

## Diseño de un Sistema Automatizado para la Producción Piscícola en el Instituto Superior Tecnológico Tsa'Chila

**Ing Alex Fabian Estrella Quispe MSc<sup>1</sup>**

[alexestrella@tsachila.edu.ec](mailto:alexestrella@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3037-9069>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

**Ing. Germán Patricio Segura Núñez MSc**

[germansegura@tsachila.edu.ec](mailto:germansegura@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-7219-0657>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

**Ing. Jorge Adrián Cárdenas Carrión M.Sc.**

[jorgecardenas@tsachila.edu.ec](mailto:jorgecardenas@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7695-8966>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

**Ing. Carlos Fernando Mendoza Vélez M.Sc.**

[carlosmendoza@tsachila.edu.ec](mailto:carlosmendoza@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3315-7875>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

**Ing. Javier Oswaldo Obregón Gutiérrez MSc**

[javierobregon@tsachila.edu.ec](mailto:javierobregon@tsachila.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9331-6105>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila  
Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

### RESUMEN

El presente trabajo se centra en el diseño de un sistema automatizado para la producción piscícola en el Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila del cantón Santo Domingo de los Colorados, para ello se utilizaron métodos de observación de campo y fundamentos teóricos donde el mundo de la piscicultura se está llegando a tener mejoras en los procesos productivos, con la finalidad de fomentar el desarrollo socioeconómico y mejorar la calidad de alimentación de los clientes potenciales de la región, sin embargo, los avances tecnológicos en este sector son muy reducidos por los altos costos de los materiales y equipos tecnológicos para automatizar los procesos productivos, estos factores influyen en los productores para preferir un sistema de control manual obsoleto que provoca un bajo rendimiento productivo por falta de automatización de los procesos que hacen parte de esta importante actividad productiva del país. El cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie que predomina en este tipo de crianza por su resistencia a enfermedades y al clima, su producción podrá ser más eficiente mediante un proceso automatizado para controlar variables físicas del agua como son el porcentaje de oxígeno y el volumen de alimento balanceado dosificado en estanques recubiertos o piscinas, el diseño desarrollado cumple con los acondicionamientos técnicos a considerar para un adecuado manejo de la actividad piscícola mediante tecnologías de sistemas embebidos de Arduino para obtener un mayor volumen de producción y reducción de costos en el proceso.

**Palabras Clave:** automatización; producción; tecnologías; desarrollo; arduino

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [alexestrella@tsachila.edu.ec](mailto:alexestrella@tsachila.edu.ec)

# **Design of an Automated System for fish Production at the Tsáchila Higher Technological Institute**

## **ABSTRACT**

The present work focuses on the design of an automated system for fish production at the Instituto Superior Tecnológico Tsáchila of the Santo Domingo de los Colorados canton, for this purpose field observation methods and theoretical foundations were used where the world of fish farming is coming to have improvements in production processes, In order to promote socioeconomic development and improve the quality of food for potential customers in the region, however, technological advances in this sector are greatly reduced by the high costs of materials and technological equipment to automate production processes, these factors influence producers to prefer an obsolete manual control system that causes low production performance due to lack of automation of the processes that They are part of this important productive activity of the country. The culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a species that predominates in this type of breeding for its resistance to diseases and climate, its production may be more efficient through an automated process to control physical variables of the water such as the percentage of oxygen and the volume of balanced feed dosed in covered ponds or swimming pools, the developed design complies with the technical conditioning to be considered for an adequate management of the fish activity through Arduino embedded systems technologies to obtain a greater volume of production and cost reduction in the process.

**Keywords:** *automation; production; technologies; development; arduino*

*Artículo recibido 18 setiembre 2023  
Aceptado para publicación: 26 octubre 2023*

## INTRODUCCIÓN

El invernadero experimental del INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR TSÁCHILA cuenta con un área de producción piscícola, dispone de un sistema manual de operación desde que empezó el proyecto del invernadero, el objetivo es diseñar un sistema automatizado de producción piscícola, para reducir la mortandad del producto y obtener un rendimiento favorable en función del espacio disponible y número de tilapias producidas, esta investigación tendrá una atención significativa como actividad productiva e inversión importante en la región. El objetivo de la automatización es mejorar el proceso y facilitar el análisis de las variables que estén controladas en cada ciclo de producción debido a las variaciones del proceso. Para ello en la dosificación de alimento a los alevines o peces se pretende aportar la cantidad de alimento necesario para cada etapa de crecimiento para evitar el desperdicio. La piscicultura es una alternativa ecológica a la pesca que proporciona casi un tercio de los productos del mar y otros consumidos hoy en día, que son nutritivos, de alta calidad y fresca. Los peces de agua dulce como la tilapia y trucha son especies con mayor demanda en restaurantes de la región. La calidad del producto de una piscina acuícola depende de la calidad de agua en la que se desarrolla, una gran cantidad de oxígeno disuelto, son los elementos primarios y más cruciales en el crecimiento de los peces durante el proceso de crianza. Durante el invierno, la cantidad de oxígeno disuelto en las piscinas es estable debido al flujo sustancial.

El problema surge cuando hay una disminución en el flujo de líquidos durante el verano, lo que resulta la muerte de peces debido a una caída en el nivel de oxígeno disuelto, lo que representa pérdidas a los piscicultores. ¿El equipo de investigación cree que sus esfuerzos serán exitosos, sumando instituciones involucradas en la piscicultura, especialistas agropecuarios, desarrolladores de la tecnología aplicada y su importancia productiva para la región, a la hora de mejorar y controlar los procedimientos de crianza de tilapias, se pretende lograr la eficiencia en el trabajo diario a través de la optimización de los recursos disponibles y procesos tecnificados?

