

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL  
CULTIVO DE TILAPIA**

**SUSTENTADO POR:**

**LUIS ENRIQUE ALVARADO HERNÁNDEZ, 20711058**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN  
ELECTRÓNICA**

**SAN PEDRO SULA**

**HONDURAS, C.A.**

**25 DE JULIO, 2021**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO CEUTEC**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**SAN PEDRO SULA**

**HONDURAS, C.A.**

**25 DE JULIO, 2021**

**SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA  
EN EL CULTIVO DE TILAPIA**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**

**ASESOR:**

**INGENIERO RAMON DAGOBERTO BAIDE PÉREZ**

**TERNA EXAMINADORA:**

**INGENIERO ALAN ULISES RECINOS MANCIAS**

**INGENIERO ELISEO BENJAMÍN VÁSQUEZ CASTILLO**

**INGENIERO. RICARDO ADONIS CARACCIOLI ABREGO**

**SAN PEDRO SULA**

**HONDURAS, C.A.**

**25 DE JULIO, 2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres por todo el apoyo brindado a lo largo de estos años, por cada uno de sus valiosos consejos y por demostrar que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis hermanos quienes siempre me han brindado su apoyo y sus palabras de aliento para continuar con la finalización de mis estudios y lograr culminar una meta más en mi vida.

A cada uno de mis amigos y familiares que siempre demostraron sus muestras de aliento para culminar mis estudios.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios por darme las fuerzas de seguir adelante a pesar de las adversidades y obstáculos a los que nos enfrentamos cada día, seguidamente a mis padres, hermanos por el apoyo brindado todo este tiempo, por sus palabras de aliento.

Sumamente agradecido con cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos, consejos y experiencias facilitando el aprendizaje durante todos estos años.

Agradecimiento al señor Carlos Luis Mendoza por permitir la implementación y demostración del proyecto en sus instalaciones de producción.

Finalmente, agradecimiento especial a Gisselle Argueta por todos sus consejos, palabras de aliento que siempre me motivaron a seguir adelante y por su valiosa ayuda en el asesoramiento de este trabajo.

## **SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE TILAPIA**

### **AUTOR:**

LUIS ENRIQUE ALVARADO HERNÁNDEZ

### **RESUMEN.**

El desarrollo del cultivo de tilapia en Honduras desde sus inicios hasta la actualidad a jugado un papel importante dentro de la economía del País es por tal razón que controlar la calidad del agua utilizada en los estanques de producción juega un rol importante para el óptimo desarrollo de los peces.

El presente trabajo investigativo aborda el estudio de una amplia recopilación de información sobre la importancia de la calidad del agua dentro del cultivo de tilapia, lo que motiva al investigador a plantear y desarrollar un sistema basado en un prototipo para el monitoreo y control de la calidad del agua utilizada en la producción de tilapia, con la implementación del prototipo se busca reducir las enfermedades y la posterior muerte de los peces por no contar con una calidad de agua necesaria para su desarrollo, dicho sistema tendrá la funcionalidad de permitir la visualización por medio de una interfaz gráfica de las lecturas registradas de los parámetros por la red de sensores que comprenden el sistema, otro punto que se considera importante es que el sistema podrá reducir los tiempos de toma de lecturas o la intervención de un tercero para efectuar las mediciones diarias de los estanque lo que lleva a una reducción de los costos en la producción de tilapia.

**Palabras claves:** prototipo, cultivo de tilapia, monitoreo y control, calidad del agua, sensores.

# WATER'S SUPERVISION AND QUALITY CONTROL SYSTEM FOR TILAPIA FARMING

## **AUTHOR:**

LUIS ENRIQUE ALVARADO HERNÁNDEZ

## **ABSTRACT.**

Since its starters, the development of tilapia farming has played an important role in the economy of Honduras. Therefore, the control of water's quality used in the production ponds is crucial for the ideal development of fish.

The current investigation report approaches the study of a wide compilation of information about the importance of the water's quality throughout tilapia farming, which motivates the investigator to plan and develop a system based on a prototype for the control and monitoring of the quality in the water used for the production of tilapia. The main objective of this prototype implementation is to reduce sicknesses and potential death of fish. This system will allow the visualization of the parameters, shown by a graphical interface through the sensor network that embraces the system. The system will also be able to reduce the time of each reading and admit the intervention of a third party to accomplish the daily measurements of the ponds leading to a significant reduction of the costs required for the production of tilapia.

**Keywords:** prototype, tilapia farming, monitoring and control, water quality, sensors.

**TABLA DE CONTENIDO**

I Introducción.....	1
II Planteamiento del Problema.....	3
2.1 Antecedentes del Problema.....	3
2.2 Definición del Problema .....	4
2.2.1 Enunciado del Problema .....	4
2.2.2 Formulación del Problema .....	6
2.3 Preguntas de Investigación .....	6
2.4 Variables de Investigación.....	6
2.5 Justificación .....	7
III Objetivos del Proyecto.....	8
3.1 Objetivo General.....	8
3.2 Objetivos Específicos.....	8
IV Marco Teórico .....	9
4.1 Análisis de la Situación Actual .....	9
4.1.1 Análisis del Macroentorno .....	9
4.1.2 Análisis del Microentorno.....	11
4.1.2.1 Estructura Legal e Institucional. ....	12
4.1.2.2 Marco Jurídico Regional e Internacional. ....	15
4.1.3 Análisis Interno .....	16



4.2 Teorías.....	17
4.2.1 Teorías de Sustento .....	17
4.2.1.1 Acuacultura. ....	18
4.2.1.2 Generalidades del Cultivo de Tilapia.....	19
4.2.1.3 Extensivo.....	21
4.2.1.4 Semi-intensivo. ....	22
4.2.1.5 Intensivo.....	23
4.2.1.5.1 Estanques. ....	23
4.2.1.5.2 Jaulas.....	24
4.2.1.6 Super-intensivo. ....	24
4.2.1.7 Calidad del Agua.....	25
4.2.1.7.1 Temperatura. ....	27
4.2.1.7.2 Oxígeno Disuelto (OD).....	28
4.2.1.7.3 PH. ....	29
4.2.1.8 Sistema de monitoreo.....	30
4.2.1.9 Sensores. ....	31
4.2.1.9.1 Clasificación de los sensores según la energía. ....	31
4.2.2 Conceptualización .....	31
4.2.2.1 Microcontrolador. ....	31
4.2.2.2 Arduino Mega. ....	32

4.2.2.3 PLC.....	33
4.2.2.4 HMI.....	35
4.2.2.5 Sensor Oxígeno Disuelto.....	36
4.2.2.5.1. Electrodo Oxígeno Disuelto.....	37
4.2.2.6 Sensor de Temperatura.....	39
4.2.2.6.1 Sensor DS18B20.....	39
4.2.2.6.2 Sensor PT100.....	41
4.2.2.7 Sensor de PH.....	41
4.2.2.7.1 Sensor PH.....	42
4.2.2.7.2 Sensor de pH y temperatura incorporado.....	43
4.2.2.8 Display LCD.....	44
4.2.2.9 Modulo de Relé.....	45
4.2.2.10 Aireador.....	45
V Metodología.....	47
5.1 Congruencia Metodológica.....	47
5.1.1 Matriz Metodológica.....	47
5.1.2 Operacionalización de las Variables.....	49
5.1.3 Hipótesis.....	51
5.2 Enfoque y Metodología.....	51
5.3 Alcance y Diseño de la Investigación.....	52

5.3.1 Población y Muestra.....	52
5.4 Técnicas e Instrumentos Aplicados .....	52
5.4.1 Instrumentos.....	53
Unidad de Análisis .....	53
5.5 Fuentes de Información.....	54
5.5.1 Fuentes Primarias .....	54
5.5.2 Fuentes Secundarias .....	54
5.6 Limitantes del Proyecto .....	55
5.7 Limitantes de la Investigación .....	55
5.8 Cronología de Trabajo .....	55
VI Resultados y Análisis.....	58
6.1 Análisis del Prototipo.....	59
VII Viabilidad.....	74
7.1 Viabilidad Operacional .....	74
7.1.1 Proceso Operacional de Medición .....	75
7.2 Viabilidad Económica.....	77
7.2.1 Análisis Costo-Beneficio .....	78
7.3 Viabilidad de Mercado.....	78
XIII Aplicabilidad.....	80
8.1 Análisis de Mercado .....	80

8.1.1 Análisis de la Demanda.....	81
8.1.2 Análisis de la Oferta.....	85
8.1.3 Análisis de Precios .....	90
8.1.4 Análisis de Comercialización.....	91
8.2 Estudio Técnico .....	92
8.2.1 Análisis y determinación de la localización optima del proyecto.....	92
8.2.2 Análisis y determinación del tamaño optimo del proyecto.....	93
8.2.3 Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos.....	93
8.2.4 Identificación y Descripción del Proceso.....	94
8.2.5 Determinación de la Organización Humana y Jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto .....	95
8.3 Estudio Económico .....	97
8.3.1 Costos de Producción y Operación .....	98
8.3.2 Inversión Total Inicial .....	99
8.3.3 Punto de Equilibrio .....	100
8.3.4 TIR .....	101
8.4 Creación del Prototipo .....	102
IX Conclusiones.....	109
X Recomendaciones.....	110
XI Bibliografía .....	111
Anexos .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 <i>Cultivo de tilapia en estanque</i> .....	18
Figura 4.2 <i>Sistema extensivo de producción de tilapia</i> .....	21
Figura 4.3 <i>Sistema Semi-intensivo de producción de tilapia</i> .....	22
Figura 4.4 <i>Tanque de valla electrosoldada y geomembrana</i> .....	23
Figura 4.5 <i>Sistema de jaulas para producción de tilapia</i> .....	24
Figura 4.6 <i>Sistema de estanques de concreto para producción de tilapia</i> .....	25
Figura 4.7 <i>Curvas de crecimiento de tilapia según la temperatura</i> .....	27
Figura 4.8 <i>Ejemplo monitoreo de temperatura</i> .....	30
Figura 4.9 <i>Placa Arduino mega 2560</i> .....	32
Figura 4.10 <i>PLC CPU 1211C</i> .....	34
Figura 4.15 <i>HMI OMRON NB7W-TW01B</i> .....	36
Figura 4.16 <i>Sensor de oxígeno disuelto óptico E-LUMIN</i> .....	37
Figura 4.17 <i>Sensor de oxígeno disuelto</i> .....	38
Figura 4.18 <i>Sensor de temperatura impermeable DS18B20</i> .....	40
Figura 4.19 <i>Sensor PT100 de 3 hilos</i> .....	41
Figura 4.20 <i>Sensor PH</i> .....	42
Figura 4.21 <i>Sensor de pH SC25V</i> .....	44
Figura 4.22 <i>Display LCD 16x2</i> .....	44
Figura 4.23 <i>Modulo relé 4 canales</i> .....	45
Figura 4.24 <i>Tipos de aireadores</i> .....	46
Figura 5.1 <i>Diagrama de Gantt</i> .....	57
Figura 6.1 <i>Diagrama de conexiones del prototipo</i> .....	61

Figura 6.2 *Esquema de conexiones del prototipo* ..... 62

Figura 6.3 *Esquema eléctrico para aireador trifásico*..... 63

Figura 6.4 *Esquema eléctrico para aireador monofásico* ..... 64

Figura 6.5 *Parametrización de los sensores en Excel* ..... 65

Figura 6.6 *Diagrama del prototipo y etapa de monitoreo* ..... 68

Figura 6.7 *Etapa de control del prototipo* ..... 69

Figura 6.8 *Inicialización del prototipo* ..... 70

Figura 6.9 *Prototipo etapa de monitoreo en funcionamiento* ..... 71

Figura 6.10 *Prototipo etapa de control en funcionamiento*..... 72

Figura 6.11 *Creación del registro en la tarjeta SD virtual*..... 73

Figura 6.12 *Verificación de los datos almacenados en el registro*..... 73

Figura 7.1 *Diagrama de verificación de componentes* ..... 75

Figura 7.2 *Diagrama proceso de medición*..... 76

Figura 8.1 *Rango de edad de los encuestados* ..... 81

Figura 8.2 *Genero de los encuestados* ..... 82

Figura 8.3 *Años como productor de tilapia* ..... 82

Figura 8.4 *Cantidad de estanques*..... 83

Figura 8.5 *Grado de producción*..... 84

Figura 8.6 *Localidad de las instalaciones* ..... 84

Figura 8.7 *Posee un sistema de aireación* ..... 86

Figura 8.8 *Tipo de sistema de aireación* ..... 86

Figura 8.9 *Consumo energético* ..... 87

Figura 8.10 *Reducción de consumo de energía* ..... 87

Figura 8.11 <i>Posee un sistema de monitoreo</i> .....	88
Figura 8.12 <i>Obtiene muestras en tipo real</i> .....	88
Figura 8.13 <i>Disposición de implementar un sistema de monitoreo</i> .....	89
Figura 8.14 <i>Importancia de implementar un sistema de monitoreo y control</i> .....	89
Figura 8.15 <i>Inversión en un sistema de monitoreo y control</i> .....	90
Figura 8.16 <i>Grafico punto de equilibrio</i> .....	100
Figura 8.17 <i>Enmascarado de tapa</i> .....	102
Figura 8.18 <i>Instalación de componentes</i> .....	103
Figura 8.19 <i>Alimentación de luz piloto</i> .....	103
Figura 8.20 <i>Instalación de controlador</i> .....	104
Figura 8.21 <i>Módulos de sensores</i> .....	105
Figura 8.22 <i>Modulo Relé</i> .....	105
Figura 8.23 <i>Líneas de alimentación</i> .....	106
Figura 8.24 <i>Modulo RTC y SD</i> .....	106
Figura 8.25 <i>Conexiones modulo relé</i> .....	107
Figura 8.26 <i>Parte interna prototipo</i> .....	108
Figura 8.27 <i>Alimentación</i> .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 <i>Rango de parámetros óptimos</i> .....	4
Tabla 4.1 <i>Principales especies de tilapia cultivadas</i> .....	20
Tabla 4.2 <i>Indicadores de la calidad del agua</i> .....	26
Tabla 4.3 <i>Factores que inciden en la disminución de oxígeno</i> .....	28
Tabla 4.4 <i>Efecto del pH en los peces según su escala</i> .....	29
Tabla 4.6 <i>Especificaciones técnicas Arduino</i> .....	33
Tabla 4.7 <i>Especificaciones técnicas CPU I211C</i> .....	35
Tabla 4.8 <i>Especificaciones técnicas sensor oxígeno disuelto</i> .....	38
Tabla 4.9 <i>Especificaciones sensor DS18B20</i> .....	40
Tabla 4.10 <i>Especificaciones técnicas sensor PH</i> .....	43
Tabla 5.1 <i>Matriz metodológica</i> .....	48
Tabla 5.2 <i>Operacionalización de variables</i> .....	50
Tabla 5.3 <i>Actividades realizadas durante la elaboración de la investigación</i> .....	56
Tabla 7.1 <i>Lista de precios de los componentes</i> .....	77
Tabla 7.2 <i>Precio de mediciones realizadas en laboratorio</i> .....	78
Tabla 7.3 <i>Lista de precios sistema más complejo</i> .....	79
Tabla 8.1 <i>Costo de los componentes utilizados</i> .....	94
Tabla 8.2 <i>Demanda del sistema</i> .....	97
Tabla 8.3 <i>Ingresos estimados</i> .....	98
Tabla 8.4 <i>Costo de elaboración</i> .....	98
Tabla 8.5 <i>Inversión</i> .....	99
Tabla 8.6 <i>Financiamiento</i> .....	99



Tabla 8.71 *Punto de equilibrio económico* ..... 100

Tabla 8.7 *TIR* ..... 101

## GLOSARIO

**Acuicultura.** Es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de cultivo de especies acuáticas vegetales y animales.

**Biomasa.** Materia orgánica utilizada como fuente energética.

**Biotecnia.** Ciencia que se encarga de extraer bienes o servicios de los animales, permitiendo satisfacerse y de cierta manera sacando provecho de estos mismo.

**Calidad.** Se refiere a la capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas según un parámetro.

**Control.** Es un mecanismo preventivo y correctivo permite la oportuna detección y corrección de desviaciones o incongruencias en un sistema.

**Cultivo intensivo.** Hace referencia a producir cultivos en ambientes y condiciones controladas para optimizar el crecimiento y desarrollo de lo que planea producir.

**Display.** Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual.

**Estanque.** Es un cuerpo de agua pequeño que puede surgir de manera natural o ser desarrollado por el ser humano.

**Factores.** Son los distintos aspectos que intervienen, determinan o influyen para que una cosa sea de un modo concreto.

**Fito-zoosanitaria.** Limpieza de los animales o productos de origen animal.

**Híbridos de tilapia.** El resultado de la procreación entre machos y hembras de tilapia de diferentes eco tipos o familias para obtener híbridos con características mejoradas para un rendimiento económico más alto.

**Ictica.** Concerniente y perteneciente a un pez o también a todos los pescados sin tener en cuenta su clasificación taxonómica y relacionado con la sección de la ictiología.

**Indicador.** Es una característica específica, observable y medible que puede ser usada para mostrar los cambios y progresos que está haciendo un programa.

**Magnitud.** Propiedad de los cuerpos y elementos que permite que sean medibles.

**Microcontrolador.** Son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones.

**Monitoreo.** Es la acción de supervisar o vigilar mediante equipos o sistemas de cualquier tipo las acciones que se realizan en lugares determinados.

**Piscicultura extensiva.** Es aquella en la que se aprovechan racionalmente los cuerpos de agua naturales o los creados con otros fines.

**Piscicultura intensiva.** Consiste en cultivar peces en estanques u otras estructuras como jaulas y corrales, contruidos especialmente para los tipos de especies que se trabajan.

**Piscicultura.** Es la cría de peces, el arte de repoblar los ríos y los estanques de peces, o en su defecto, de dirigir y fomentar la reproducción de los peces y mariscos.

**Poiquilotermo.** Son los organismos llamados ectotérmicos o “de sangre fría”, que no pueden regular significativamente su temperatura corporal generando calor.

**Sensor.** Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión y la transmite adecuadamente.

**Sistema.** Se puede decir que es un conjunto de elementos con relaciones de interacción e interdependencia que le confieren entidad propia al formar un todo unificado.

**Software libre.** Es un programa informático donde el usuario propietario del programa tiene la libertad de copiarlo, modificarlo, redistribuirlo y distribuirlo.

## I Introducción

La acuicultura inicia sus primeros pasos en Honduras de manera informal en 1936, cuando se introducen de la República de Guatemala las primeras especies de cultivo. Pero fue hasta 1954 que, a través de la iniciativa de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y autoridades gubernamentales de Honduras, se establece el primer proyecto de desarrollo de la acuicultura con el objetivo de: "Mejorar el nivel nutricional de la población rural mediante la producción de proteína animal de excelente calidad". En la actualidad el cultivo de tilapia ha presentado un crecimiento importante para el sector agropecuario del País mejorando así la economía de muchas familias.

Sin embargo, la falta de un sistema capaz de monitorear y mantener en rangos óptimos la calidad del agua en el cultivo, ha producido un incremento en la mortalidad de los peces en sus primeras fases de desarrollo y engorde, representando una pérdida en la inversión inicial por parte de los productores. Por lo tanto, el sistema propuesto tiene como objetivo principal supervisar los principales indicadores de la calidad del agua en el cultivo, logrando mantener las condiciones óptimas para el desarrollo y crecimiento de los peces.

La implementación del sistema de monitoreo y control favorecerá la producción de tilapia, el cual posibilita la visualización de los indicadores en la calidad del agua en la que los peces son cultivados, garantizando así una mayor calidad en los ejemplares y un mejor rendimiento durante la cosecha. Dicho monitoreo será llevado a cabo por medio del uso de sensores, tales como, sensor de pH, sensor de oxígeno disuelto y sensor de temperatura, mientras que el control se logrará con el uso de actuadores.

La estructura de la información contenida en el informe es la siguiente:

Capítulo II. Planteamiento del Problema: Se mencionan los antecedentes del problema, la definición del problema, preguntas de la investigación, las variables sujetas a investigación y la justificación de la investigación.

Capítulo III. Objetivos: En esta sección se abarca el objetivo general y se desglosan los objetivos específicos objetos de estudio en la investigación.

Capítulo IV. Marco Teórico: Comprende toda la información necesaria para entender la problemática recopilada de diferentes fuentes, se menciona toda la información de cada uno de los elementos a emplear para la realización del proyecto.

Capítulo V. Metodología: Este capítulo comprende el desarrollo del método y enfoque investigativo, como la Operacionalización de las variables empleadas.

Capítulo VI. Resultados y Análisis: Aquí se muestra el resultado obtenido durante el diseño y simulación del prototipo el cual nos lleva al análisis de la funcionalidad del sistema desarrollado.

Capítulo VII Viabilidad: Se abarca la viabilidad operacional, económica y de mercado que presenta el desarrollo del prototipo.

Capítulo VIII Aplicabilidad: Esta sección muestra cada uno de los pasos en la construcción del prototipo y a su vez abarca los diferentes estudios económicos para determinar la aceptación del sistema en el mercado.

Capítulo IX Conclusiones: Una vez estudiados y analizados los resultados el investigador procede a listar las conclusiones.

Capítulo X Recomendaciones: Se detallan las recomendaciones en base al funcionamiento e implementación del prototipo para su óptimo desempeño.

## II Planteamiento del Problema

A continuación, se presenta la principal problemática que se han considerado para el desarrollo de la investigación sistema de monitoreo y control de la calidad del agua en el cultivo de tilapia manifestándose de la siguiente manera.

### 2.1 Antecedentes del Problema

El cultivo de la tilapia data de los tiempos de la civilización egipcia, posteriormente fue distribuida ampliamente por todo el planeta en los años de 1940 y 1950, los importantes avances en las técnicas de producción representaron un importante triunfo en el cultivo de la tilapia, adicional a esto la investigación nutricional y mejoras en los sistemas de cultivo fueron clave para una rápida expansión de esta industria y su rápida aceptación por su alto contenido nutricional y bajo costos de producción. (FAO, 2008).

En el año de 1954 las autoridades gubernamentales de Honduras con la ayuda de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), llevaron a cabo el primer programa de desarrollo acuícola, garantizando la seguridad alimenticia del País, creando en El Picacho la primera estación piscícola de Honduras.(CDE MIPYME VL, 2018).

El rápido crecimiento que ha presentado este cultivo en el País ha llevado a diversidad de personas a incursionar en el rubro sin la capacitación requerida, el cual influye en el buen desarrollo de sus cultivos, razón por la que muchos investigadores, instituciones privadas y gubernamentales se plantean que factores y parámetros son importantes para el cultivo de tilapia.

Motivo por el cual se han realizado diferentes programas de estudio para determinar estos factores y parámetros que afectan el crecimiento y por tanto la producción de tilapia, por lo que Saavedra Martínez (2006) nos hace mención de los parámetros principales que influyen en el

óptimo desarrollo y crecimiento de la tilapia, donde se requiere de sitios de cultivo que mantengan los requerimientos medio ambientales específicos para tal actividad agropecuaria.

PRONAGRO & SAG (s. f.) menciona que se debe considerar la calidad del agua en la que el cultivo se desarrolla, la cual está determinada por valores físicos y químicos tales como la temperatura, escala de pH y sobre todo el elemento más importante para la vida de los peces, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

En la siguiente tabla se observa cada uno de los rangos considerados óptimos respecto a la calidad el agua en la que los peces son cultivados, lograr mantener estos rangos garantiza ejemplares sanos y un buen rendimiento al momento de su cosecha.

**Tabla 2.1**

*Rango de parámetros óptimos*

Parámetros	Óptimo	Mínimo	Letal
Temperatura	25 °C – 28 °C	16 °C – 30 °C	< 12 °C – > 30 °C
Oxígeno disuelto	4.5 – 5.0 mg/L	2.7 – 4 mg/L	2 mg/L
pH	6.5 – 9.0	< 6.5 – > 9.0	5

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de PRONAGRO & SAG ( s. f.).

## **2.2 Definición del Problema**

A continuación, se enuncia la problemática objeto de estudio de esta investigación posterior al análisis del problema se procede a plantear la pregunta problema de investigación y se presentan las variables asociadas a este estudio.

### **2.2.1 Enunciado del Problema**

En investigaciones realizadas previamente se concluye que la tilapia es un pez capaz de adaptarse a diversidad de condiciones ambientales como ser un bajo nivel de oxígeno disuelto (1 mg/l), sin embargo, esto lleva al pez a niveles de estrés altos lo que provoca la aparición de

infecciones, por tal razón dichas investigaciones recalcan que un nivel del (4 mg/l) garantizara el éxito en el cultivo. Situación similar ocurre con el pH de los estanques presentando ciclos fluctuantes, en el día los niveles de dióxido de carbono, densidad del fitoplancton, alcalinidad y dureza del agua y por las noches por la respiración de los peces. Otro factor son los cambios de temperatura que afectan principalmente el metabolismo lo que produce un bajo crecimiento.

Por tal razón Gutiérrez (2014) menciona que la calidad del agua especialmente en cultivos desarrollados en estanques , se considera un punto crítico en los procesos de producción por lo que debe ser monitoreada constantemente, para mantener la calidad del agua en rangos aceptables para el buen desarrollo de los peces, en caso contrario, la población en cultivo podría tener bajo crecimiento, proliferación de patógenos con brotes de enfermedad, eventuales mortalidades y baja calidad del producto final.

Con el transcurso de los años más productores comienzan a desarrollar sus cultivos en estanques, donde se observa que una cantidad considerable carecen de un sistema que les brinde la recolección de los parámetros de calidad del agua en tiempo real, donde en muchas de las ocasiones dichos datos son recolectados de forma manual por el personal, el cual se vuelve un proceso lento para una actividad de importancia, incurriendo en un incremento de recursos y de empleados. Considerando lo mencionado anteriormente es necesaria la implementación de un sistema de monitoreo y control en los estanques de producción resultando imposible manejar el cultivo desconociendo los parámetros que garantizan una buena calidad del agua utilizada. Lo que evitara las pérdidas de inversión por enfermedades y mortalidad de los peces en producción a su vez garantiza que el productor pueda comercializar su producto cumpliendo con las normas técnicas y sanitarias respecto a la calidad del agua en las que el cultivo es desarrollado establecidas por la secretaria gubernamental designada a tal fin.



### **2.2.2 Formulación del Problema**

Partiendo de lo expresado anteriormente se logra plantear la siguiente interrogante como centro del problema de estudio.

¿Como mejorar la recolección de los rangos de oxígeno disuelto, pH y temperatura parámetros importantes de la calidad del agua en el cultivo de tilapia?

### **2.3 Preguntas de Investigación**

A continuación, se muestran las preguntas de investigación de este estudio con las cuales se pretende responder la temática planteada.

1. ¿Qué hardware nos ayudara a visualizar y supervisar los parámetros recopilados por los sensores del sistema?
2. ¿Qué beneficio brinda controlar la calidad del agua en el cultivo de tilapia?
3. ¿Qué hardware nos ayuda a organizar y almacenar las lecturas recopiladas durante las mediciones de los sensores del sistema?
4. ¿Qué elemento ayuda a corregir las perturbaciones en el nivel del oxígeno disuelto del agua?

### **2.4 Variables de Investigación**

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Siendo aplicada a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. (Hernández Sampieri et al., 2010, p. 93).

Productividad

Sistema de monitoreo

Calidad

Rentabilidad

## 2.5 Justificación

La acuicultura es una actividad que se ha posicionado dentro de los rubros de mayor importancia económica en el País, por su creciente aporte de divisas que significó un aumento interanual del 21.9% en las exportaciones, por ser una fuente de empleo creando más de 22,000 puestos tanto directos como indirectos y por ofrecer una alternativa alimenticia para una población que demanda de una dieta rica en proteínas impulsan la demanda de tilapia, ya que contiene vitaminas, hierro, selenio y ácidos grasos omega-3, cual junto a las demás actividades que conforman el sector agropecuario representan el 15.9% del PIB del País según el Banco Central de Honduras.

