, confiabilidad y concordancia estadística con los valores teóricos establecidos en la etapa de diseño.

Para ello, se emplearon herramientas estadísticas descriptivas e inferenciales, tales como desviación estándar, coeficiente de variación, intervalos de confianza y comparación estadística con valores teóricos, permitiendo una evaluación integral del sistema.

### 9.2.1 Descripción del conjunto de datos

El análisis estadístico se realizó a partir de los datos experimentales obtenidos en cinco semanas de prueba, correspondientes a diferentes niveles de dosificación de alimento. Para cada semana se registraron **ocho mediciones independientes**, obtenidas bajo condiciones similares de operación como se observa en la **Tabla 5**, lo que permite asumir homogeneidad en el proceso de medición y garantizar la validez del análisis estadístico.

- **Media aritmética**

La media aritmética representa el valor promedio de alimento dispensado por el sistema y se calculó para cada semana como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Este valor fue utilizado como referencia principal para comparar el desempeño real del sistema frente a los valores teóricos definidos en la guía de dosificación.

- **Desviación estándar**

La desviación estándar permite evaluar el grado de dispersión de los datos respecto a la media y se calculó mediante:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Valores bajos de desviación estándar indican que las mediciones se concentran alrededor del promedio, lo cual es deseable en sistemas automatizados de dosificación.

- **Coefficiente de variación**

Para facilitar la comparación entre semanas con diferentes magnitudes de dosificación, se utilizó el coeficiente de variación (CV), definido como:

$$CV(\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$$

- El coeficiente de variación permite evaluar la **variabilidad relativa del sistema**, independientemente de la cantidad total de alimento dispensada.

**Tabla 8.** Medidas estadísticas descriptivas por semana.

Semana	Media (kg)	Desviación estándar (kg)	Coefficiente de variación (%)
1	4.17	0.08	1.92
2	5.73	0.16	2.79
3	6.46	0.14	2.17
4	7.23	0.17	2.35
5	9.34	0.17	1.82

Los resultados evidencian que el coeficiente de variación se mantiene por debajo del 3 % en todas las semanas, lo que indica una baja variabilidad relativa y una alta repetibilidad del sistema de dosificación.

### 9.2.2 Análisis inferencial mediante intervalos de confianza

Con el fin de estimar el rango dentro del cual se encuentra la media poblacional real del sistema, se calcularon **intervalos de confianza al 95 %**, asumiendo una distribución aproximadamente normal de los datos y un tamaño de muestra reducido ( $n = 8$ ), razón por la cual se utilizó la distribución **t de Student**.

El intervalo de confianza se calculó como:

$$IC = \bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

**Tabla 9.** Intervalos de confianza al 95 % por semana.

<b>Semana</b>	<b>Media (kg)</b>	<b>Intervalo de confianza (kg)</b>
1	4.17	[4.10; 4.24]
2	5.73	[5.59; 5.87]
3	6.46	[6.34; 6.58]
4	7.23	[7.09; 7.37]
5	9.34	[9.20; 9.48]

Al comparar los valores teóricos de dosificación con los intervalos de confianza obtenidos, se observa que en todos los casos el valor teórico se encuentra dentro del intervalo calculado, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la dosificación esperada y la dosificación real del sistema. Este resultado valida estadísticamente la calibración del prototipo y confirma que el sistema cumple con los parámetros de diseño establecidos.

El análisis estadístico avanzado confirma que el sistema de dosificación automatizado presenta alta precisión, repetibilidad y confiabilidad, respaldadas por indicadores cuantitativos robustos. La combinación de medidas descriptivas e inferenciales permite afirmar que el prototipo cumple satisfactoriamente con los requerimientos técnicos de un sistema de alimentación automatizada para piscicultura, validando su implementación bajo un entorno IoT.

### 9.3 Pruebas de campo

Se llevó a cabo una prueba de campo en conjunto con la empresa AGORSIMAYA S.A.S, la cual permitió validar el funcionamiento del prototipo en un entorno real de cultivo como se observa en la **Figura 44**.

**Figura 44.** Colaboración de la empresa AGORSIYAMA S.A.S para el desarrollo de la prueba de campo.



Esta colaboración resultó fundamental para corroborar la fiabilidad del sistema en condiciones prácticas, así como para obtener retroalimentación directa por parte de la organización con experiencia en el sector acuícola, fortaleciendo de esta manera la pertinencia y aplicabilidad del proyecto, en la **Figura 45** se observa la prueba de campo realizada en el estanque de peces de criadero.

**Figura 45.** Prueba de campo en criadero AGROSIYAMA.



El proyecto de investigación titulado **“Sistema de Dosificación de Alimento Automatizado para Peces de Cultivo bajo un Ambiente IoT”** ha sido **aceptado de manera satisfactoria** por la institución correspondiente, la cual brindó un apoyo fundamental para la ejecución de esta propuesta, facilitando tanto la **prestación de las piscinas de cultivo** como la **colaboración en el proceso de construcción e implementación del sistema**. Este respaldo institucional no solo fue determinante en la fase práctica del proyecto, sino que también constituye un reconocimiento formal a la pertinencia, viabilidad e impacto de la investigación.

#### **9.4 Carta de Satisfacción del prototipo**

La validación obtenida garantiza que el proyecto cumple con los criterios de calidad establecidos, evidenciando su viabilidad para ser implementado como una herramienta innovadora que contribuye a la optimización de los procesos de alimentación en sistemas de piscicultura. Además, resalta la importancia de integrar tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) en el fortalecimiento de prácticas productivas sostenibles y eficientes, lo cual se traduce en un aporte significativo tanto para la comunidad académica como para el sector productivo.

Es importante destacar que esta aprobación representa un hito dentro del desarrollo investigativo, ya que constituye un respaldo institucional que legitima la continuidad del proyecto hacia sus fases posteriores de ejecución, evaluación y posible implementación en escenarios reales de cultivo. Asimismo, refleja la confianza en la capacidad de innovación y en la aplicabilidad práctica de la solución tecnológica

planteada. En concordancia con lo anterior, y como evidencia documental del proceso, a continuación, se incluye la imagen de la carta oficial mediante la cual se confirma la aceptación del proyecto como se puede corroborar en la **Figura 46**, la cual respalda de manera formal lo descrito anteriormente:

**Figura 46.** Carta de satisfacción del producto.

San José De Cúcuta 11/06/2025

Asunto: constancia de recepción satisfactoria del producto.

Nos permitimos informar que hemos recibido de manera satisfactoria el **SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO AUTOMATIZADO PARA PECES DE CULTIVO BAJO UN AMBIENTE IOT**, cumpliendo con las especificaciones técnicas y funcionales previamente establecidas.

Tras la verificación correspondiente, se constató que el dispositivo se encuentra en óptimas condiciones físicas y operativas, y responde adecuadamente a los requerimientos del proceso de alimentación automatizada en ambientes de cultivo acuícola.

Agradecemos su compromiso, puntualidad y profesionalismo en la entrega de este sistema, el cual representa un avance significativo para la mejora de nuestros procesos productivos.

Sin otro particular nos despedimos cordialmente.

Atentamente,



AGROSIMAYA



Leonardo Giovanni Mejia Kreutzer  
Correo [agrosimaya@gmail.com](mailto:agrosimaya@gmail.com)  
Tel. 3223117717

## 10 COMPARATIVA

Al analizar los antecedentes revisados en el ámbito nacional, se identifica que el proyecto “Diseño e implementación de un sistema dosificador de alimento controlado con plataforma embebida, para tilapia roja monitoreable remotamente” se orienta principalmente al control y monitoreo del proceso de alimentación mediante una plataforma embebida con acceso remoto [18]. Si bien este sistema contribuye a mejorar la gestión en la acuicultura, su funcionamiento depende de una conexión a red para realizar el monitoreo continuo. En contraste, el sistema de dosificación automatizado propuesto en esta tesis permite el registro y control de la información de forma local, evitando la dependencia de una conexión permanente a internet y garantizando su operatividad en entornos con limitaciones de conectividad.

De manera similar, el proyecto “Diseño y construcción de un sistema automático para peces de 200 kilos de capacidad, provisto para energía solar fotovoltaica para granja piscícola” se enfoca en el análisis del mecanismo de distribución de alimento y en el dimensionamiento de un sistema energético basado en energía solar [19]. Aunque este antecedente presenta ventajas en términos de autonomía energética, el sistema desarrollado en esta tesis prioriza la simplicidad de implementación y la reducción de costos operativos, al utilizar la red eléctrica convencional del hogar y prescindir de sistemas fotovoltaicos y almacenamiento en baterías, lo que facilita su adopción en granjas piscícolas de pequeña y mediana escala.

En el ámbito internacional, el proyecto “Diseño de un alimentador automático para peces ornamentales en granjas acuícolas” propone un dispositivo basado en un microcontrolador, sensores y una fuente de alimentación interna, con el objetivo de reducir la intervención humana en el proceso de alimentación [20]. Aunque este sistema comparte similitudes con el proyecto propuesto en cuanto a la automatización del suministro de alimento, el prototipo desarrollado en esta tesis se diferencia por su diseño adaptable de la tolva, lo que permite ajustar la cantidad de alimento suministrado según las necesidades del cultivo y el tamaño de la piscina. Por otra parte, el antecedente “Implementación de un prototipo dispensador automático para animales domésticos controlado por una aplicación móvil” se centra en la alimentación automatizada de mascotas mediante el uso de aplicaciones móviles y conectividad permanente [21]. A diferencia de este enfoque, el sistema planteado en esta tesis no depende exclusivamente de aplicaciones móviles externas para su funcionamiento, lo que reduce la complejidad del sistema y facilita su uso por parte del usuario final.

Para finalizar, el proyecto “Diseño de un prototipo de control electrónico de alimentación artificial, recopilación de datos de parámetros abióticos y muestreo mediante módulo GPRS para piscigranjas” presenta un sistema integral que combina el control del alimentador con el monitoreo de variables como pH, temperatura y turbidez, utilizando comunicación GPRS [22], [23]. Aunque este enfoque ofrece un alto nivel de control y supervisión, implica mayores costos de implementación y dependencia de redes de comunicación externas. En

comparación, el sistema desarrollado en esta tesis se enfoca en la eficiencia del proceso de dosificación, el almacenamiento local de registros y la facilidad de uso, ofreciendo una solución más económica y adaptable a diferentes contextos de producción piscícola.

## 11 CONCLUSIONES

En el marco de esta investigación se desarrolla un prototipo funcional orientado a la automatización del proceso de dosificación de alimento para peces de cría, cuyo propósito principal es garantizar una administración más eficiente de los recursos y minimizar el desperdicio de alimento, uno de los factores que más inciden en los costos operativos de la piscicultura.