La finalidad del presente estudio es elaborar un diseño de automatización para que se adapte a las exigencias de funcionamiento para controlar la calidad de agua del estanque mediante aplicación de sensores que midan la concentración requerida y elementos actuadores como bombas de agua, blowers neumáticos de caudal de aire, motores sin fin transportadores de sólidos para mantener el sistema en los

rangos de óptima operación. El sistema se controlará por medio de tecnologías embebidas de Arduino que es el controlador, de bajo costo, con tecnologías disponibles para este tipo de procesos, el mismo se programará mediante un algoritmo preestablecido en base a la información recibida de las actividades que deben realizarse por los especialistas piscícolas. Para controlar la calidad de agua y alimentación se utilizará equipos actuadores que se accionarán por tiempos de operación específicos acorde a lo establecido en el diseño de control.

Se pretende diseñar una interfaz, para el monitoreo constante de las variables determinadas con el fin de medir el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua, el nivel de agua adecuado en el estanque, la cantidad de alimentación dosificada para evitar desperdicios, dicha interfaz se encargará de dar a conocer en tiempo real el estado de las variables y se podrá añadir más parámetros acordes a las necesidades del usuario.

Esta investigación permitirá generar oxígeno artificial en los criaderos para garantizar el cultivo de peces en épocas de sequía minimizando el factor de riesgo para los productores piscícolas.

El propósito de contribuir con la solución a la problemática planteada, solucionando la demanda existente y mejorando una mayor calidad de vida a los peces, a través del diseño que contempla este estudio mediante aspectos que conllevar, hacia una mayor eficacia y eficiencia del sistema. Sin embargo, para que se pueda aplicar efectivamente el respaldo al sistema actual, el accionar sistemas mediante control manual, lo que ha generado pérdidas en la producción de los peces porque el motor de respaldo lo hacen funcionar fuera de los tiempos establecidos para mantener el nivel mínimo de oxigenación de los peces (PEREZ, 2019).

En la piscina disponible del invernadero del instituto Tsáchila se han producido pérdidas por exceso de alimento, muerte temprana de peces por falta de oxígeno, no se ha podido desarrollar un proceso productivo estable y rentable por que el sistema manual no garantiza una producción continua.

## **METODOLOGÍA**

La modalidad de la presente investigación se estableció un enfoque mixto, se representa por las dos etapas cuantitativa con investigación de datos técnicos de medidas y cantidades requeridos por el proceso y cualitativa el cual recolecta las condiciones ambientales favorables para la producción piscícola, analiza y vincula datos de estudios similares con experiencias tecnológicas y experiencias

adquiridas, se analizará la problemática existente local en nuestra realidad buscando mejorar el sistema que existe actualmente dentro del criadero piscícola, presentando un diseño automatizado para oxigenación y alimentación adecuada evitando pérdidas en el transcurso de la crianza, recolectando datos de los tipos de crianza y tiempos que se requiere proporcionar por parte de los productores (Rojas Traslaviña, 2022).

### **Algoritmo de operación**

El algoritmo de operación está definido por las actividades diseñadas para la operación óptima del proceso a controlar, es una secuencia de acciones predeterminadas acorde a los parámetros de referencia de control de las variables físicas del proceso productivo piscícola. Las consideraciones operativas generales son las siguientes.

1. Se procede a tener un estanque preparado y adecuado para la producción, se inicia llenando con la bomba de agua llegando a su punto establecido a través del sensor de nivel.
2. Luego de el llenado de agua se establece la regulación del PH adecuado de 6.5 – 7.5 mediante un sensor electrónico, en el caso de no estar en el rango se procede a tratar y el agua para que no afecte nuestro cultivo.
3. La dosificación de alimento tendrá que dispersarse al momento que será establecido la hora y las veces de alimentación programada, luego de estar equilibrada por toda la piscina los parámetros adecuados de calidad.
4. Procede el sensor de nivel de oxígeno a medir la oxigenación adecuada que tendremos en cuenta de 5 ppm que sería una óptima oxigenación a un mínimo de 4 ppm, mediante el sensor de temperatura se verifica que este a una temperatura adecuada entre 25 – 32 °C.
5. La oxigenación del agua debe estar encendido siempre, en el primer caso se usa aire para elevar los niveles de oxígeno en el medio de cultivo y mantener adecuada la piscina, pero a su vez también se le agregan al agua otros gases como el dióxido de carbono y el nitrógeno atmosférico para mantener el agua de buena calidad, Con aire los niveles de saturación del agua no superan el 100%, mientras que con oxígeno puro se puede mantener el nivel de saturación por sobre 110%, ideal para el cultivo de tilapia.
6. Al momento del desagüe será llevado a un tanque elevador para obtener sistemas de aspersion de

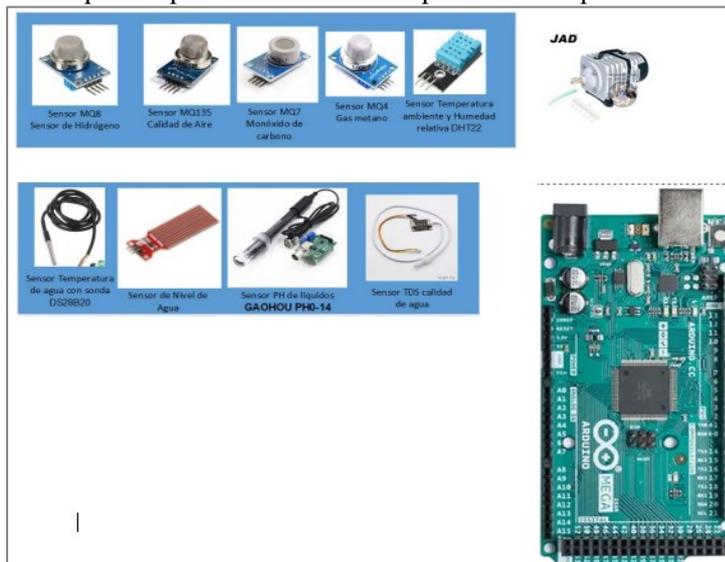
abono Floreal y tener un aprovechamiento del agua, a través de una bomba se procede el proceso de limpieza se recomienda cambiar el agua ente 10 a 12 días.