Por tal razón el buen manejo de la calidad del agua es un aspecto para considerar en la acuicultura, especialmente en las primeras fases de desarrollo y engorde de los peces, lo cual garantiza que el cultivo se desarrolle en las condiciones idóneas para su producción y comercialización. El uso y aplicaciones que la tecnología brinda posibilita la implementación de un sistema de monitoreo y control permitiendo al productor poder recolectar y analizar datos necesarios de los parámetros de mayor influencia de la calidad del agua utilizada, actualmente pequeños productores no ejecutan una recolección de datos y otros realizan la recolección de dichos datos de forma manual lo que implica un incremento de recursos tanto económico como de personal. Implementar el sistema de monitoreo y control facilitara observar si la calidad del agua es la idónea para la producción del cultivo, si se presentan condiciones no optimas poder realizar las acciones necesarias para lograr el ambiente apropiado disminuyendo las posibles enfermedades y mortalidad de los peces.

### **III Objetivos del Proyecto**

#### **3.1 Objetivo General**

Implementar un sistema de monitoreo y control para la adquisición de datos de los parámetros de la calidad del agua en el cultivo de tilapia.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Implementar el uso de una pantalla LCD para la visualización y supervisión de los rangos recopilados por los sensores del sistema.
2. Mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua de los estanques en la producción de tilapia.
3. Crear un registro de datos de las lecturas proporcionadas por los sensores con el uso del módulo SD-CARD
4. Corregir el nivel de oxígeno disuelto en el agua al presentar una perturbación por medio de un actuador.

## IV Marco Teórico

### 4.1 Análisis de la Situación Actual

Como parte del análisis ante la actual situación del cultivo de tilapia se plantea desarrollar un sistema que sea capaz de dar solución a los problemas de monitoreo y control para realizar las actividades necesarias de mantenimiento que aseguren la calidad del agua en los estanques de producción.

Diverso número de productores no cuentan con la instrumentación básica para realizar estas mediciones de parámetros lo que significa que emplean agua sin conocer si es apta para el cultivo, presentando enfermedades en los peces o la muerte de gran número de ejemplares, otro porcentaje de productores realizan la recolección de las muestras un estanque a la vez lo que ralentiza el proceso y su envío a un laboratorio para su análisis físico-químico del agua, al ser enviadas estas muestras presentan un atraso en la entrega de los resultados de los análisis lo que afecta a la corrección pronta de estos parámetros.

#### *4.1.1 Análisis del Macroentorno*

La demanda mundial de productos pesqueros ha aumentado en las últimas décadas, y esta tendencia se espera que continúe debido al crecimiento de la población, el aumento de la riqueza, la urbanización y una creciente preferencia por los alimentos sanos. En el contexto de la situación de estancamiento de la pesca de captura, la acuicultura tendrá que cumplir con la mayor parte del futuro aumento de la demanda de productos del mar. (COHEP, 2016).

Lo que fundamenta que a nivel internacional se han diseñado e implementado diversidad de sistemas con el fin de monitorear y controlar la calidad del agua en la acuicultura.

Simbeye & Yang (2014) en su proyecto titulado “Monitoreo y control de la calidad del agua para la acuicultura basado en redes de sensores inalámbricos”, diseñaron un sistema con la

funcionalidad de enviar por medio del módulo (GSM ) mensajes con los parámetros de la calidad del agua al productor.

Donde se resalta que el sistema realiza el seguimiento de los parámetros ambientales del agua para la acuicultura intensiva y la notificación de alarmas a través de un mensaje corto cuando las variables monitorizadas toman valores fuera de rango, este sistema es adecuado para la estabilidad a largo plazo en condiciones de crecimiento aumentando así el rendimiento por unidad de superficie. El sistema puede monitorear los datos de temperatura, oxígeno disuelto, pH y nivel de agua de forma continua y en tiempo real.

Dussán et al. (2016) desarrollaron un proyecto denominado “Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros fisicoquímicos en cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil”, obtuvieron un prototipo funcional validado en campo para monitorear temperatura y oxígeno disuelto del agua en el estanque de tilapia, donde el prototipo fue capaz de monitorear efectivamente los parámetros en estudio, obteniendo unos valores adecuados de temperatura y de concentración de oxígeno que se encuentran en el rango aceptable del cultivo de tilapia.

Los datos obtenidos por el dispositivo se almacenan y se envían a través de comunicación bluetooth a cualquier dispositivo móvil que tenga instalada la aplicación nativa desarrollada en Android donde el usuario podrá observar la información tanto numérica como gráfica, y así poder realizar el respectivo análisis estadístico descriptivo.

Raj et al. (2020) en su proyecto titulado “Sistema de monitoreo de peces basado en Arduino”, centraron su estudio en cómo evitar la contaminación del agua por el exceso de alimento que es provisto a los peces, en el cual utilizan un servomotor y un tornillo para implementar una alimentación inteligente y evitar que la calidad del agua sea perjudicada.

Recalcan que este cultivo requiere un equilibrio óptimo de nutrientes y otros factores como temperatura, dureza, pH y turbidez para mantener la salud de los peces.

La temperatura afecta la calidad del agua y el metabolismo de los peces cambia a medida que aumenta la temperatura. El pH también afecta el crecimiento de los peces. Los bajos niveles de oxígeno disuelto tienen un impacto negativo en la respiración y la actividad metabólica de los peces, provocando un elevado número de muertes. Por tal motivo basan su proyecto en mantener las condiciones idóneas de la que depende la salud de los peces.

#### ***4.1.2 Análisis del Microentorno***

Según la FAO (2014) el cultivo de tilapia es un sector estratégico con estables perspectivas de crecimiento y el Gobierno nacional se ha propuesto impulsarlo. El sector creció el 427 % entre 2000 y 2010. Al interior de la SAG se ha establecido la cadena acuícola a través de la cual se han apoyado productores mediante jornadas de formación, pero se requiere crear un efectivo sistema de capacitación, extensión y asistencia técnica.

Honduras como el segundo mayor productor de tilapia a nivel centroamericano, ha desarrollado junto a sus dependencias gubernamentales, instituciones privadas e investigadores independientes realizar investigaciones previas sobre la calidad del agua utilizada en el sector acuícola.

Zelaya Montes (1998) en su investigación menciona que la calidad del agua se ve afectada por el cultivo intensivo de peces, el cual demostró realizando un estudio durante 24 horas del comportamiento del oxígeno, pH y temperatura del agua. Con la ayuda de la sección de acuicultura de Zamorano el investigador realizó dicho estudio en dos fincas de producción de tilapia ubicadas en Rio Lindo Cortes.

Por tanto, el desarrollo de investigaciones fundamentan las bases para el mejor cuidado del agua en el cultivo de tilapia, los avances tecnológicos permiten la aplicación de sistemas de monitoreo y control de estos parámetros en granjas industriales productoras, sin embargo, la falta de apoyo y asesoramiento de empresas especializadas en automatización y desarrollo ha dificultado la implementación de estos sistemas.

Al ser sistemas de un alto costo económico adquisitivo, los productores artesanales y productores a pequeña escala optan por realizar estas mediciones de forma manual en ocasiones son enviadas a laboratorios para su análisis, no contar con datos en tiempo real afecta a las correcciones preventivas necesarias.

**4.1.2.1 Estructura Legal e Institucional.** La autoridad competente en materia de pesca y acuicultura es la Secretaria de Estado en los Despachos de Agricultura y Ganadería (SAG) de acuerdo con el Decreto 218-96 de 17 de diciembre de 1996, por el cual se reforma la Ley de la Administración Pública, que establece las competencias de las Secretarías de Estado

De acuerdo con el Decreto No.74-91, del 10 de junio de 1991, la Dirección General del Pesca y Acuicultura (DIGEPESCA), establecida en la Subsecretaría de Ganadería, tiene las funciones normativas de fomento y protección del recurso pesquero marítimo y continental, así como las correspondientes a la acuicultura, investigación y política pesquera en general.

El marco legal bajo el cual se rige DIGEPESCA incluye el Decreto 154 de 1959 (modificado con el Decreto 245-00), su reglamento (Acuerdo 1098-01 y Acuerdo 191-07) y demás acuerdos ejecutivos y acuerdos ministeriales promulgados en ejercicio de sus funciones y también para solventar algunos vacíos del Decreto 154-59.

No obstante, la normativa vigente de la DIGEPESCA está desfasada y obsoleta, además no se ha cumplido con los propósitos para lo que fue creada, al no existir un marco Jurídico

adecuado que regule la actividad pesquera, con una visión clara de los problemas de la pesca, que imponga sanciones adecuadas a quienes las infrinjan y establezca un sistema adecuado para verificar el cumplimiento de esta.

Ante esta limitante, el Congreso Nacional en septiembre de 2015 aprobó la nueva Ley de Pesca y Acuicultura de Honduras, que busca asumir los retos del dinamismo propio de la actividad bajo la nueva disciplina de la gestión pesquera y acuícola, ordenando la adopción y adaptación progresiva de los principios concertados a través de los instrumentos de derecho internacional, tales como la disciplina científica, la sostenibilidad, la gestión basada en el ecosistema, el principio precautorio, la cooperación local, regional e internacional, la participación y sobre todo la pesca y acuicultura responsables.

Otros temas que atiende esta ley son: el conocimiento de los estados de las especies, el control del esfuerzo pesquero, la mitigación de riesgos ambientales, biológicos y humanos, así como el combate de la pesca ilegal. Se encuentra el proceso de edición para su remisión al Órgano Ejecutivo para la sanción correspondiente.

Por otra parte, el subsector pesquero se encuentra normado por un conjunto de instrumentos jurídicos nacionales e internacionales, tales como la Ley Fito zoosanitaria, mediante las cuales Honduras asegura el cumplimiento de requisitos de exportación (certificado zoosanitario de exportaciones, expedido por la SAG); registro de producción orgánica, expedido por SENASA; licencia y registro sanitario expedido por la Secretaria de Salud, a través de la División de Control de Alimentos). Actúan como entes de apoyo la Fuerza Naval, la Marina Mercante, y otros organismos estatales, así como algunas ONG's orientadas a la defensa del ecosistema en el país.



En consonancia con el aspecto sanitario, el Acuerdo No. 1,081/99, Reglamento para la Inspección y Certificación Zoosanitaria de Productos Pesqueros y Acuícolas, establece normas bajo las cuales se rigen los procedimientos de inspección higiénico-sanitarios y tecnología de los productos de la pesca y la acuicultura, de cualquier especie, en los establecimientos donde se procesan o comercializan y que están destinados al consumo interno o a la exportación.

Por su parte, El Reglamento General de Pesca. Acuerdo No. 1.098/01, tiene como objetivo establecer normas específicas para la aplicación y cumplimiento de la Ley de Pesca, conservando y propagando la fauna y flora fluvial, lacustre y marina del país, su aprovechamiento, comercialización e industrialización.

Por su parte, el Acuerdo No. 1,418/00 Reglamento de salud Pesquera y Acuícola establece las disposiciones técnicas, administrativas y legales para preservar la salud pesquera y acuícola del país, a través de acciones para prevenir la introducción, establecimiento y diseminación de enfermedades de importancia económica, cuarentenaria y social que amenacen la salud humana y animal del país.

Mientras que la Ley General de Pesca. Decreto No. 14/59, se centra en la conservación y propagación de la fauna y flora fluvial, lacustre y marítima del país, su aprovechamiento, comercialización e industrialización.

En materia Ambiental, según Decreto No. 104-93 se crea la Ley General del Ambiente, donde se establece que las actividades pesqueras y acuícolas deberán ajustarse a esta ley marco, que abarca todas aquellas actividades que tengan relación o involucren el medio ambiente. Tiene preminencia sobre otras leyes. Entre su contenido, destaca un capítulo dedicado a los suelos y sus usos agrícolas, pecuarios, forestales, entre otros, se establecen los mecanismos para la declaración de áreas protegidas, así como también limitaciones, derechos y prohibiciones a los

ocupantes de estas áreas; se explica todo lo relativo a estudios de impacto ambiental, patrimonio histórico, cultural y turístico, cuencas hidrográficas, educación ambiental, etc.

Se crea la Ley de Aprovechamiento de Aguas Nacionales. Decreto 137/27, el cual otorga al Estado de Honduras el dominio pleno, inalienable e imprescriptible de las aguas nacionales marinas y continentales, a excepción de las que nacen y mueren dentro de la misma heredad.

Entre tanto, el Decreto No. 134/90 de la Ley de Municipalidades, otorga a las mismas sus competencias, entre las cuales están, la protección de la ecología y el medio ambiente, la racionalización del uso y aprovechamiento de los recursos naturales y la recaudación de recursos propios para preservar el medio ambiente. Así mismo, esta ley contiene un apartado donde especifica como las municipalidades pueden obtener ingresos provenientes de licencias por aprovechamiento de recursos naturales, tasas sobre el valor comercial de los recursos extraídos o tasas sobre el volumen de producción.

El Artículo 77 del Código de Salud Norma 65-91, se refiere a la obtención de licencia sanitaria emitida por la Secretaría de Salud, previa a la instalación y funcionamiento de establecimientos que producen o comercializan alimentos (COHEP, 2016).

**4.1.2.2 Marco Jurídico Regional e Internacional.** La República de Honduras es firmante del Protocolo de Tegucigalpa de la Carta de la Organización de Estados Centroamericanos (ODECA), que crea el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y del Acta de San Salvador por la cual se conforma la Organización del Sector Pesquero y acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA).

OSPESCA es la institución responsable dentro del SICA y en el marco del proceso de integración centroamericana, de promover el desarrollo sostenible y coordinado de la pesca y la acuicultura, definiendo, aprobando y poniendo en marcha políticas, estrategias, programas y

proyectos regionales de pesca y acuicultura. Como país miembro de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Honduras participa en los diferentes órganos directivos relacionados con la pesca y acuicultura (COFI, Subcomité de Acuicultura, Comercio), así como a nivel regional en la Comisión de Pesca Continental y Acuicultura para América Latina y el Caribe (COPESCAALC) y la Comisión de Pesca para el Atlántico Centro Occidental (COPACO).

Con respecto a las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP), desde el 2001 es parte contratante del Convenio Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico (ICCAT), y es No Miembro Cooperante en la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT).

A nivel de América Latina, tiene presencia en la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), en el Centro para los Servicios de Información y Asesoramiento sobre la Comercialización de los Productos Pesqueros de América Latina (INFOPESCA) y de la Red de Acuicultura de las Américas (RAA).

Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, República Dominicana y los Estados Unidos (CAFTA-DR, siglas en inglés). Con este tratado comercial, virtualmente, todos los productos agrícolas producidos en Honduras, incluyendo tilapia, pueden ingresar al mercado estadounidense libre de aranceles. (COHEP, 2016).

#### ***4.1.3 Análisis Interno***

Para lograr el objetivo del diseño e implementación del proyecto se cuenta con el recurso humano calificado y capacitado en las áreas de interés eléctricas, electrónicas y tecnológicas, lo que facilita la aplicación de los conocimientos analíticos y teóricos requeridos para afrontar toda adversidad que se presente en el desarrollo del sistema.

Se cuenta con los recursos financieros suficientes para poder sufragar cada una de las fases de estudio y los costos de adquisición de materiales, elementos eléctricos y electrónicos requeridos para la creación del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con todos los equipos, recursos tecnológicos y materiales de apoyo para la elaboración práctica y teórica del proyecto, se cuenta con medio de transporte para realizar las pruebas de la adquisición de los datos en el campo.

El surgimiento del problema en poder adquirir en el mercado local todos los elementos que conforman la parte electrónica se traduce en un retraso de las fechas ya establecidas para cada una de las fases del proyecto, la solución planteada ante esta problemática es adquirir en el mercado internacional todos los elementos que conforman el proyecto.

Con todos los recursos ya planteados se espera el correcto ensamblaje y funcionamiento del sistema en un futuro poder ofrecerlo como una alternativa al productor nacional y que pueda hacer frente a la problemática ya planteada anteriormente.

## **4.2 Teorías**

Ya establecido el planteamiento del problema en el capítulo II, se presentan los diferentes contextos donde la investigación se orienta a través de las teorías, principios y conceptos que sirven como sustento para determinar la temática de estudio orientada a satisfacer las interrogantes, objetivos generales y específicos.

### ***4.2.1 Teorías de Sustento***

Se presentan las teorías que sirven para comprender y analizar la problemática planteada y el desarrollo de la solución.

**4.2.1.1 Acuicultura.** Es una actividad que consiste en el cultivo y producción de organismos acuáticos de agua dulce o salada, también denominada acuicultura, esta práctica convierte las presas, lagos, lagunas en zonas de explotación de recursos naturales marinos. Las especies que incluye se dividen en cuatro categorías algas, moluscos, crustáceos y peces. Resulto ser una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. Esta biotecnología ha permitido, en los últimos años, convertir a numerosos ríos, lagos, lagunas litorales y áreas costeras en una fuente de recursos acuáticos, gracias al trabajo que el hombre ha desarrollado cultivando organismos en estas áreas

La acuicultura según la clase de organismos que se cultivan se ha dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados el cultivo de peces. Esta actividad hace el reuso de suelos puesto que los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería. (ILCE, 2017).

#### **Figura 4.1**

*Cultivo de tilapia en estanque*







Fuente: (Panorama acuícola, 2018).

**4.2.1.2 Generalidades del Cultivo de Tilapia.** La tilapia es una especie íctica originaria de África cuyo cultivo inicio en 1820, posteriormente se extendió hacia el norte de Israel y Jordán desde ahí fue distribuida a gran parte del mundo, se considera una de las especies más cultivadas, junto a las carpas y los salmónidos.

En los años de 1960 los gobiernos de la región latinoamericana impulsaron su introducción para su desarrollo en estanques por ser un cultivo con un rápido crecimiento y una amplia tolerancia, en esa década los objetivos apuntaban al desarrollo de una piscicultura extensiva de bajo costo y para autoconsumo, con la finalidad de mejorar la ingestión de proteína de alta calidad en las clases sociales de bajo poder económico. (CONAPESCA, s. f.).

Entre otras ventajas que ofrece la producción de tilapia destaca su característica de “poiquilotermos”, que le permite obtener mayor cantidad de carne al no necesitar mayor energía como otros animales. Además, destaca su resistencia a enfermedades, facilidad de alimentación y facilidad de reproducción. La especie además tiene ventajas comparativas con respecto a otras especies de carne blanca, las cuales son las principales competidoras (merluza y bacalao), dado que éstas últimas muestran una tendencia decreciente en su extracción. (COHEP, 2016).

**Tabla 4.1***Principales especies de tilapia cultivadas*

Especie	Ilustración
<p>Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>). Es originaria del norte de África e Israel. Esta especie es capaz de alcanzar un tamaño mayor que sus parientes lo que la hacen una especie muy atractiva para su cultivo.</p>	
<p>Tilapia Roja (<i>Oreochromis</i> sp.). Nativa de África. Este híbrido de tilapia fue producido por primera vez a fines de la década de 1960, en un cruce entre una variedad anaranjada de <i>O. mossambicus</i> y <i>O. niloticus</i>.</p>	
<p>Tilapia Mozambica (<i>Oreochromis mossambicus</i>). Habita en charcas, canales de ríos y lagunas de África del Este, de menor tamaño que <i>O. niloticus</i>, se diferencia por un hocico más robusto y alargado.</p>	
<p>Tilapia Azul (<i>Oreochromis aureus</i>). Es la especie más pequeña de las que comúnmente se cultivan, pero la más colorida. Es muy resistente a elevados niveles de salinidad y a un amplio rango de temperatura.</p>	

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de Bioaquafloc (2018).

Los sistemas de producción de tilapia varían desde sencillos a muy complejos; los sistemas de manejo sencillo se caracterizan por poco control sobre la calidad del agua, el valor nutricional del alimento y por producciones bajas.

**4.2.1.3 Extensivo.** Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos agregados para estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia. El estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo sobre el abastecimiento del agua; la tasa de siembra varía de 10,000 a 20,000 peces/Ha.

El tamaño de los estanques oscila entre 10 a 20 Ha. De este sistema se puede esperar una producción que oscila entre 300-700 kg/cosecha y este tipo de sistema es viable sólo cuando el valor de la tierra y el costo de construcción del estanque son muy bajos o que el estanque es de doble propósito, hay muy poco control, no justifica la inversión, pero no significa que no puedan ser utilizados. (Saavedra Martínez, 2006).

#### **Figura 4.2**

*Sistema extensivo de producción de tilapia*



Fuente: (Mendoza, 2010).



**4.2.1.4 Semi-intensivo.** En los sistemas Semi-intensivo, se ha realizado una modificación significativa sobre el ambiente. Se tiene control completo sobre el agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan. Se utilizan fertilizantes para lograr una máxima producción; también puede usarse un alimento suplementario no completo, para complementar la productividad natural sin necesidad de utilizar aireación mecánica.

Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que cuentan con capital limitado y/o donde alimentos de buena calidad no son disponibles. Generalmente es un estanque de tierra que se puede llenar y drenar al gusto del productor; los insumos incluyen fertilizantes orgánicos e inorgánicos, alimentos suplementarios, subproductos agrícolas (afrecho de trigo, semolina de arroz), maíz y/o algún alimento fabricado localmente. Las tasas de siembra en estos sistemas varían de 50,000 a 100,000 peces/Ha, generalmente la duración del ciclo de producción es de cinco a seis meses, desde sembrar el alevín de 5-20 gramos hasta la cosecha. El tamaño de los estanques es variado desde 2 Ha hasta pocos metros cuadrados. (Saavedra Martínez, 2006).

### **Figura 4.3**

*Sistema Semi-intensivo de producción de tilapia*



Fuente: (Mendoza, 2010).

**4.2.1.5 Intensivo.** Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas.

En este sistema se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación de emergencia o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes.

**4.2.1.5.1 Estanques.** Las densidades oscilan entre 100,000 a 300,000 peces/Ha, se utiliza un alimento complementario de buena calidad, de 25 a 30% de proteína. El alimento se suministra a razón de 2-4% de la biomasa/día y generalmente la tasa máxima de alimentación no debe exceder los 80 a 120 Kg/Ha/día. Hay disponible aireación mecánica de emergencia que se inicia cuando la concentración de oxígeno disuelto baja hasta el 10% de saturación. La producción total varía de 5,000 a 12,000 Kg/Ha. (Saavedra Martínez, 2006).

#### **Figura 4.4**

*Tanque de valla electrosoldada y geomembrana*



Fuente: (Bioaquafloc, 2019).

**4.2.1.5.2 Jaulas.** Las jaulas pueden ser de bajo volumen, o sea menos de 5 metros cúbicos o de volumen alto, mayor de 5 metros cúbicos; se pueden sembrar hasta 600 tilapias/m<sup>3</sup> en las jaulas de volumen bajo y de 50-100 tilapias/m<sup>3</sup> en las jaulas de volumen alto. Las producciones esperadas oscilan entre 50-300 Kg/m<sup>3</sup>; las de volumen bajo son más productivas debido a que hay mayor recambio de agua dentro de las jaulas, lo cual mantiene la calidad de esta. (Saavedra Martínez, 2006).

#### **Figura 4.5**

*Sistema de jaulas para producción de tilapia*



Fuente: (ampuertocortes, 2018).

**4.2.1.6 Super-intensivo.** En este sistema las densidades son superiores; en estanques deben hacerse recambios diarios de agua, de hasta un 100%/hora; también se utilizan aireadores mecánicos. Los estanques son generalmente de concreto y de tipo “raceways” para que pueda darse un mejor intercambio de agua y una mayor oxigenación. También puede darse en jaulas, en las que se superan las densidades de 600 tilapias/m<sup>3</sup>. En ambos casos el pez depende exclusivamente del alimento artificial por lo que, éste debe contener un alto porcentaje de proteína (30-40%). (Saavedra Martínez, 2006).

**Figura 4.6**

*Sistema de estanques de concreto para producción de tilapia*



Fuente: (Agrotendencia.tv, 2020).

**4.2.1.7 Calidad del Agua.** La calidad del agua incluye todos los variables físicos, químicos y biológicos que influyen en la producción de especies acuáticas. Las prácticas de manejo de cultivos de peces tiene como objetivo mantener las condiciones químicas y biológicas adecuadas en el medio.

El buen crecimiento de los organismos acuáticos depende en gran parte en la calidad del agua del cultivo. Múltiples factores pueden interactuar para alterar las propiedades fisicoquímicas del agua. Un cambio repentino de la temperatura o de la concentración de oxígeno disuelto en el agua puede resultar en una mortalidad masiva de los animales. Cambios menos drásticos pueden afectar la capacidad de los organismos de resistir los patógenos que siempre están presentes en el agua del cultivo. Problemas crónicos con condiciones subóptimas resultarán en un ritmo lento de crecimiento y una mayor tasa de mortalidad de los peces cultivados.

Para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones ambientales del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie cultivada. Se logrará una producción

máxima cuando todos los factores que influyen sobre el desarrollo del organismo se acercan a su punto óptimo. La decisión de emplear o no una práctica cultural en el manejo de un cultivo debe ser tomada sobre una base de información cuantitativa y confiable. El análisis periódico del agua permite acumular datos importantes que describen las condiciones actuales, y que pueden indicar los futuros cambios en la calidad del agua del cultivo. (Meyer, 2004).

**Tabla 4.2**

*Indicadores de la calidad del agua*

Parámetros	Rangos
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcios	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l
Nitratos	1.5 - 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05 - 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 - 0.2 mg/l
Dióxido de Carbono	5.0 - 10 mg/l
Sulfuro de Hidrogeno	0.01 mg/l

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de Saavedra Martínez (2006).

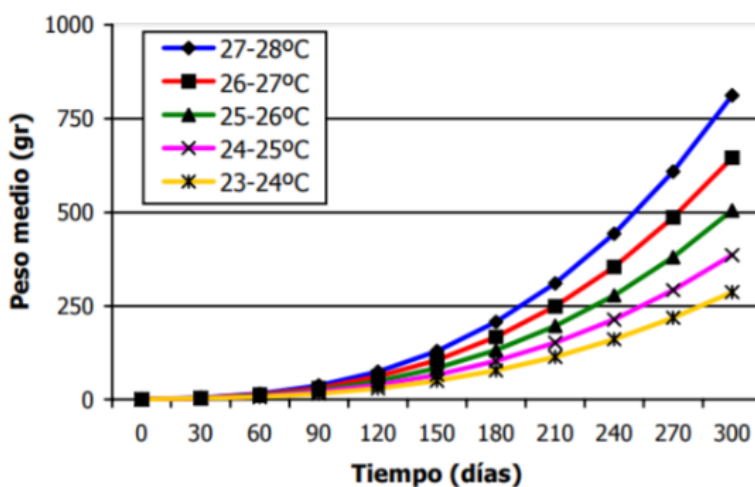
A continuación, se detallan los parámetros con mayor relevancia a considerar dentro del cultivo de tilapia.

**4.2.1.7.1 Temperatura.** Es un parámetro de mucha importancia en el cultivo de peces, estos son animales poiquilotermos. Es decir, que el calor corporal depende de la temperatura ambiental; así cada especie puede vivir dentro de ciertos límites de temperatura. Sin embargo, ocurren determinados procesos en intervalos estrechos de temperatura. (PRONAGRO & SAG, s. f.).

El rango óptimo es de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno. (Saavedra Martínez, 2006).

**Figura 4.7**

*Curvas de crecimiento de tilapia según la temperatura*



Fuente: (Intagri, 2020).