El sistema propuesto incorpora un enfoque innovador basado en la integración de tecnologías del Internet de las Cosas (IoT), lo que permite establecer una conexión directa entre el prototipo y una aplicación móvil. Esta interconexión brinda a los agricultores y piscicultores la posibilidad de supervisar, programar y controlar la dosificación de alimentos en tiempo real desde sus dispositivos móviles, sin necesidad de una intervención manual constante. La implementación de este desarrollo no solo facilita la reducción de pérdidas por sobrealimentación o mala dosificación, sino que también contribuye a mejorar el bienestar de los peces, optimizando su crecimiento y favoreciendo prácticas productivas más sostenibles. Asimismo, el uso de una aplicación conectada al sistema principal fortalece la usabilidad y accesibilidad de la tecnología, permitiendo que sea adoptada fácilmente por productores en diferentes contextos, incluso en aquellos con recursos limitados.

## 12 RECOMENDACIONES

Los resultados de las pruebas realizadas con el prototipo nos permitieron identificar diversos aspectos que pueden optimizarse con el fin de mejorar su desempeño y facilitar su implementación en escenarios reales de cultivo.

Se sugiere implementar un sistema basado en baterías recargables, preferiblemente con opción de carga mediante paneles solares. Esto permitiría garantizar la autonomía del dispositivo ya que la mayoría de estanques se encuentran en zonas rurales con limitaciones de suministro eléctrico y evitaría reinicios abruptos que puedan afectar el correcto funcionamiento de la placa de control y del software de dosificación.

Se recomienda integrar sensores de temperatura tanto en el ambiente como en el agua, con el fin de registrar y monitorear en tiempo real las condiciones térmicas que influyen directamente en el comportamiento alimenticio y en el crecimiento de los peces. Esta mejora permitiría ajustar de manera dinámica la dosificación de alimento según parámetros óptimos de cultivo, favoreciendo el bienestar de los organismos y evitando desperdicios por sobrealimentación en condiciones poco adecuadas. Asimismo, el almacenamiento de estos datos históricos facilita la toma de decisiones por parte de los piscicultores y contribuiría a generar un sistema más completo y orientado a la sostenibilidad productiva.

### 13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FAO, *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*, Roma, 2022.
- [2] M. De La Cruz, "Colombia potencia la vida," GOVCO. [Online]. Available: [https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0e76b48fe0/acuicolas-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0e76b48fe0/acuicolas-(1).aspx). Accessed: Aug. 27, 2023.
- [3] A. Bocek, "Acuicultura," International Center for Aquaculture, Alabama, 2007.
- [4] M. Á. Castro, W. A. Pardo Ortiz, and A. Melo Vega, "Sistema autónomo para registro, control y dosificación de concentrado en la producción de cachama," Corporación Universitaria del Meta, Cartagena, 2018.
- [5] C. S. M. De Menezes, "Automação do manejo alimentar na engorda de tilápias criadas em tanque-rede (tesis de posgrado)," Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- [6] L. F. Collazos-Lasso and J. A. Arias-Castellanos, "Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión," *Orinoquia* [Online], vol. 19, no. 1, 2015. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640816007>.
- [7] L. Y. Rojas-Molina, V. H. Tique-Pinto, and J. J. Bocanegra García, "Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: una revisión sistemática de literatura," *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, vol. 17, no. 2, pp. 47–57, Jul. 2017.
- [8] L. M. C. Martínez, "Relación entre las prácticas de alimentación y su efecto sobre la calidad del agua en estanques de piscicultura," Universidad Antonio Nariño, Facultad de Medicina Veterinaria, Colombia, 2021.
- [9] S. Murillo Escalante, "Sistema acuapónico para pequeños y medianos piscicultores," Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2011.
- [10] G. R. Almeida Brito, "Diseño e implementación de un sistema automatizado de control de cambio de agua y mantenimiento de acuarios medianos y pequeños (tesis de pregrado)," Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2014.
- [11] R. Sousa *et al.*, "El rendimiento productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada a diferentes frecuencias y periodos con dispensador automático," *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, vol. 64, no. 1, pp. 192–197, 2012. doi: 10.1590/S0102-09352012000100027.
- [12] A. Ogunlela and A. Adebayo, "Development and Performance Evaluation of an Automatic Fish Feeder," *Journal of Aquaculture Research & Development*, vol. 7, no. 2, pp. 1–4, 2016.
- [13] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, "Dirección de Pesca y Acuicultura," GOV.CO, Aug. 17, 2022. [Online]. Available: <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/Direccion-de-Pesca-y-Acuicultura.aspx>.
- [14] M. Alcalá-Carrillo, S. G. Castillo-Vargasmachuca, and J. T. Ponce-Palafox, "Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo *Lutjanus guttatus*," 2016.

- [15] P. J. Fuentealba Urzúa, "Cultivos de trucha arcoíris en la laguna La Cocha, Colombia: trayectorias y transformaciones socioambientales, productivas, culturales y en las relaciones de género dentro del entorno lacustre," 2018.
- [16] Y. A. Parrado Sanabria, "Historia de la acuicultura en Colombia," 2012.
- [17] N. Morales, "AgroClick," AgroClick, Nov. 2, 2022. [Online]. Available: (Falta URL completa en fuente proporcionada).
- [18] E. E. O. Caro, "Diseño e implementación de un sistema dosificador de alimento controlado con plataforma embebida, para tilapia roja monitoreable remotamente," Unidad Central del Valle, Tuluá, 2020.
- [19] J. Arcila, *Diseño y construcción de un sistema de alimentación automático para peces de 200 kg de capacidad, provisto por energía solar fotovoltaica para la granja piscícola Asociación Propaz en Mesetas*, Bogotá, Colombia: Universidad Antonio Nariño, 2021.
- [20] H. B. J. Luis, "Diseño de un alimentador automático para peces ornamentales en granjas acuícolas," ESIME, Ciudad de México, 2018.
- [21] P. Zambrano, *Implementación de un prototipo dispensador automático de alimentos para animales domésticos controlado por una aplicación móvil*, Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2019.
- [22] E. E. Casimir, "Diseño de un prototipo de control electrónico de alimentación artificial, recopilación de datos de parámetros abióticos (pH, temperatura y turbidez) y muestreo mediante módulo GPRS para piscigranjas," USMP, Perú, 2020.
- [23] A. González, *Manual de Producción y Consumo Sostenible: Gestión del Recurso Hídrico Piscícolas, Cultivo de Trucha y Tilapia*, Corantioquia, Antioquia, 2016.
- [24] S. Muñoz J. F., "Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares," 2016.
- [25] AUNAP, *Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS*, Bogotá: AUNAP, 2014.
- [26] G. Torres, "Uraný," Uraný, Feb. 1, 2023. [Online]. Available: <https://urany.net/blog/conoce-el-funcionamiento-de-los-servomotores>.
- [27] I. M. Q. Pinos, "Construcción de un prototipo de robot con un microcontrolador, sensores de luz y servomotores que realice movimientos autónomos," Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito, 2012.
- [28] A. Snurmacher, "donprofesional.com," Video Aéreo, Sep. 9, 2019. [Online]. Available: <https://dronprofesional.com/blog/tutorial-teorico-practico-con-servos-y-arduino/>.
- [29] M. Castillo, "Efectos en la resolución de servomotores con interfaz PWM por la generación de señales en microcontroladores," Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Culhuacán, 2018.
- [30] Y. Salinas, "El impacto del internet de todas las cosas (IoT) en la vida cotidiana," Instituto Tecnológico Nacional de México, Matamoros, 2022.
- [31] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet," Rev. 4.92, Mar. 2017. [Online]. Available: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf).

- [32] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed., Pearson, 2010.
- [33] A. M. Zungeru, L. M. Ang, and S. Prabaharan, "Radio frequency based wireless home automation system using Arduino and RF module," in *Proc. IEEE Int. Conf. Control System, Computing and Engineering*, 2012, pp. 559–564.
- [34] A. P. Vinod, "Pulse width modulation: techniques and applications," *IEEE Potentials*, vol. 21, no. 3, pp. 36–40, Aug. 2002.
- [35] F. J. García-Peñalvo, "Mobile applications and ubiquitous learning: Trends and challenges," *Education in the Knowledge Society*, vol. 22, p. e23556, 2021.
- [36] M. Alonso and L. Díaz, "Aplicaciones móviles y su impacto en la interacción humano-computador," *Revista Latinoamericana de Tecnología*, vol. 15, no. 2, pp. 45–58, 2020.
- [37] H. S. Hong, S. Y. Kim, and J. S. Lee, "Implementation of lightweight embedded databases using SQLite for IoT devices," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, vol. 15, no. 1, pp. 45–50, Mar. 2017.
- [38] M. Coronado and F. Rodríguez, "SQL-based data management for monitoring systems in embedded environments," in *Proc. IEEE Int. Conf. Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, 2019, pp. 123–129.
- [39] S. H. Alsamhi, O. Ma, and M. S. Ansari, "Real-time monitoring systems for smart applications," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 3244–3255, Apr. 2019.
- [40] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for smart cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014.



# Manual del Usuario

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	99
<b>2. Advertencia sobre propiedad intelectual</b> .....	100
<b>3. Planos y código del circuito (EXPLICACIÓN DE CADA UNO)</b> .....	101
<b>4. Características generales del prototipo</b> .....	105
<b>4.1 Vista frontal</b> .....	105
<b>4.2 Vista lateral</b> .....	105
<b>4.3 Vista trasera</b> .....	106
<b>4.4 Aspectos Técnicos</b> .....	106
<b>4.5 Instalación e inicialización del dispositivo</b> .....	107
<b>4.6 Conexión del motor</b> .....	108
<b>4.7 Encendido del sistema</b> .....	109
<b>5. Software del dispositivo (PANEL PRINCIPAL SIN CONEXIÓN WIFI)</b> .....	109
<b>5.1 Controles del sistema</b> .....	109
<b>5.1.1 Menú de Inicio</b> .....	110
<b>5.1.2 ¿Cómo utilizar el sistema para realizar un proceso de dosificación?</b> .....	111
<b>5.1.3 ¿Cómo utilizar el sistema para realizar un proceso de dosificación             programable?</b> .....	113
<b>6. APLICACIÓN MÓVIL (DOSIFI APP)</b> .....	114
<b>6.1 Instalación de la Aplicación</b> .....	114
<b>6.2 Características de la aplicación móvil</b> .....	115
<b>6.3 ¿Cómo utilizar la aplicación móvil (DOSIFIAPP) para realizar un     proceso de dosificación?</b> .....	117
<b>6.3.1 Conexión a una red WiFi</b> .....	117
<b>6.3.2 Inicio del proceso de dosificación desde la aplicación móvil</b> .....	122
<b>6.3.3 Programar una dosificación</b> .....	128
<b>6.3.4 Consumo de mensual</b> .....	130
<b>6.3.5 Gráfica de consumo mensual</b> .....	131
<b>6.4 Notificaciones del Sistema</b> .....	132
<b>6.4.1 Notificaciones en la aplicación</b> .....	132
<b>6.4.2 Notificaciones en la barra de notificaciones del teléfono</b> .....	133