### Sistemas embebidos de Control

El tema propuesto en este documento es basado en un diseño de un prototipo referencial básico para el monitoreo de los parámetros, variables y dosificación para el cultivo de tilapia en estanques. El prototipo constará de un módulo instalado por una placa electrónica diseñada con el ARDUINO MEGA 2560, varios sensores analógicos y digitales que tomaran datos como, temperatura ambiente ó humedad relativa, pH nivel de agua, nivel de oxígeno en el agua, temperatura del agua y nivel del agua. Además, se instalarán dos sensores que controlarán el flujo a la piscina y una válvula sinusoidal para el drenaje de la piscina que funcionara como compost para riego floreal por aspersor.

#### Imagen 1

Prototipo Lot para la crianza de tilapias en estanques



Nota: Componentes utilizados para la simulación que nos permitirán controlar las variables físicas del estanque.

Como se puede apreciar en la Imagen 2, donde se presenta el prototipo electrónico de monitoreo de la calidad del agua para el cultivo de tilapias en estanques, se obtendrá datos mediante los sensores que permitan medir: temperatura ambiente y humedad relativa, pH y nivel de agua, nivel de oxígeno y temperatura en el agua. Para los métodos de prueba, el modelo desarrollado será probado mediante simuladores de las tecnologías propias de arduino por los autores del presente proyecto. Se realizará varias pruebas en la piscina disponible del invernadero del Instituto Tsáchila, se pretende a futuro con la experiencia que será desarrollada implementar el sistema automático en un estanque de reproducción

de tilapia a mayor escala.

A continuación, se explica a detalle los sensores utilizados.

## Elementos principales utilizados en el prototipo

### *Arduino Mega 2560*

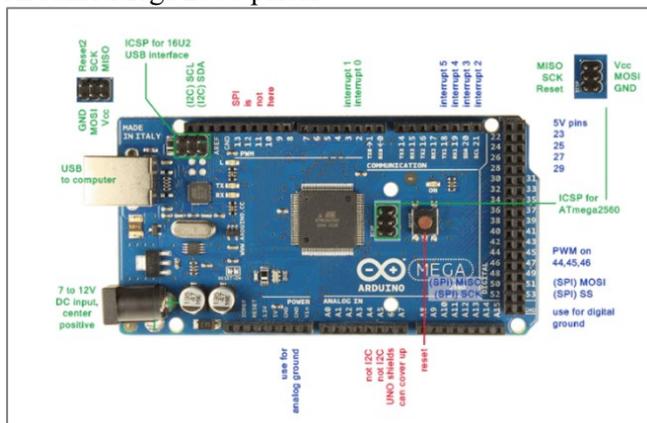
El Arduino Mega 2560, placa de desarrollo basada en microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo (González, 2023).

El Arduino Mega es uno de los microcontroladores con más versátiles de la familia Arduino debido a sus numerosas características y capacidades. Algunos de los aspectos que lo hacen especialmente versátil pueden ser:

- Contiene una gran cantidad de pines de entrada y salida digitales y analógicos que se componen de 54 pines digitales y 16 pines analógicos, el Arduino Mega tiene muchas conexiones disponibles para conectar diferentes componentes electrónicos.
- Una amplia gama de voltajes de entrada: el Arduino Mega funciona con un voltaje de entrada que oscilan entre los 7-12V, lo que significa que se puede utilizar con una amplia variedad de fuentes de alimentación.
- Una gran cantidad de memoria flash, SRAM y EEPROM: el Arduino Mega contiene 256 KB de memoria flash, 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM, lo que nos permite almacenar y procesar grandes cantidades de datos.

## Imagen 2

Arduino Mega 2560 partes



## Especificaciones técnicas

### Hardware

- **SRAM:** Arduino crea y manipula las variables cuando se ejecuta. Es un recurso limitado y debemos supervisar su uso para evitar agotarlo.
- **EEPROM:** Memoria no volátil para mantener datos después de un reseteo o apagado. Las EEPROMs tienen un número limitado de lecturas/escrituras, tener en cuenta a la hora de usarla.
- **Flash:** Memoria de programa. Usualmente desde 1 Kb a 4 Mb (controladores de familias grandes). Donde se guarda el sketch.

### Imagen 3

Datos técnicos de Arduino

Característica	Arduino Mega	Arduino Uno	Arduino Nano	Arduino Leonardo
Microcontrolador	ATmega2560	ATmega328	ATmega328	ATmega32u4
Voltaje operativo	5V	5V	5V	5V
Voltaje de entrada	7-12V	7-12V	7-12V	7-12V
Pines digitales	54	14	22	20
Pines analógicos	16	6	8	12
Memoria flash	256 KB	32 KB	32 KB	32 KB
SRAM	8 KB	2 KB	2 KB	2.5 KB
EEPROM	4 KB	1 KB	1 KB	1 KB
Reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Conectividad	USB, serie	USB, serie	USB, serie	USB

## Sensores del prototipo para la medición de las parametrizaciones del gua, Ph en la crianza de las tilapias

### *Sensor de temperatura de agua con sonda*

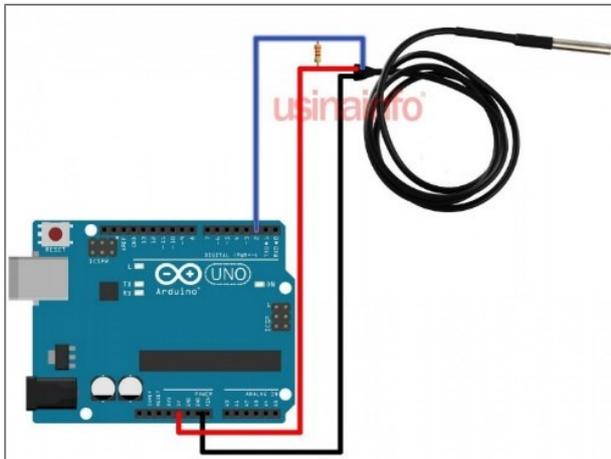
El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus, entre sus aplicaciones más habituales se encuentra la detección de ambientes de edificios, climatización y monitorización de procesos industriales (Naylampmechatronics, 2023).