**4.2.1.7.2 Oxígeno Disuelto (OD).** El nivel de oxígeno disuelto presente en un estanque de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua si no hay una buena concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden enfermar o morir por falta de este elemento. Además, se ha comprobado que no aceptan alimento cuando se presentan niveles bajos de oxígeno. La presencia del oxígeno en el agua está determinada por el proceso fotosintético de las plantas u organismos fotosintéticos y por el aporte proveniente de la atmósfera. Su concentración en el aire está en equilibrio permanente con el del agua, dependiendo de la altitud (presión) y de la temperatura.

En los estanques de cultivo la pérdida de oxígeno se debe, en la mayoría del caso a la actividad biológica existente. La cantidad de fitoplancton también influye en las variaciones del contenido de oxígeno en los estanques de cultivo. En horas nocturnas los organismos fotorreceptores dejan de realizar fotosíntesis, respirando únicamente, lo que trae como consecuencia estados anóxicos en el agua. (PRONAGRO & SAG, s. f.).

**Tabla 4.3**

*Factores que inciden en la disminución de oxígeno*

Factores	Consecuencias
Descomposición de materia orgánica	Disminución de crecimiento
Alimentos no consumidos	Susceptibilidad a enfermedades
Animales muertos	Disminución de reproducción
Incremento de temperatura	Enfermedades branquiales
Densidad de siembra	Aumenta conversión alimenticia
Heces	Inapetencia y letargia

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de PRONAGRO & SAG ( s. f.).

**4.2.1.7.3 PH.** El Potencial de Hidrogeno es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El rango óptimo está entre 6.5 a 9.0 para un buen desarrollo de los peces en el estanque. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y disminuyen el crecimiento.

Valores de pH cercanos a 5 producen mortandad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias, además causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus. Cuando se presentan niveles de pH ácidos el ion  $Fe^{++}$  se vuelve soluble afectando los arcos branquiales y disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciado por la concentración de  $CO_2$ , por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. (PRONAGRO & SAG, s. f.).

**Tabla 4.4**

*Efecto del pH en los peces según su escala*

Escala	Efecto
Alcalina	Disminuye Proceso de respiración Muerte por anoxia
Neutra	Crecimiento y desarrollo optimo de la tilapia
Acida	Perdida de pigmentación Secreción de mucus en la piel Muerte por fallas respiratorias

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de PRONAGRO & SAG ( s. f.).

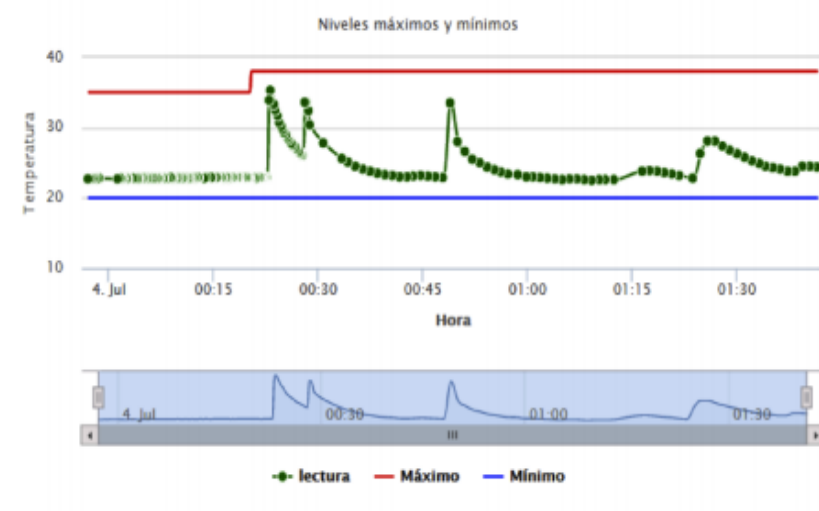


**4.2.1.8 Sistema de monitoreo.** Los sistemas de monitoreo son indispensables en los procesos de adquisición de datos, tienen el objetivo de optimizar los recursos disponibles, donde es necesario medir y/o conservar constantes algunas magnitudes. El monitoreo generalmente significa ser consciente del estado de un sistema, para observar una situación de cambios que se pueda producir con el tiempo, o sea que no interviene ninguna cuestión manual o automatizada sobre el control de las variables.

Una vez conocidas las tecnologías en monitoreo y control, es importante saber cuáles pueden ser los puntos idóneos para medir y monitorear y que tipo de información puedo obtener de ellos. Entonces, en lo que respecta a los sistemas de monitoreo podemos decir que el monitoreo de datos es el seguimiento a determinadas acciones que podemos cuantificar y que nos arrojarán datos relevantes para la estrategia; y el análisis de datos es la base de la optimización de la estrategia, que nos permite modificar, continuar o establecer nuevas directrices, sin perder de vista el objetivo final. (Suhissa, 2018).

**Figura 4.8**

*Ejemplo monitoreo de temperatura*



Fuente: (Mamani et al., 2017).

**4.2.1.9 Sensores.** La teoría nos menciona que un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

Un fenómeno físico al ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.

La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.

El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

**4.2.1.9.1 Clasificación de los sensores según la energía.** Los sensores pueden ser

- **Activos.** Emiten energía a partir de la transformación realizada. Dentro de este tipo de sensores podemos citar a las termocuplas, cristales piezoeléctricos.
- **Pasivos.** Reciben energía para realizar la transformación. En este grupo están los termistores (su resistencia varía en función de la temperatura), micrófonos de condensador, los fotodiodos. (Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2006).

## **4.2.2 Conceptualización**

**4.2.2.1 Microcontrolador.** Son pequeños dispositivos informáticos en un solo chip que contienen uno o más núcleos de procesamiento, con dispositivos de memoria integrados junto con puertos programables de entrada y salida (E / S) para fines generales y especiales.

Se utilizan en todo tipo de dispositivos del día a día, especialmente en aplicaciones donde solo es necesario realizar tareas repetitivas específicas. Por lo general, están vacíos y no se

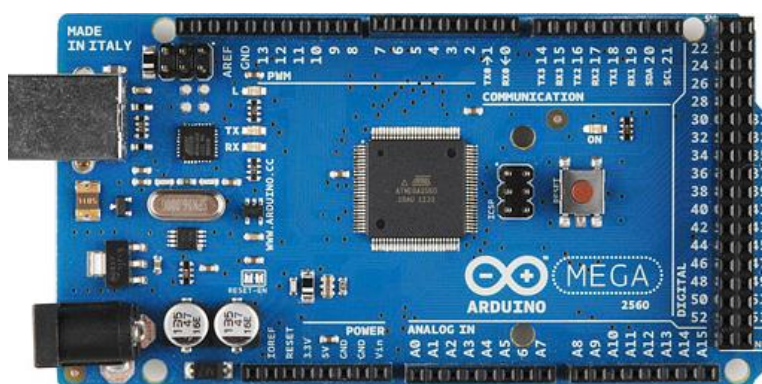
pueden usar como dispositivos independientes sin las conexiones necesarias. También tienen sensores, actuadores y módulos diseñados para satisfacer sus necesidades específicas poseen puertos GPIO a los que se pueden conectar estos componentes. (Electrotec, 2019).

**4.2.2.2 Arduino Mega.** Es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reinicio.

La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO. La tarjeta Arduino se puede alimentar a través de conexión USB o una fuente de alimentación alterna. La memoria del Arduino Mega 2560 tiene una capacidad de 256 KB comparación Actuadores Variables Parámetros requeridos Parámetros deseados Sensores de memoria FLASH de los cuales 8 KB son usados para el bootloader (gestor de arranque), 8 KB para SRAM y 4 KB de EEPROM.

#### Figura 4.9

*Placa Arduino mega 2560*



Fuente: (Proyectoarduino.com, 2018).

**Tabla 4.6***Especificaciones técnicas Arduino*

Arduino Mega 2560	
Microcontrolador	ATmega 2560
Tensión de trabajo	5V
Tensión de entrada (recomendada)	7-12V
Tensión de entrada (límite)	6-20V
Pines Digitales I/O	54 (de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entradas Analógicas	16
DC Corriente por Pin I/O	20 mA
DC Corriente por Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB se usan por el bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad del reloj	16 MHz

Fuente: Elaboración propia (Alvarado, 2021). Datos proporcionados por Delgado Crespo (2017).

**4.2.2.3 PLC.** Es un dispositivo electrónico que se programa para realizar acciones de control automáticamente. Son un tipo de computadoras digitales de tipo industrial que permiten la automatización, especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de ejecución y regulan secuencias de acciones.

La función que tiene un PLC es detectar diversos tipos de señales del proceso, y elaborar y enviar acciones de acuerdo con lo que se ha programado. Además, recibe configuraciones de los operadores (programadores) y da reporte a los mismos, aceptando modificaciones de programación cuando son necesarias.

Principalmente los PLC's resuelven los requerimientos de control de procesos y secuencias de la maquinaria dentro del sector industrial, y si revisamos a fondo encontraremos PLC's en ascensores, escaleras mecánicas, hornos, dosificadoras, sistemas de bombeo de acueductos y oleoductos. (Delgado-Martínez, 2017).

**Figura 4.10**

*PLC CPU 1211C*



Fuente: (Conrad Electronic, 2020).

**Tabla 4.7***Especificaciones técnicas CPU 1211C*

PLC AC/DC/RLY	
Interfaces	RJ45 integrado, RS 232 y RS485 opcional
Encimera	3 (100 kHz)
No de entradas analógicas	2
No de entradas digitales (máx.)	6
No de entradas (máx.)	8
No de salidas (máx.)	4
No de salidas de relé (máx.)	4
Protocolos compatibles	TCP / IP, ISO-on-TCP, protocolo de accionamiento USS, Modbus maestro / esclavo
Tensión de funcionamiento	85 - 264 V CA
Programa de memoria	1 MB
Clasificación del IP	IP20
No. de módulos de extensión	
Almacenamiento de datos	25 kB
Entradas analógicas	2 AE de 0 - 10 V CC
Salidas digitales	Relé 4 salidas (0,5 A)
Entradas digitales	6 (24 V / CC)

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de Electronic (2020).

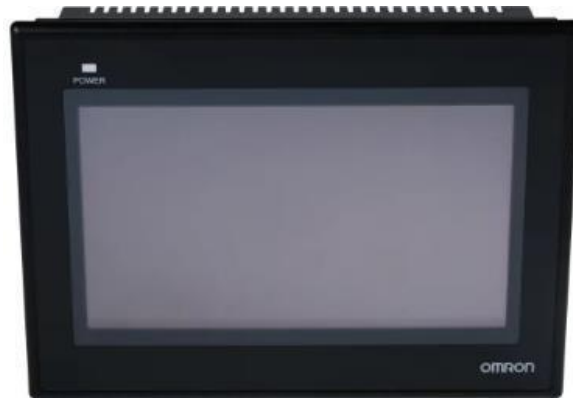
**4.2.2.4 HMI.** El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario.

Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa al proceso, y permiten el controlar y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso. (Wonderware, 2017).

#### **Figura 4.15**

*HMI OMRON NB7W-TW01B*



Fuente: (Omron Automation, s. f.)

**4.2.2.5 Sensor Oxígeno Disuelto.** Su función es realizar una medición para determinar la cantidad de oxígeno disuelto o transportado en el líquido de proceso. Existen tres tecnologías comunes para las mediciones de oxígeno disuelto: poligráfica, galvánica y óptica. Las unidades de medida estándar son miligramos por litro (mg / l), partes por millón (ppm), partes por mil millones (ppb) o % de saturación. (Secoin, s. f.).

**4.2.2.5.1. Electrodo Oxígeno Disuelto.** El sensor de oxígeno disuelto óptico E-LUMIN proporciona mediciones fiables de oxígeno disuelto durante una larga vida útil. No hay membranas para reemplazar, no hay soluciones de electrolitos para reponer, y no hay ánodos para limpiar. Mantener el sensor es tan fácil como reemplazar la tapa de detección óptica una vez cada 1-2 años, y dado que todos los datos de calibración se almacenan en la tapa, no es necesario calibrar. Este sensor de oxígeno disuelto emite una señal digital Modbus / RS-485 para facilitar la integración del PLC.

**Figura 4.16**

*Sensor de oxígeno disuelto óptico E-LUMIN*



Fuente: (Acquatron S.A., s. f.).

**4.2.2.5.2 Sensor Oxígeno Disuelto Atlas.** Sensor diseñado para la medición de oxígeno disuelto en agua, con la cual se refleja la calidad de Agua. Su uso es aplicado en diversas aplicaciones como: acuicultura, monitoreo ambiental, ciencias naturales y otros, la sonda permite que no necesite tiempo de polarización para la medida y que pueda tomar los datos de forma inmediata, además la solución presente en el cabezal de la membrana puede reemplazarse bajando el costo de mantenimiento del sensor y su señal de salida en el sensor es fácilmente acoplable a sistemas de control o de detección. (Sigma Electrónica, s. f.).



**Figura 4.17***Sensor de oxígeno disuelto*

Fuente: (DFRobot, 2018).

**Tabla 4.8***Especificaciones técnicas sensor oxígeno disuelto*

Características sensor oxígeno disuelto	
Rango	0 - 20 mg/L
Precisión	+/- 0.05 mg/L
Tiempo de respuesta	1.5 segundo
Rango de presión	0 – 50 PSI
Calibración	1 o 2 puntos
Señal de salida	0 – 3V
Voltaje de operación	3.3V – 5V

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de DFRobot (2018).

**4.2.2.6 Sensor de Temperatura.** Los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos que, en calidad de sensores, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal puede enviarse directamente o mediante el cambio de la resistencia. También se denominan sensores de calor o termo-sensores. Un sensor de temperatura se usa, entre otras aplicaciones, para el control de circuitos y aplicaciones.

Los sensores de temperatura también se llaman sensores de calor, detectores de calor o sondas térmicas. Los termistores PTC señalizan un aumento de la temperatura con una mayor resistencia. Los termistores NTC señalizan un aumento de la temperatura con una reducción de la resistencia basándose en óxidos de metales o semiconductores. (Rechner Sensors, s. f.).

**4.2.2.6.1 Sensor DS18B20.** La sonda de temperatura digital DS18B20 proporciona de 9 a 12 bits de lecturas de temperatura (configurables) que indican la temperatura del dispositivo. La información se envía hacia / desde el DS18B20 a través de una interfaz de 1 cable, de modo que solo un cable (y tierra) necesita conectarse a un microprocesador central. La energía para leer, escribir y realizar conversiones de temperatura puede derivarse de la propia línea de datos sin necesidad de una fuente de energía externa.

Debido a que cada DS18B20 contiene un número de serie de silicio único, pueden existir varios DS18B20 en el mismo bus de 1 cable. Esto permite colocar sensores de temperatura en muchos lugares diferentes. Las aplicaciones en las que esta característica es útil incluyen controles ambientales de HVAC, detección de temperaturas dentro de edificios, equipos o maquinaria, y monitoreo y control de procesos.

**Figura 4.18***Sensor de temperatura impermeable DS18B20*

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2016).

**Tabla 4.9***Especificaciones sensor DS18B20*

Características sensor DS18B20	
Rango de temperatura	-55 a 125°C
Resolución	9 – 12 bits
Interfaz	1 – Wire
Identificador tipo	Único de 64 bits
Precisión	±0.5°C (de -10°C a +85°C)
Tiempo de respuesta	750 ms
alimentación	3V – 5V
Número de conexiones	Múltiples en el mismo pin

Fuente: Elaboración propia (Alvarado, 2021). Datos tomados de bricogeek (2014).

**4.2.2.6.2 Sensor PT100.** Los sensores PT100 consisten en un alambre de platino encapsulado con una resistencia de 100 Ohm a 0°C (característica principal que da nombre al sensor). La resistencia del PT100 varía en función de su temperatura, por lo que si logramos medir el valor de resistencia podremos saber cuál es la temperatura en ese instante. Existen sensores PT100 de dos, tres y cuatro hilos de conexión. La configuración de dos hilos es la más sencilla pero no es tan confiable como la de tres/cuatro hilos. Entre sus aplicaciones más comunes está el censado de temperatura de tanques de agua, maquinaria industrial, aire acondicionado, control y monitoreo de procesos industriales. (Naylamp Mechatronics, 2016c).

#### **Figura 4.19**

*Sensor PT100 de 3 hilos*



Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2016c).

**4.2.2.7 Sensor de PH.** Los sensores utilizados para realizar la medición del potencial de hidrogeno en diversas industrias.

Por ejemplo, agua y aguas residuales, productos químicos, alimentos y bebidas, productos farmacéuticos, centrales eléctricas, oíl & gas y la industria primaria. Son fabricados con un electrodo de vidrio compuesto por un diafragma de iones de vidrio permeable al hidrogeno, este diafragma de vidrio suministra un potencial electroquímico que depende del valor de pH del producto. Este potencial se genera porque los pequeños iones H<sup>+</sup> penetran a

través de la capa exterior del diafragma mientras los iones con carga negativa más grandes permanecen en la solución. (Endress+Hauser, s. f.)

**4.2.2.7.1 Sensor PH** Sonda de pH con una aleación de plata /cloruro de plata con doble unión, encapsulado en una carcasa de polieterimida que lo vuelve robusto y resistente a altas temperaturas. La diferencia en la concentración de iones de hidrógeno (fuera de la sonda frente a dentro de la sonda) crea una corriente MUY pequeña. Esta corriente es proporcional a la concentración de iones de hidrógeno en el líquido que se mide. (Robesol-Technical Solutions, 2020).

**Figura 4.20**

*Sensor PH*



Fuente: (DFRobot, 2020).

**Tabla 4.10***Especificaciones técnicas sensor PH*

Características Sensor pH	
Rango	0.001 – 14
Resolución	0.001
Precisión	+/- 0.002
Tiempo de respuesta	1 segundo
Conector de señal	PH2.0-3P
Calibración	1 y 2 puntos
Señal de salida	0 – 3V
Voltaje de operación	3.3V – 5V

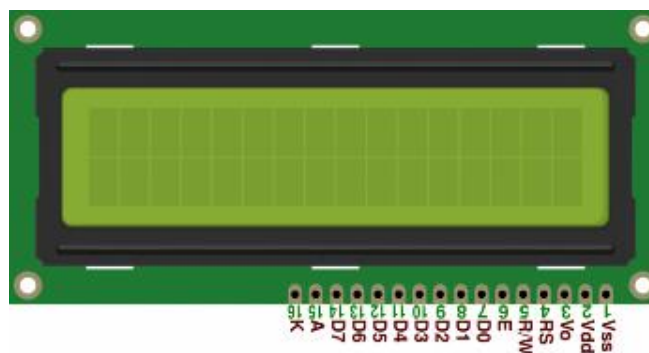
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de DFRobot (2018).

**4.2.2.7.2 Sensor de pH y temperatura incorporado.** El sensor de pH SC25V se ha desarrollado y diseñado para garantizar que este sensor proporcione estos resultados en todas las aplicaciones. El sensor de temperatura incorporado se encuentra cerca del vaso medidor de pH. Esto dará como resultado una mayor precisión de la compensación de temperatura y, por lo tanto, también la medición del pH. La gran masa líquida de titanio integrada mejorará la medición de estabilidad contrarrestando cualquier corriente parásita o de bucle de tierra que pueda destruir el sensor de referencia. (YOKOGAWA, 2016).

**Figura 4.21***Sensor de pH SC25V*

Fuente: (Yokogawa, 2016).

**4.2.2.8 Display LCD.** Los sistemas digitales embebidos como Arduino, Pic u otros trabajan únicamente con lógica binaria (0 y 1), es por eso por lo que para "leer" los datos empleamos pantallas o displays alfanuméricos LCD. Esta pantalla te puede servir para hacer debugging o correcciones en tus distintos proyectos, sobre todo en el manejo de sensores y procesamiento de datos. (Naylamp Mechatronics, 2016).

**Figura 4.22***Display LCD 16x2*

Fuente: (Ingeniería-Electrónica, 2016)

**4.2.2.9 Modulo de Relé.** Estos dispositivos permiten controlar cargas de alto voltaje con una señal pequeña. Son dispositivos capaces de manejar cargas de hasta 250V/10A. Cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de estado. Entre las cargas que se pueden manejar tenemos: bombillas de luz, luminarias, motores AC (220V), motores DC, solenoides, electroválvulas, calentadores de agua y una gran variedad de actuadores más. (Naylamp Mechatronics, 2016a).

**Figura 4.23**

*Modulo relé 4 canales*



Fuente: (AV Electronics, s. f.)

**4.2.2.10 Aireador.** Equipo mecánico encargado de incorporar el oxígeno atmosférico al agua de los tanques de cultivo, por lo tanto, su función principal es la de oxigenar, romper la estratificación y promover la circulación agua a través del movimiento de sus capas superiores; mejorando la homogeneidad y uniformidad del crecimiento del pez. (Pasco, 2015).

Los aireadores son ampliamente usados tanto en estanques de fases tempranas de cría (alevinaje y pre-engorde) y en etapas de engorde. Estos equipos por su bajo costo y buenos resultados los hacen muy apropiado para cultivos en tanques grandes y para la acuicultura semi



intensiva, estos equipos son suministrados tanto por energía eléctrica y motores estacionarios a Diesel.

### Figura 4.24

#### *Tipos de aireadores*



*Nota.* La figura muestra los diferentes tipos de aireadores mecánicos. 1. Tipo Blower, 2. Tipo paleta, 3. Tipo venturi, 4. Tipo splash, 5. Tipo brazo largo. Fuente: Elaboración propia (Alvarado, 2021).

## V Metodología

A continuación, se presentan los conocimientos encargados de diseñar, elaborar, estructurar y sistematizar el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos que se deben seguir durante el desarrollo de un proceso de investigación.

### 5.1 Congruencia Metodológica

En esta sección del estudio, se precisa el planteamiento del problema a través de sus interrogantes de investigación, objetivo general y específicos la utilización de las variables que faciliten el desarrollo de la investigación sistema de monitoreo y control de la calidad del agua en el cultivo de tilapia planteadas en el estudio.

#### 5.1.1 *Matriz Metodológica*

Es una estrategia metodológica valiosa que permite al investigador diseñar de forma general el proceso investigativo que va a emprender. Garantiza que cada uno de los componentes que están involucrados en la investigación, se correlacionen entre sí, es decir, que haya congruencia horizontal y vertical entre los elementos medulares de la investigación. (Cátedra Investigación en Educación Matemática, s. f.).

La importancia de la matriz metodológica que se presenta a continuación es el afianzamiento lógico de la estructura de la investigación la cual presenta una secuencia articulada en cada punto expuesto en el desarrollo del capítulo II.

**Tabla 5.1***Matriz metodológica*

Pregunta Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
		General	Específicos	Independiente	Dependiente
¿Como mejorar la adquisición de los rangos de oxígeno disuelto, pH y temperatura parámetros importantes de la calidad del agua en el cultivo de tilapia?	¿Qué hardware nos ayudara a visualizar y supervisar los parámetros recopilados por los sensores del sistema?	Implementar un sistema de monitoreo y control para la adquisición de datos de los parámetros de la calidad del agua en el cultivo de tilapia.	1. Implementar el uso de una pantalla LCD para la visualización y supervisión de los rangos recopilados por los sensores del sistema.	Productividad	C
					A
					L
					I
	¿Qué beneficio brinda controlar la calidad del agua en el cultivo de tilapia?	calidad del agua en el cultivo de tilapia.	2. Mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua de los estanques en la producción de tilapia.	Mortalidad	A
					D
					D
					D
	¿Qué hardware nos ayuda a organizar y almacenar las lecturas recopiladas por los sensores del sistema?	a organizar y almacenar las lecturas recopiladas por los sensores del sistema?	3. Crear un registro de datos de las lecturas proporcionadas por los sensores con el uso del módulo SD-CARD	Calidad	E
					L
					A
					A
¿Qué elemento ayuda a corregir las perturbaciones en el nivel del oxígeno disuelto del agua?	corregir las perturbaciones en el nivel del oxígeno disuelto del agua?	4. Corregir el nivel de oxígeno disuelto en el agua al presentar una perturbación por medio de un actuador.	Rentabilidad	G	
				U	
				A	
				A	

Fuente: Elaboración propia (Alvarado, 2021).

Una vez realizada la matriz metodológica se puede observar que el planteamiento del problema y las interrogantes de investigación son congruentes y tienen una vinculación directa con el objetivo general y específicos.

### ***5.1.2 Operacionalización de las Variables***

Una variable es operacionalizada con el fin de convertir un concepto abstracto en uno empírico, susceptible de ser medido a través de la aplicación de un instrumento. Dicho proceso tiene su importancia en la posibilidad que un investigador poco experimentado pueda tener la seguridad de no perderse o cometer errores que son frecuentes en un proceso investigativo. (Betancur López, 2020).

Prosiguiendo la congruencia metodológica se describe seguidamente el proceso que detalla y define el funcionamiento de cada variable la investigación.

Una investigación, cualitativa o cuantitativa, exige la operacionalización de sus conceptos centrales en variables, de esta definición operativa depende el nivel de medición y potencia de las pruebas realizadas.

En la siguiente tabla se muestra la operacionalización de cada una de las variables, así como su definición conceptual, dimensiones e indicadores.

**Tabla 5.2***Operacionalización de variables*

Variable	Definición	Definición	Dimensión	Indicadores
Independiente	Conceptual	Operacional		
Productividad	Cálculo de cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado.	Cantidad de peces cosechados por estanque.	Eficiencia del sistema productivo.	Reducción de muertes. Mayor cantidad de peces cosechados.
Calidad	Cumplimiento de un estándar en la fabricación de un producto o servicio.	Calidad conseguida de un producto siguiendo una serie de técnicas y normas sanitarias.	Tamaño, forma y peso de los peces que satisfaga las necesidades del mercado.	Aspecto, tacto, olor y sabor de la carne del pez.
Rentabilidad	Beneficios que se han obtenido o se pueden obtener de una inversión.	Margen monetario obtenido en la venta de un producto o servicio.	Gastos y costos en el periodo de producción.	Mayor utilidad bruta. Reducir costos de producción y mantenimiento.
Mortalidad	Mortalidad es el número de habitantes que pierden la vida en una zona geográfica, país o región.	Cantidad de peces que mueren por estanque.	Número de muertes por enfermedades producidas por mala calidad del agua.	Bajo rango de productividad y rentabilidad del cultivo.

Fuente: Elaboración propia (Alvarado, 2021).

### **5.1.3 Hipótesis**

Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado estas son formuladas a manera de proposiciones, son respuestas provisionales a las preguntas de investigación. (Hernández Sampieri et al., 2010, p. 92).

Partiendo de la descripción anterior se plantea la hipótesis nula y alternativa consideradas para esta investigación.

Hi:

El monitoreo y control del rango de oxígeno disuelto, pH y temperatura de la calidad del agua influye en la productividad y rentabilidad del cultivo de tilapia.

Ho:

El monitoreo y control del rango de oxígeno disuelto, pH y temperatura de la calidad del agua no influye en la productividad y rentabilidad del cultivo de tilapia.

### **5.2 Enfoque y Metodología**

Los métodos de investigación mixta son la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno. Éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos. Alternativamente, estos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (Hernández Sampieri et al., 2010, p. 546).

Por tal motivo el desarrollo de esta investigación se ha realizado bajo el enfoque y metodología mixta donde se busca poner en práctica las fortalezas de las investigaciones cuantitativas como cualitativas con la finalidad de obtener una mayor recopilación de datos

realizados en investigaciones, informes y libros que brindara la información necesaria para el diseño experimental de un sistema de monitoreo y control del agua en el cultivo de tilapia.

### **5.3 Alcance y Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación se define como los métodos y técnicas elegidos por un investigador para combinarlos de una manera razonablemente lógica para que el problema de la investigación sea manejado de manera eficiente. El diseño de investigación es una guía sobre “cómo” llevar a cabo la investigación utilizando una metodología particular. Cada investigador tiene una lista de preguntas que necesitan ser evaluadas. (QuestionPro, 2018).