<b>7 Ajustes del sistema .....</b>	<b>134</b>
<b>7.1 ¿Cómo configurar la fecha y la hora del sistema desde el panel de control? .....</b>	<b>134</b>
<b>7.2 ¿Cómo configurar la fecha y la hora del sistema desde la aplicación? .....</b>	<b>135</b>
<b>8 Créditos del software .....</b>	<b>137</b>
<b>9 Problemas Técnicos y Recomendaciones.....</b>	<b>138</b>
<b>9.1 Recomendaciones .....</b>	<b>138</b>
<b>9.2 Problemas comunes.....</b>	<b>138</b>
<b>9.2.1 El dispositivo no enciende o no inicializa completamente.....</b>	<b>138</b>
<b>9.2.2 La App no conecta con el panel principal.....</b>	<b>139</b>
<b>9.3 Dónde obtener ayuda .....</b>	<b>140</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Circuito del sistema principal. ....	101
<b>Figura 2.</b> Código fuente que permite la comunicación de los dispositivos .....	103
<b>Figura 3.</b> Diagrama de la comunicación del sistema con la App móvil .....	104
<b>Figura 4.</b> Vista Frontal de la caja del sistema.....	105
<b>Figura 5.</b> Vista lateral de la caja del sistema principal.....	105
<b>Figura 6.</b> Vista trasera de la caja del sistema.....	106
<b>Figura 7.</b> Base de metal del prototipo. ....	107
<b>Figura 8.</b> Ubicacion de la caja en el soporte. ....	107
<b>Figura 9.</b> Ubicación de la caja y la tolva en el soporte del prototipo.....	108
<b>Figura 10.</b> Conexión del motor con el circuito interno del sistema. ....	109
<b>Figura 11.</b> Boton de encendido en la vista lateral izquierda.....	109
<b>Figura 12.</b> Botones del sistema principal. ....	110
<b>Figura 13.</b> pantalla de inicio del sistema. ....	111
<b>Figura 14.</b> Menú de inicio del panel principal. ....	111
<b>Figura 15.</b> Sub menú de opciones de dosificación.....	112
<b>Figura 16.</b> Registro de dosificaciones. ....	112
<b>Figura 17.</b> Alerta de dosificación en la interfaz de registro.....	113
<b>Figura 18.</b> Programación de dosificación personalizada.....	113
<b>Figura 19.</b> Pantalla de instalación de la Aplicación móvil.....	114
<b>Figura 20.</b> Pantalla de instalación de la Aplicación. ....	114
<b>Figura 21.</b> Pantalla de la instalación de la aplicación.....	115
<b>Figura 22.</b> Icono de la Aplicación instalada.....	115
<b>Figura 23.</b> pantalla de inicio de la aplicación.....	116
<b>Figura 24.</b> Información de la red wifi del sistema en el panel principal. ....	117
<b>Figura 25.</b> Pestana del manual de usuario.....	118
<b>Figura 26.</b> Vista del manual de usuario desde la aplicación. ....	119
<b>Figura 27.</b> Vista de las redes wifi del telefono móvil.....	120
<b>Figura 28.</b> Vista de la Red Wifi "DosifiApp". ....	120
<b>Figura 29.</b> Vista de ingreso de la contraseña de la red wifi "DosifiApp". ....	121
<b>Figura 30.</b> Vista de la conexión a la red Wifi. ....	121
<b>Figura 31.</b> Vista de la verificación de la conexión del sistema principal con la Aplicación. ....	122
<b>Figura 32.</b> Vista de la opción "SELECCIONAR SEMANA". ....	124
<b>Figura 33.</b> Vista de la Semana escogida para la realización del proceso de dosificación. ....	125
<b>Figura 34.</b> Vista de la notificación del envió de los datos de la dosificación al sistema. ....	126
<b>Figura 35.</b> Vista de los registros generados por el sistema principal en la aplicación.....	127
<b>Figura 36.</b> Vista de la opción "PROGRAMAR DOSIFICACION". ....	128
<b>Figura 37.</b> Vista del botón para seleccionar la fecha de dosificación.....	129
<b>Figura 38.</b> Vista del calendario para seleccionar la fecha. ....	129
<b>Figura 39.</b> Vista del registro del consumo mensual de dosificaciones. ....	130

<b>Figura 40.</b> Vista de la gráfica del consumo mensual.....	131
<b>Figura 41.</b> Vista de las notificaciones que genera la App al momento de realizar una dosificación.....	132
<b>Figura 42.</b> Vista de las notificaciones en la barra de alertas del telefono.....	133
<b>Figura 43.</b> Vista de los Ajustes del sistema.....	134
<b>Figura 44.</b> Vista de la opción " CONFIGURACION FECHA Y HORA".....	134
<b>Figura 45.</b> Vista de la Verificación de conexión con el panel principal.....	135
<b>Figura 46.</b> Vista de la opción "Configuracion hora y fecha desde" la app.....	136
<b>Figura 47.</b> Vista de los colaboradores y fundadores de la aplicación DosiFiApp.....	137

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente sistema ha sido desarrollado con el propósito de facilitar y optimizar el proceso diario de dosificación de alimentos en unidades de producción piscícola. Para ello, se implementa una solución automatizada que permite programar las dosificaciones, generar registros históricos, supervisar el proceso en tiempo real y controlar el sistema a través de un panel principal y una aplicación móvil intuitiva. La aplicación móvil permite almacenar los datos de las dosificaciones realizadas, emitir notificaciones y controlar el funcionamiento del panel principal, lo que contribuye a una gestión más organizada y eficiente del proceso de alimentación. Mediante el uso de este sistema, los encargados de la unidad de producción pueden contar con una línea de tiempo detallada de las actividades de dosificación, asegurando que cada estanque reciba la cantidad de alimento adecuada en el momento preciso del día. Este enfoque permite optimizar la eficiencia operativa de la unidad de producción al estandarizar las cantidades suministradas, reducir errores humanos y mejorar el control del consumo de alimento. Adicionalmente, el sistema ofrece la posibilidad de supervisión remota, lo que permite a los responsables monitorear el estado del proceso de dosificación sin necesidad de desplazarse hasta la unidad de producción, garantizando así una mejor trazabilidad y gestión del recurso alimenticio.

## **2. Advertencia sobre propiedad intelectual**

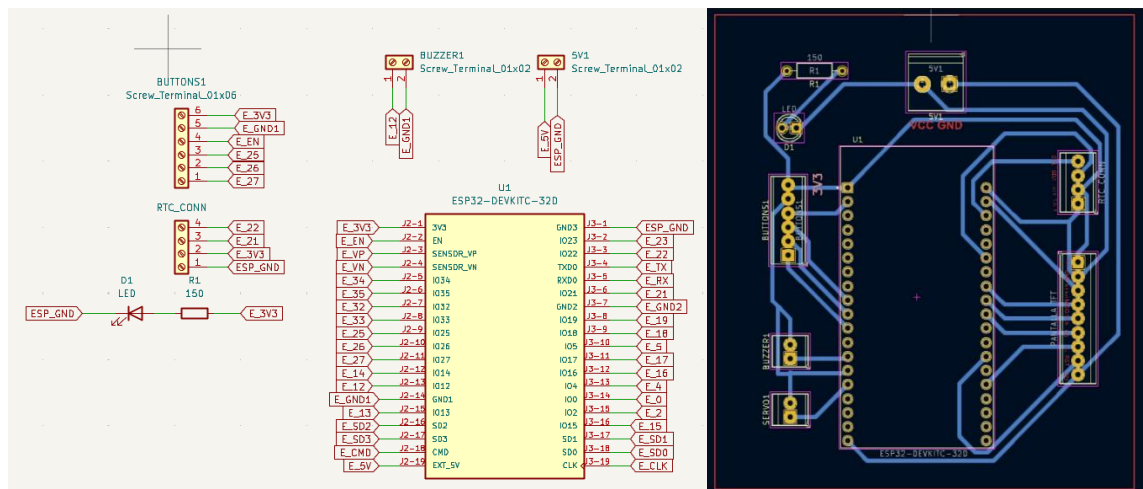
El presente sistema, así como su diseño, esquemas, programación, aplicación móvil y materiales asociados, constituye propiedad intelectual de sus autores. Queda estrictamente prohibida la reproducción, distribución, modificación, uso comercial o implementación parcial o total del contenido aquí descrito sin la autorización expresa y por escrito de los titulares de los derechos. Cualquier uso no autorizado podrá dar lugar a acciones legales conforme a la normativa vigente en materia de derechos de autor y protección de la propiedad intelectual.

### 3. Planos y código del circuito (EXPLICACIÓN DE CADA UNO)

- **Esquema circuito ESP32**

En la **Figura 1** se puede observar el circuito del sistema de dosificación de alimento que fue diseñado en KiCad y tiene como elemento central el ESP32 DEVKITC-32D, que actúa como el controlador principal del sistema; la alimentación se distribuye principalmente a 3.3 V (E\_3V3) y 5 V (E\_5V), con una referencia común a ESP\_GND, asegurando el correcto funcionamiento de todos los módulos. El servo motor (SERVO1) se conecta a un pin GPIO del ESP32 para accionar mecánicamente el dispensador de alimento, utilizando además tierra común; el buzzer se conecta a otro GPIO para generar alertas sonoras durante el proceso de dosificación. El botón (BUTTONS1) está conectado a varios pines GPIO y a 3.3 V, permitiendo la interacción del usuario para iniciar o configurar el sistema. La pantalla TFT se comunica mediante pines de señal dedicados y recibe alimentación de 3.3 V y 5 V según sus requerimientos, permitiendo mostrar información como horarios o estados del sistema. Adicionalmente, el conector RTC permite integrar un reloj en tiempo real para programar las dosis de alimento, mientras que el LED con resistencia actúa como indicador visual de estado, todo compartiendo una misma referencia de tierra para garantizar estabilidad eléctrica y correcta operación del sistema.