Características técnicas del sensor:

- Voltaje de funcionamiento: 3,0V – 5,5V
- Rango de funcionamiento: -55 °C a + 125 °C
- Precisión en el rango de -10 °C a + 85 °C:  $\pm 0,5$  °C
- Resolución seleccionable de 9 a 12 bits
- Cubierta de acero inoxidable de alta calidad para evitar la humedad y la oxidación.
- Impermeable
- No se necesitan componentes adicionales.
- Longitud de cable: 1 m
- Cables: rojo (+VCC), BLANCO(DATA), negro (GND)

#### **Imagen 4**

Arduino conectado con el sensor DS18B20



#### ***Sensor de pH del agua***

Este sensor nos permite los valores de alcalinidad o acidez que presenta una solución líquida, posee de un bajo costo manteniendo una buena precisión se compone de dos partes importantes lo cual es el sensor de PH y su respectiva placa de conversión que realiza la conexión con el Arduino para procesar los datos obtenidos por el sensor (Torres David, 2020).

#### **Características técnicas del sensor**

- Voltaje de funcionamiento: 5V Dc
- Corriente de funcionamiento: 5-10 mA
- Rango de medición de PH: 0-14
- Rango de detección de temperatura: 0°-60°(C)

- Tiempo de respuesta:  $\leq 5S$  Tiempo de estabilidad:  $\leq 60S$
- Tipo de salida: señal analógica
- Consumo de energía:  $\leq 0.5W$
- Temperatura de trabajo:  $-10^{\circ} \sim 50^{\circ}$ centigrade
- Humedad de trabajo 95%
- Vida útil: 3 años
- Tamaño 42 mm x 32 mm x 20 mm
- Peso: 25 g

### **Imagen 5**

Sensor de PH con su modulo



### **Sensor de oxígeno disuelto**

Permite medir a través de una sonda galvánica que consta de una membrana de politetrafluoroetileno (PTFE) conocido como teflón, un ánodo de zinc bañado en un electrolito 70% agua, 15 cloruro de sodio y 15% de Tetraborato sódico o bórax, y un cátodo de plata. Las moléculas de oxígeno proveen a separarse a través de la membrana de la sonda, a una velocidad constante sin la membrana, la reacción ocurre rápidamente (Gómez, 2021).

### **Características técnicas del sensor**

- Rango 0-100 mg/ L Precisión + 0 - 0.05 mg/ L
- Conector Macho BNC Tiempo de respuesta 0.3 mg/L /
- segundo Presión máxima 3447 kPa (500 PSI)
- Profundidad máxima 343 m (1125 ft)
- Rango de temperatura 1-50 °C
- Longitud de cable 1 m

- Temperatura interna de sensor No Aplica
- Tiempo antes de la calibración 1 año
- Expectativa de vida útil 5 años
- Mantenimiento Cada 18 meses

### Imagen 6

Conexión de Arduino con sensor de oxígeno disuelto



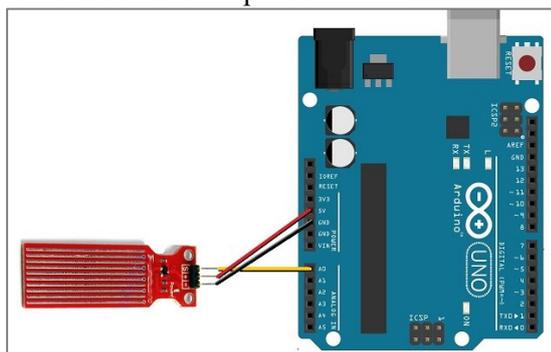
### Sensor de nivel de agua

El sensor de nivel de agua funciona mediante una serie de trazos de cobre conectados a tierra intercalados con trazos de detección. Estas trazas pueden funcionar como una resistencia variable. La presencia de agua en el sensor puede provocar un cortocircuito entre estas trazas, lo que permite detectar su presencia. Convierte el nivel de agua en una salida analógica que puede ser procesada directamente por un microcontrolador. El valor de la señal depende del nivel de inmersión del sensor (Xukyo, 2022).

- Voltaje de funcionamiento del sensor de nivel del agua: DC3-5 V
- Corriente de funcionamiento: menos de 20 mA
- Área de detección: 1.575 “x 0.630”
- Proceso de fabricación: FR4 HASL de doble cara
- Temperatura de funcionamiento: 10 a 30 °C
- Humedad: 10% -90% sin condensación
- Tamaño: 2.441 x 0.787 x 0.315 pulgadas

## Imagen 7

Sensor de nivel con placa Arduino



## Frecuencia de monitorización de los parámetros de la calidad del agua

Las recomendaciones para el chequeo de los parámetros y variables se las realizara semanalmente o en periodos de 3 días, dichos datos deben de estar en acorde a los parámetros establecidos tales como se muestra en la tabla 4.

## Resumen de los parámetros a considerar

A continuación, se muestran en resumen las variables y condiciones importantes a considerar para el correcto monitoreo en la producción de la tilapia.