Al desarrollar una investigación de enfoque mixto se utiliza un Diseño anidado donde la información dominante es de carácter cuantitativa puesto que se utilizan y definen variables he hipótesis para guiar la investigación, presentando un alcance de tipo descriptivo donde la investigación se realizará en un momento determinado de tiempo.

#### **5.3.1 Población y Muestra**

Según Hernández Sampieri (2010). La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones y la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión. (p. 174).

Durante el desarrollo investigativo no se prioriza la toma de una población y la muestra, puesto que el proyecto se orienta al desarrollo experimental de un prototipo.

### **5.4 Técnicas e Instrumentos Aplicados**

Un buen instrumento determina en gran medida la calidad de la información, siendo esta la base para las etapas subsiguientes y para los resultados. Desde el inicio de la investigación se hace necesario decidir sobre el enfoque a utilizar, lo que determina las características de todo el

estudio. Se define como técnicas al conjunto de reglas y procedimientos que permiten al investigador establecer la relación con el objeto o sujeto de la investigación. (Centro para la Superación e Innovación Educativa, s. f.).

#### ***5.4.1 Instrumentos***

Se define como instrumento a los recursos adoptado por el investigador para la recolección y registro de información necesaria para el desarrollo de la investigación en cuestión dentro de los instrumentos más usados en forma general sin definir el enfoque investigativo tenemos los formularios, encuestas, test, entrevistas.

Al tratarse del diseño experimental de un prototipo, se recurre a utilizar un software de simulación como instrumento.

#### ***Unidad de Análisis***

Las unidades de análisis comprende a los sujetos u objetos de estudio, estos se relacionan con el planteamiento inicial del problema de investigación, para la selección de una muestra es necesario definir las unidades de análisis y posteriormente se delimita la población a estudiar. (Machado, 2010).

Partiendo del planteamiento del problema se utiliza la unidad de observación donde se consideran la temperatura, pH y oxígeno disuelto principales parámetros de estudio para determinar la calidad del agua en el cultivo de tilapia. Por tal razón estos parámetros serán observados y monitoreados en el software de simulación.



## **5.5 Fuentes de Información**

Son todas las fuentes de documentación que brindan el soporte y orientación de la temática a desarrollar en la investigación dichas fuentes pueden ser libros, revistas, artículos, informes técnicos, normas técnicas e investigaciones previas.

### ***5.5.1 Fuentes Primarias***

Para Maranto Rivera & Gonzales Fernández (2015) Este tipo de fuentes contienen información original es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona. (P. 3).

Como fuentes primarias se tomaron como base para el desarrollo de este proyecto, la investigación realizada por Zambri Harun, Eslam Reda y Harris Hashim, el trabajo desarrollado por Roman Saavedra Torres e investigaciones previas sobre la calidad del agua en el cultivo de tilapia, informes, capacitaciones técnicas, y el perfil del rubro de la tilapia en el ámbito nacional.

### ***5.5.2 Fuentes Secundarias***

Maranto Rivera & Gonzales Fernández (2015) mencionan que este tipo de fuentes son las que ya han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información se pudo dar por una interpretación, un análisis, así como la extracción y reorganización de la información de la fuente primaria. (p. 3).

Se tomo como fuentes secundarias la información recopilada de sitios web, comentarios de productores de tilapia y artículos de revistas sobre producción acuícola.

## **5.6 Limitantes del Proyecto**

Son todos los factores u obstáculos que interfieren en el correcto desarrollo de un proyecto. Dentro de las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo del proyecto se detallan las siguientes.

Una de las limitantes se centra en la simulación del prototipo, el software a utilizar no cuenta con todos los elementos necesarios para funcionamiento del sistema.

El no contar con los sensores principales en el mercado nacional podría afectar el desarrollo del prototipo.

## **5.7 Limitantes de la Investigación**

Son todos los sucesos, factores u obstáculos que interfieren en el correcto desarrollo de una investigación.

La investigación desarrollada no presento ninguna limitante en concepto de fuentes bibliográficas, se logró recopilar la información necesaria en tiempo y forma según los estipulado por el investigador. Sin embargo, el poco tiempo para la elaboración de la investigación llevo a una recolección sintetizada de la información.

## **5.8 Cronología de Trabajo**

La cronología se define como el desarrollo de las actividades de un proyecto o investigación en un orden determinado para el cumplimiento de cada una de sus fases y de sus objetivos.

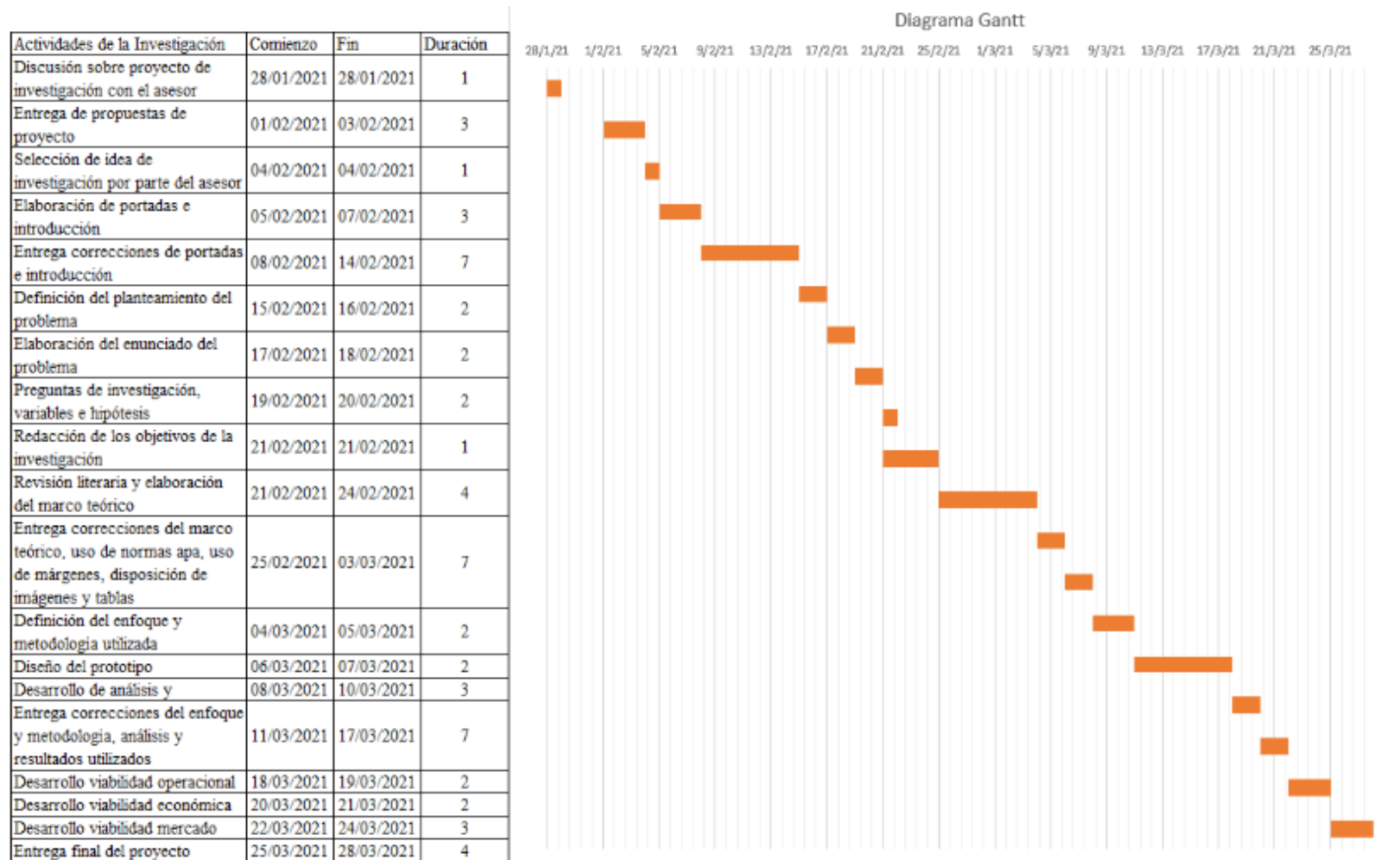
**Tabla 5.3***Actividades realizadas durante la elaboración de la investigación*

Fases de la Investigación	Comienzo	Fin	Duración
Discusión sobre proyecto de investigación con el asesor	28/1/2021	28/1/2021	1 día
Entrega de propuestas de proyecto	1/2/2021	3/2/2021	3 días
Selección de idea de investigación por parte del asesor	4/2/2021	4/2/2021	1 día
Elaboración de portadas e introducción	5/2/2021	7/2/2021	3 días
Entrega correcciones de portadas e introducción	8/2/2021	14/2/2021	7 días
Definición del planteamiento del problema	15/2/2021	16/2/2021	2 días
Elaboración del enunciado del problema	17/2/2021	18/2/2021	2 días
Preguntas de investigación, variables e hipótesis	19/2/2021	20/2/2021	2 días
Redacción de los objetivos de la investigación	21/2/2021	21/2/2021	1 día
Revisión literaria y elaboración del marco teórico	22/2/2021	24/2/2021	3 días
Entrega correcciones del marco teórico, uso de normas apa, uso de márgenes, disposición de imágenes y tablas	25/2/2021	3/3/2021	7 días
Definición del enfoque y metodología utilizada	4/3/2021	5/3/2021	2 días
Diseño del prototipo	6/3/2021	7/3/2021	2 días
Desarrollo de análisis y resultados	8/3/2021	10/3/2021	3 días
Entrega correcciones del enfoque y metodología, análisis y resultados utilizados	11/3/2021	17/3/2021	7 días
Desarrollo viabilidad operacional	18/3/2021	19/3/2021	2 días
Desarrollo viabilidad económica	20/3/2021	21/3/2021	2 días
Desarrollo viabilidad mercado	22/3/2021	24/3/2021	3 días
Entrega final del proyecto	25/3/2021	28/3/2021	4 días

Fuente. Elaboración Propia. (Alvarado, 2021).

Figura 5.1

Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

## VI Resultados y Análisis

El análisis de resultados es la parte final y conclusiva de una investigación; en él vamos a procesar toda la información que ha ido apareciendo en nuestro estudio, a intentar presentarla de manera ordenada y comprensible y a intentar llegar a las conclusiones que estos datos originan. (DELSOL, 2020).

Lo que nos lleva a responder las preguntas planteadas en el capítulo II de esta investigación.

1. ¿Qué hardware nos ayudara a visualizar y supervisar los parámetros recopilados por los sensores del sistema? El hardware utilizado para la creación de este prototipo fue el Display lcd 2004 de tipo alfanumérico que trabajan con plataformas como Arduino, Pic u otros que trabajan con lógica binaria. Lo que la vuelve una buena opción para poder visualizar los datos proporcionados por sensores, la nomenclatura 2004 hace referencia a que el Display se conforma por 4 filas y 20 columnas, dicho Display se puede conectar de forma paralela o serial I<sup>2</sup>C.

2. ¿Qué beneficio brinda controlar la calidad del agua en el cultivo de tilapia? El principal beneficio que se obtiene al controlar en rangos aceptables el oxígeno disuelto, pH y temperatura es reducir las pérdidas de los alevines sembrados en los estanques a raíz de enfermedades producidas por una mala calidad de agua empleada en el cultivo mejorar la calidad y rendimiento de cosecha de los peces. No existe un estudio realizado por el investigador, sin embargo, lo expresado hace referencia a un fenómeno presentado a un productor independiente el cual realizaba su cultivo sin tomar en cuenta las condiciones del afluente que lo abastecía del vital líquido, comentarios del propio productor menciona que las perdidas representaron una cuarta parte de los alevines sembrados en el estanque lo que bajo el rendimiento de producción esperado.

3. ¿Qué hardware nos ayuda a organizar y almacenar las lecturas recopiladas durante las mediciones de los sensores del sistema? Para el desarrollo de este prototipo se emplea el módulo SD el cual cumple con los requerimientos solicitados, las tarjetas SD son de fácil acceso económico cuentan con una gran capacidad para almacenar datos. El módulo ejerce una comunicación SPI (Interfaz Periférica de Serie) desarrollada en sus comienzos por motorola, posee una arquitectura tipo maestro-esclavo por tanto su comunicación es Full Dúplex.

4. ¿Qué elemento ayuda a corregir las perturbaciones en el nivel del oxígeno disuelto del agua? El elemento que se encarga de corregir y mantener los niveles de oxígeno disuelto son los aireadores, estos tienen la función de suministrar oxígeno por medio de la salpicadura es decir estas salpicaduras al entrar en contacto con la superficie del agua rompe su barrera lo que promueve la oxigenación, existen diferentes tipos de aireadores según las necesidades a satisfacer como se explicó en el capítulo IV de esta investigación. Después de haber estudiado las diferentes opciones de aireadores, se realiza la elección del aireador tipo SPLASH este presenta un excelente efecto de desgasificación lo que es ideal para eliminar el dióxido de carbono y del amoníaco presente en el agua, otro punto importante es que dicho aireador al ser de tipo flotador no necesita de una red de tuberías para llevar el oxígeno a los estanques.

### **6.1 Análisis del Prototipo**

Se procede a realizar un análisis exhaustivo a cada uno de los componentes que comprenden el diseño del prototipo.

Partiendo de lo expresado se realiza la elección del controlador Arduino mega 2560, dicho controlador cumple con los requisitos técnicos exigidos por los componentes del sistema como ser entradas analógicas, conexiones I<sub>2</sub>C, permite la comunicación SPI, en resumen, al

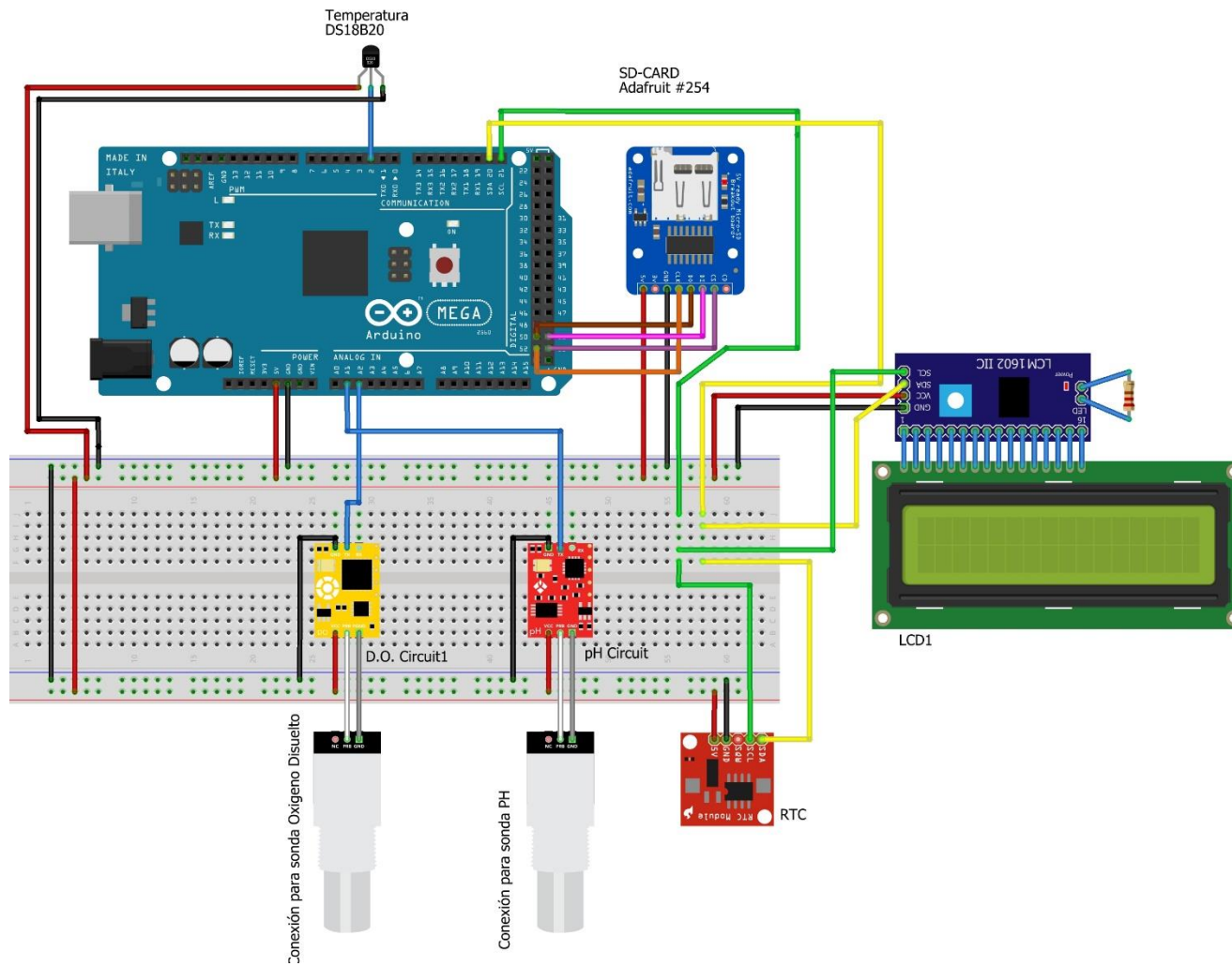
tratarse del diseño de un prototipo este un controlador de fácil acceso económico por si ocurre un fallo durante las pruebas.

Como se mencionó en el capítulo V se tomó a consideración la unidad de análisis de la observación como instrumento para medir los niveles del oxígeno disuelto, pH y temperatura los cuales son la base para el desarrollo de este prototipo, seguidamente se procede a observar las mediciones realizadas en el simulador.

El diseño del sistema tiene como finalidad ofrecer una alternativa para el monitoreo y control del oxígeno disuelto, pH y temperatura en la acuicultura y así reducir las pérdidas por mortalidad de los peces, el sistema se comunica de forma serial con el Display por medio de los pines SDA y SCL del Arduino, lo que permite la visualización de las mediciones otorgadas por los sensores, el sensor DS18B20 al ser de tecnología onewire se conecta al pin 2 para establecer la comunicación del bus onewire con el controlador.

Figura 6.1

Diagrama de conexiones del prototipo

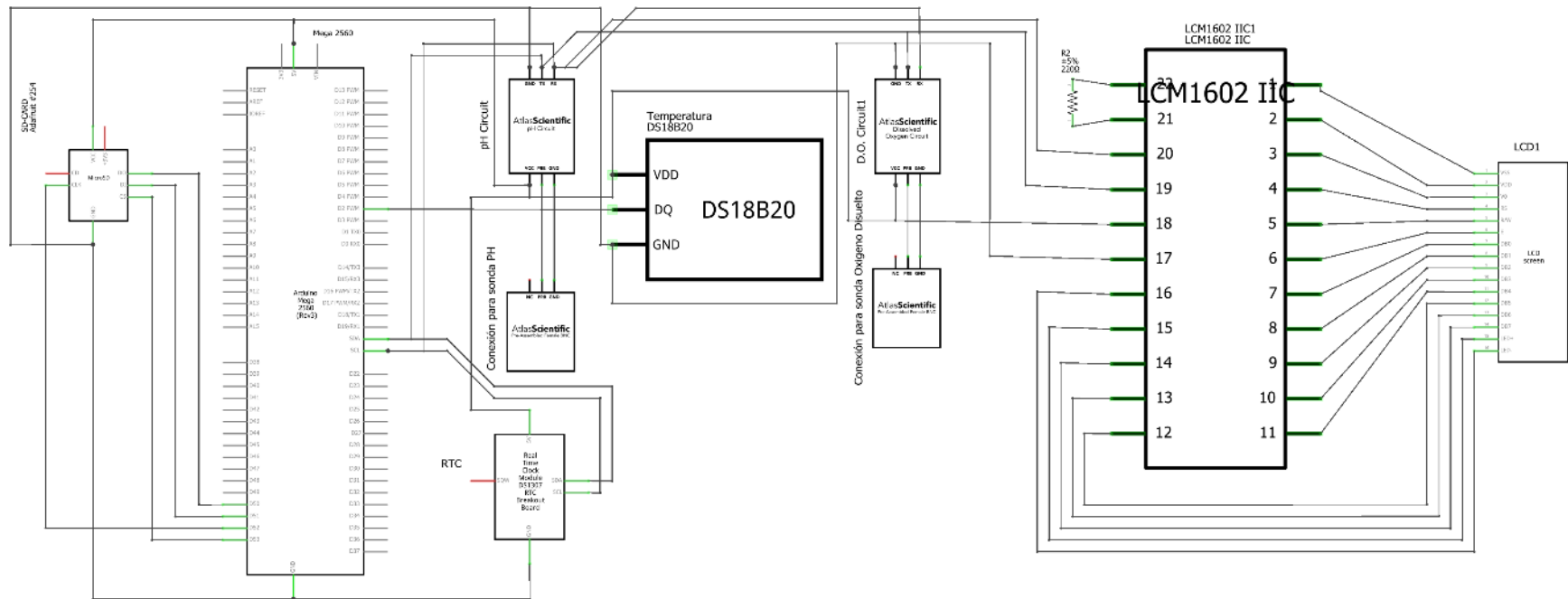


Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).



**Figura 6.2**

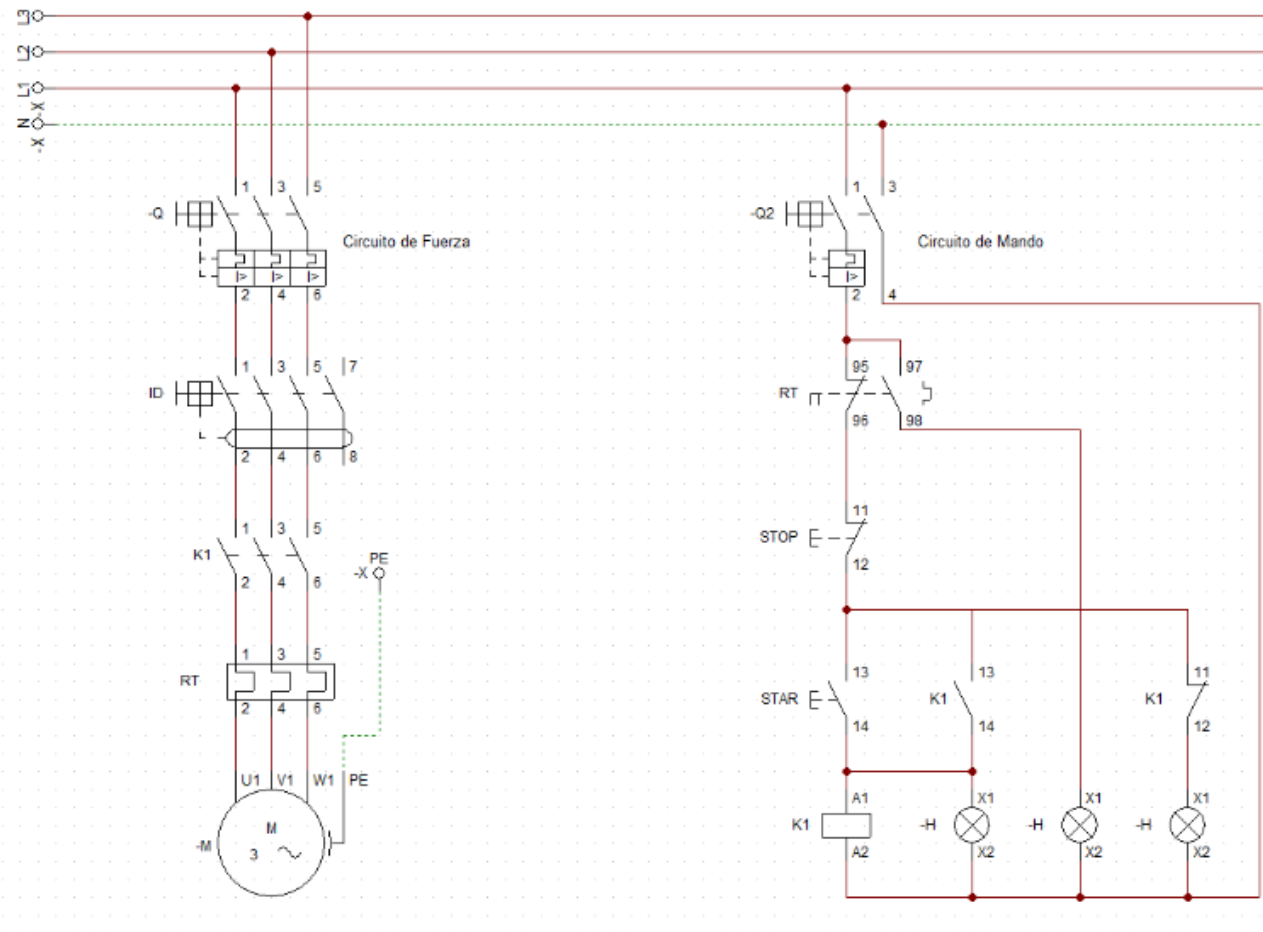
*Esquema de conexiones del prototipo*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.3

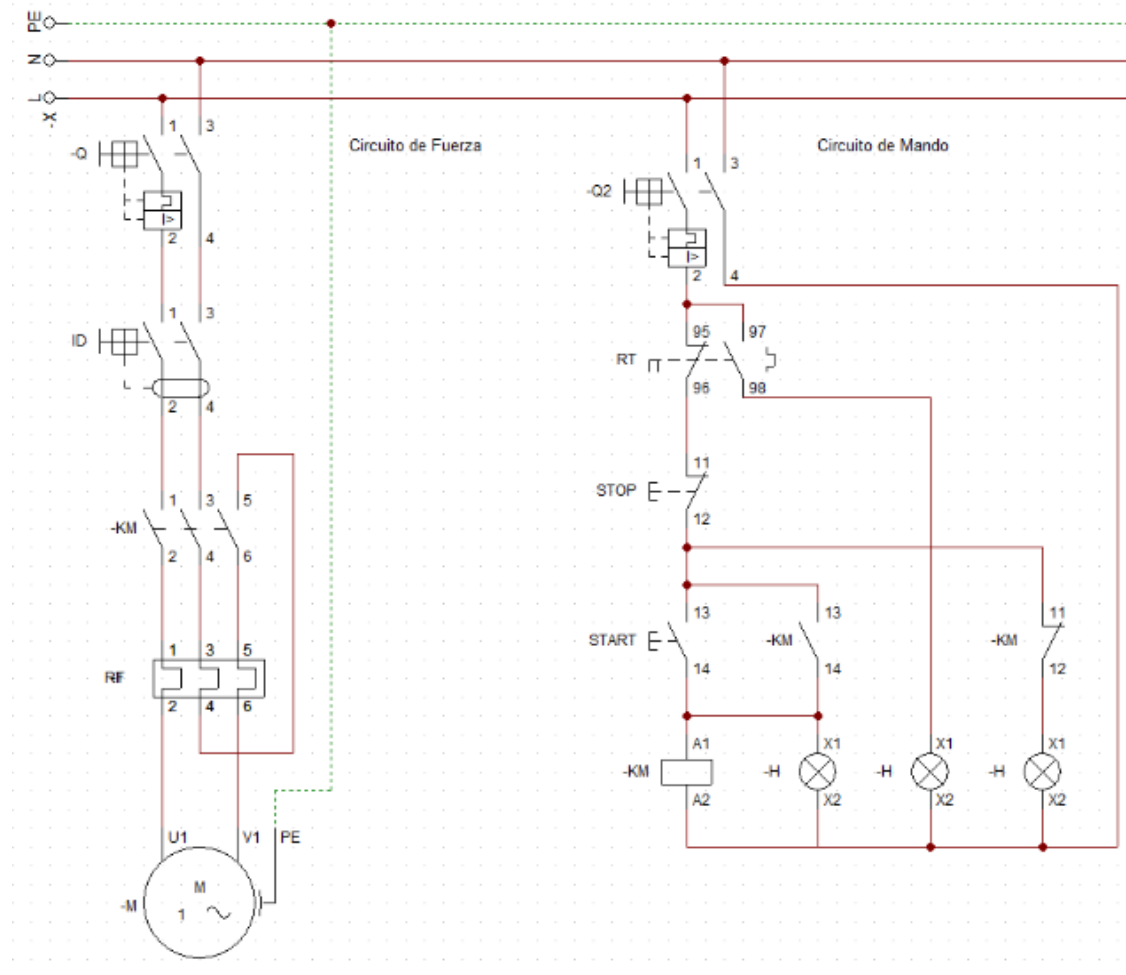
Esquema eléctrico para aireador trifásico



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.4

Esquema eléctrico para aireador monofásico



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.5

Parametrización de los sensores en Excel

Parametrización Sensor Oxígeno Disuelto					Parametrización Sensor Ph				
V	OD	x*y	N =	6	V	PH	x*y	N =	6
0	0.01	0	A =	1100	0	0.001	0	A =	154
1	20	20	B =	4500.15	1	2.8	2.8	B =	630.015
2	40	80	C =	55	2	5.6	11.2	C =	55
3	60	180	D =	225	3	8.4	25.2	D =	225
4	80	320			4	11.2	44.8		
5	100	500	Y = mx+b		5	14	70	Y = mx+b	
			m =	19.9985714				m =	2.79985714
			b =	0.0052381				b =	0.00052381
			N =	6				N =	6
			A =	300.01				A =	42.001
			B =	15				B =	15

Nota: Los sensores de oxígeno disuelto y pH al no encontrarse librerías disponibles en el simulador se procedió a parametrizar dos potenciómetros para obtener las mediciones requeridas por el sistema. Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El potenciómetro para medir el pH se conecta al puerto analógico A1 y el potenciómetro para medir el oxígeno disuelto se conecta al puerto analógico A2 del controlador.