**Figura 47.** Circuito del sistema principal.

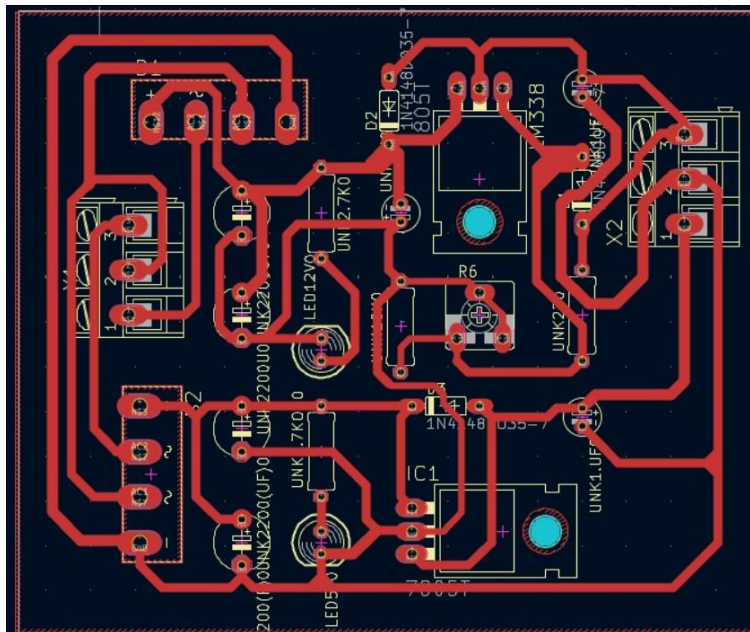


- **Plano del circuito de la Fuente del sistema**

La **Figura 2** corresponde al diseño de la fuente de voltaje del sistema, realizada en KiCad y representada en la vista de PCB. En este circuito se observa la etapa de

entrada de alimentación, donde el voltaje externo ingresa a través del conector y es protegido y rectificado mediante diodos, garantizando la polaridad correcta y evitando daños por inversión. Posteriormente, el voltaje pasa por una etapa de filtrado, compuesta por condensadores electrolíticos y cerámicos, que reducen el rizado y estabilizan la señal. El regulador de voltaje (IC1) se encarga de convertir la tensión de entrada a un nivel adecuado y estable para alimentar el resto del sistema, mientras que las resistencias y LEDs funcionan como elementos de limitación y señalización del estado de la fuente. Finalmente, las pistas del PCB están diseñadas para soportar la corriente necesaria y distribuir de forma segura la energía hacia los diferentes módulos del proyecto, asegurando una alimentación confiable para el ESP32 y los periféricos del sistema de dosificación de alimento.

**Figura 2.** Circuito de la Fuente de voltaje



- **Código conexión entre la aplicación y panel principal**

La **Figura 3** presenta el código correspondiente a la conexión entre la aplicación y el panel principal del sistema de dosificación y está implementado en el ESP32 mediante WebSockets, permitiendo comunicación en tiempo real. La función `onWebSocketEvent` gestiona los eventos que ocurren en la conexión, detectando cuando un cliente se conecta o se desconecta y mostrando el estado por el monitor serial. Cuando se reciben datos (`WS_EVT_DATA`), el ESP32 valida que el mensaje esté completo, lo convierte a texto y lo interpreta como un objeto JSON, desde el cual se extraen instrucciones enviadas por la aplicación. Si el mensaje indica que se debe dosificar alimento, se activa la variable de control correspondiente para

ejecutar la acción; en caso contrario, se habilita una notificación o alerta. De esta forma, el código permite que la aplicación móvil o web controle directamente el sistema físico, asegurando una comunicación estable, rápida y bidireccional entre la interfaz del usuario y el panel principal del dispensador.

**Figura 48.** Código fuente que permite la comunicación de los dispositivos

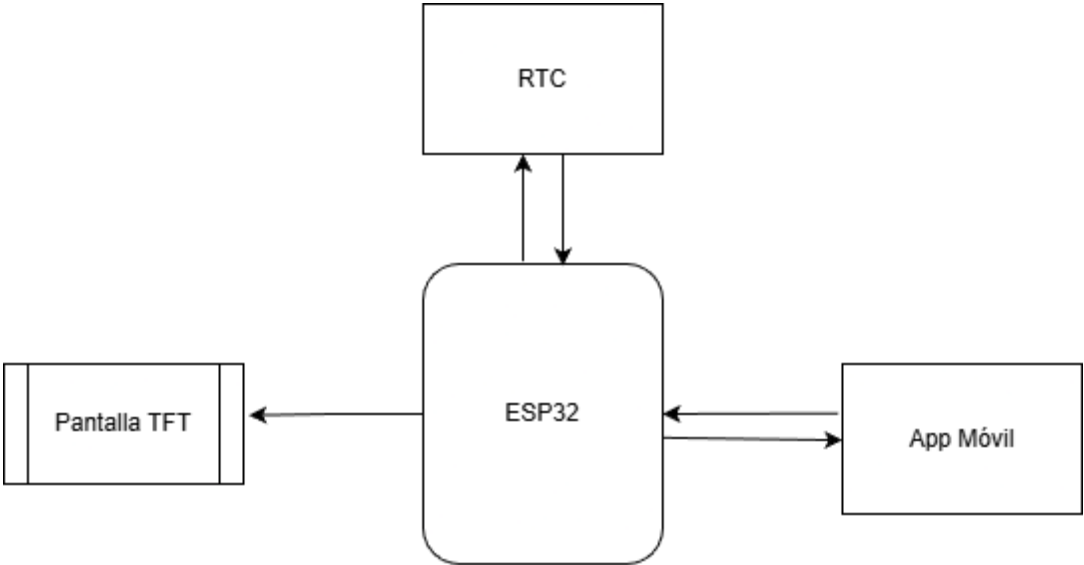
```
9 void onWebSocketEvent(AsyncWebSocket *server, AsyncWebSocketClient *client, AwsEventType type, void *arg, uint8_t *data, size_t len)
10 {
11     switch (type)
12     {
13     case WS_EVT_CONNECT:
14         Serial.println("Cliente WebSocket conectado");
15         break;
16     case WS_EVT_DISCONNECT:
17         Serial.println("Cliente WebSocket desconectado");
18         break;
19     case WS_EVT_DATA:
20     {
21         AwsFrameInfo *info = (AwsFrameInfo *)arg;
22         if (info->final && info->index == 0 && info->len == len && len < 1024)
23         {
24             String receivedMessage = String((char *)data, len);
25             Serial.println(receivedMessage);
26
27             lastData = receivedMessage.substring(0, min(receivedMessage.length(), (unsigned int)512));
28             JsonDocument doc;
29             DeserializationError error = deserializeJson(doc, lastData);
30             if (!error)
31             {
32                 if (doc["dosificar"].is<bool>() && doc["dosificar"].as<bool>())
33                 {
34                     needToDosify = true;
35                 }
36                 else
37                 {
38                     needToNotify = true;
39                 }
40             }
41             else
42             {
43                 needToNotify = true;
44             }
45         }
46     }
47 }
```

- **Diagrama de la Comunicación del sistema con la App móvil**

En la **Figura 4** se presenta el diagrama correspondiente a la arquitectura **general del sistema de dosificación de alimento**, donde el **ESP32** actúa como el núcleo central de control y comunicación. El **módulo RTC** se conecta al ESP32 para proporcionar la fecha y hora exacta, permitiendo programar y ejecutar las dosificaciones de alimento de forma automática y precisa. La **pantalla TFT** se comunica directamente con el ESP32 para mostrar información relevante al usuario, como horarios, estado del sistema y confirmación de las dosis realizadas. Por su parte, la **aplicación móvil** se conecta de manera inalámbrica al ESP32, permitiendo el monitoreo y control remoto del sistema, como la activación manual de la

dosificación o la recepción de notificaciones. En conjunto, esta arquitectura garantiza un sistema integrado, interactivo y confiable, donde el ESP32 coordina todos los módulos para asegurar una dosificación eficiente y programada del alimento.

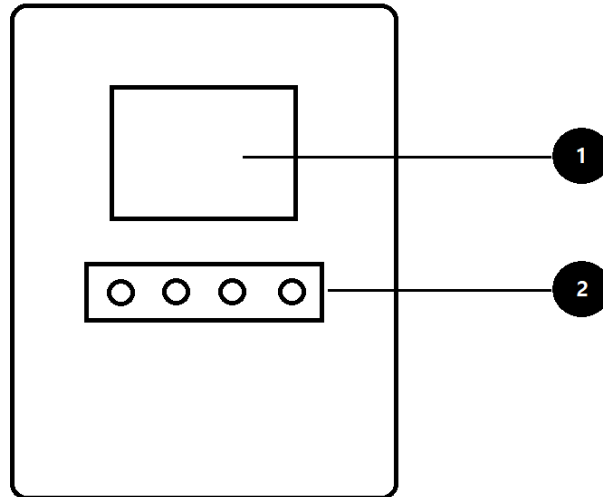
**Figura 49.** Diagrama de la comunicación del sistema con la App móvil



## 4. Características generales del prototipo

### 4.1 Vista frontal

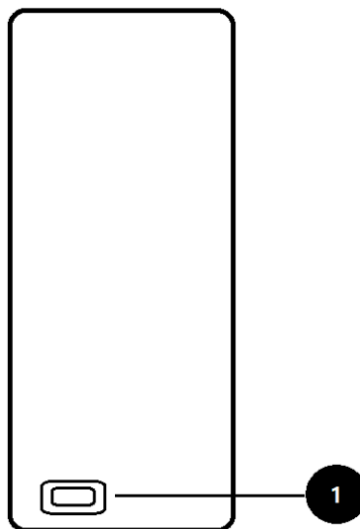
**Figura 50.** Vista Frontal de la caja del sistema.



1. Pantalla LED ILI9341 2.4"
2. Botones de control del sistema

### 4.2 Vista lateral

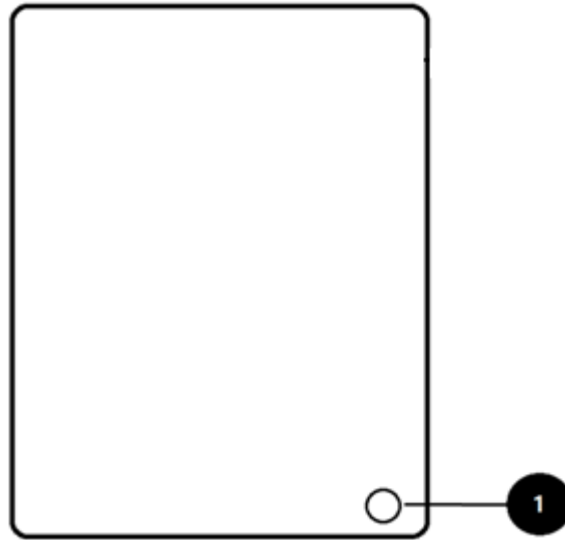
**Figura 51.** Vista lateral de la caja del sistema principal



1. Botón de Encendido

### 4.3 Vista trasera

**Figura 52.** Vista trasera de la caja del sistema



1.Perforación de la entrada 120V

### 4.4 Aspectos Técnicos

**Tabla 10.** Descripción y aspectos técnicos del sistema.

<b>Dimensiones de la caja (Al. x An. x Pr.)</b>	<b>16cm x 21cm x 11cm</b>
<b>Pantalla</b>	<b>LED ILI9341</b>
<b>Alimentación</b>	<b>Voltaje: 5VDC</b> <b>Corriente: 3 Amps</b>

#### 4.5 Instalación e inicialización del dispositivo

1. Ubique la base metálica, en el lugar específico donde se utilizará el sistema de dosificación, en la **Figura 4** se puede observar la base y soporte del dispositivo:

**Figura 53.** Base de metal del prototipo.



2. Ubique el dispositivo o panel principal en la base metálica, el cual encaja perfectamente, puede ver un ejemplo de la instalación como se muestra en la **Figura 5**:

**Figura 54.** Ubicación de la caja en el soporte.



3. Ahora coloque la tolva en la parte superior de la base metálica el cual se engancha de manera simple para un mejor agarre, recuerde acomodar la tolva de tal manera que la salida quede mirando hacia la piscina, como se observa en la **Figura 6**.