**Tabla 1**

Parámetros importantes a considerar

Parámetros importantes		
Edad media (Madurez)	6 meses machos	Hembras 5 meses
Desove (puesta de huevos)	5 a 8 veces al año	
Temperatura de desove	25° C a 30 °C	
Número de alevines	Mas de 500 alevines	
Vida productiva	2 a 3 años	
Hábitat	Subtropical y tropical humada	Estanques, lagunas
Gases tóxicos (Dióxido de carbono)	15 a 20 ppm	
Gases tóxicos (Gas metano)	19 a 25 ppm	
Solidos suspensos	20 a 25 mg/l	
Altitud	850 a 2000 msnm	
Tamaño de piscina	2 metros cúbicos	

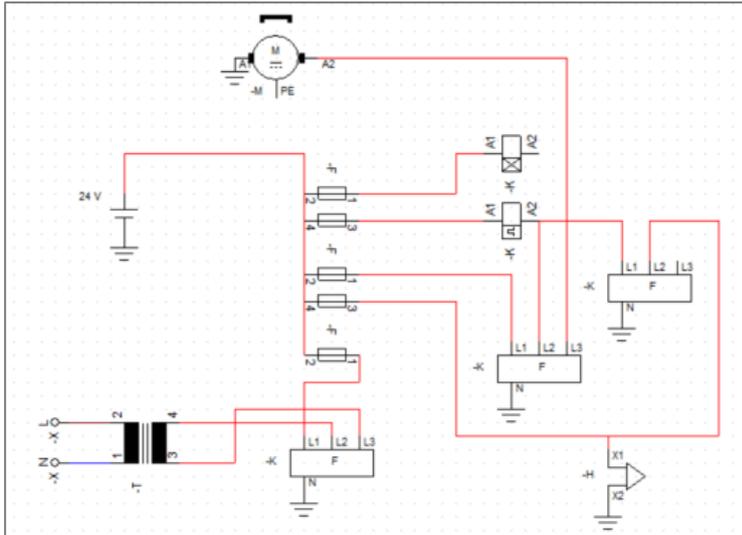
Nota: En esta tabla se muestran cada una de las variables y parámetros indispensables a considerar para obtener una producción estable.

## Diseño de programa para el prototipo

Para el diseño de del prototipo se utilizó el programa de Arduino, a continuación, se muestran las codificaciones utilizadas en este proyecto para cada parte del programa en función de la programación específica por cada sensor utilizado en el presente proyecto. Se investigó programas aplicativos funcionales ya desarrollados para aplicaciones similares.

### Imagen 8

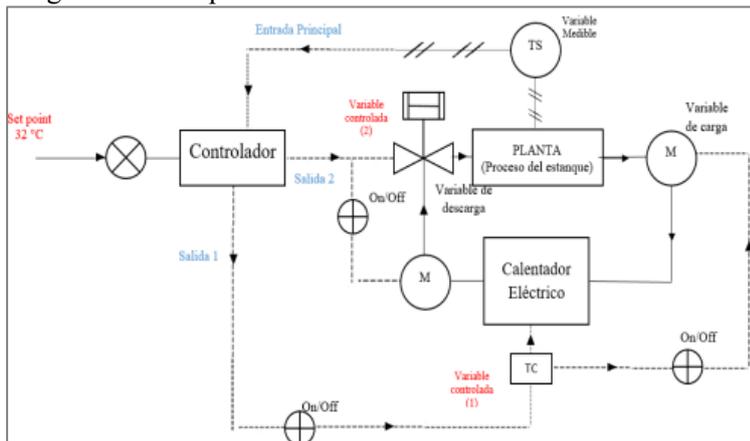
Circuito eléctrico de para el motor de bomba de agua



Nota: Circuito eléctrico esquemático propuesto en el motor de bomba de agua.

### Imagen 1

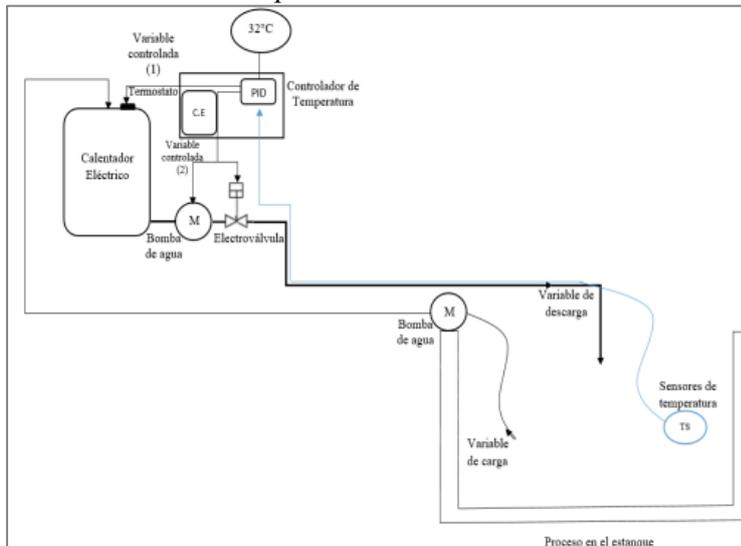
Diagrama de bloques del sistema de control con norma ISA.



Nota: Diagrama de bloques del sistema de control para el proceso de temperatura

## Imagen 10

Sistema de control del proceso norma ISA.



