

Artículo:

Diseño de un sistema automatizado para optimizar el cultivo de trucha arcoíris en poblaciones de alta marginación tamaulipecas

Design of an automated system to optimize rainbow trout farming in highly marginalized Tamaulipas populations

Mario Gómez-García¹, Mario-Guadalupe Gómez-Macias¹, Rubén Salas-Cabrera¹, Luis-Alberto García-Reyes¹, Jesús Esquivel-Rodríguez¹, Josué-Alberto Romero-Treviño¹

Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social (RIISDS)

¹ Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas, México.

* Autor corresponsal: mario.gg@cdmadero.tecnm.mx

Recibido: 18 de octubre de 2024

Aceptado: 28 de noviembre de 2024

Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el **Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca**

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Resumen: A través del presente se expone el diseño de un sistema automatizado acuícola operado con energía fotovoltaica con monitoreo y estadística de parámetros abióticos para optimizar el cultivo de la trucha arcoíris en programas de autoconsumo en poblaciones de alta marginación en el altiplano tamaulipeco. El diseño del sistema cuenta con sensores que recopilan los valores de Temperatura (T), Potencial de hidrogeno (pH), Oxígeno (O) y turbidez ya que son los parámetros abióticos más importantes para la producción de peces, una vez adquiridos los datos de cada sensor el prototipo puede realizar las acciones de corrección de acuerdo con los parámetros abióticos sensados. Se incorporó al prototipo el uso de energía eléctrica generada por paneles solares fotovoltaicos, aprovechado la abundante radiación solar de la región, lo que se considera un recurso inagotable y no contaminante, se contribuye al desarrollo sostenible en las regiones de alta marginación en el estado de Tamaulipas.

Palabras clave: Automatización, energía fotovoltaica, monitoreo de parámetros abióticos, sensores, microcontrolador.

Resumen

A través del presente se expone el diseño de un sistema automatizado acuícola operado con energía fotovoltaica con monitoreo y estadística de parámetros abióticos para optimizar el cultivo de la trucha arcoíris en programas de autoconsumo en poblaciones de alta marginación en el altiplano tamaulipeco.

Como lo es el ejido Valle Hermoso municipio de Miquihuana del estado de Tamaulipas, México. El diseño del sistema cuenta con sensores que recopilan los valores de Temperatura (T), Potencial de hidrogeno (pH), Oxígeno (O) y turbidez ya que son los parámetros abióticos más importantes para la producción de peces, una vez adquiridos los datos de cada sensor son mostrados en un display 4 x 20 donde el piscicultor puede realizar las acciones de corrección de acuerdo a los parámetros abióticos censados, todo el proceso de automatización y control lo realiza el Microcontrolador ATmega328P.

Cabe aclarar que por la zona geográfica donde se ubica este ejido y la situación precaria de la comunidad, no cuentan con un suministro energía eléctrica proporcionado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por lo anterior se incorporó el uso de energía eléctrica generada por paneles solares fotovoltaicos, aprovechado la abundante radiación solar de la región, lo que se considera un recurso inagotable y no contaminante, por lo anterior este desarrollo tecnológico contribuye al desarrollo sostenible en las regiones de alta marginación en el estado de Tamaulipas.

Palabras clave. Automatización, energía fotovoltaica, monitoreo de parámetros abióticos, sensores, microcontrolador

Abstract

The design of an automated aquaculture system based on photovoltaic energy with monitoring and statistics of abiotic parameters is presented here to optimize the breeding of rainbow trout for self-consumption programs in highly marginalized populations of the Tamaulipas highlands.

One of these locations is the Valle Hermoso ejido, municipality of Miquihuana, in the state of Tamaulipas, Mexico. The system design includes sensors that collect measurements of Temperature (T), Hydrogen Potential (pH), Oxygen (O) and turbidity as they are the most important abiotic parameters for fish production. Each sensor is shown on a 4x20 liquid crystal

display where the fish farmer can decide correction actions according to the measurements of the abiotic parameters. The entire automation and control process are carried out by the ATmega328P Microcontroller.

It should be noted that due to the geographical area where this ejido is located and the precarious situation of the community, they do not have a utility-based electrical energy supply. The use of electricity generated by photovoltaic solar panels takes advantage of the abundant solar radiation in the region, which is considered an inexhaustible and non-polluting resource. This technological design contributes to the sustainable development in highly marginalized regions of the state of Tamaulipas.

Keywords. Automation, photovoltaics, monitoring of abiotic parameters, sensors, microcontroller.