**Figura 55.** Ubicación de la caja y la tolva en el soporte del prototipo.

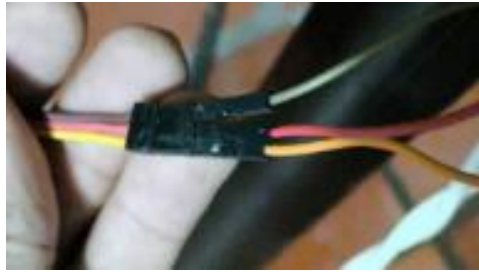


#### **4.6 Conexión del motor**

Una vez que todo el dispositivo esté asegurado en la base conectar los cables de alimentación del servo motor con el siguiente orden, como se observa en la **Figura 7**:

- **CABLE MARRON SERVO (GND) conectado con el CABLE GRIS FUENTE (GND)**
- **CABLE ROJO SERVO (VCC) conectado con el CABLE ROJO FUENTE (VCC)**
- **CABLE AMARILLO SERVO (DATA) conectado con el CABLE AMARILLO ESP32(PIN13)**

**Figura 56.** Conexión del motor con el circuito interno del sistema.



#### **4.7 Encendido del sistema**

Una vez conectado el dispositivo, dirjase en la parte lateral izquierda de la caja tenemos el switch de encendido del sistema. Oprima el switch para encender el dispositivo, En la **Figura 8** se puede observar cómo debe ubicarse la caja de circuitos en el soporte.

**Figura 57.** Boton de encendido en la vista lateral izquierda.



### **5. Software del dispositivo (PANEL PRINCIPAL SIN CONEXIÓN WIFI)**

#### **5.1 Controles del sistema**

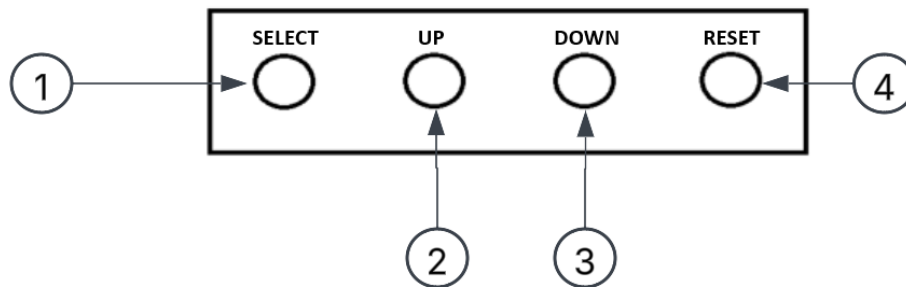
El sistema principal cuenta con cuatro botones que nos permite navegar, retroceder, seleccionar como también nos permite resetear el sistema. En la **Tabla 1** se observan los nombres de cada botón y su función:

**Tabla 11.** Controles del sistema.

CONTROLES	FUNCION
<b>SELECT</b>	Permite seleccionar una opción o sub opción del menú, permite configurar las demás opciones del sistema como la hora y la fecha o programar una dosificación
<b>UP</b>	Permite navegar por las opciones del menú principal o submenú del sistema hacia arriba
<b>DOWN</b>	Permite navegar por las opciones del menú principal o submenú del sistema hacia abajo
<b>RESET</b>	Reinicia el sistema

En la **Figura 9** vamos a observar la ubicación de los botones en la caja:

**Figura 58.** Botones del sistema principal.



1. Botón "SELECT"
2. Botón "UP"
3. Botón "DOWN"
4. Botón "RESET"

### 5.1.1 Menú de Inicio

- A continuación, en la **Figura 10** se observa la pantalla de inicio del sistema:

**Figura 59.** pantalla de inicio del sistema.



- Este es el menú principal el cual aparece cinco segundos después de mostrar la pantalla de inicio. La **Figura 11** nos permite observar cuatro opciones, las cuales corresponden a todos los procesos que contiene el sistema.

**Figura 60.** Menú de inicio del panel principal.



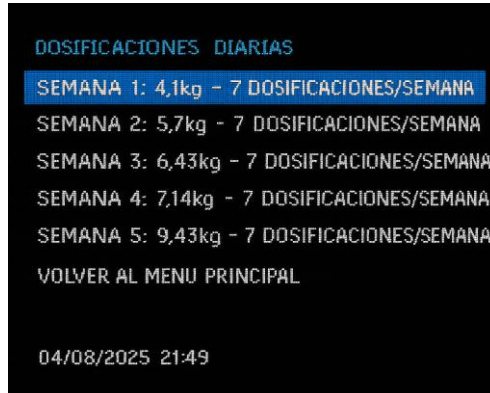
1. Opción 1. Dosificaciones diarias.
2. Opción 2. Conexión WIFI - APP.
3. Opción 3. Configuración.
4. Opción 4. Fecha de inicio de dosificación.
5. Estado de conexión del dispositivo inalámbrico.
6. Fecha y Hora.

### 5.1.2 ¿Cómo utilizar el sistema para realizar un proceso de dosificación?

- Para iniciar el proceso de dosificación con el botón **SELECT**, seleccione la primera opción del menú, en donde se despliega un nuevo submenú de

opciones. Con el botón **NAV** navegue por todas las sub-opciones como se puede corroborar en la **Figura 12**.

**Figura 61.** Sub menú de opciones de dosificación.



- De acuerdo a la semana que usted crea conveniente, elija una opción con el botón **SELECT** el cual despliega una nueva interfaz en donde se observan los espacios de las siete dosificaciones semanales, como se presenta en la **Figura 13**.

**Figura 62.** Registro de dosificaciones.



**Nota:** Este proceso es automático, por lo tanto, realiza todo el trabajo en un intervalo de 24 horas dosificando la cantidad de alimento de acuerdo a la semana que se escoge.

- Cuando se realiza una dosificación en esta interfaz se observa una alarma en color verde para verificar que el sistema está realizando dicho proceso, como se representa en la **Figura 14**.

**Figura 63.** Alerta de dosificación en la interfaz de registro.

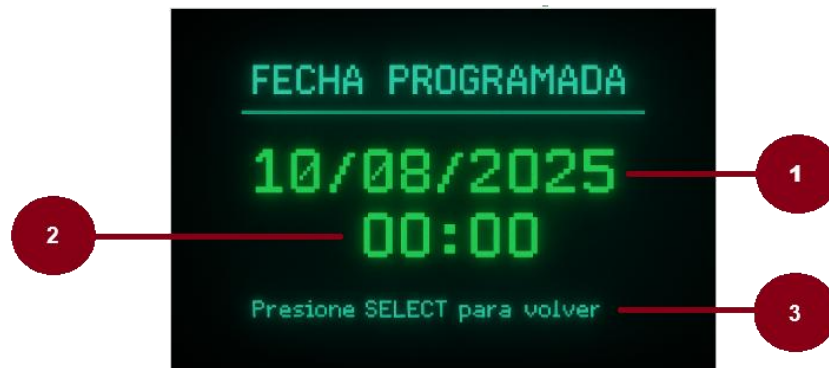


**Nota:** Cuando el proceso de dosificación termina, el sistema vuelve al menú principal.

### 5.1.3 ¿Cómo utilizar el sistema para realizar un proceso de dosificación programable?

- Al navegar por el menú principal, En la **Figura 14**, encontrará la opción “Fecha de inicio de dosificación”.
- Use el botón UP para ajustar la hora en la que desea iniciar la dosificación. Luego, el sistema avanzará automáticamente para que seleccione la fecha (mes y día). Finalmente, para confirmar la programación de la fecha y la hora de su dosificación personalizada, presione el botón SELECT para realizar la programación de la dosificación.

**Figura 64.** Programación de dosificación personalizada.



1. Programación de fecha
2. programación de hora
3. SELECT para confirmar

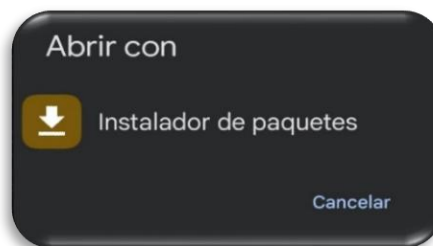
## 6. APLICACIÓN MÓVIL (DOSIFI APP)

### 6.1 Instalación de la Aplicación

Para realizar la instalación de la aplicación **DosifiApp versión 1.0.0**, siga los siguientes pasos:

- Ingrese al siguiente enlace de **Google Drive**, donde se encuentra disponible el archivo instalador en formato **.apk**:  
[https://drive.google.com/drive/folders/1yNOHQPE\\_wxH4kjinWzpXq4tk-Eu\\_2llua?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1yNOHQPE_wxH4kjinWzpXq4tk-Eu_2llua?usp=sharing)
- Te pedirá si quieres descargar el archivo **.apk** debes escoger un correo con el que tengas vinculada la cuenta de drive
- Es necesario realizar este proceso directamente desde el **teléfono móvil**. Al ingresar al enlace, automáticamente se abrirá una ventana emergente que mostrará la opción **“Abrir con instalador de paquetes”** como se muestra en la **Figura 16**.

**Figura 65.** Pantalla de instalación de la Aplicación móvil.



- Seleccione la opción **Instalador de paquetes**. A continuación, en la **Figura 17**, se mostrará una ventana en la que el sistema le preguntará si desea instalar la aplicación. Presione el botón **“Instalar”** para continuar.

**Figura 66.** Pantalla de instalación de la Aplicación.



- Si el sistema solicita autorización para instalar aplicaciones desde **fuentes desconocidas**, habilite esta opción temporalmente en la configuración de seguridad del dispositivo.

- Espere a que el proceso finalice. Una vez completada la instalación, verifique que el ícono de la aplicación **DosifiApp** aparezca en el menú principal de su dispositivo móvil.