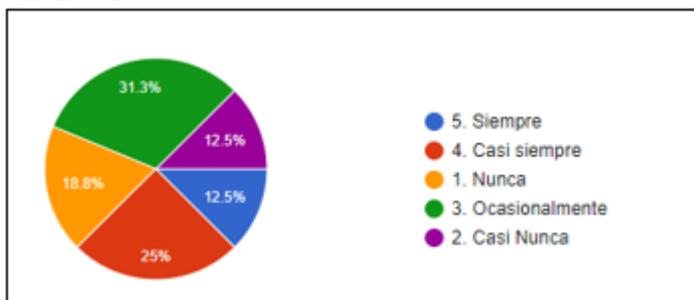
Nota: Diseño del sistema de control de proceso de temperatura del agua y del motor de bomba de agua.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del juicio de experto se dieron de la siguiente manera:

**¿Al automatizar la productividad, estamos disminuyendo la tasa de mortalidad de las tilapias con respecto a la producción?**

### Gráfico 1

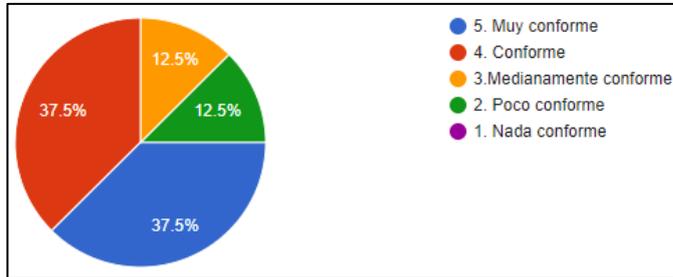


De los encuestados se indica que el 12.5% opina que siempre al automatizar una producción de tilapia se baja la mortalidad indicando que esto ayudaría a la reducción de pérdidas, el 25% da una opinión que casi siempre va a mejorar la tasa de mortalidad en las tilapias al momento de automatizar el sistema de producción, el 18.8% de los encuestados da la opinión que nunca va a menor la tasa de mortalidad, el 31.3% dice que ocasionalmente al automatizar bajara la tasa de mortalidad por lo tanto el 12.5% de los encuestados indica que casi nunca se va a llevar disminuir la tasa de mortalidad al momento de

automatizar.

**¿Al automatizar el proceso, usted confiaría en el proceso automático?**

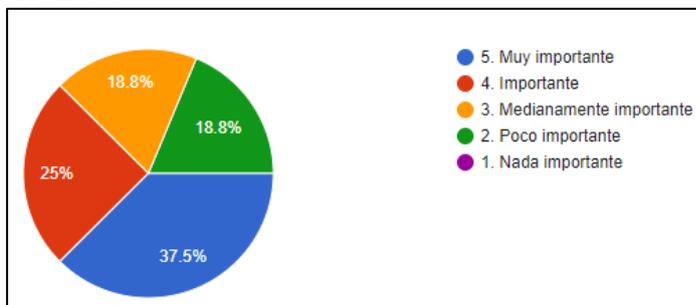
**Gráfico 2**



La confianza de un sistema automatizado según los encuestados el 37.5% se encuentra muy conforme, el 37.5% se encuentra conforme por lo tanto según indica por parte de los encuestados que, si están en plena confianza en realizar un sistema automatizado, el 12.5% indica que están medianamente conforme y y por lo tanto el 12.5% según los encuestados indica que están poco conforme en automatizar un proceso de producción de la tilapia.

**¿Cree usted que la tasa de mortalidad aumenta cuando las variables físicas presentan un declive en hábitat de los alevines?**

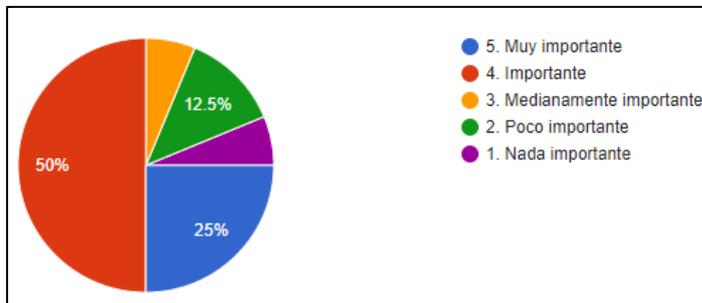
**Gráfico 3**



Según los encuestados el 37.5% indica que es muy importante que conozcan las variables físicas durante la producción ya que con esto se pretende menorar la mortalidad de los alevines, el 25% indica que es importante conocer al igual que 18.8% de los encuestados presenta que es algo medianamente importa llevar acabo un registro sobre la tasa de mortalidad, el 18.8% indica que poco importante esto indica que los encuestados no se direccionan a creer que la mortalidad aumenta si las variables físicas varían en la crianza.

**¿Los cambios bruscos climáticos son una de las razones del déficit de productividad en la crianza de los alevines?**

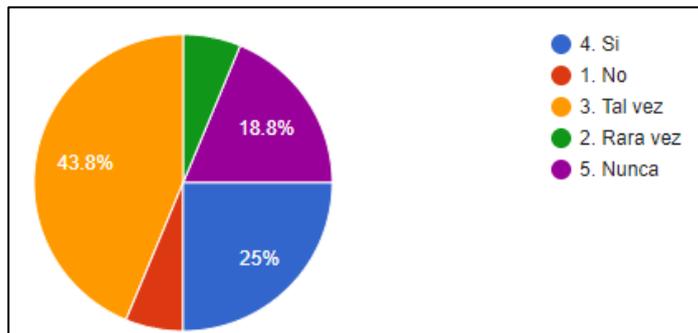
**Gráfico 4**



Según el 25% de los encuestados indica que los cambios climáticos es algo muy importante en la producción, el 50% menciona que es importante estar atento a los cambios del clima, por lo tanto, el 12.5% indica que es poco importante preocuparse por este medio por lo que se debe contener a la mortalidad que puede ocasionar.