Introducción

Con la construcción de una granja acuícola de trucha arcoíris en el municipio de Miquihuana Tamaulipas perteneciente a la región del altiplano tamaulipeco, donde se benefició 15 familias de la región con el autoconsumo de la producción acuícola, se incrementó la oferta y consumo de pescado en la zona, fomentando el cultivo acuícola bajo principios de sustentabilidad. El diseño de este sistema automatizado de alimentación con control de parámetros abióticos, para optimizar el cultivo de la trucha arcoíris permitió conocer la calidad de agua en el estanque de engorda (como oxígeno disuelto, temperatura, pH dureza (compuestos nitrogenados), la alimentación de la trucha arcoíris afecta la eficiencia del lote por cultivar. Por ejemplo, si el personal responsable no realiza el proceso de distribución de alimento, el pez perderá peso. ya que consumirá sus fuentes de grasa y si la ración diaria se mantiene constante durante el proceso de crianza, sin considerar el cambio en los requerimientos alimenticios causado por el crecimiento de los especímenes estos conservaran su tamaño y peso debido al bajo peso final del espécimen cosechado.

En cambio, si los peces son sobrealimentados, el exceso de heces fecales y orina genera compuestos nitrogenados que tornan toxico el medio acuático, además las altas concentraciones de estos compuestos favorecen el crecimiento de algas que compiten por el oxígeno disuelto en el agua ocasionando hipoxia, inhibición de crecimiento, irritabilidad del sistema nervioso, perdida de color en las aletas, destrucción branquial, por lo tanto, es de interés la propuesta de dispositivos capaces de proveer alimento a la Trucha Arcoíris durante el proceso de ganancia

de peso bajo dos objetivos. Maximizar la tasa de sobrevivencia y alcanzar el peso y talla aceptable del producto para su consumo y venta si se dan las condiciones de comercialización. La anterior problemática se aborda a través de la incorporación de sistema de dosificación basados en la densidad de población en el interior del estanque, tiempo de residencia del pez y condiciones de operación del sistema de crecimiento, El desarrollo de este sistema, proporciona suficiente apoyo a los responsables de la granja para el cultivo de peces.

Actualmente existe una gran cantidad hardware, dispositivos electrónicos, que permite desarrollar este tipo de sistemas. En este diseño se desarrolló un sistema con componentes y tecnologías de uso libre y de bajo costo, para asegurar que el producto tecnológico esté al alcance del sector de acuicultura y/o personas que se dedican a la crianza de peces. Este desarrollo tecnológico se integró con sensores específicos, recopilación de datos, muestreo de datos; los cuales son utilizados de manera eficiente para temas de investigación y producción. Es importante mencionar que este proyecto está alineado al Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Tamaulipas que considera impulsar programas y proyectos orientados a generar bienestar en la sociedad de una manera integral promoviendo entre otras cosas, la seguridad alimentaria, el uso sustentable de Los recursos naturales y la implementación de medidas para combatir los efectos del cambio climático.

Materiales y Métodos

Como primera etapa, consistió en conocer las condiciones del sitio de cultivo y la ubicación geográfica donde se instaló la granja, la cabecera, villa de Miquihuana, se encuentra entre los 23°33' latitud norte y los 99°48' longitud oeste, a una altitud de 1.892 metros sobre el nivel del mar, véase imagen 1.(<https://www.google.com.mx/maps>). De igual manera se realizó la simulación de la instalación de la granja utilizando un programa de renderizado, esto para poder determinar la integración del sistema de alimentación a la futura graja acuícola. Ver imagen 2. (Gallo- Jhonatan M. G. 2013).



Imagen 1. Vista satelital del sitio donde se instaló la granja acuícola.