**Figura 67.** Pantalla de la instalación de la aplicación.



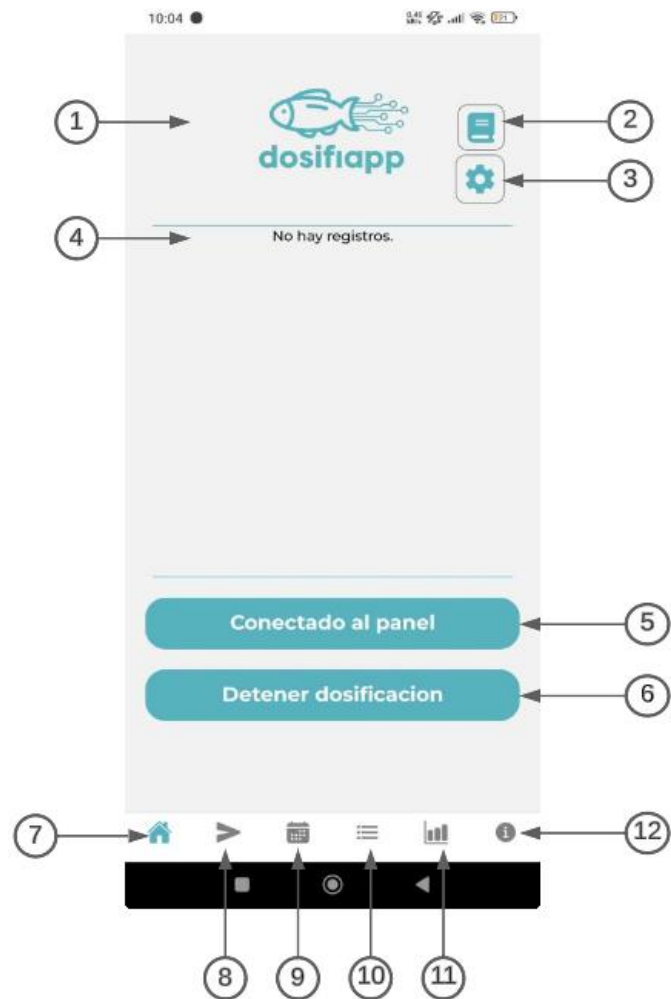
- Para comprobar que la aplicación se instaló correctamente en su teléfono móvil, diríjase al menú de aplicaciones y asegúrese de que aparezca el siguiente ícono como en la **Figura 19**:

**Figura 68.** Icono de la Aplicación instalada.



## 6.2 Características de la aplicación móvil

**Figura 69.** pantalla de inicio de la aplicación.



1. Logo de la aplicación
2. Manual de usuario
3. Ajuste de Fecha y Hora RTC
4. Casilla de registros de dosificación
5. Botón conectar panel
6. Botón detener dosificación
7. Opción "HOME"
8. Opción "SELECCIONAR SEMANA"
9. Opción "PROGRAMAR DOSIFICACIÓN"
10. Opción "REGISTRO MENSUAL"
11. Opción "GRÁFICA DE CONSUMO"
12. Créditos de software

**Nota:** cuando el sistema no tiene ningún registro en la pantalla **HOME**, no aparece disponible el botón “**Eliminar registros**”.

### 6.3 ¿Cómo utilizar la aplicación móvil (DOSIFIAPP) para realizar un proceso de dosificación?

#### 6.3.1 Conexión a una red WiFi.

Para garantizar la comunicación entre el panel principal y la aplicación móvil, es necesario conectarse a la red Wi-Fi del sistema, primero debemos encontrar la información de la red que el sistema tiene por defecto, en la **Figura 21** se observa la información para poder ingresar a la red Wifi:

- **Desde el panel principal**
  1. Ingrese a la opción CONEXIÓN WIFI del menú principal.
  2. Allí encontrará la información de la red:
    - SSID (Nombre de la red): DOSIFIAPP
    - Contraseña: Dosificador123

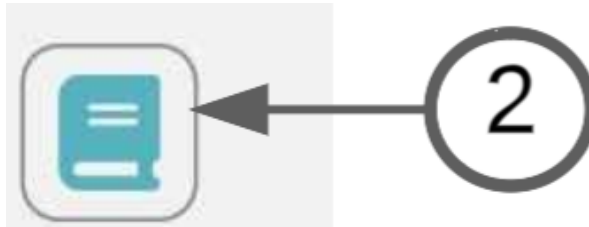
**Figura 70.** Información de la red wifi del sistema en el panel principal.



- **Desde la aplicación móvil**

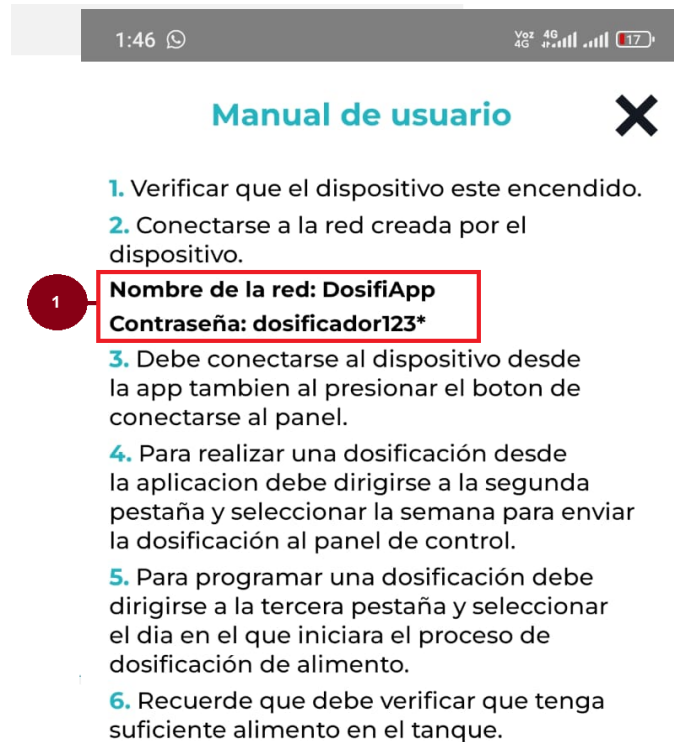
En la **Figura 22** se observa la opción de inicio la HOME en la característica (Manual de usuario).

**Figura 71.** Pestana del manual de usuario.



En la sección del Manual de Usuario como se observa en la **Figura 23**, también encontrará la información de la red Wi-Fi (SSID y contraseña) para conectarse fácilmente.

**Figura 72.** Vista del manual de usuario desde la aplicación.



---

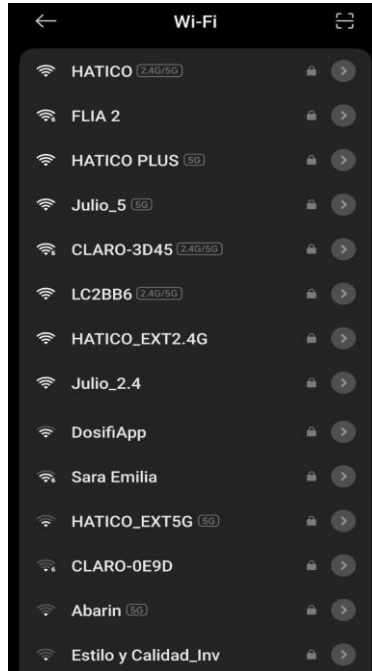
### 1. Nombre de red y Contraseña de la Red Wi FI

**Nota:** Al encender el dispositivo, la red Wi-Fi se activa de manera automática, por lo que no es necesario habilitar ninguna opción adicional. La red queda disponible de inmediato y puede encontrarse fácilmente desde el teléfono móvil.

- **Ajustes de red Wifi**

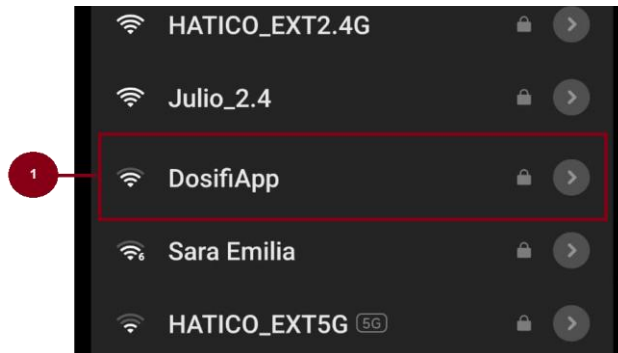
Con el sistema encendido, abra los ajustes de Wi-Fi en su teléfono móvil, en la **Figura 24** podemos observar las diversas redes Wifi que existen.

**Figura 73.** Vista de las redes wifi del telefono móvil.



- Busque la red llamada “DOSIFIAPP”, en la figura 25 puede corroborar, como se llama la RED.

**Figura 74.** Vista de la Red Wifi “DosifiApp”.



1. RED WIFI “Dosifiapp

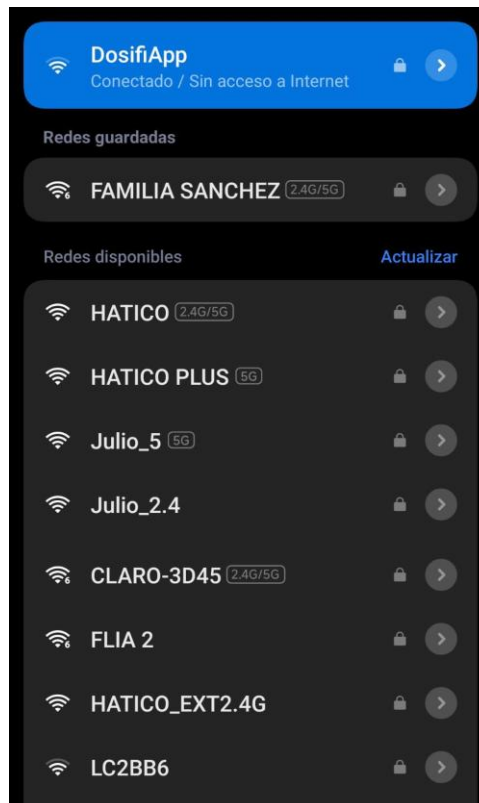
- En la **Figura 26**, Seleccione la red e ingrese la contraseña: Dosificador123. y pulse en Conectar.

**Figura 75.** Vista de ingreso de la contraseña de la red wifi "DosifiApp".



- En la **Figura 27** Verifique que el teléfono se haya enlazado correctamente a la red.

**Figura 76.** Vista de la conexión a la red Wifi.



- Una vez conectado el panel, abra la aplicación móvil, ingrese a la opción “HOME” (🏠) Ubique el botón “Conectar al panel”, como se observa en la **Figura 28**, pulse el botón y espere a que aparezca la confirmación de conexión. De esta manera podrá trabajar de forma inalámbrica con el sistema.