**¿Al tratar el nivel de oxigenación y monitorear el PH del agua, la piscina mejoramos la calidad de la producción?**

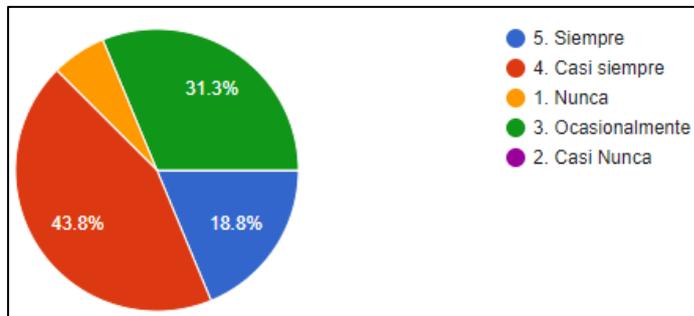
**Gráfico 5**



Según los encuestados el 25% se indica que llevando un control de parámetros se mejora la producción, el 43.8% menciona que tal vez va a mejorar la crianza si se monitorea el pH y la oxigenación del agua, Por lo tanto, existe un 18.8% que indica que tratando y controlando los niveles de oxigenación y pH del agua no va a mejorar la producción.

**¿Cree usted que la automatización significaría un recorte de personal para la productividad?**

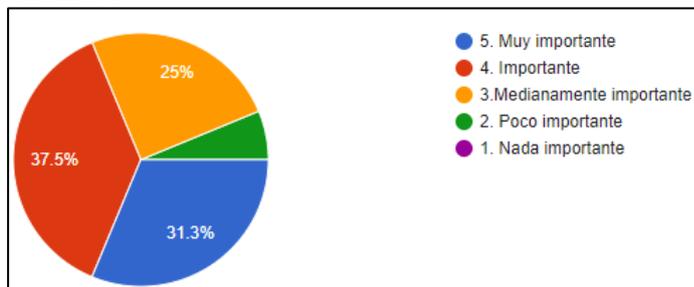
**Gráfico 6**



El 18.8% de los encuestados indica que al automatizar va a ver reducción de personal, por lo cual el 43.8% indica que casi siempre existe reducción de personal cuyo concurren a la automatización, 31.3% indica que ocasionalmente va a existir recorte personal cuando esto en si conlleva a un mejor manejo de producción y obtener una buena calidad de tilapia.

**¿Qué tan importante considera usted la innovación y competitividad del sector acuícola o piscícola?**

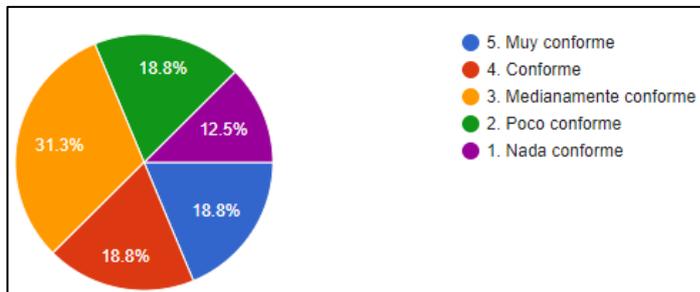
**Gráfico 7**



El 31.3% de los encuestados indica es muy importante la competitividad del sector acuícola hacia otros sectores, el 37.5% menciona que es importante entrar en el ámbito de innovación para centrarse en la competitividad por lo tanto el 25% se indica que va a ser medianamente importante enfocarse en esos sistemas de competitividad ya que puede ocasionar pérdidas.

**¿De acuerdo a su opinión y datos estadísticos de su productividad que tan conforme se encuentra usted con el rendimiento de la cosecha, trabajando con el proceso manual?**

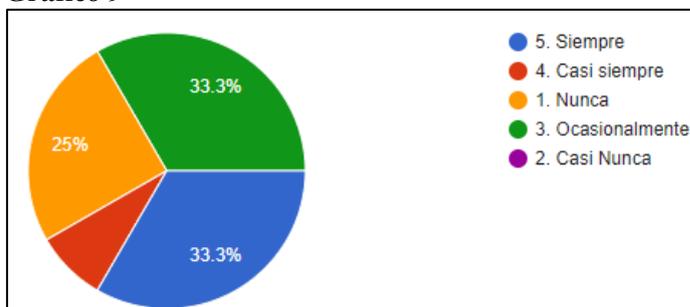
**Gráfico 8**



Según los encuestados el 18.8% indica que está muy conforme con el rendimiento de su campus de producción y el 18.8% está conforme esto quiere decir que no presentan inconvenientes ya que trabajan con un sistema manual adecuado, el 31.3% indica que medianamente está conforme a su producción quiere decir que hay pequeñas cosas que afectan la crianza, el 18.8% está poco conforme al igual que el 12.5% indica que nada conforme están con u sistema manual ya que existen pérdidas.

**¿Se ha encontrado con algún tipo de inconveniente en los procesos de producción por falta de innovación?**

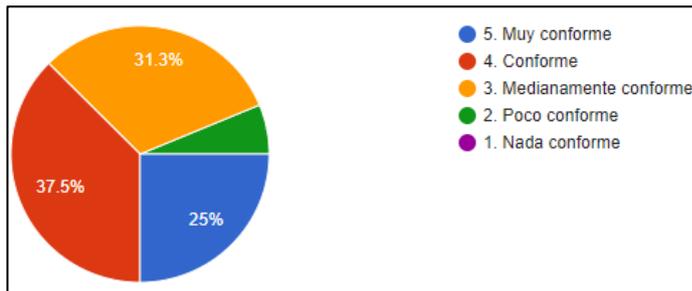
**Gráfico 9**



Dicha pregunta menciona que el 33.3% siempre se encuentran con inconvenientes durante la producción de la tilapia, el 25% indica que nunca se ha encontrado con falencias durante el proceso y lo cual existe un 33.3% que indica que ocasionalmente se presentan errores en dicha producción de tilapias.