En el diseño del prototipo se incluyen el módulo RTC-DS1307 este módulo establece una comunicación serie con el Arduino en los pines SDA y SCL el objetivo de utilizar dicho módulo es de proporcionar la fecha y hora en el sistema con la finalidad de llevar un mejor registro horario de las lecturas proporcionadas por los sensores.

De igual forma se incluye el módulo SD-CARD el cual se comunica mediante SPI con el Arduino mediante los buses SPI, MISO, MOSI, SCK y un pin de señal CS se implementa la utilización del módulo para almacenar cada uno de los registros, dichos registros serán guardados en un archivo llamado registro.txt en la tarjeta SD insertada en el módulo.

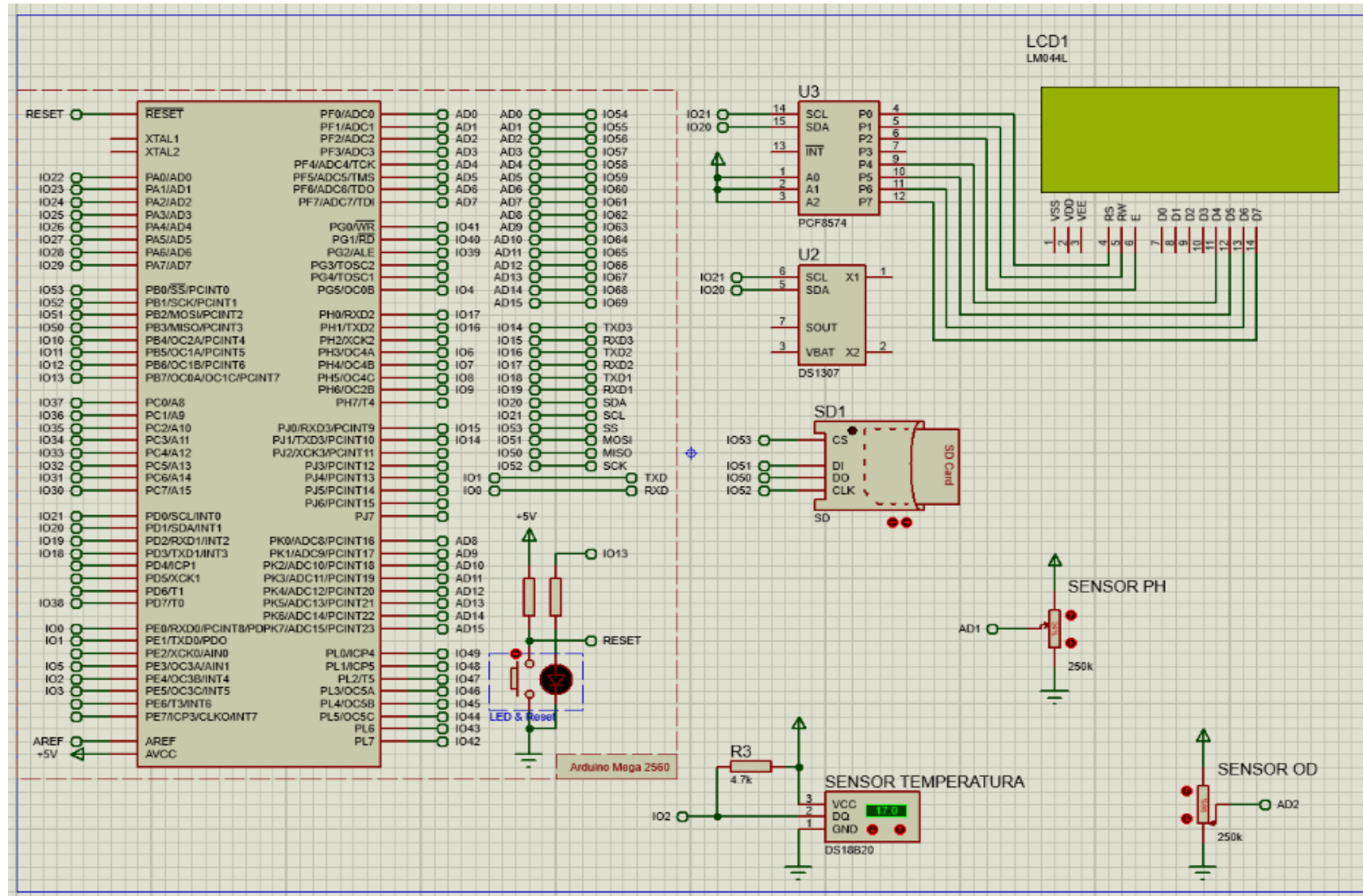
El prototipo cuenta con dos etapas como ser la etapa de monitoreo y la etapa de control, la etapa de monitoreo se encarga de vigilar cada una de las lecturas proporcionadas en este caso por el sensor DS18B20 y los dos potenciómetros parametrizados como sensores, en esta etapa se encuentra el display para visualizar las lecturas, los módulos RTC y SD-CARD. El display al iniciar el programa tiene la instrucción de detectar si se encuentra incorporado el módulo RTC, en caso de que no se encuentre el display mostrará que el módulo no se encuentra presente, de la misma manera el sistema mostrará si se encuentra una tarjeta SD en el módulo SD y en caso contrario mostrará un mensaje que no fue encontrada en el display.

En la etapa de control se trata de controlar el nivel de oxígeno disuelto en el agua por medio de un actuador en este caso un aireador, su selección va a depender del diseño del estanque el aireador será activado cuando el sensor detecta un rango fuera de los parámetros establecidos en la programación del sistema, estos rangos fueron estudiados durante el desarrollo de la investigación, el control en la parte del pH y temperatura será por medio de alarmas visuales y

auditivas, las que notificaran a los encargados de los estanque la pronta corrección manual de estos parámetros, cabe mencionar que la temperatura es un parámetro difícil de controlar ya que depende de las condiciones climáticas, el manejo de esta se lleva de forma manual por los encargados con el intercambio de agua de un afluente hacia las peceras con el fin de controlar la temperatura en los estanques de crianza, mientras que el manejo de los rangos de pH se realiza de forma manual, donde el encargado procederá al encalado de los estanques al percatar la activación de las alarmas.

Figura 6.6

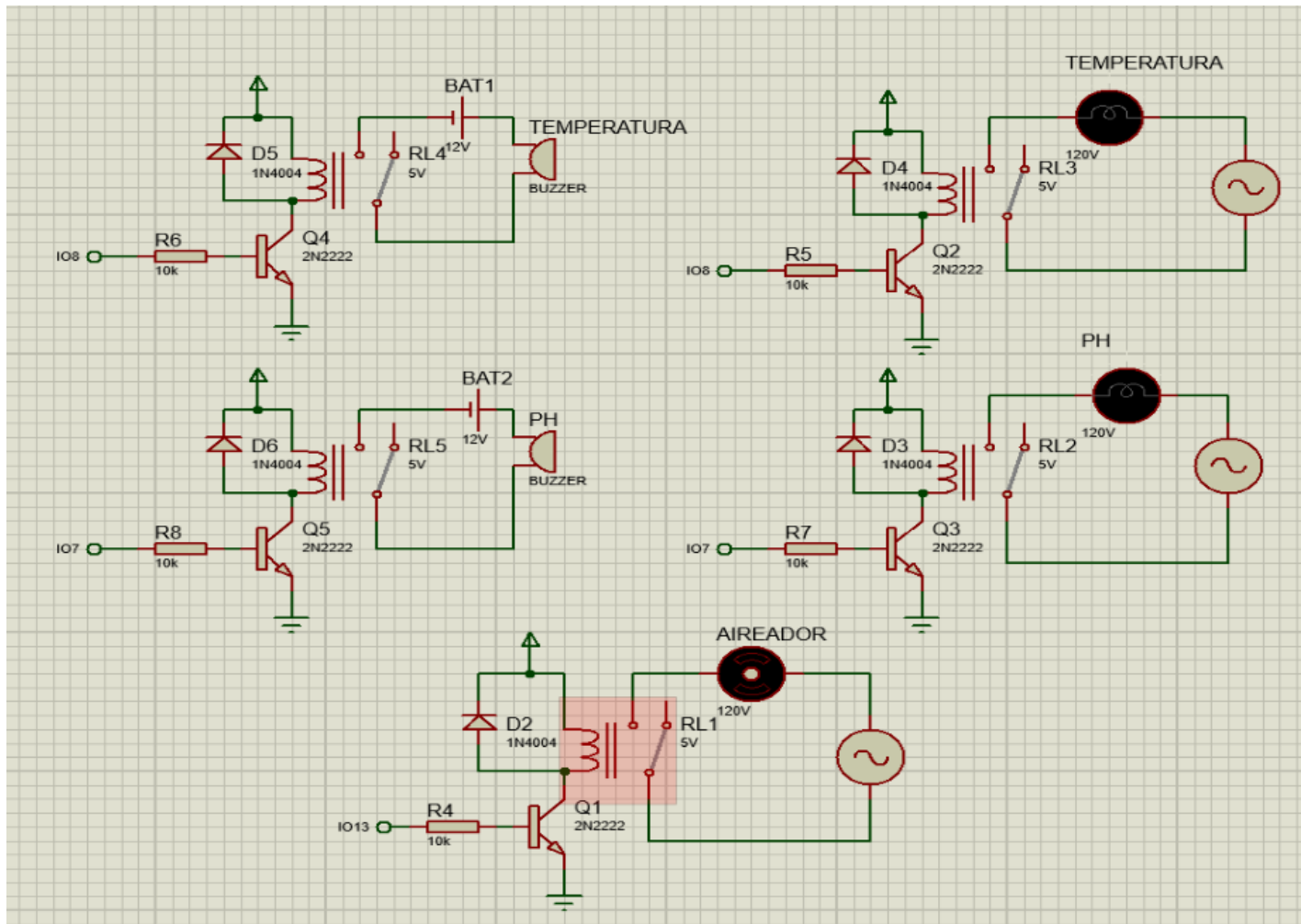
Diagrama del prototipo y etapa de monitoreo



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.7

*Etapas de control del prototipo*

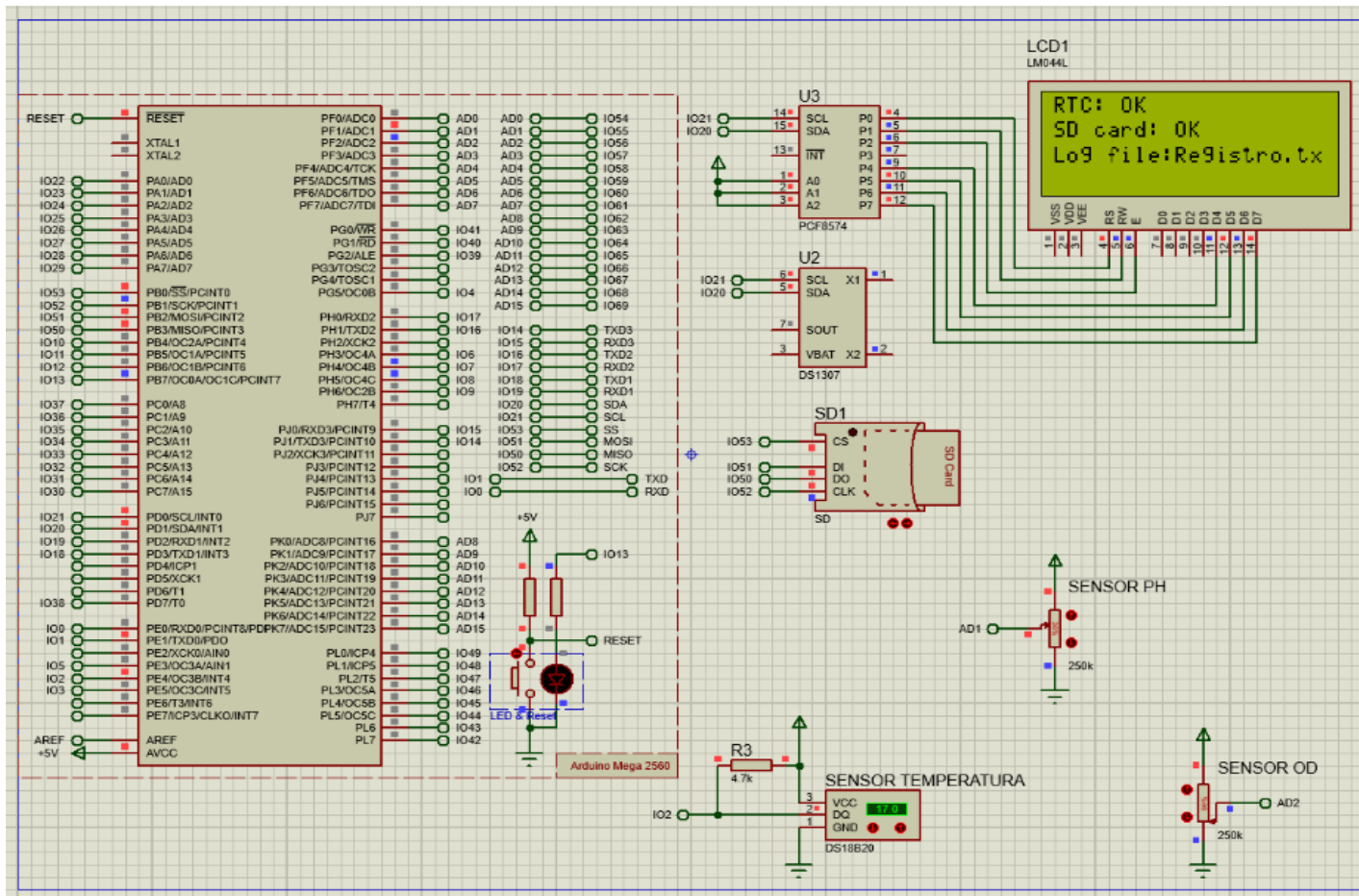


Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).



Figura 6.8

Inicialización del prototipo

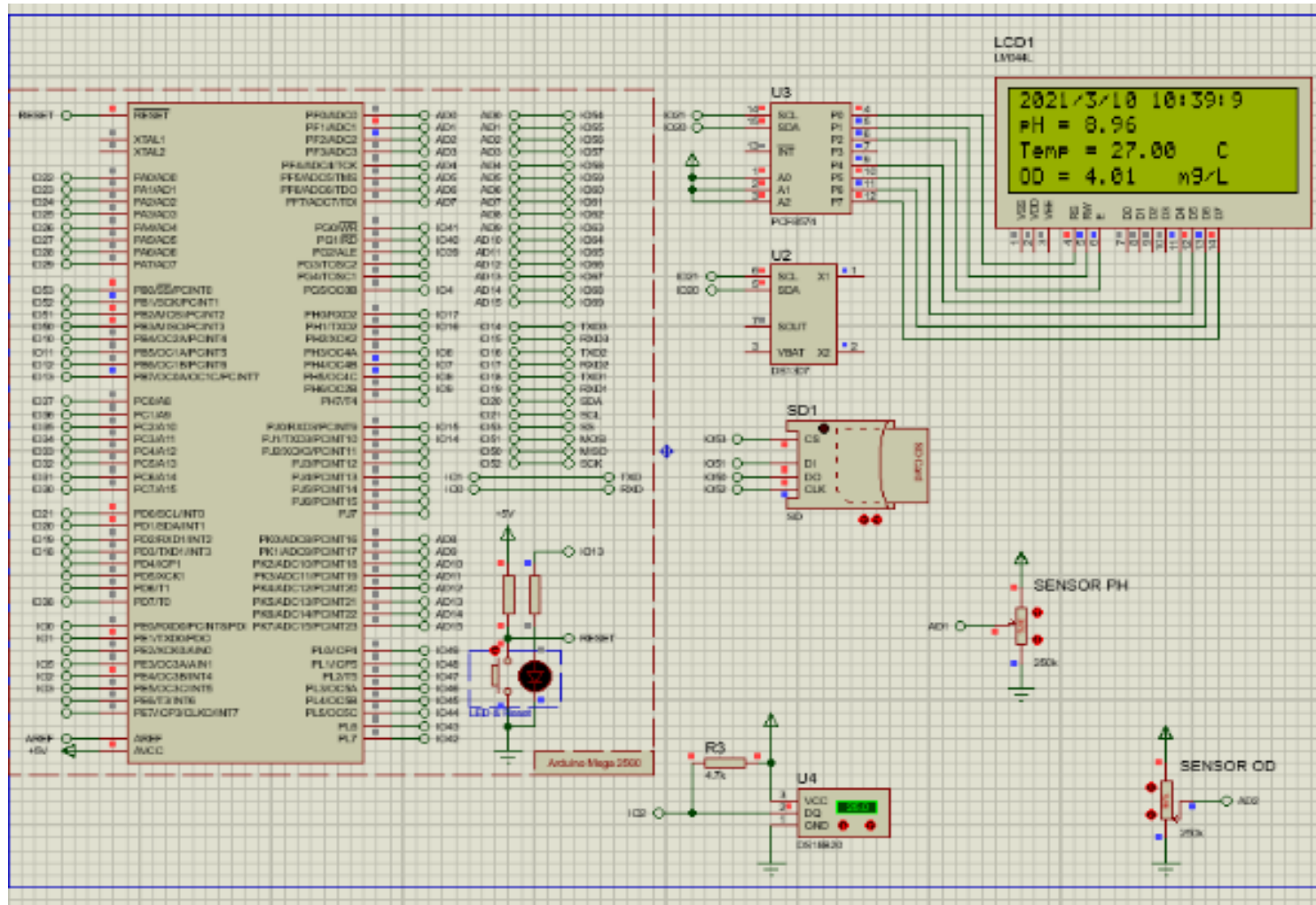


Nota. Se observa la creación del registro de lecturas y el reconocimiento del módulo RTC y SD- CARD en el sistema.

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.9

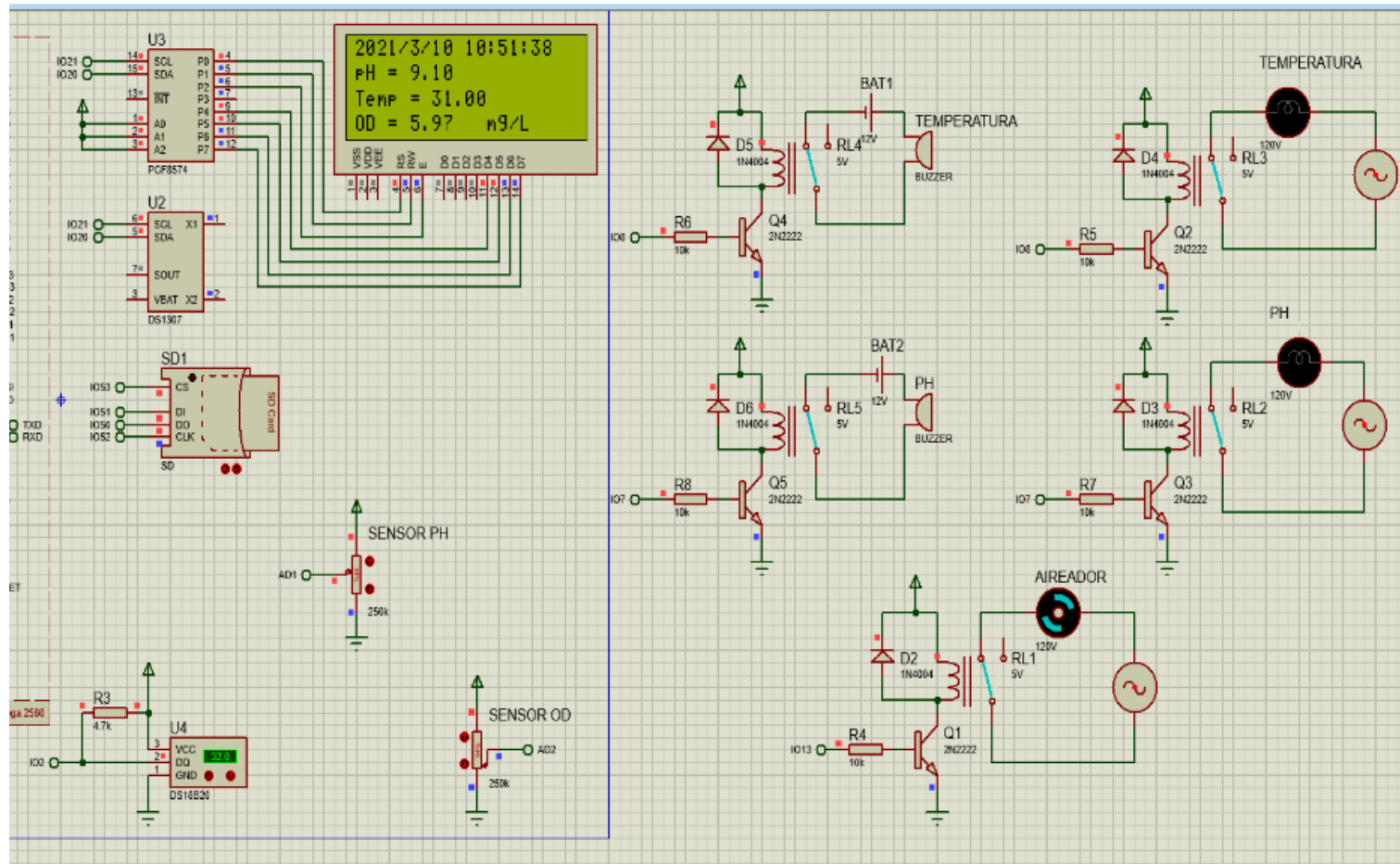
Prototipo etapa de monitoreo en funcionamiento



Nota. Visualización de los rangos detectados por cada uno de los sensores del sistema. Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Figura 6.10

Prototipo etapa de control en funcionamiento



*Nota.* Se visualiza la activación de cada uno de los relés al detectar lecturas fuera de los rangos establecidos, rangos fueron tomados de la tabla 2.1. Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

**Figura 6.11**

*Creación del registro en la tarjeta SD virtual*

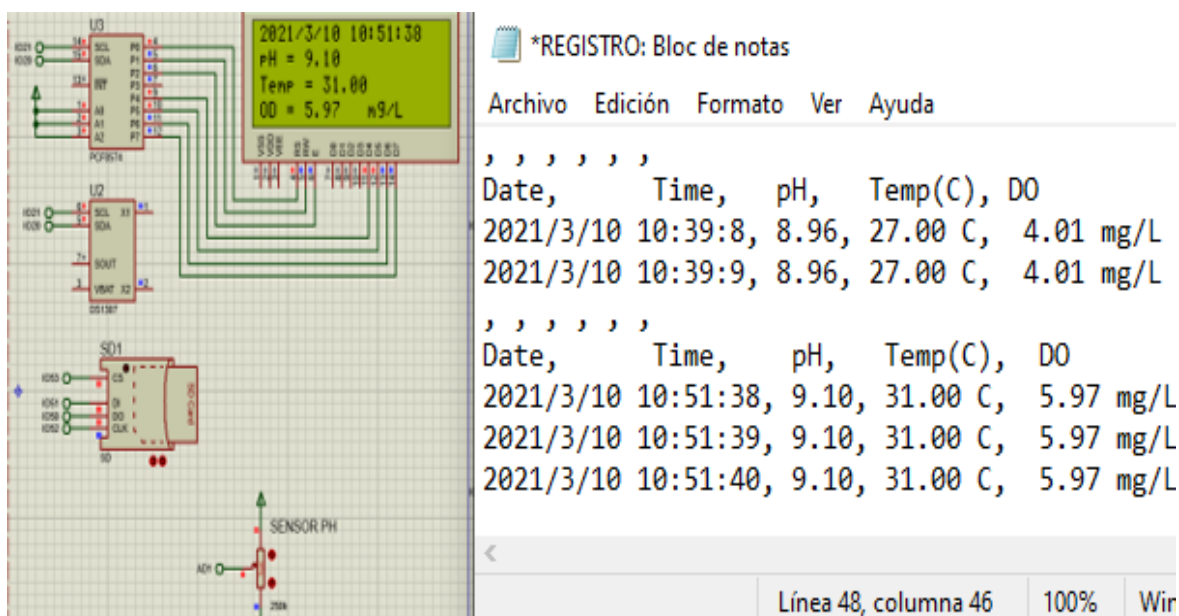


*Nota.* El archivo fue creado con éxito durante la simulación. Fuente: Elaboración propia.

(Alvarado, 2021).