**Figura 77.** Vista de la verificación de la conexión del sistema principal con la Aplicación.




1. Notificación de conexión inalámbrica con el panel principal.

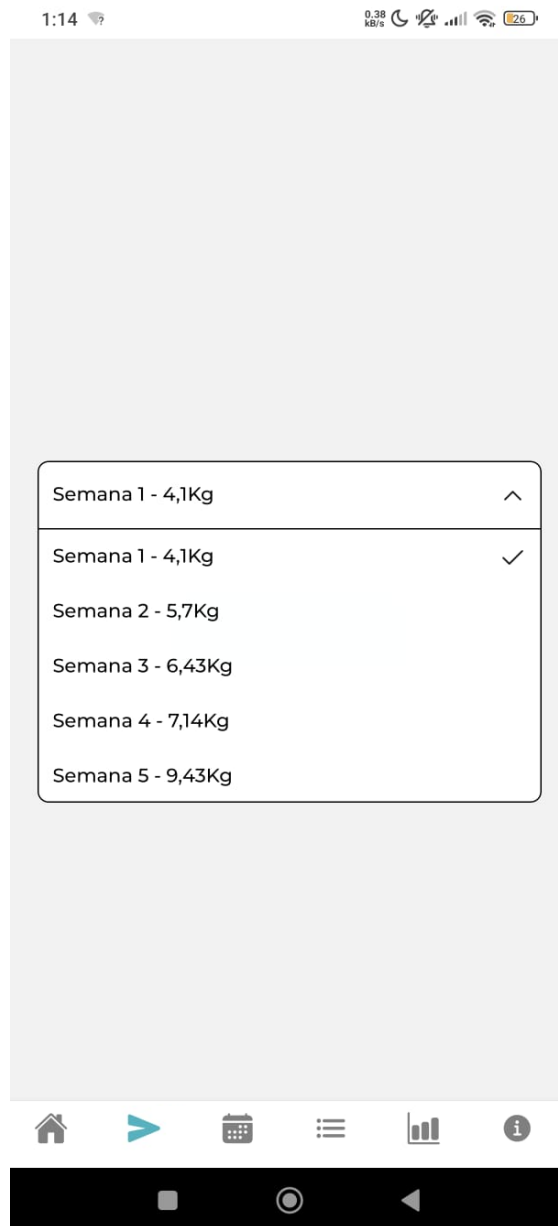
### 6.3.2 Inicio del proceso de dosificación desde la aplicación móvil

Una vez que la aplicación móvil se encuentre conectada con el panel de control, siga estos pasos para iniciar un proceso de dosificación:

1. Seleccionar semana (  )

- Como se observa en la **Figura 29**, Ingrese a la opción “Seleccionar semana” que se identifica con el siguiente logo  en la barra de opciones de la aplicación y escoja cualquiera de las 5 semanas disponibles.

**Figura 78.** Vista de la opción "SELECCIONAR SEMANA".



- Esta opción le permite activar una dosificación predeterminada, que se ejecutará automáticamente.

## 2. Iniciar dosificación semanal

- Después de seleccionar la semana deseada, aparecerá el botón "Enviar dosificación".

**Figura 79.** Vista de la Semana escogida para la realización del proceso de dosificación.



- Como indica la **Figura 31**, Oprima el botón **ENVIAR DOSIFICACIÓN**, automáticamente aparecerá una notificación que indica que se ha enviado la dosificación al sistema, lo cual iniciará el proceso de dosificación de acuerdo a la semana establecida.

**Figura 80.** Vista de la notificación del envío de los datos de la dosificación al sistema.



1. Notificación de dosificación enviada

- En **Figura 32**, la opción “HOME” (🏠) indica que cada dosificación se registrará en la ventana de registros.

**Figura 81.** Vista de los registros generados por el sistema principal en la aplicación.




**Nota:** El botón “Enviar dosificación” activa de inmediato el proceso semanal seleccionado.

### 6.3.3 Programar una dosificación

- **Verificar la conexión**

Asegúrese de que la aplicación DosifiApp esté correctamente conectada con el panel principal antes de iniciar el proceso.

- **Acceder a la opción de programación**

Diríjase a la opción que se identifica con el icono de calendario (  ) en el menú principal de la aplicación como indica la **Figura 33**.

**Figura 82.** Vista de la opción "PROGRAMAR DOSIFICACION".



1. Logo de la Aplicación
2. Texto indicador
3. Botón de Programar Dosificación

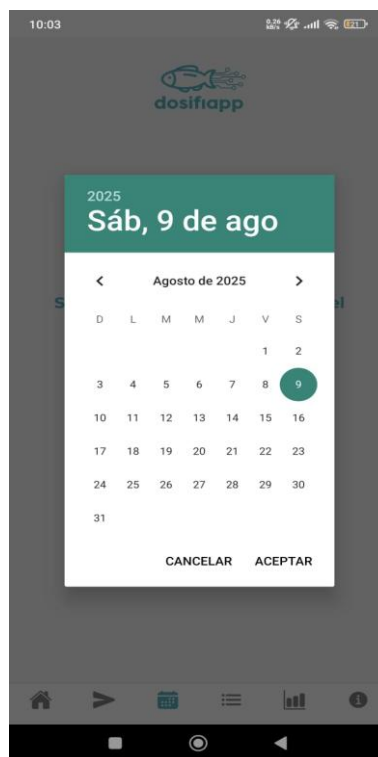
- **Seleccionar fecha de inicio**  
Una vez dentro, se mostrará una interfaz con el mensaje: *“Selecione la fecha para iniciar el proceso”*.
- **Programar dosificación**  
La **Figura 34** indica oprimir el botón “Programar dosificación”. Al hacerlo, se desplegará un calendario.

**Figura 83.** Vista del botón para seleccionar la fecha de dosificación.



- **Confirmar fecha**  
Como lo indica la **Figura 35**, Seleccione en el calendario la fecha de inicio deseada para el proceso de dosificación. Una vez confirmada, el sistema registrará la programación y quedará lista para su ejecución en la fecha indicada.

**Figura 84.** Vista del calendario para seleccionar la fecha.

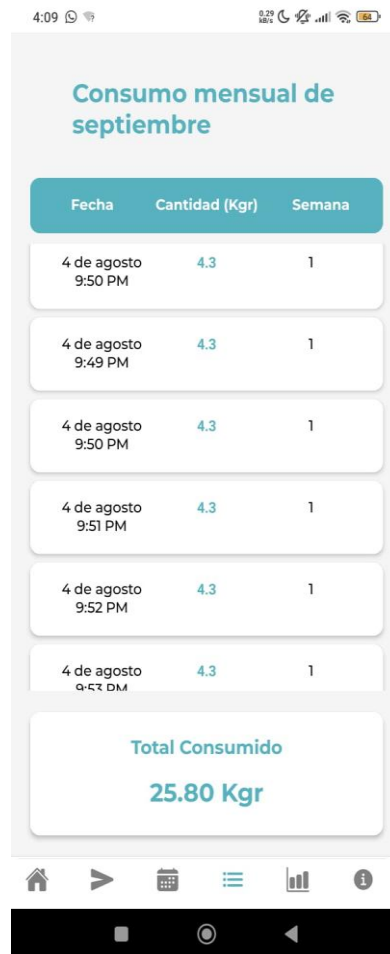


### 6.3.4 Consumo de mensual

Como se observa en la **Figura 36**, la opción 4 corresponde al apartado de “Consumo mensual” (☰), una herramienta diseñada para ofrecer al usuario un registro detallado del alimento suministrado durante el mes en curso. La información presentada incluye:

- Fecha de dosificación: indica el día en que se efectuó cada suministro de alimento.
- Cantidad de alimento (kg): muestra el peso total suministrado en cada dosificación registrada.
- Número de semana: especifica la semana seleccionada por el usuario para la programación del proceso.


**Figura 85.** Vista del registro del consumo mensual de dosificaciones.



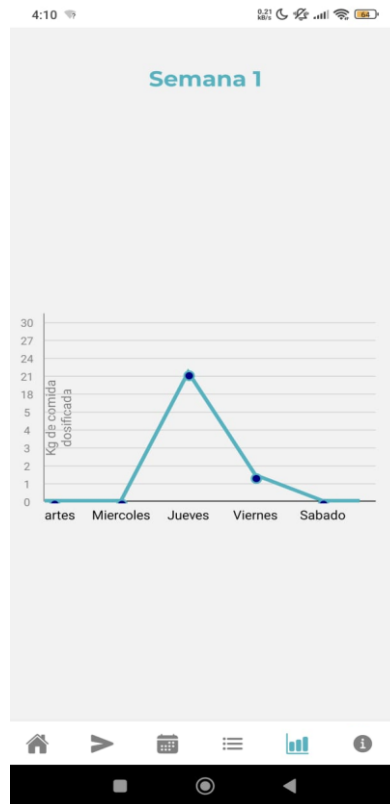
**Nota:** Esta funcionalidad es especialmente útil para llevar un seguimiento preciso del consumo, optimizar la planificación de futuras dosificaciones y garantizar una alimentación adecuada según las necesidades del proceso productivo.

### 6.3.5 Gráfica de consumo mensual

Si desea observar la gráfica de consumo mensual en tiempo real:

- Ingrese a la aplicación DosifiApp.
- Diríjase a la última opción del menú, identificada con el símbolo correspondiente (  ).
- Oprima el botón para acceder a la sección de consumo.
- Una vez se hayan realizado varias dosificaciones, en la **Figura 37** se construye una gráfica en tiempo real, la cual se actualiza automáticamente y permite observar el consumo total registrado por el sistema durante el mes.

**Figura 86.** Vista de la gráfica del consumo mensual.



## 6.4 Notificaciones del Sistema

El sistema de DosifiApp genera notificaciones automáticas cada vez que se ejecuta un proceso de dosificación o de suministro de alimento. Estas notificaciones permiten al usuario mantenerse informado en tiempo real sobre la actividad del dispositivo.

### 6.4.1 Notificaciones en la aplicación

En la **Figura 38**, Cuando el usuario se encuentra dentro de la aplicación, aparecerá una notificación interna en la interfaz. Esta incluye:

- Fecha de la ejecución del proceso.
- Hora exacta en la que se realizó la dosificación.
- Semana Actual

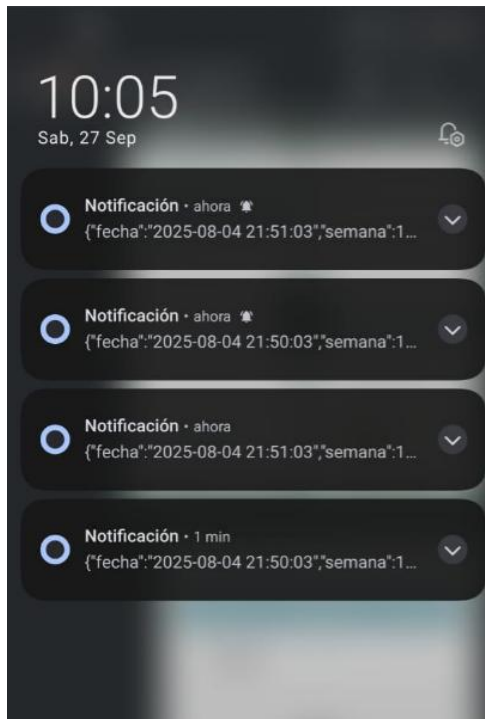
**Figura 87.** Vista de las notificaciones que genera la App al momento de realizar una dosificación.



### 6.4.2 Notificaciones en la barra de notificaciones del teléfono

Cuando el usuario no está dentro de la aplicación, DosifiApp enviará una alerta visible en la barra de notificaciones del dispositivo móvil como se observa en la **Figura 39**. Allí se registrarán todas las notificaciones generadas cada vez que se ejecute un proceso de dosificación o alimentación, de manera que el usuario pueda consultarlas sin necesidad de abrir la aplicación.