## ¿Cómo considera usted, que al momento de automatizar disminuímos gastos?

Gráfico 10



Según los encuestados el 25% indica que está muy conforme que se reduzca gastos al momento de una automatización, el 37.5% está conforme a la automatización del proceso productivo, el 31.3% indica que es medio conforme ya que puede haber factores que influyen al no creer en que se disminuye gastos mediante la automatización y vemos que un porcentaje muy pequeño esta poco conforme con dicha reducción de gastos.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones presentes en este trabajo de investigación, cumplen con los objetivos planteados, a continuación, se procede con sus detalles:

Se determino las variables fundamentales a controlar como son el nivel de oxígeno en rangos de 4 a 5 ppm y PH del agua en rangos de 6,5 a 7 niveles alcalinidad, temperatura de agua en rangos de 26 a 32 grados centígrados y las condiciones de limpieza necesarias para obtener una producción eficiente piscícola.

El diseño desarrolló un sistema de alertas visuales y audibles mediante programación local que indique cuando la temperatura, el porcentaje de oxígeno y el pH del agua sufra alguna anomalía fuera de los parámetros normales previamente establecidos y programados en los sensores con tecnología de sistemas embebidos de Arduino.

Se utilizó conocimientos bibliográficos, empíricos y prácticos para el correcto levantamiento de la información requerida como fundamento de la creación del algoritmo de operación para desarrollar los programas aplicativos con tecnologías de Arduino.

## RECOMENDACIONES

La alimentación de los alevines y el cuidado es muy importante para obtener una crianza estable y favorable, más aún cuando algunos de los parámetros establecidos presenten alguna anomalía en el proceso productivo.

Se recomienda el monitoreo visual diario de los alevines y la piscina en cada etapa de crecimiento para validar los resultados operativos del sistema automatizado.

Los sensores deben limpiarse en un periodo de tiempo anual, como recomendación ya que pueden generar moho y arrojar datos incorrectos en las parametrizaciones de los sensores.

Cuando se desarrolle la implementación los programas deben ser revisados para evitar errores en su ejecución por actualizaciones de los equipos y programas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(18 de Agosto de 2020). Obtenido de intagri:

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

(Agosto de 2021). Obtenido de agrotendencia:

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

(2022). Obtenido de elproductor: <https://elproductor.com/2017/08/calidad-del-agua-para-la-tilapia-en-estanques-rusticos/#:~:text=La%20tilapia%20crece%20mejor%20en,se%20transforma%20en%20amonn%C3%ADaco%20t%C3%B3xico.>

ADRIÁN TINTOS GÓMEZ\*, J. S. (2021). Obtenido de

[http://cinergiaug.org/Revista/VI\\_2021/RIE\\_V4\\_N1\\_Dic2021.12.pdf](http://cinergiaug.org/Revista/VI_2021/RIE_V4_N1_Dic2021.12.pdf)

Agroshow. (2023). Obtenido de <https://agroshow.info/productos/acuicultura/equipos-de-alimentacion/alimentador-automatico-para-peces/#:~:text=El%20Alimentador%20autom%C3%A1tico%20para%20peces%20es%20una%20m%C3%A1quina%20alimentadora%20para,Modelo%20STLZ%2D120A%2D1.>

Arduino. (2022). Obtenido de

<https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/#:~:text=Arduino%20Mega%20es%20una%20tarjeta,implementa%20el%20lenguaje%20Processing%2FWiring.>

asopespa. (Abril de 2018). Obtenido de <http://asopespa.org/2018/04/25/caracteristicas-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp/>

Gómez, A. T. (2021). Obtenido de [http://cinergiaug.org/Revista/VI\\_2021/RIE\\_V4\\_N1\\_Dic2021.12.pdf](http://cinergiaug.org/Revista/VI_2021/RIE_V4_N1_Dic2021.12.pdf)

González, A. G. (2023). Obtenido de panamahitek: <https://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>

INTAGRI. (2020). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia#:~:text=El%20crecimiento%20de%20tilapia%20se,son%20de%206.5%20a%209.>

Martínez Quinchangua, F. L. (15 de Octubre de 2021). Obtenido de repository:

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>

Naylampmechatronics. (2023). Obtenido de [https://naylampmechatronics.com/blog/46\\_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html](https://naylampmechatronics.com/blog/46_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html)

Nicovita, M. d. (2023). bioalimentar. Obtenido de <https://www.bioalimentar.com/consejos-bio/la-importancia-del-oxigeno-en-la-crianza-de-las-tilapias/#:~:text=Para%20mantener%20un%20cultivo%20exitoso,crecimiento%20e%20incrementa%20la%20mortalidad.>

RAMOS, A. R. (2019). MANUAL DE CULTIVO DE TILAPIA . FONDO NACIONAL DE DESARROLLO PESQUERO , 31-77.

Ramos, M. (17 de Abril de 2021). bioaquafloc. Obtenido de <https://www.bioaquafloc.com/que-es-la-tilapia/>

Tilapia, M. d. (2019). bioalimentar. Obtenido de <https://www.bioalimentar.com/consejos-bio/la-importancia-del-oxigeno-en-la-crianza-de-las-tilapias/>

Torres David, H. J. (2020). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19627/1/UPS->

GT003087.pdf

Xukyo. (2022). Obtenido de <https://www.aranacorp.com/es/uso-de-un-sensor-de-nivel-de-agua-con-arduino/>

## ANEXOS

### Anexo 1, Fuente de alimentación existente a 120 VAC.



### Anexo 2, Desfogue de agua de piscina.



### Anexo 3, Altura de estanque



*Anexo 4, Estanque de diseño de crianza de tilapia disponible en invernadero Instituto Tsáchila.*