**Figura 6.12**

*Verificación de los datos almacenados en el registro*



*Nota.* Datos fueron escritos con éxito en el archivo. Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

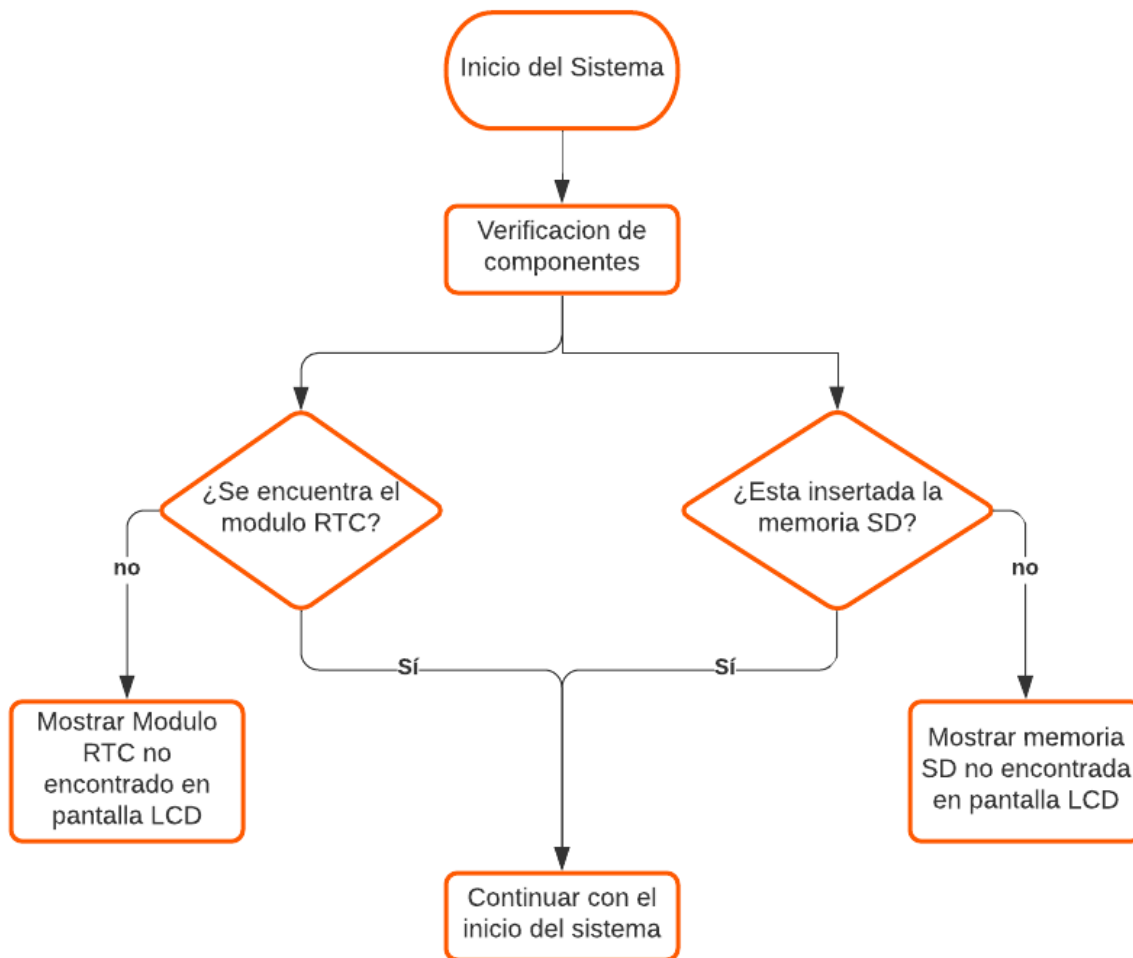
## **VII Viabilidad**

La viabilidad en los proyectos hace referencia al análisis de las circunstancias y de cada uno de los recursos con los que cuenta un proyecto para que este puede ser llevado a cabo con éxito durante su desarrollo e implementación. La factibilidad por otro lado nos ayuda a determinar el tiempo correcto de ejecución de un proyecto y si este puede ser sostenible y generar una rentabilidad económica una vez implementado el proyecto.

### **7.1 Viabilidad Operacional**

Determina si la idea cuenta con los recursos técnicos para que el sistema propuesto funcione una vez instalado, esto para evitar posibles fallos en la utilización del sistema.

El siguiente diagrama muestra el proceso que sigue el sistema cada vez que es iniciado por el operador, al momento del inicio el sistema este toma unos segundos para verificar que se encuentra instalado en el prototipo el módulo RTC si este no se encuentra el sistema mostrara un mensaje que no fue encontrada en la pantalla LCD, posteriormente el sistema verifica que se encuentre instalada una memoria SD en el módulo para la escritura del registro de las mediciones realizadas durante el monitoreo, de igual forma al no encontrarse una memoria el sistema mostrara un mensaje que no fue encontrada en la pantalla LCD.

**Figura 7.1***Diagrama de verificación de componentes*

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

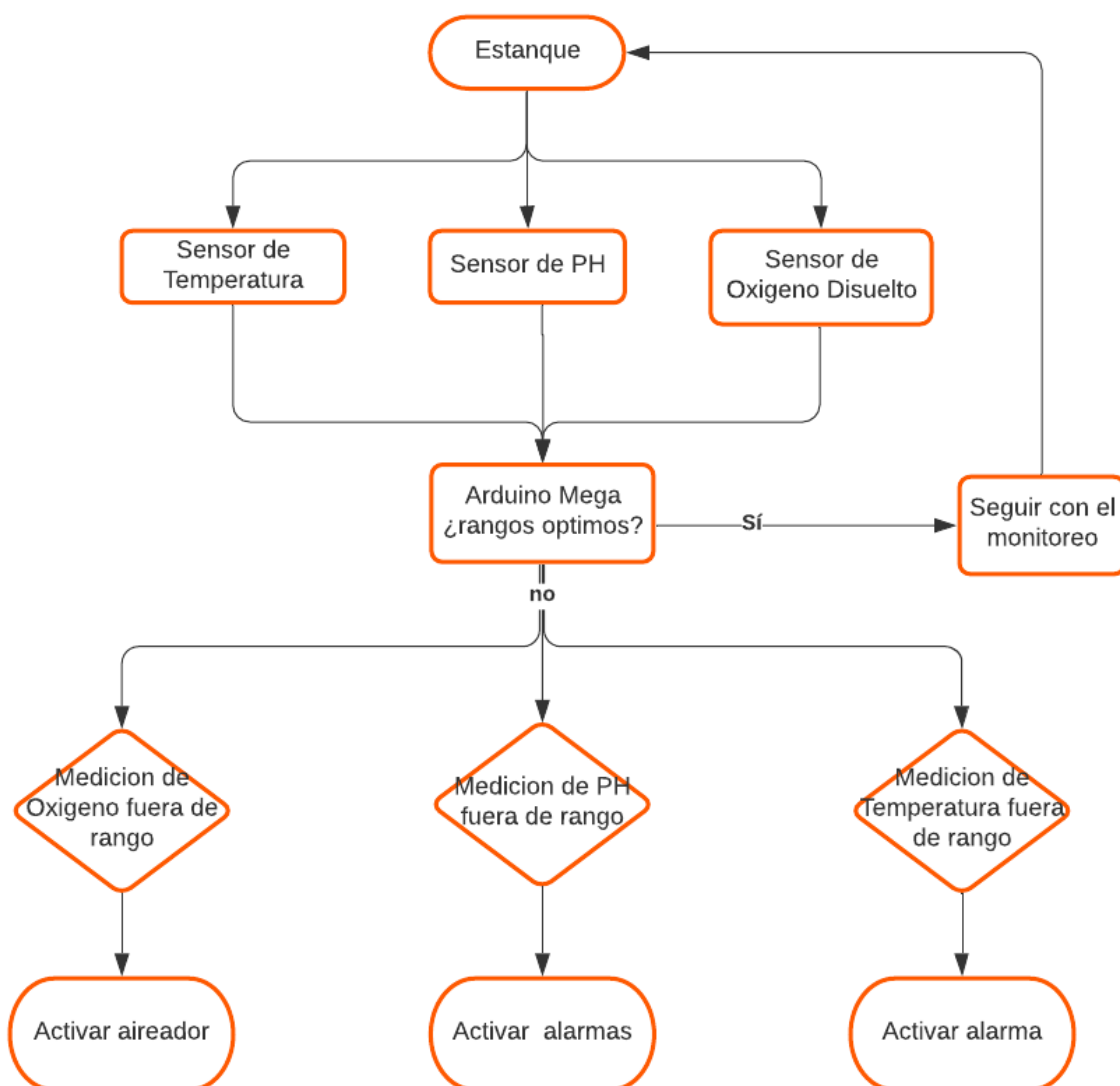
### ***7.1.1 Proceso Operacional de Medición***

En el siguiente diagrama se observan los procesos de medición del prototipo, estos inician con los sensores introducidos en el estanque donde estos realizan las mediciones de los rangos de temperatura, pH y oxígeno disuelto presentes en el agua, los sensores envían las mediciones al controlador en este caso el Arduino mega este compara las mediciones con los datos ya establecidos en la programación del controlador, posteriormente el controlador se

pregunta si las mediciones están dentro de los rangos, si es así este sigue con el monitoreo del estanque, en caso contrario si alguno de los sensores envía una medición fuera de rango el controlador procederá a enviar una señal a cada una de las salidas designadas para cada actuador por medio del módulo de relés.

**Figura 7.2**

*Diagrama proceso de medición*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

## 7.2 Viabilidad Económica

La viabilidad económica hace referencia a los beneficios adquiridos o generados por la venta de un producto o una inversión, es decir si con los recursos utilizados en la creación del prototipo el sistema será capaz de generar una rentabilidad suficiente que compense los riesgos en la inversión inicial.

En la tabla 7.1 se observa el precio total de cada uno de los elementos importantes para el desarrollo del prototipo.

**Tabla 7.1**

*Lista de precios de los componentes*

Componente	Precio	Cantidad	Total
Arduino mega 2560	L755.00	1	L755.00
LCD 2004	L315.00	1	L315.00
RTC DS1307	L233.00	1	L233.00
MicroSD modulo	L266.00	1	L266.00
SD CARD	L150.00	1	L150.00
DS18B20	L340.00	1	L340.00
Caja de registro	L200.00	1	L200.00
Alarma intermitente	L217.00	1	L217.00
Pies de montaje	L217.00	1	L217.00
Modulo relé	L200.00	1	L200.00
Sensor pH	L1,097.00	1	L1,097.00
Sensor oxígeno disuelto	L4,340.00	1	L4,340.00
Jumpers	L170.00	1	L170.00
<b>Total</b>			<b>L8,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).



### 7.2.1 Análisis Costo-Beneficio

El cultivo de tilapia dentro del territorio nacional se a convertido en pilar fundamental dentro del sector agropecuario, generador de fuentes de empleo, generando divisas y ofreciendo una alternativa alimenticia a la población nacional.

**Tabla 7.2**

*Precio de mediciones realizadas en laboratorio*

Parámetro fisicoquímico	Precio
pH, alcalinidad, durezas	L2,400.00
Temperatura	L700.00
Nitritos y nitratos	L1,570.00
Turbidez	L530.00
Oxígeno disuelto	L3,000.00
Total	L8,200.00

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021). Datos tomados de Laboratorio Químico FHIA

(s. f.)

Como se observa en la tabla 7.2 se detalla el precio estimado de las principales mediciones realizadas por un laboratorio agrícola certificado, por tal razón es de amplio beneficio la implementación del prototipo puesto que por una inversión única el productor tendrá un mejor control de la calidad del agua empleada y reduciendo el consumo de energía eléctrica puesto que el sistema va a determinar el momento necesario para activar el aireador.

### 7.3 Viabilidad de Mercado

La viabilidad de mercado genera una idea del mercado donde se pretende introducir un producto o servicio, donde se definen los alcances como ser tener una idea de la ubicación o magnitud del proyecto para determinar el área específica donde será introducido el producto.

Con el objetivo de recabar información acerca del mercado y de los competidores más cercanos y lograr delimitar la base de posibles clientes.

El investigador desconoce la existencia de empresas u organizaciones que promuevan la implementación de un sistema similar al desarrollado, se procedió a recopilar información de una empresa dedicada al desarrollo de proyectos y automatización la cual manifestó que en la existencia de la empresa no han desarrollado un sistema similar al propuesto por el investigador.

**Tabla 7.3**

*Lista de precios sistema más complejo*

Componente	Precio	Cantidad	Total
PLC S7 1200	L9560.00	1	L9560.00
Sensor pt100	L510.00	1	L510.00
Simatic HMI Basic	L18150.00	1	L18150.00
pH Sensor SC25V	L19530.00	1	L19530.00
Sensorex OD 9000	L29530.00	1	L29530.00
Contactor	L900.00	5	L4500.00
Fusible	L200.00	1	L200.00
Centro de carga	L250.00	1	L250.00
<b>Total</b>			<b>L86,280.00</b>

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

En la tabla 7.3 se observa el desarrollo del sistema con componentes de grado industrial resultan en un alto costo de desarrollo y producción por tal razón el prototipo propuesto tiene un nicho de mercado en el cual podrá tener éxito en su implementación en el sector agropecuario a razón que si se comparan los precios el prototipo este presenta una inversión mínima obteniendo los mismos resultados que un sistema de grado industrial.

### **XIII Aplicabilidad**

(Gutiérrez Agudelo & Gallego De Pardo, 2005) hacen mención que la aplicabilidad se mide identificando si el proyecto fue eficaz, si resolvió el problema las causas y en qué magnitud. Trata de verificar si los propósitos, objetivos y metas tanto a nivel general como específico se han cumplido una vez finalizadas las actividades y tareas del proyecto. También busca evaluar la trascendencia a mediano y largo plazo de su aplicabilidad. Esta consiste en observar, registrar, valorar y evaluar los procesos que se desencadenan debido al cumplimiento de los objetivos, actividades y estrategias.

#### **8.1 Análisis de Mercado**

Se define el análisis de mercado como una evaluación o estudio que permite conocer, determinar y segmentar el tamaño de un mercado en particular, que ayuda a identificar el valor de mercado, posibles clientes y sus hábitos de compra, determinar la competencia y las regulaciones legales de un mercado.

En la actualidad el mercado de producción de tilapia presenta una tasa de crecimiento alta lo que posibilita el desarrollo y aplicabilidad de servicios o productos que mejoren las condiciones de producción, en el País existen empresas dedicadas a la automatización y desarrollo de sistemas, sin embargo, el alto costo de estos da lugar al desarrollo de sistemas de un mejor alcance económico.

La recolección de los datos necesarios para el análisis de mercado se realizó mediante la aplicación de una encuesta de forma virtual y una entrevista vía telefónica a dos productores del municipio de Santa Rita departamento de Yoro por razones de movilidad y bioseguridad ante la actual pandemia de COVID-19 que afronta el País.

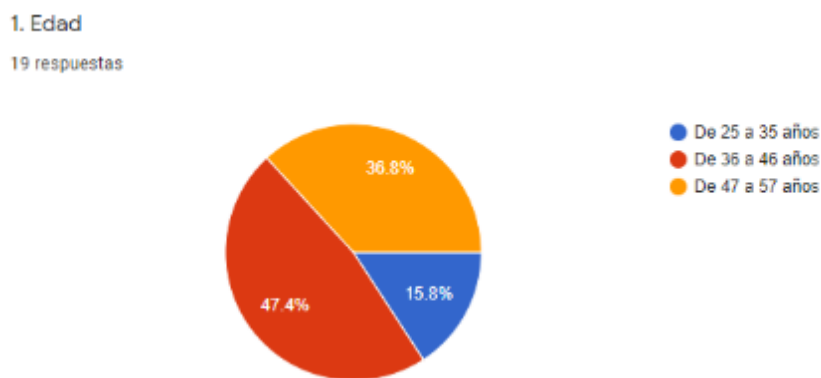
### 8.1.1 Análisis de la Demanda

El análisis de la demanda tienen como objetivo primordial conocer las demandas de los clientes sobre un producto o servicio en un determinado mercado y conocer si las ganancias percibidas serán suficientes para la expansión de la empresa o la creación de un nuevo producto o servicio.

A continuación, se muestran los resultados de las encuestas aplicadas, de forma general la encuesta muestra que el cultivo de tilapia lo ejerce en su mayoría el género masculino en un rango de edad de 36 a 46 años de edad.

#### Figura 8.1

*Rango de edad de los encuestados*



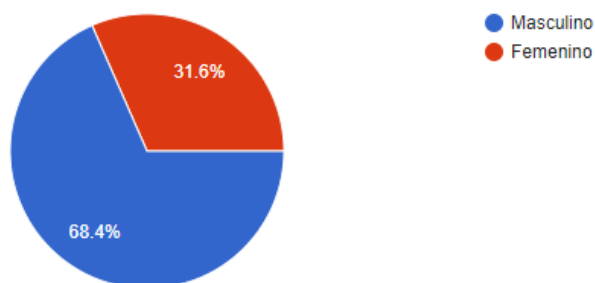
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El gráfico anterior muestra el porcentaje de edad de los encuestados donde el 47.4% tiene una edad de 36 a 46 años, el otro 36.8% representa una edad de 47 a 57 años y por último un 15.8% tienen un rango de edad de 25 a 35 años, lo que muestra que personas con un rango medio de edad se dedican al cultivo de tilapia.

**Figura 8.2***Genero de los encuestados*

2. Genero

19 respuestas



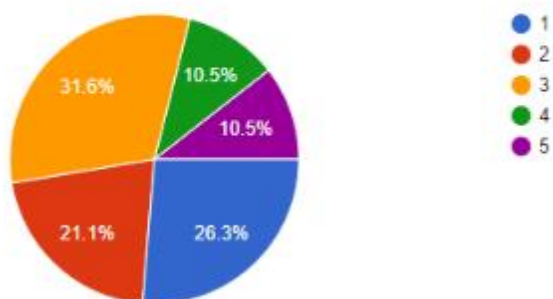
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 68.4% de los encuestados corresponde al género masculino mientras que el 31.6% representa al género femenino, esto muestra que la crianza y producción de tilapia es realizada en su mayoría por el género masculino.

**Figura 8.3***Años como productor de tilapia*

3. ¿Cuántos años tiene como productor de tilapia, por favor indique?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 26.3% de los encuestados son productores nuevos, mientras que el 21.1% tienen un periodo de dos años, un 31.6% presentan un periodo medio en la producción de tilapia, mientras que un 10.5% son productores hace cuatro a cinco años. Lo que indica que los encuestados en su mayoría tienen un periodo de uno a tres años en la producción de tilapia.

### Figura 8.4

#### *Cantidad de estanques*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

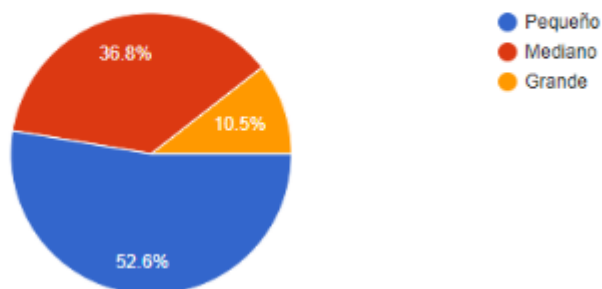
Un 42.1% de los encuestados expresan que cuentan con un estanque, un 26.3% cuentan con dos estanques, otro 15.8% poseen tres estanques, mientras que un 5.3% cuentan con cuatro estanques y un 10.5% poseen más de cinco estanques destinados a la producción de tilapia.

### Figura 8.5

#### *Grado de producción*

5. En base a su respuesta anterior usted se considera un productor

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

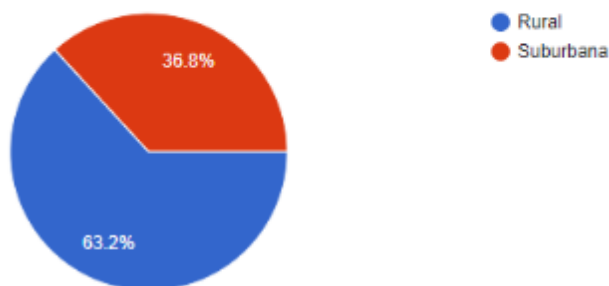
La encuesta muestra que un 52.6% son pequeños productores, un 36.8% son productores a media escala y un 10.5% son grandes productores contando con más de cinco estanques.

### Figura 8.6

#### *Localidad de las instalaciones*

6. ¿Su instalación de producción se encuentra en una zona?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

La encuesta muestra que un 63.2% son productores rurales, mientras el otro 36.8% son productores con instalaciones en zonas suburbanas.

El posterior análisis de la demanda determina que los encuestados en su mayoría son pequeños productores rurales quienes poseen en promedio uno a tres estanques destinados a la producción de tilapia, no obstante, la demanda de la implementación del sistema de monitoreo se da tanto en zonas rurales como suburbanas.

### ***8.1.2 Análisis de la Oferta***

El análisis de la oferta se centra en medir las condiciones donde una economía pone a disposición de un nuevo producto o servicio en un mercado, un análisis de la oferta sigue una serie de factores para conocer el mercado al que se busca incursionar como precios ya establecidos, amenazas de nuevos competidores, determinar la rivalidad de competencia ya sea directa o indirecta con la finalidad de poner un precio competitivo a un producto o servicio.

A nivel nacional existe diversidad de empresas dedicadas al desarrollo de sistemas de control y automatización, sin embargo, se desconoce el número exacto de empresas que se dedican a esta actividad en el País, parte de estas empresas representan una competencia directa en el mercado como ser: IAT Honduras empresa dedicada a la integración de sistemas, desarrollando proyectos y servicios en la rama de la automatización y control industrial, CRAI Automatización dedicada a la Automatización y Electrónica Industrial, AINSA dedicada a sistemas de automatización y control de procesos además de ofrecer asesoría técnica para el desarrollo de proyectos.

Las empresas previamente mencionadas manejan un amplio conocimiento en el desarrollo de proyectos, poseen alianzas comerciales con proveedores de productos o equipo, sin embargo, el desarrollo de proyectos o productos realizados por dichas empresas son en su mayoría de un alto costo económico, dejando un margen en el mercado para el desarrollo de productos o servicios a un menor costo.

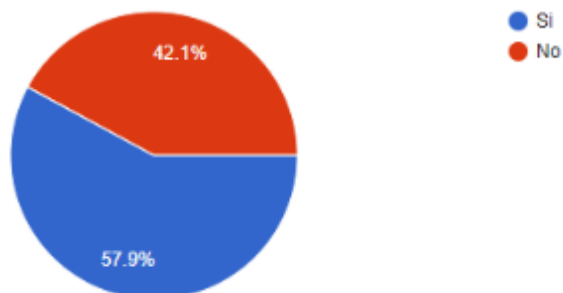


**Figura 8.7**

*Posee un sistema de aireación*

7. ¿Cuenta con un sistema de aireación para sus estanques?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

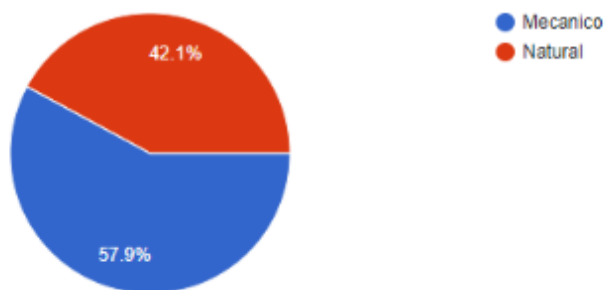
La encuesta refleja que el 57.9% de las personas encuestados cuentan con sistemas de aireación, mientras un 42.1% carecen de estos sistemas.

**Figura 8.8**

*Tipo de sistema de aireación*

8. ¿El sistema de aireación con el que cuenta es de tipo?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

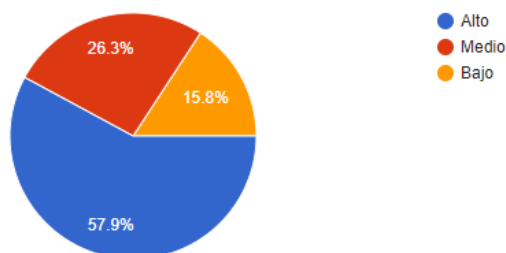
El 57.9% de los productores cuentan con aireación mecánica, mientras el 42.1% es natural esta puede ser por gravedad o recambio de agua.

## Figura 8.9

### Consumo energético

9. ¿Si cuenta con un sistema de aireación mecánico indique el nivel de consumo energético que representa?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

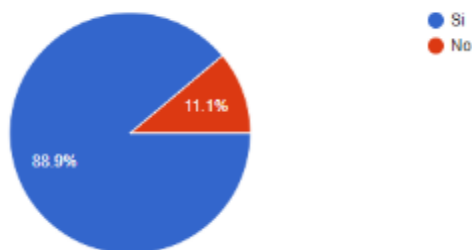
El 57.9% de los productores que cuentan con aireación mecánica reportan un alto consumo energético, un 26.3% presentan un consumo medio y un 15.8% reportan un consumo bajo.

## Figura 8.10

### Reducción de consumo de energía

10. ¿Estaría interesado en un sistema de control que le brinde una reducción del consumo energético?

18 respuestas



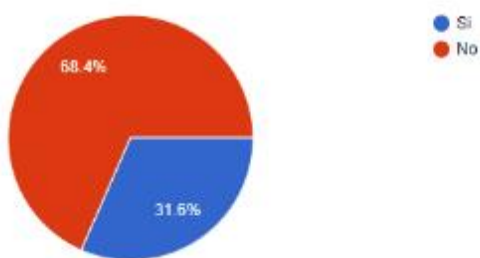
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 88.9% de los encuestados están interesados en reducir sus costos energéticos, mientras un 11.1% se encuentran conforme con su consumo de energía.

**Figura 8.11***Posee un sistema de monitoreo*

11. ¿Cuenta con instrumentos o un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizada en sus estanques?

19 respuestas



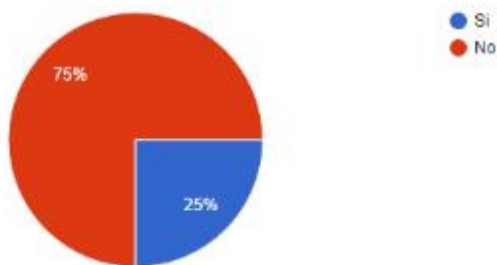
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 68.4% de las encuestas muestra que los productores no cuentan con un sistema de monitoreo en sus estanques y un 31.6% realizan mediciones rutinarias con instrumentos.

**Figura 8.12***Obtiene muestras en tipo real*

12. Si su respuesta anterior es Si, ¿este sistema de monitoreo muestra los resultados en tiempo real?

16 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

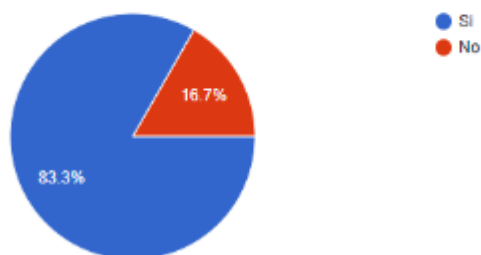
El 75% de los encuestados expresan que no tienen muestreos en tiempo real, mientras el 25% poseen instrumentos que muestran en tiempo real las mediciones, utilizan instrumentos como termómetros, PH metros.

### Figura 8.13

#### *Disposición de implementar un sistema de monitoreo*

13. Si su respuesta a la pregunta 11 es No, ¿estaría dispuesto a implementar un sistema de monitoreo?

18 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

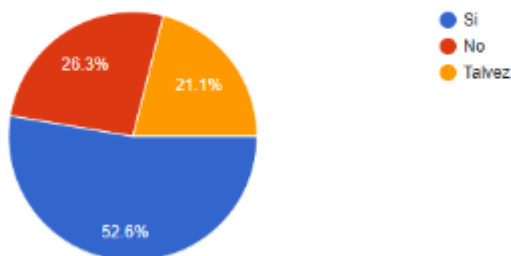
La encuesta refleja que el 83.3% de los encuestados están dispuestos a implementar un sistema de monitoreo, mientras un 16.7% de los encuestados están indecisos.

### Figura 8.14

#### *Importancia de implementar un sistema de monitoreo y control*

14. ¿Considera que la implementación de un sistema de monitoreo sea de importancia en su cultivo?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 52.6% de las personas consideran de importancia adquirir un sistema de monitoreo, un 21.1% se muestran indecisos de implementar un sistema de monitoreo y un 26.3% no lo consideran relevante.

El análisis de la oferta demuestra que gran porcentaje de productores están interesados en la adquisición de un sistema de monitoreo y control, con el objetivo de conocer y mantener la calidad del agua empleada y lograr una reducción del consumo energético a causa de los sistemas de aireación mecánicos utilizados para mejorar las condiciones de oxigenación.