**Figura 88.** Vista de las notificaciones en la barra de alertas del telefono.

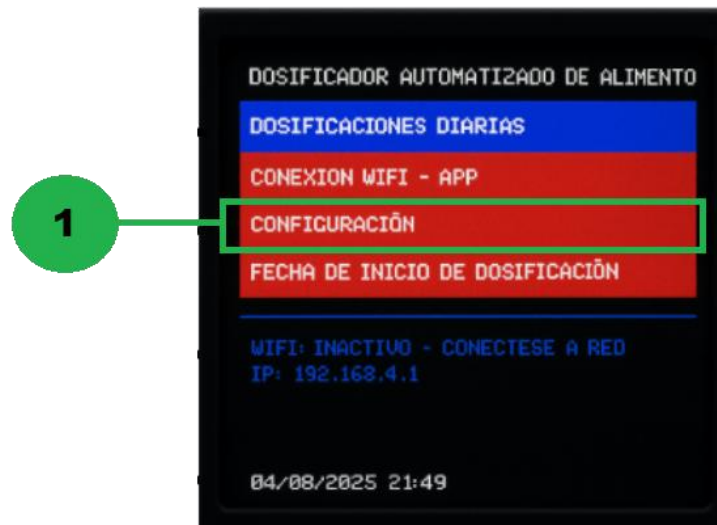


## 7 Ajustes del sistema

### 7.1 ¿Cómo configurar la fecha y la hora del sistema desde el panel de control?

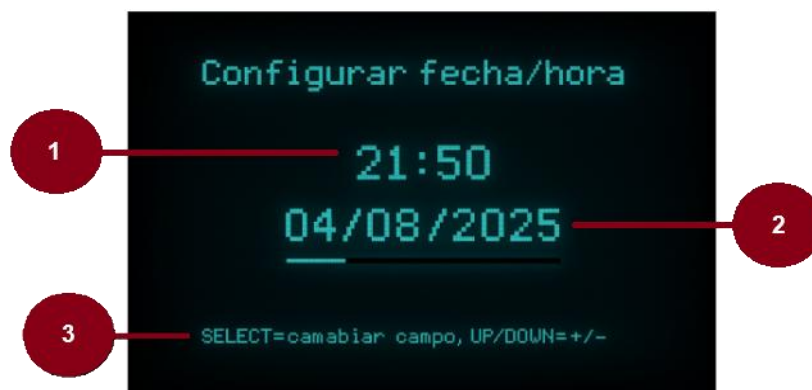
- En la Figura 40, nos dirigimos al menú principal, seleccione la opción "Configuración".

**Figura 89.** Vista de los Ajustes del sistema.



- Dentro de esta sección, podrá ajustar únicamente la fecha y la hora del sistema.
- Use el botón UP para modificar los valores y el botón SELECT para confirmar cada ajuste.

**Figura 90.** Vista de la opción " CONFIGURACION FECHA Y HORA".



1. Programación de fecha
2. programación de hora

3. SELECT para confirmar

**Nota:** Solo realizar el ajuste cuando la hora del sistema se desconfigure.

## 7.2 ¿Cómo configurar la fecha y la hora del sistema desde la aplicación?

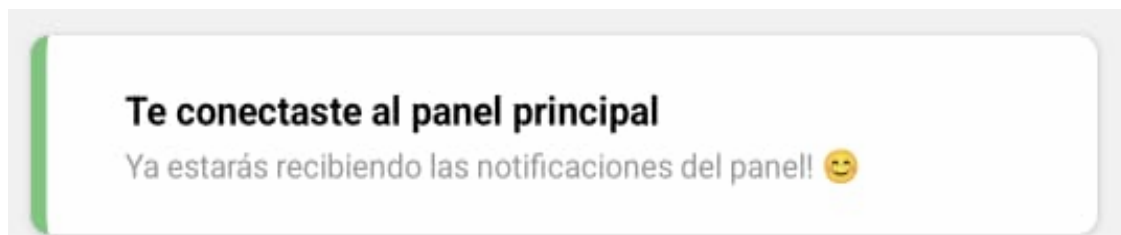
### Ingrese a la aplicación

- Abra la DosifiApp en su dispositivo.

### Verifique la conexión del panel

- En la Figura 42, aparecerá una notificación que indica que estamos conectados.
- *Si no está conectado:* vaya al botón “**Conectar al panel**” en la opción **HOME**, pulse **Conectar** en la app y espere la verificación que indique "Te conectaste al panel principal".

**Figura 91.** Vista de la Verificación de conexión con el panel principal.



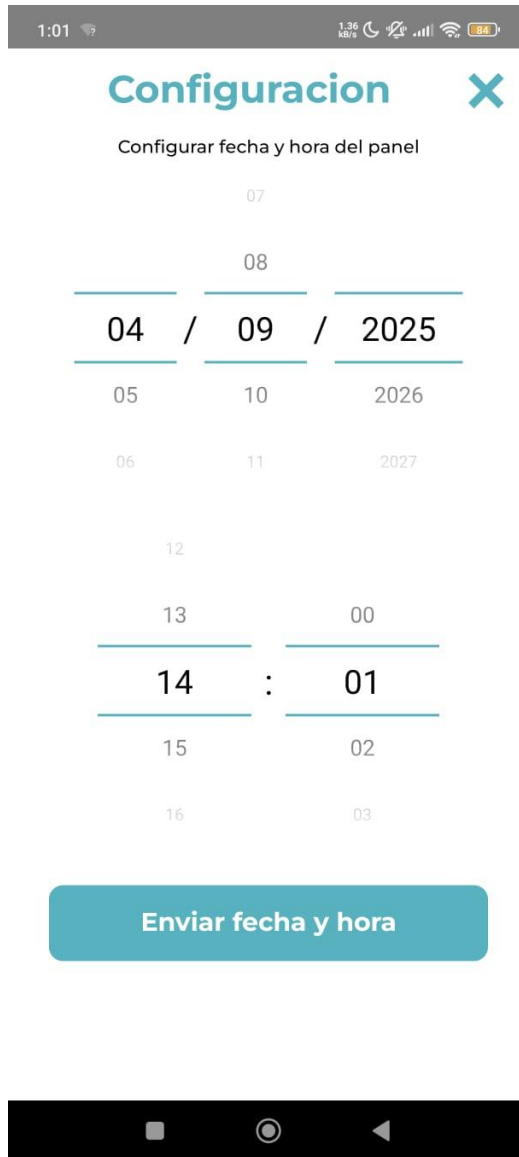
### Ingresar a los Ajustes de Fecha y Hora

- En el menú principal seleccione la (⚙️). Al hacer clic se abrirá la interfaz de programación.

### Elija la fecha y la hora de inicio

- En la **Figura 43**, Deslice en la opción Fecha y elija la **Fecha exacta** (por ejemplo: 04/09/2025), luego elija la **hora exacta** (por ejemplo: 14:01)
- oprima el botón “**enviar fecha y hora**”

**Figura 92.** Vista de la opción “Configuracion hora y fecha desde” la app.



## 8 Créditos del software

- Diríjase a la opción “créditos de software” ubíquese con este icono (i).
- En la **Figura 44** Se mostrará la información relacionada con los colaboradores que participaron en el desarrollo de DosifiApp.

**Figura 93.** Vista de los colaboradores y fundadores de la aplicación DosiFiApp.



## **9 Problemas Técnicos y Recomendaciones.**

### **9.1 Recomendaciones**

- No abrir el dispositivo si no tiene los conocimientos técnicos adecuados o sin la autorización del soporte técnico.
- Evite manipular el dispositivo en caso de que el soporte no responda; espere siempre la asistencia especializada.
- No someter el dispositivo a golpes fuertes ni a presiones excesivas.
- Presione los botones suavemente, evitando hacerlo de forma brusca o con objetos punzantes.
- Mantenga el dispositivo protegido del agua, líquidos o ambientes demasiado húmedos, incluso si cuenta con aislamiento.
- Evite caídas o movimientos bruscos que puedan causar desconfiguración o daños en los componentes internos.
- No exponga el dispositivo a temperaturas extremas ni a la luz solar directa por largos periodos.
- Utilice siempre el cargador o fuente de poder recomendada para evitar daños eléctricos.
- Mantenga el dispositivo fuera del alcance de niños o personas no autorizadas.

### **9.2 Problemas comunes**

#### **9.2.1 El dispositivo no enciende o no inicializa completamente.**

Si el dispositivo no enciende o presenta problemas durante la inicialización, siga estas recomendaciones:

- Verifique la conexión a la corriente eléctrica. Asegúrese de que el enchufe esté bien conectado y que haya suministro eléctrico.
- Revise el voltaje de alimentación. El sistema está diseñado para funcionar únicamente con 120 V en corriente alterna (AC).
  - Si se conecta a un voltaje más alto, el dispositivo puede dañarse de manera irreversible.
  - Si se conecta a un voltaje más bajo, es posible que no funcione correctamente.
- Inspeccione el cable de alimentación y los conectores. Si están sueltos, doblados o dañados, reemplácelos antes de intentar encender el equipo.

- Espere unos segundos y reinicie. En ocasiones, el sistema puede requerir un ciclo de apagado y encendido para iniciar completamente.
- Verifique que no existan sobrecargas eléctricas en la toma de corriente (por ejemplo, varios equipos conectados en la misma extensión).
- Evite abrir el dispositivo para revisar internamente si no cuenta con los conocimientos técnicos o autorización del soporte.
- En caso de persistir el fallo, comuníquese con el servicio técnico oficial antes de intentar cualquier reparación por cuenta propia.

### **9.2.2 La App no conecta con el panel principal**

Si la aplicación DosifiApp no logra establecer conexión con el panel principal, tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Confirme la red de conexión. Revise que el panel principal esté emitiendo y mostrando su red WiFi de manera correcta, y que el dispositivo móvil esté conectado a dicha red.
- Revise la configuración de la App. En la opción *“Conectar al panel”* de la aplicación, pulse el botón y espere unos segundos hasta que aparezca la verificación de conexión.
- Evite interferencias. Procure no estar demasiado lejos del panel ni en lugares con obstáculos que puedan afectar la señal.
- Reinicie el sistema. Apague el panel, espere unos segundos y vuelva a encenderlo antes de intentar una nueva conexión.
- Cierre y vuelva a abrir la aplicación. Reiniciar la App puede ayudar a restablecer la comunicación.
- Si el problema persiste, contacte con el equipo de soporte técnico antes de intentar abrir o manipular el panel por cuenta propia.

### 9.3 Dónde obtener ayuda

Si los problemas persisten con el uso de **DosifiApp**, no dude en ponerse en contacto con nuestro equipo de soporte. Estamos aquí para brindarle la asistencia necesaria y resolver cualquier inconveniente que pueda surgir. Puede comunicarse con nuestro servicio de soporte a través de los canales oficiales de contacto, y con gusto le acompañaremos en la solución de los problemas que esté enfrentando.

Su satisfacción es nuestra prioridad y estamos comprometidos en garantizar que su experiencia con **DosifiApp** sea siempre la mejor posible.

#### **Canales de contacto:**

- **Correo electrónico:** soporte@asppdosifiapp.co
- **WhatsApp:** +57 318\*25\*\*75

Escríbanos y reciba asistencia personalizada de nuestro equipo técnico.