### 8.1.3 Análisis de Precios

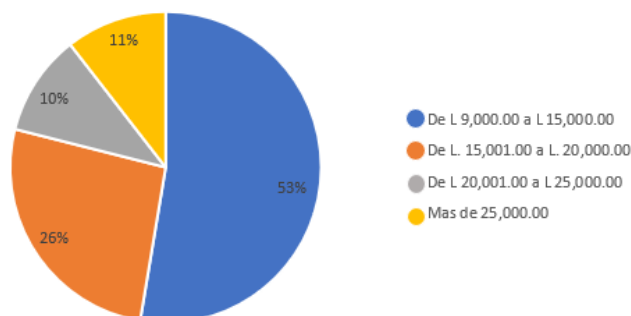
El análisis de precios ayuda a determinar el valor de un producto o servicio en el mercado, este enfoque se utiliza para conocer los precios de productos que ofrece la competencia, este tipo de estudio da respuesta acerca de las preferencias de precios del consumidor generalmente mediante la aplicación de encuestas, entrevistas, evaluaciones y grupos de investigación.

#### Figura 8.15

##### *Inversión en un sistema de monitoreo y control*

15. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir en un sistema de monitoreo que le permita conocer las condiciones de la calidad del agua de su estanque?

19 respuestas



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El 53% de los encuestados se sienten cómodos pagando un máximo de 15,000 Lempiras por la adquisición del sistema, un 26% están dispuestos a pagar un máximo de 20,000 Lempiras, un 10% están cómodos con una inversión máxima de 25,000 Lempiras y un 11% expresan que

pueden invertir más de 25,000 Lempiras en un sistema de monitoreo y control para sus estanques.

El análisis de precio refleja el interés de los encuestados por adquirir un sistema económico, con la finalidad de lograr el desarrollo del sistema a un bajo costo se plantea realizar un estudio de proveedores de componentes electrónicos en el mercado nacional, otra alternativa es realizar una alianza comercial con uno o dos proveedores a nivel internacional para lograr un precio razonable en la compra de los componentes del sistema con la finalidad de poder ofrecer a los clientes un sistema económico y de calidad.

#### ***8.1.4 Análisis de Comercialización***

El análisis de comercialización se basa en promover la venta de un producto o servicio por medio de técnicas enfocadas como la publicidad, relaciones públicas con los posibles clientes, promociones y patrocinio con el objetivo de obtener los mejores resultados posibles tanto en tiempo como en lugar para la venta de un producto.

La venta del sistema de monitoreo y control está a disposición de cada productor que desee incorporar un monitoreo constante a sus estanques con la finalidad de obtener un mejor manejo de la calidad del agua empleada, la comercialización estará guiada en el aprovechamiento del uso de plataformas como YouTube, Instagram y Facebook, además de la demostración y exposición del sistema en días de campo desarrollados en localidades de producción de tilapia estratégicas para la captación de nuevos clientes, además de incluir en un futuro alianzas comerciales con empresas dedicadas de la venta y distribución de equipo agropecuario para la producción de tilapia en el territorio nacional.

## 8.2 Estudio Técnico

Ayuda a definir la factibilidad y aplicabilidad técnica que existe para un proyecto permitiendo definir lo que será la inversión, costos, ingresos y egresos que sustentaran la rentabilidad, mediante las etapas de ingeniería, el tamaño y la localización las cuales se encuentran estrechamente relacionadas entre sí.

### *8.2.1 Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto*

La localización es una de las variables claves para determinar la viabilidad económica y financiera de un proyecto de inversión productivo, esta es una decisión a largo plazo y no se puede desarrollar en un tiempo a corto plazo y posteriormente variar la decisión dado que implica el uso de grandes recursos económicos.

El proyecto se realiza en el municipio de El Progreso, Yoro, donde la producción de tilapia se ha apoderado de la zona norte de Honduras. Por lo que en el departamento de Yoro se desarrollan diversos proyectos de cultivo de tilapia, además de contar con dos proveedores de producción de alevines uno de ellos dirigido por el Gobierno de la Republica a través de la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) y el otro de capital privado. Tomando en consideración lo manifestado por El Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP) que el departamento de Yoro cuentan con el mejor potencial para el desarrollo de la Piscicultura.

La implementación del prototipo se realiza en las instalaciones del señor Carlos Luis Mendoza productor de tilapia del municipio de Santa Rita, Yoro donde se hace uso de los componentes y equipo necesario para el inicio de operación del sistema con la finalidad de demostrar el correcto funcionamiento del sistema y solventar los problemas o errores presentados en el lugar con la mayor brevedad.

### ***8.2.2 Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto***

El tamaño del proyecto está determinado por factores como el tamaño de la demanda, estrategias comerciales, la localización y la disponibilidad de materias primas, por tal razón se recomienda determinar la relación que existe entre estos factores y su nivel de impacto económico en el proyecto.

El prototipo está diseñado para ser compacto que no recurra al uso excesivo de espacio, todos los componentes están alojados internamente en una caja de registro a prueba de agua con las siguientes dimensiones 200x120x75 mm. El costo del prototipo es unitario con la salvedad de agregar una red de sensores más amplia y monitorear dos o más estanques con un solo prototipo, el sistema es flexible por un costo extra realizar las modificaciones que el cliente solicite.

El costo de materia prima y componentes que conforman el prototipo ronda los L. 8,500 sin aplicar los costos de instalación, costos de envío y soporte, el desarrollo y venta del sistema es económicamente rentable al usar componentes de calidad asegurando una vida útil considerable del prototipo.

### ***8.2.3 Análisis de la disponibilidad y el costo de los suministros e insumos***

La materia prima es el principal elemento para la elaboración de cualquier producto en general, de su calidad y disponibilidad depende obtener un producto que cumpla las expectativas de los clientes.

En la elaboración del prototipo la materia prima utilizada está compuesta por componentes electrónicos, los cuales en un 80% se encuentran en el mercado nacional a excepción del sensor de oxígeno disuelto y de PH, lo que motivo a la compra en el extranjero de todos los componentes, sin embargo esto ha representado un atraso en el desarrollo del prototipo por formalidades de comercio internacional como ser atrasos en papeleos y la instalación de una



comisión reguladora en todas las aduanas de País lo que refleja un atraso en el tiempo de entrega de los componentes por parte de la empresa encargada en tal gestión. En la siguiente tabla se detalla el costo unitario y total del sistema y su conversión a moneda nacional.

**Tabla 8.1**

*Costo de los componentes utilizados*

Componente	Precio	Cantidad	Total
Arduino mega 2560	L755.00	1	L755.00
LCD 2004	L315.00	1	L315.00
RTC DS1307	L233.00	1	L233.00
MicroSD modulo	L266.00	1	L266.00
SD CARD	L150.00	1	L150.00
DS18B20	L340.00	1	L340.00
Caja de registro	L200.00	1	L200.00
Alarma intermitente	L217.00	1	L217.00
Pies de montaje	L217.00	1	L217.00
Modulo relé	L200.00	1	L200.00
Sensor pH	L1,097.00	1	L1,097.00
Sensor oxígeno disuelto	L4,340.00	1	L4,340.00
Jumpers	L170.00	1	L170.00
Total			L8,500.00

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

#### **8.2.4 Identificación y Descripción del Proceso**

Los procesos es la transformación de los insumos através del uso de tecnologías, equipo o mano de obra esto también es aplicado al desarrollo servicios, dado que estos a pesar de que no realizan una transformación física de materiales, si requieren el uso del intelecto para estructurar “productos” que satisfacen necesidades específicas de un mercado.

La elaboración e implementación del prototipo es de forma sencilla, la persona encargada de la instalación del sistema gestiona con el cliente si el sistema estará en un ambiente cerrado o a la intemperie, si es así se selecciona el lugar con menos incidencia de los rayos del sol y menos salpicadura de agua con el fin de no comprometer la funcionalidad del sistema, se procede a realizar una revisión visual del sistema para descartar daños a los sensores durante el transporte.

Seguidamente se procede a la sumersión de los sensores en el estanque y a su anclaje para evitar ser dañados por el movimiento de las tilapias, luego se procede a la conexión de las líneas de energía al módulo del relé para ser activadas por la señal que envía el controlador y la posterior activación de la alimentación del aireador y de las alarmas intermitentes cuando las lecturas que registre el controlador se encuentre fuera de los rangos óptimos.

#### ***8.2.5 Determinación de la Organización Humana y Jurídica que se requiere para la correcta operación del proyecto***

Dentro del marco jurídico se desconoce la creación de una ley o ente encargado de regular la aplicación y distribución de sistemas de monitoreo acuícola, no obstante, dicha actividad al pertenecer al sector agropecuario del País se toman en consideración las siguientes leyes, las otorgadas en el decreto No.143-2013 del 13 de julio de 2013 contentivo de la Ley del Fondo Nacional para la Competitividad del Sector Agropecuario publicado en el Diario Oficial La Gaceta el 04 de octubre de 2013 y sus reformas, exclusivamente las relacionadas con la excepción del impuesto sobre Ventas de conformidad a lo establecido en el Artículo 15, literal e) de la Ley del Impuesto sobre Ventas y sus Reformas. (Secretaría de Finanzas, 2017).

El acuerdo 469-A-2016 de la Secretaría de Finanzas comprende nueve rubros para la aplicación de la exoneración: avícola, porcino, lácteo, cárnico, granos básicos, acuícola, caña de azúcar, embutidos y alimento balanceado. El Gobierno y los nueve sectores agropecuarios

acordaron una lista de productos que serán exentos del 15% de Impuesto Sobre Ventas. El acuerdo permite la importación y adquisición de maquinaria, productos, servicios e insumos libre de impuesto. (Gobierno de Honduras, 2018).

Para la venta y distribución del sistema es necesaria la creación de una sociedad mercantil por lo que la Municipalidad de El Progreso, Yoro solicita los siguientes requisitos para la apertura de un nuevo negocio.

1. Fotocopia de Solvencia Municipal Vigente del propietario o representante legal.
2. Fotocopia de la Tarjeta de Identidad del propietario o representante legal.
3. Fotocopia de Registro Tributario Nacional (RTN) del propietario o representante legal.
4. Fotocopia de Contrato de Arrendamiento Vigente del local o fotocopia de la escritura en caso de ser propietario.
5. Constitución de sociedad o escritura de comerciante individual (EXCEPTUANDO a las actividades cuyo volumen de ventas no sobrepase los Lps. 250,000.00 anuales)
6. Croquis en tamaño carta de la ubicación del negocio especificando calles y avenidas, barrios o colonias y número catastral.
7. Constancia de parte de La Cámara de Comercio del registro del negocio.
8. Constancia del departamento Municipal del Ambiente DEMA.
9. Constancia de Suelos.
10. Código Catastral.

Una vez registrada la empresa en la cámara de comercio se procede a realizar las cotizaciones al Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS) y al régimen de aportaciones privadas (RAP). (Municipalidad El Progreso, 2019).

### 8.3 Estudio Económico

El estudio económico brinda un análisis sobre la viabilidad de un proyecto apoyándose sobre los recursos económicos disponibles y el costo total del proceso de producción con el objetivo de demostrar si un proyecto es viable en términos de rentabilidad económica.

En esta sección del capítulo se desarrolla un estudio económico de tipo emprendimiento reflejando una proyección orientada a un periodo de 5 años, los datos mostrados en las tablas que a continuación se describen han sido el resultado del análisis y aplicación de un documento en Excel el cual fue facilitado por el ingeniero Dax Paz en la clase de Generación de Empresas II con el objetivo de poder desarrollar un estudio económico satisfactorio.

La tabla 8.2 detalla la estimación de las ventas esperadas durante cada trimestre del año y un crecimiento anual del 10%.

**Tabla 8.2**

*Demanda del sistema*

Proyección de Demanda					
Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Primer Trimestre	3	3	4	4	4
Segundo Trimestre	5	6	6	7	7
Tercer Trimestre	8	9	10	11	12
Cuarto Trimestre	12	13	15	16	18
Demanda Anual	28	31	34	37	41

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

En la tabla 8.3 se refleja el precio de venta por unidad el cual es de L. 17,500 y los ingresos netos por la venta esperada en cada año los ingresos reflejan a su vez la inflación anual la cual es determinada por el Banco Central de Honduras.

**Tabla 8.3***Ingresos estimados*

Estimación de Ingresos					
Periodo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
D. Anual	28	31	34	37	41
P. Venta	L 17,500.00	L 18,232.81	L 18,996.31	L 19,791.78	L 20,620.56
Total	L 490,000.00	L 561,570.63	L 643,595.03	L 737,600.13	L 845,335.85

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

**8.3.1 Costos de Producción y Operación**

La tabla 8.4 detalla todos los costos de producción y operación estimados para este emprendimiento en los costos comprendidos se encuentran los de mano de obra directa (M O D) en el que se incluye el salario de un empleado, costos indirectos de fabricación (C I F) estos abarcan los cobros de energía eléctrica, suministros de producción, depreciaciones de equipo, costos de materia prima comprendidos por sensores y componentes electrónicos, por último se detalla el costo de producción por cada unidad para cubrir todos los costos antes mencionados.

**Tabla 8.4***Costo de elaboración*

Costos de Producción					
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
D. Anual	28	31	34	37	41
Materia Prima	L 8,500	L 8,856	L 9,227	L 9,613	L 10,016
Costo Anual	L 242,577	L 273,240	L 313,150	L 358,889	L 411,309
M O D	L 137,624	L 143,983	L 52,847	L 164,315	L 207,281
C I F	L 8,772	L 8,835	L 8,900	L 8,969	L 9,040
Costo Total	L 388,973	L 426,058	L 474,897	L 532,173	L 627,630
C. Producción x Unidad	L 13,630	L 13,809	L 13,993	L 14,255	L 15,283

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

### 8.3.2 Inversión Total Inicial

El plan de inversión necesaria ronda los L 166,843 de los cuales el 60% será financiado por medio de un ente bancario, el plan de inversión abarca los gastos como materia prima costos directos e indirectos y las cuotas del financiamiento gastos de administración, gastos de venta, gastos preoperativos entre otros.

**Tabla 8.5**

#### *Inversión*

Plan de Inversión			
Concepto	Monto	Fondos Propios	Financiamiento
Activos no Corrientes	L 88,450	-----	L 100,000
Capital de Trabajo	L 31,581	L 20,032	
Gastos Preoperativos	L 46,811	L 46,811	
Porcentaje de Participación	100%	40%	60%
Total	L 166,843	L 66,843	L 100,000

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

La tabla 8.6 muestra la amortización del financiamiento dado a un plazo de 60 meses con una tasa de interés pactada del 17% por medio de un préstamo personal. (Banco Ficensa, s. f.).

**Tabla 8.6**

#### *Financiamiento*

Calculo Financiamiento			
Financiamiento	Monto	Tasa	Plazo en Años
	L 100,000	17%	5
Nper	60.00		
Tasa	0.01		
Cuota Mensual			L 2,485.26
Pago Anual			L 29,823.09

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

### 8.3.3 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio resulta de la aplicación de la fórmula  $PE(Q) = CFT / (PV_u - CV_u)$  (Mayorga, 2020).

**Tabla 8.71**

*Punto de equilibrio económico*

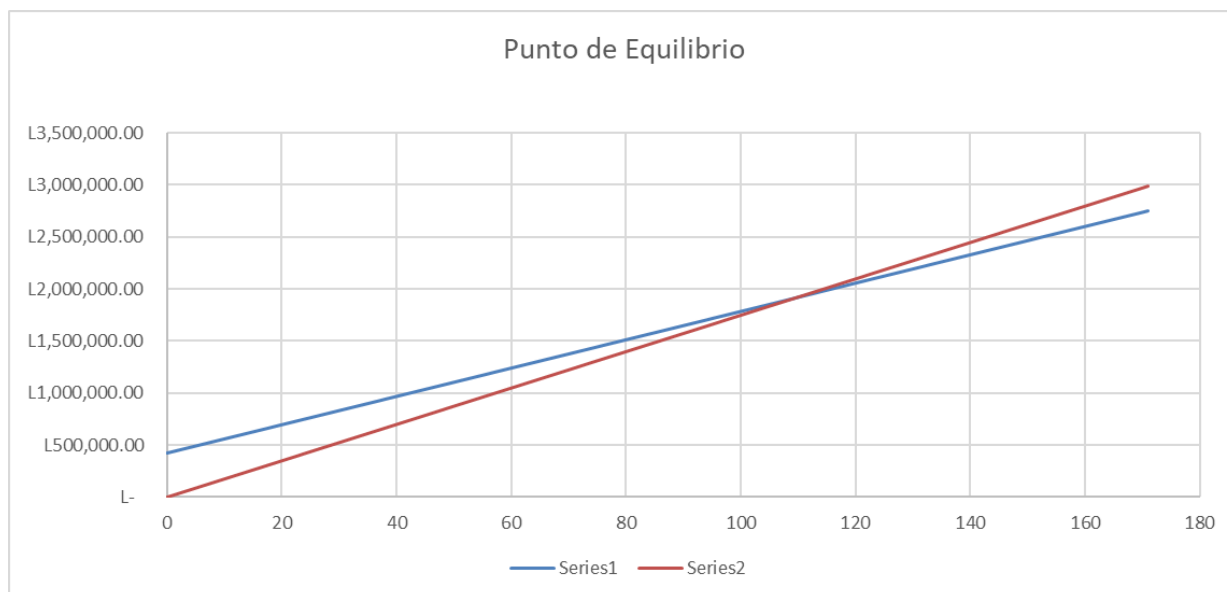
Punto de Equilibrio	
Costos Totales Fijos	L 425,100
Unidades por Producir para alcanzar punto de equilibrio	109.84
Ventas para Punto de Equilibrio	L 1,922,200

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

En la gráfica se corrobora el punto de equilibrio que se alcanza con la producción de 109.84 unidades con esto se logra obtener el retorno deseado.

**Figura 8.16**

*Gráfico punto de equilibrio*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

### 8.3.4 TIR

El flujo de beneficio brinda una tasa interna de retorno (TIR) del 49% lo que indica una buena rentabilidad en el desarrollo del sistema y su posterior venta.

**Tabla 8.7**

*TIR*

Calculo TIR						
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	L 166,838					
Ingresos		L 490,000	L 561,571	L 43,595	L 37,600	L 845,336
Egresos		L 425,101	L 491,345	L 565,388	L 638,185	L 741,819
Efectivo		L 64,899	L 70,226	L 78,207	L 99,415	L 103,517
Inv. Final						L 12,049
V. Terminal						L 42,134
P.						L 198,397
Circulante						
Flujo Neto	L 166,838	L 64,899	L 70,226	L 78,207	L 99,415	L 356,098

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

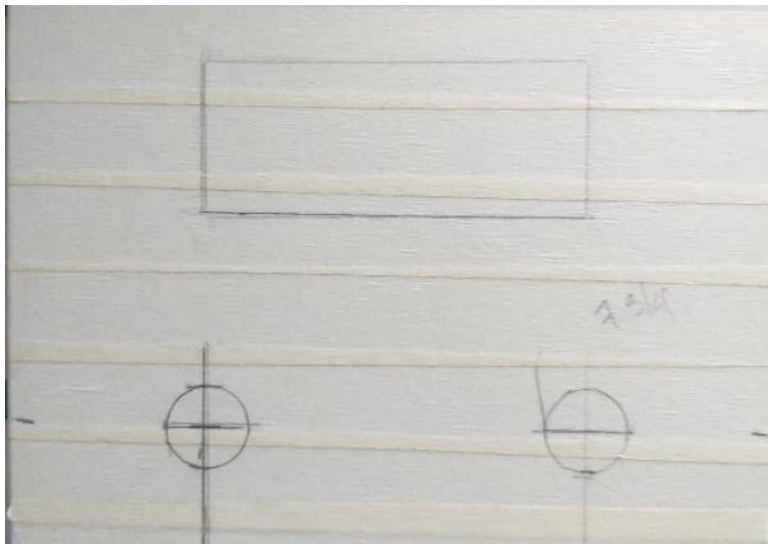


## 8.4 Creación del Prototipo

Para la creación del prototipo se comienza con la elección de la caja de registro acorde a las medidas necesaria con el fin de contener los componentes del prototipo, posteriormente se enmascara la tapa frontal donde estará alojada la pantalla LCD y las luces piloto que en este caso servirán como alarma visual y auditiva.

### Figura 8.17

*Enmascarado de tapa*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Una vez perforada la tapa se procese con la colocación de la pantalla y las luces piloto en la siguiente imagen se observa el resultado final, las perforaciones fueron realizadas con una maquina oscilante con el objetivo de lograr un mejor acabado y evitar daños estéticos al prototipo.

**Figura 8.18**

*Instalación de componentes*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Luego se procede con la colocación de los terminales en los cables que brindaran el voltaje necesario para su activación estas trabajan a una tensión de 110 V, posterior se procese a la conexión de los terminales en las luces piloto.

**Figura 8.19**

*Alimentación de luz piloto*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

En el interior de la caja de registro se fijan el controlador que se eligió para este prototipo junto a la fuente que alimentara cada componente del sistema

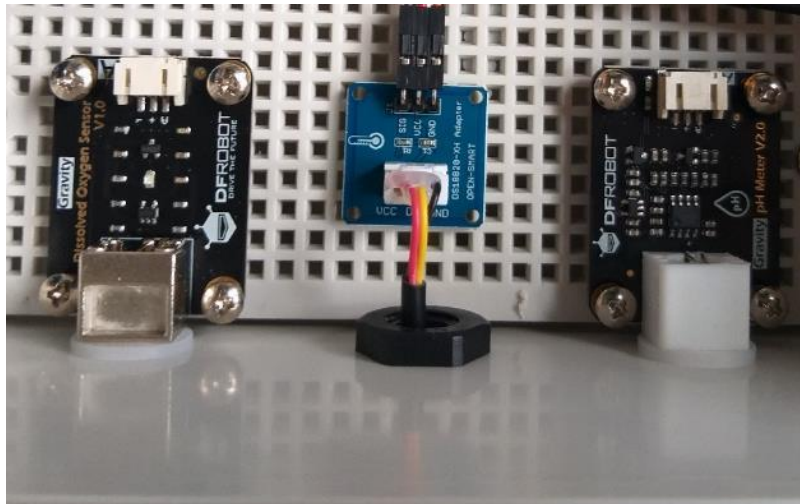
### **Figura 8.20**

#### *Instalación de controlador*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Seguidamente se realiza el enmascarado y la perforación de los orificios para a instalación de los módulos pertenecientes a cada sensor como se muestra en la figura 8.21 la instalación final de los módulos listos para su posterior uso.

**Figura 8.21***Módulos de sensores*

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

El siguiente paso es la instalación del módulo de relé este dispositivo es clave en la parte de control del sistema ya que será el encargado de ejercer el accionamiento del aireador y las luces pilotos.

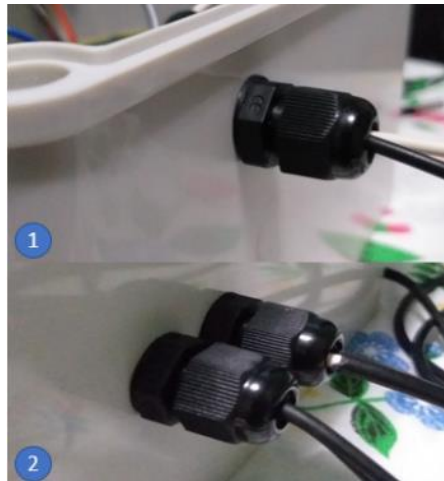
**Figura 8.22***Modulo Relé*

Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Luego se procede con la perforación a un costado, para los cables de alimentación de las luces y en este caso la bomba de aireación el resultado es el siguiente.

### Figura 8.23

*Líneas de alimentación*



*Nota.* 1. Salida de alimentación a bomba de aireación. 2. Entrada de alimentación a luces piloto y a bomba de aireación. Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Se hace la instalación del módulo RTC y modulo SD con el objetivo de llevar a cabo un registro de las lecturas de los sensores.

### Figura 8.24

*Modulo RTC y SD*

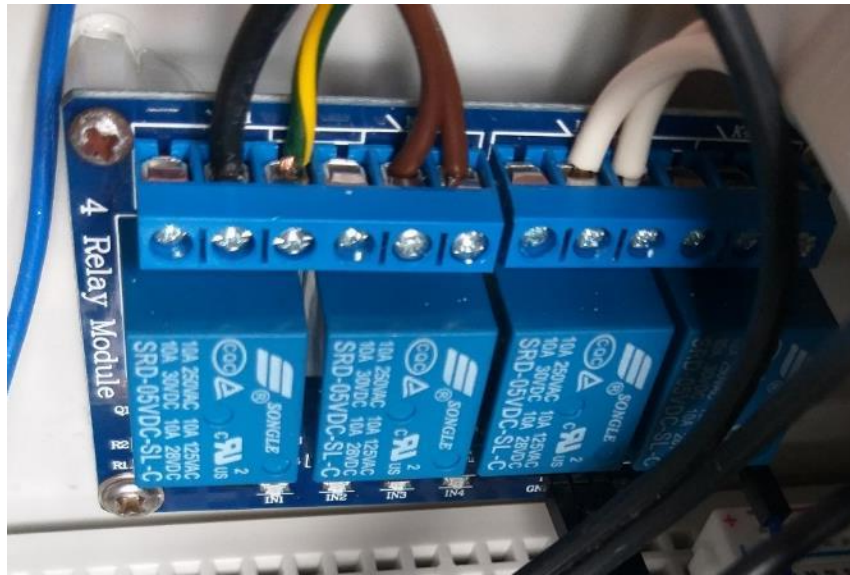


Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Con los componentes y módulos necesarios para el funcionamiento del sistema se procede a realizar las conexiones en el módulo de relé.

### Figura 8.25

*Conexiones modulo relé*



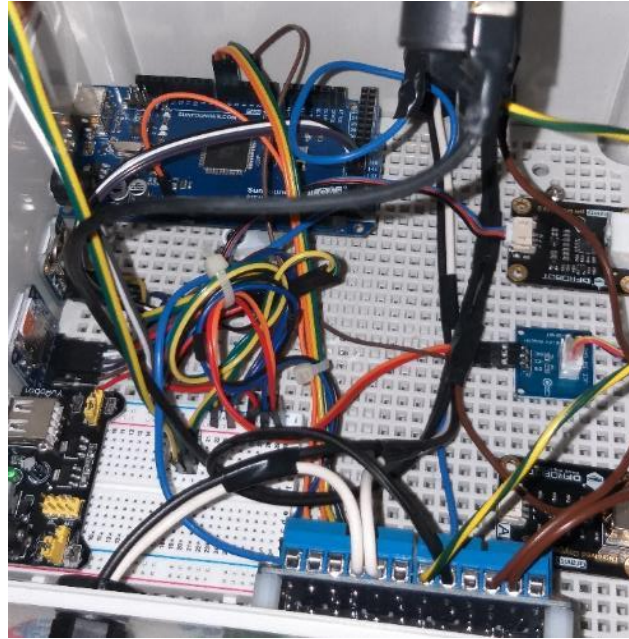
Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

Con todos los componentes listos y en su lugar de instalación se procede a realizar las conexiones de todos los módulos como de las señales de salida del controlador, alimentación de la pantalla LCD y señal de comunicación, conexión de la red de sensores con el tiempo se espera mejorar las conexiones un mejor ordenamiento de los cables con el objetivo de evitar perturbaciones en las señales de comunicación y de sensores.



**Figura 8.26**

*Parte interna prototipo*



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

La fuente de voltaje es la encargada de alimentar el controlador su objetivo es prolongar su vida ante un posible pico de voltaje la fuente funciona como dispositivo protección.

**Figura 8.27**

Alimentación



Fuente: Elaboración propia. (Alvarado, 2021).

## IX Conclusiones

Através de un análisis de la información y de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y construcción del prototipo se concluye lo siguiente.

- El aspecto clave que se tomó como base para el desarrollo del prototipo es la de ofrecer una solución económica y eficaz para el monitoreo y control de la calidad del agua utilizada en los estanques de producción de tilapia.
- Durante el desarrollo del prototipo se logró incorporar con éxito cada uno de los módulos y sensores necesarios para el funcionamiento de este con el objetivo de monitorear las condiciones del agua especialmente el nivel de oxígeno.
- La implementación del sistema brinda una solución en el proceso de control de la oxigenación del agua y con el cual se puede reducir el consumo de la carga energética consumida por los aireadores estos solo funcionarán cuando el nivel de oxígeno en el agua lo requiera a comparación del prolongado tiempo de uso al que tradicionalmente son sometidos.
- Con el desarrollo de la investigación y la exhaustiva recopilación de información se corrobora la hipótesis planteada en la que se indica que el monitoreo y control de los rangos de oxígeno disuelto, pH y temperatura de la calidad del agua influye en la productividad y rentabilidad del cultivo de tilapia.



## X Recomendaciones

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones a tomar en consideración durante la implementación del prototipo desarrollado.

- De forma general se recomienda la implementación de este prototipo o sistema similares para el buen manejo del agua utilizada en el sector agropecuario en específico la acuicultura nacional.
- Realizar limpieza y calibraciones periódicas de las sondas de pH y de oxígeno disuelto con el fin de evitar la formación de suciedad que impida la correcta lectura de dichos parámetros.
- Implementar a cada módulo de sensor un aislador de voltaje con el objetivo de evitar interferencias en las lecturas de las sondas de pH y de oxígeno disuelto.
- Si se desea instalar el sistema en un cuarto de control lejos de los estanques se recomienda la aplicación de módulos de comunicación rs485 con el objetivo de mejorar la comunicación entre el controlador y los sensores por el motivo que la comunicación serie está diseñada para cortas distancia donde el voltaje presenta pérdidas a largas distancias lo que perjudicaría el monitoreo de los estanques.

## XI Bibliografía

Acquatron S.A. (s. f.). *Catalogo Electroodos de Oxígeno Disuelto*.

<https://www.acquatron.com.ar/cat/Catalogo%20Electroodos%20de%20Oxigeno%20Disuelto.pdf>

Agrotendencia.tv. (2020, marzo 25). *Cultivo de la tilapia—Cría, manejo y producción*.

Agrotendencia.tv. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-tilapia/>

ALLIED Electronics & automation. (s. f.). *Omron Automation—NB7W-TW01B - HMI Display*

*7" TFT Touch 800x480 Pixels24VDC USB Host Ethernet NB Series—Allied Electronics & Automation*. Recuperado 18 de febrero de 2021, de

[https://www.alliedelec.com/product/omron-automation/nb7w-](https://www.alliedelec.com/product/omron-automation/nb7w-tw01b/70454858/?gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-)  
[tw01b/70454858/?gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-](https://www.alliedelec.com/product/omron-automation/nb7w-tw01b/70454858/?gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-)

[ARIsAGM48by4BIBa0z9goH1i5yVzFnnBwJlkeyE7bvOBO09I5Q5vO4DvB2h\\_e8UaAv](https://www.alliedelec.com/product/omron-automation/nb7w-tw01b/70454858/?gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-ARIsAGM48by4BIBa0z9goH1i5yVzFnnBwJlkeyE7bvOBO09I5Q5vO4DvB2h_e8UaAv0SEALw_wcB&gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-)  
[0SEALw\\_wcB&gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-](https://www.alliedelec.com/product/omron-automation/nb7w-tw01b/70454858/?gclid=Cj0KCQiAvbiBBhD-)

Alvarado, L. (2020). *Rangos de parámetros Físicos y Químicos*.

ampuertocortes. (2018, noviembre 21). Jaulas Flotantes producirán 14,000 mil tilapias en

Kilometro Seis. *Municipalidad de Puerto Cortés*.

<https://ampuertocortes.hn/2018/11/21/jaulas-flotantes-produciran-14000-mil-tilapias-en-kilometro-seis/>

AV Electronics. (s. f.). Módulo Relé 4 Canales. *AV Electronics*. Recuperado 18 de febrero de

2021, de <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-4-canales/>

Banco Ficensa. (s. f.). *Préstamos Personales*. Recuperado 30 de junio de 2021, de

<https://www.ficensa.com/productos-ficensa/prestamos-personales.html>

Betancur López, S. I. (2020). *Operacionalización de Variables*. 8.

Bioaquafloc. (2018, junio 3). Especies de tilapia. *BIOAQUAFLOC*.

<https://www.bioaquafloc.com/tilapia/especies-de-tilapia/>

Bioaquafloc. (2019, febrero 5). Tipos de tanques para acuicultura. Influencia en acuicultura simbiótica. *BIOAQUAFLOC*. <https://www.bioaquafloc.com/maquinaria-equipos-e-instrumental-acuicola/tipos-de-tanques-para-acuicultura/>

bricogeek. (2014, septiembre 28). *Sensor de temperatura DS18B20 estanco Adafruit 381 | BricoGeek.com*. <https://tienda.bricogeek.com/sensores-temperatura/510-sensor-ds18b20-estanco.html>

Cátedra Investigación en Educación Matemática. (s. f.). *La matriz metodológica*.

CDE MIPYME VL. (2018). *ESTUDIO DE OPORTUNIDADES DE MERCADO PARA LA TILAPIA*. <https://honduras.socodevi.org/wp-content/uploads/2020/08/EstudioOportunidadesMercadoTilapiaFinalWEB.pdf>

Centro para la Superación e Innovación Educativa. (s. f.). *Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos*. <http://www.cca.org.mx/ps/profesores/cursos/apops/Obj02/web/media/pdf/Parasabermas.pdf>

COHEP, C. H. de la E. P. (2016). *Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Tilapia en Honduras*. <http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2019/09/Perfil-Rubro-de-Tilapia-Versi%C3%AF%C2%BF%C2%BDn-Final-Agosto-29-de-2016.pdf>

Conapesca. (s. f.). *Programa Maestro Nacional de Tilapia en México*.

[https://cadenasproductivas.conapesca.gob.mx/pdf\\_documentos/comites/csp/Programa\\_Maestro\\_Estatal\\_Tilapia\\_Edo\\_Mexico.pdf](https://cadenasproductivas.conapesca.gob.mx/pdf_documentos/comites/csp/Programa_Maestro_Estatal_Tilapia_Edo_Mexico.pdf)

- Conrad Electronic. (2020). *Siemens CPU 1212C DC/DC/DC 6ES7212-1AE31-0XB0 PLC controller 24 V DC | Conrad.com*. <https://www.conrad.com/p/siemens-cpu-1212c-dcdcdc-6es7212-1ae31-0xb0-plc-controller-24-v-dc-197403>
- Delgado Crespo, M. (2017, julio 16). Arduino en español: Arduino Mega 2560. *Arduino en español*. <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/arduino-mega-2560.html>
- Delgado-Martínez, E. (2017, febrero 19). *¿Qué es y para que sirve un PLC? – INTRAVE, inc. Vector de automatización industrial*. <https://intrave.com/que-es-y-para-que-sirve-un-plc/>
- DELSOL, S. (2020, octubre 25). *▷ Cómo hacer un análisis de resultados*. <https://www.sdelsol.com/blog/tendencias/como-hacer-un-analisis-de-resultados/>
- Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. (2006). *Sensores* (p. 21). <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>
- DFRobot. (2018, diciembre 4). *Gravity: Analog DO (Dissolved Oxygen) Sensor for Arduino – DFRobot*. <https://www.dfrobot.com/product-1628.html>
- DFRobot. (2020, septiembre 27). *Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit V2 – DFRobot*. <https://www.dfrobot.com/product-1782.html>
- Dussán, S., Vanegas, O., Chavarro Chavarro, A., & Molina, J. (2016). Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros físico-químicos en cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil. *Informador Técnico*, 80, 49. <https://doi.org/10.23850/22565035.322>
- Electronic, C. (2020). *Siemens CPU 1211C AC/DC/RELAIS 6ES7211-1BD30-0XB0 PLC controller 115 V AC, 230 V AC | Conrad.com*. <https://www.conrad.com/p/siemens-cpu-1211c-acdcrelais-6es7211-1bd30-0xb0-plc-controller-115-v-ac-230-v-ac-197311>
- Electrotec. (2019). *Microcontrolador VS PLC*. <https://electrotec.pe/blog/microcontroladorvvsplc>

- Endress+Hauser. (s. f.). *Phmetros y medidores digitales de pH del agua*. Recuperado 18 de febrero de 2021, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/analisis-agua-liquidos-industria/medidor-ph-phmetro-sensores-isfet>
- FAO. (2014). *Contribución de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en Centroamérica*. 107.
- FAO Fisheries & Aquaculture. (2008, septiembre 15). *Programa de información de especies acuáticas—Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)*.  
[http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis\\_niloticus/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es)
- Gobierno de Honduras. (2018, febrero 21). *Gobierno y productores buscan agilizar exoneración del ISV al sector agropecuario*. <https://presidencia.gob.hn/index.php/inversion/3726-gobierno-y-productores-buscan-agilizar-exoneracion-del-isv-al-sector-agropecuario>
- Gutiérrez Agudelo, M. D. C., & Gallego De Pardo, P. (2005). EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS Y PROYECTOS DESARROLLADOS EN LA PRÁCTICA DE LA ASIGNATURA DE DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE MODALIDADES DE ATENCION DE ENFERMERÍA: DESIGN AND PROGRAMMING OF NURSING CARE MODALITIES. *Ciencia y enfermería*, 11(2), 71-83.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-95532005000200009>
- Gutierrez, N. (2014, julio 18). *Calidad del agua en la acuicultura | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). McGraw-Hill.

ILCE. (2017, octubre 16). *PISCICULTURA*.

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/sec\\_7.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/sec_7.html)

Ingenieria-Electronica. (2016, marzo 23). Aprende a conectar y utilizar tu LCD y Arduino.

*Ingeniería Electrónica*. <https://ingenieriaelectronica.org/aprende-a-conectar-y-utilizar-tu-lcd-y-arduino/>

Intagri. (2020, septiembre 19). *Requerimientos del Cultivo de Tilapia: Calidad del Agua | Intagri*

S.C. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia>

Laboratorio Químico Agrícola FHIA. (s. f.). *Laboratorio Químico Agrícola FHIA*.

[http://www.fhia.org.hn/html/Laboratorio\\_Quimico\\_Agricola.html](http://www.fhia.org.hn/html/Laboratorio_Quimico_Agricola.html)

Machado, R. (2010, octubre 15). *Muestra y unidades de analisis* [Viajes].

<https://es.slideshare.net/RicardoMachado1950/muestra-y-unidades-de-analisis>

Mamani, M., Villalobos, M., & Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y

controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 599-618. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000400599>

Maranto Rivera, M., & Gonzales Fernandez, M. E. (2015). *Fuentes de Informacion*.

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

Mayorga. (2020, junio 29). *5—PUNTO DE EQUILIBRIO DE UNA EMPRESA O PROYECTO*.

[https://www.youtube.com/watch?v=clr8PYPbzo0&ab\\_channel=PROFEMAYORGA](https://www.youtube.com/watch?v=clr8PYPbzo0&ab_channel=PROFEMAYORGA)

Mendoza, R. (2010a, Sptiembre). *Sistema extensivo de producción de peces de ornato en el*

*estado...* ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Sistema-extensivo-de-produccion-de-peces-de-ornato-en-el-estado-de-Morelos\\_fig6\\_273319584](https://www.researchgate.net/figure/Sistema-extensivo-de-produccion-de-peces-de-ornato-en-el-estado-de-Morelos_fig6_273319584)

- Mendoza, R. (2010b, septiembre 21). *Sistema semi-intensivo de producción de peces de ornato en el...* ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Sistema-semiintensivo-de-produccion-de-peces-de-ornato-en-el-estado-de-Morelos\\_fig7\\_273319584](https://www.researchgate.net/figure/Sistema-semiintensivo-de-produccion-de-peces-de-ornato-en-el-estado-de-Morelos_fig7_273319584)
- Meyer, D. E. (2004). *Introduccion a la Acuicultura* (p. 144).  
[https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986\\_0363%20-%20Copy.pdf](https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986_0363%20-%20Copy.pdf)
- Municipalidad El Progreso. (2019, mayo 11). *Municipalidad El Progreso*.  
<https://munielprogreso.hn>
- Naylamp Mechatronics. (2016a, octubre 12). *Módulo Relay 2CH 5VDC*. Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>
- Naylamp Mechatronics. (2016b, octubre 21). *Display Alfanumérico LCD 1602*. Naylamp Mechatronics - Perú. <https://www.naylampmechatronics.com/displays/110-display-lcd1602-azul-backlight.html>
- Naylamp Mechatronics. (2016c, diciembre 6). *Sensor de Temperatura RTD PT100 (3 hilos)*. Naylamp Mechatronics - Perú. <https://www.naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/322-sensor-de-temperatura-pt100-3-hilos.html>
- Naylampmechatronics. (2016, octubre 13). *Tutorial sensor digital de temperatura DS18B20*.  
[https://www.naylampmechatronics.com/blog/46\\_Tutorial-sensor-de-temperatura-DS18B20.html](https://www.naylampmechatronics.com/blog/46_Tutorial-sensor-de-temperatura-DS18B20.html)
- Oscar Dario, Z. M. (1998). *Analisis de la calidad del agua en cultivos comerciales de tilapia en Honduras*. 40.
- Panorama acuicola. (2018, abril 11). *Organizan curso de piscicultura en Paraguay*. *Panorama Acuicola Magazine*. <https://panoramaacuicola.com/2018/04/11/organizan-curso-de-piscicultura-en-paraguay/>

- Pasco, D. J. M. (2015). *Curso: Piscicultura y Aireación*. 156.
- PRONAGRO & SAG. (s. f.). *CULTIVO DE TILAPIA EN ESTANQUES*.  
<https://sag.gob.hn/dmsdocument/4228>
- Proyectoarduino.com. (2018, agosto 23). ▷ *Arduino Mega 2560 Características, Especificaciones*. Proyecto Arduino. <https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>
- QuestionPro. (2018, octubre 17). *Diseño de investigación. Elementos y características*.  
<https://www.questionpro.com/blog/es/disenno-de-investigacion/>
- Raj, A., Arumugam, S., & Saravananaraj, R. (2020). *Arduino based Fish Monitoring System*.
- Rechner Sensors. (s. f.). [de]Temperatursensor: Aufbau und Funktionsweise[:]. *Rechner Sensors*. Recuperado 18 de febrero de 2021, de <https://www.rechner-sensors.com/dokumentation/wissen/temperatursensor>
- Robesol-Technical Solutions. (2020, septiembre 25). *Atlas Scientific pH probe Kit*. Robesol.  
<https://www.robisol.nl/en/ph-probe-kit.html?source=facebook>
- Saavedra Martínez, M. A. (2006). *MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA*. 24.
- Secoin. (s. f.). *Sensores para la medición de oxígeno disuelto*. Recuperado 18 de febrero de 2021, de <https://www.secoin.com.uy/productos/instrumentaci%C3%B3n-industrial/anal%C3%ADtica-de-l%C3%ADquidos/sensores-para-la-medici%C3%B3n-de-ox%C3%ADgeno-disuelto>
- Secretaria de Finanzas. (2017). *LEY DEL IMPUESTO SOBRE VENTAS*. 44.
- Sigma Electronica. (s. f.). *SEN0237-A*. Sigma Electrónica. Recuperado 18 de febrero de 2021, de <https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen0237-a/>



Simbeye, D., & Yang, S. (2014). Water Quality Monitoring and Control for Aquaculture Based on Wireless Sensor Networks. *Journal of Networks*, 9, 840-849.

<https://doi.org/10.4304/jnw.9.4.840-849>

Suhissa. (2018, febrero 16). Sistemas de monitoreo. *Suhissa*. <https://suhissa.com.mx/sistemas-de-monitoreo/>

wonderware. (2017, marzo 10). HMI Software—Wonderware InTouch | Wonderware Iberia.

*Wonderware Software - Powering the Industrial World*. <https://www.wonderware.es/hmi-scada/intouch/>

YOKOGAWA. (2016, septiembre 6). *Sensor de pH de 12 mm SC25V | Corporación eléctrica de Yokogawa*. [https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/process-analyzers/liquid-analyzers/ph-sensors/12mm-ph-sensor-sc25v/#Details\\_Related-Products](https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/process-analyzers/liquid-analyzers/ph-sensors/12mm-ph-sensor-sc25v/#Details_Related-Products)

## Anexos

### Anexo 1

*Código propuesto en Arduino IDE.*

```
#include <wire.h>
#include <Arduino.h>
#include "RTCLib.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DFRobot_PH.h"
#include <EEPROM.h>

#define DO_PIN A2
#define VREF 5000
#define ADC_RES 1024
#define TWO_POINT_CALIBRATION 0
#define READ_TEMP (25)
#define CAL1_V (1933) //mv
#define CAL1_T (25) //°C
#define CAL2_V (1300)
#define CAL2_T (15)
#define PH_PIN A1
float voltage,phValue,temperature = 25;
DFRobot_PH ph;

const uint16_t DO_Table[41] = {
    14460, 14220, 13820, 13440, 13090, 12740, 12420, 12110, 11810, 11530,
    11260, 11010, 10770, 10530, 10300, 10080, 9860, 9660, 9460, 9270,
    9080, 8900, 8730, 8570, 8410, 8250, 8110, 7960, 7820, 7690,
    7560, 7430, 7300, 7180, 7070, 6950, 6840, 6730, 6630, 6530, 6410};

uint8_t Temperaturet;
uint16_t ADC_Raw;
uint16_t ADC_Voltage;
uint16_t DO;

int16_t readDO(uint32_t voltage_mv, uint8_t temperature_c)
{
```

```

#if TWO_POINT_CALIBRATION == 00
    uint16_t V_saturation = (uint32_t)CAL1_V + (uint32_t)35 * temperature_c -
(uint32_t)CAL1_T * 35;
    return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
#else
    uint16_t V_saturation = (int16_t)((int8_t)temperature_c - CAL2_T) *
((uint16_t)CAL1_V - CAL2_V) / ((uint8_t)CAL1_T - CAL2_T) + CAL2_V;
    return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);
#endif
}

```

```

const int chipSelect = 53;
char logFileName[] = "Lecturas.txt";
long id = 1;

```

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
RTC_DS1307 rtc;
OneWire ourWire(2);
DallasTemperature sensors(&ourWire);
String dataString;

```

```

void setup(){
    delay(1000);
    Serial.begin(115200);
    sensors.begin();
    ph.begin();
    lcd.init();
    lcd.begin(20,4);
    lcd.backlight();

    pinMode(5,OUTPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    pinMode(7,OUTPUT);

    //Serial.print("RTC is...");
    if (! rtc.begin()){
        // Serial.println("RTC: Real-time clock...NOT FOUND");
        while (1);
    }
    //Serial.println("RUNNING");

    // Serial.print("Real-time clock...");
    if (! rtc.isrunning()){

```

```

        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
    }
    //Serial.println("WORKING");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RTC: OK");

//Serial.print("SD card...");
if (!SD.begin(chipselect))
    { // Serial.println("Failed");
        return;
    }
//Serial.println("OK");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SD card: OK");

//Serial.print("Log File: ");
// Serial.print(logFileName);
// Serial.print("...");
File logFile = SD.open(logFileName, FILE_WRITE);
if (logFile){
    logFile.println(" ");
    logFile.println("-----");
    logFile.println(" ");
    String header = " Date      Time          pH    Temp  DO";
logFile.println(header);
    logFile.close();
    //Serial.println("READY");

}
else { serial.println("error opening datalog"); }
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Log file:");
    lcd.print(logFileName);

delay(1000);
lcd.clear();
id = 0;

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temperatura = ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Ph = ");
lcd.setCursor(0,3);

```

```

    lcd.print("Oxigeno = ");
    lcd.setCursor(11, 3);
    lcd.print(" mg/L ");
}

void loop(){
    dataString = String(id);
    dataString = String(',');
    DateTime now = rtc.now();
    dataString = String(now.year(), DEC);
    dataString += String('/');
    dataString += String(now.month(), DEC);
    dataString += String('/');
    dataString += String(now.day(), DEC);
    dataString += String(' ');
    dataString += String(now.hour(), DEC);
    dataString += String(':');
    dataString += String(now.minute(), DEC);
    dataString += String(':');
    dataString += String(now.second(), DEC);
    lcd.home();
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(dataString);

    Temperaturet = (uint8_t)READ_TEMP;
    ADC_Raw = analogRead(DO_PIN);
    ADC_Voltage = uint32_t(VREF) * ADC_Raw / ADC_RES;

    //Serial.print("Temperaturet:\t" + String(Temperaturet) + "\t");
    //Serial.print("ADC RAW:\t" + String(ADC_Raw) + "\t");
    //Serial.print("ADC Voltage:\t" + String(ADC_Voltage) + "\t");
    //Serial.println("DO:\t" + String(readDO(ADC_Voltage, Temperaturet)) +
"\t");
    int DOvalue = ((readDO(ADC_Voltage, Temperaturet))/1000);
    delay(1000);

    static unsigned long timepoint = millis();
    if(millis()-timepoint>1000U){
        timepoint = millis();
        //temperature = readTemperature();
        voltage = analogRead(PH_PIN)/1024.0*5000;
        phValue = ph.readPH(voltage,temperature);
        //Serial.print("temperature:");

```

```

        //Serial.print(temperature,1);
        //Serial.print("^C pH:");
        //Serial.println(phValue,2);
    }
    ph.calibration(voltage,temperature);

    float readTemperature();
    {
    }
    sensors.requestTemperatures();
    float temp= sensors.getTempCByIndex(0);

    if(temp > 30){
    digitalWrite(5, LOW);
    }
    else if (temp > 16 && temp < 30){
    digitalWrite(5,HIGH);
    }
    else if(temp < 16){
        digitalWrite(5,LOW);
    }
        if(phValue > 9){
    digitalWrite(6, LOW);
    }
    else if (phValue > 6.5 && phValue < 9){
    digitalWrite(6,HIGH);
    }
    else if(phValue < 6.5){
        digitalWrite(6,LOW);
    }

    if (DOvalue > 4 && DOvalue < 7){
    digitalWrite(7,HIGH);
    }
    else if(DOvalue < 4){
        digitalWrite(7,LOW);
    }
    }

    lcd.setCursor(14,1);
    lcd.print(temp,1);
    lcd.print((char)223);
    lcd.print("C");
    lcd.setCursor(5,2);
    lcd.print(phValue,1);

```

```

lcd.setCursor(10,3);
lcd.print(DOvalue);

delay(1000);

dataString += ',';
File dataFile = SD.open(logFileName, FILE_WRITE);
if (dataFile)
{
  dataFile.print(dataString);
  dataFile.print(" ");
  dataFile.print(phValue);
  dataFile.print(" ");
  dataFile.print(temp);
  dataFile.print(" ");
  dataFile.print(DOvalue);
  dataFile.println();
  dataFile.close();
}

else { Serial.println("error opening datalog file"); }

}

```

## Anexo 2

*Encuesta aplicada para determinar el análisis de mercado.*

### Encuesta

**A continuación, se desarrolla una encuesta con el fin de conocer el interés de implementar un sistema de monitoreo y control en su cultivo de tilapia.**

Por favor seleccione su respuesta a las siguientes interrogantes presentadas.

1. Edad

De 25 a 35 años \_\_\_\_\_

De 36 a 46 años \_\_\_\_\_

De 47 a 57 años \_\_\_\_\_

2. Genero

Masculino \_\_\_\_\_

Femenino \_\_\_\_\_

3. ¿Cuántos años tiene como productor de tilapia, por favor indique?

\_\_\_\_\_

4. ¿Cuántos estanques tiene destinados a la producción de tilapia?

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

4 \_\_\_\_\_

Mas de 5 \_\_\_\_\_

5. En base a su respuesta anterior usted se considera un productor

Pequeño \_\_\_\_\_

Mediano \_\_\_\_\_

Grande \_\_\_\_\_

6. ¿Su instalación de producción se encuentra en una zona?

Rural \_\_\_\_\_

Suburbana \_\_\_\_\_

7. ¿Cuenta con un sistema de aireación para sus estanques?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

8. ¿El sistema de aireación con el que cuenta es de tipo?

Mecánico \_\_\_\_\_

Natural \_\_\_\_\_

9. ¿Si cuenta con un sistema de aireación mecánico indique el nivel de consumo energético que representa?

Alto \_\_\_\_\_

Mediado \_\_\_\_\_

Bajo \_\_\_\_\_



10. ¿Estaría interesado en un sistema de control que le brinde una reducción del consumo energético?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

11. ¿Cuenta con instrumentos o un sistema de monitoreo de la calidad del agua utilizada en sus estanques?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

12. Si su respuesta anterior es Si, ¿este sistema de monitoreo muestra los resultados en tiempo real?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

13. Si su respuesta a la pregunta 11 es No, ¿estaría dispuesto a implementar un sistema de monitoreo?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

14. ¿Considera que la implementación de un sistema de monitoreo sea de importancia en su cultivo?

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

Talvez \_\_\_\_\_

15. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir en un sistema de monitoreo que le permita conocer las condiciones de la calidad del agua de su estanque?

De L 9,000.00 a L 15,000.00 \_\_\_\_\_

De L. 15,001.00 a L. 20,000.00 \_\_\_\_\_

De L 20,001.00 a L 25,000.00 \_\_\_\_\_

Mas de 25,000.00 \_\_\_\_\_

### Anexo 3

#### *Demanda de servicios plantilla Excel*

Crecimiento Anual		0.10			
Demanda de servicios					
Meses	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Primer Trimestre	3	3	4	4	4
Segundo Trimestre	5	6	6	7	7
Tercer Trimestre	8	9	10	11	12
Cuarto Trimestre	12	13	15	16	18
<b>Total</b>	<b>28.00</b>	<b>30.80</b>	<b>33.88</b>	<b>37.27</b>	<b>40.99</b>

Cantidad demanda anual	Crecimiento del 10% anual
Precio por unidad de producto	17,500.00 Crecimiento basado en la Inflación
Porcentaje de ventas al contado será de 100%	
Porcentaje de ventas al credito será 0%	
Politica de crédito a 30 días	

### Anexo 4

#### *Costo total de producción plantilla Excel*

Costo Total de Producción					
Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Materia Prima	242,576.92	273,239.73	313,149.81	358,899.28	411,309.52
Mano de Obra Directa	137,624.00	143,983.00	152,847.08	164,315.45	207,280.75
Gastos Indirectos de Fabricación	8,772.28	8,836.09	8,900.53	8,968.71	9,039.75
<b>Costo Total de Produccion</b>	<b>388,973.20</b>	<b>426,057.82</b>	<b>474,897.42</b>	<b>532,173.42</b>	<b>627,630.02</b>
% de la venta	0.79	0.76	0.74	0.72	0.74
Ventas	490,000.00	561,570.63	643,595.03	737,600.13	845,335.65

VALUACION DE INVENTARIO FINAL					
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costo Producción	13,629.79	13,808.90	13,992.58	14,254.71	15,283.27
Inventario final P.T	0.54	0.59	0.65	0.72	0.79
<b>Inventario Final P. T.</b>	<b>7,339.12</b>	<b>8,179.12</b>	<b>9,116.70</b>	<b>10,216.24</b>	<b>12,048.74</b>

## Anexo 5

### *Etapa de alevines estanque 1 y 2*



## Anexo 6

### *Registro de peces muertos*

Fecha	Muertes				Lbs
	Estanque 1	Estanque 2	Estanque 3	Estanque 4	
25/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	6	3	6
26/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	5	6	7
27/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	3	0	2
28/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	5	3	6
29/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	6	0	4
30/7/2021	Etapa de alevines	Etapa de alevines	7	5	8