Fuente: <https://www.google.com.mx/maps/>

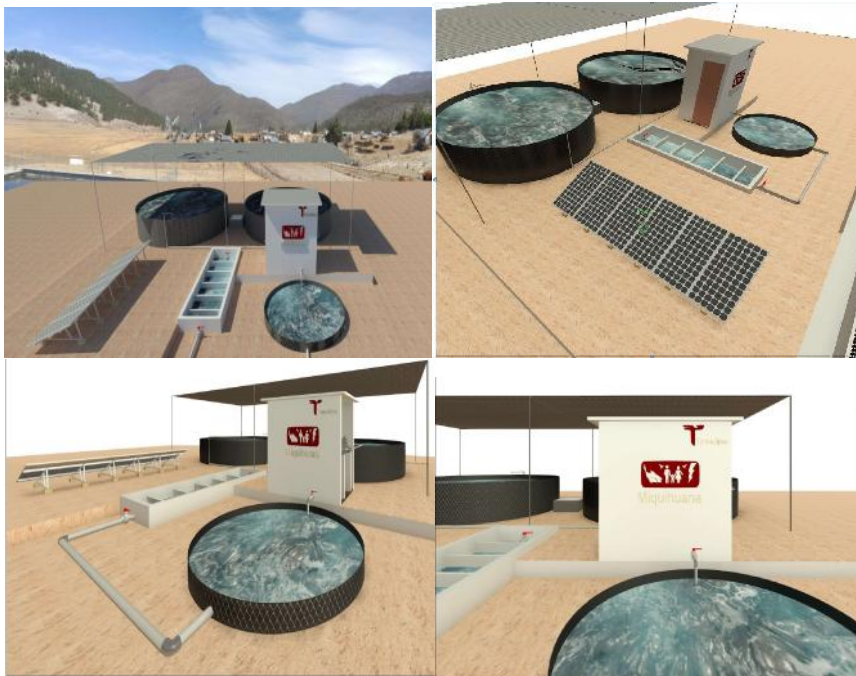


Imagen 2.- Vista 3D del sistema integrado de cultivo.

Fuente: Gallo- Jhonatan M. G. (2013). Diseño de un sistema avanzado de dosificación de concentrado para peces en cautiverio 3D.

Se determinó los parámetros productivos de la granja acuícola

Tabla 1.- Parámetros productivos de la granja acuícola

PARÁMETRO	VALOR
Infraestructura	Tanque de geomembrana de 7 m de diámetro
Volumen de estanque utilizable	42 m ³
Densidad de siembra	36 org/m ³
Densidad de cosecha	11.52 kg/m ³
Mortalidad estimada al final del cultivo	15 %
Talla promedio de cosecha	380 gr
Total de organismos por sembrar	1,500
Producción esperada	480 kg
Factor de conversión alimenticia	1.5:1
Alimento requerido	721 kg

Fuente: Autores

La metodología utilizada consistió en la experimentación para la implementación con circuitos electrónicos capaces de cubrir los requerimientos y lograr el objetivo planteado, sin embargo, para la construcción del sistema electrónico automatizado se tomó en cuenta lo siguiente:

- Diseño y construcción de un circuito de potencia a base de un puente H, para el control de operación de un actuador eléctrico (motor de cd).
- Diseño de un monitor de variables eléctricas, voltaje (v) y corriente(I).
- Integración de un controlador solar.
- Desarrollo de un programa computacional para la lectura de los sensores que registraron las variables ambientales para garantizar la calidad del agua del estanque.
- Desarrollo de un interfaz para que se comunique con el circuito de control y visualizar la operabilidad del proceso de alimentación.
- Diseño y construcción de un elemento de traslación para el aporte del alimento al estanque (tornillo de Arquímedes).
- Diseño y construcción de un sistema de flotación.

A continuación, se detalla cada uno de los elementos que conforman el sistema presentado para este proyecto.

Placa de desarrollo de Arduino

Microcontrolador ATmega328P es el responsable de procesar el algoritmo matemático a través del puerto serial usando el protocolo de comunicación I2C hacia los sensores y actuadores. Se caracteriza por su sencilla programación y el uso de su compilador, todo en software Libre, lo que le otorga prestaciones de muy bajo costo, pero de alta calidad, la placa de desarrollo se ilustra en la imagen 3. (Manual de Programación para ATMEGA328)



Imagen 3.- Placa de desarrollo Arduino ATmega328P.

Fuente: Manual de Programación para ATMEGA328

Puente H

El circuito integrado L293D es un controlador de motores de corriente directa, el cual nos permite hacer funcionar dos motores DC al mismo tiempo y nos proporciona el control de forma independiente de la dirección de giro del motor, se muestra en la imagen 4. Navarro Sepúlveda Nelson (2022)

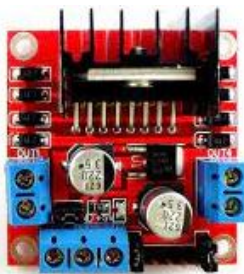


Imagen 4.- Controlador de motores en puente H L293D.

Fuente: Navarro Sepúlveda Nelson (2022)

Pantalla LCD 4 X20

Las siglas LCD significan “Liquid Cristal Display” o pantalla de cristal líquido. Es una pantalla plana basada en el uso de una sustancia líquida atrapada entre dos placas de vidrio, haciendo pasar por este una corriente eléctrica a una zona específica, para que así esta se vuelva opaca, y además cuenta (generalmente) con iluminación trasera, se ilustra en la imagen 5. Navarro Sepúlveda Nelson (2022)



Imagen 5.- Pantalla LCD (Liquid Cristal Display) 4 x 20.

Fuente: Navarro Sepúlveda Nelson (2022)

Motor reductor de cd

Este es el actuador final que este acoplado al elemento de traslación de alimento, es un motor reductor de cd de máximo 12 v, véase imagen 6. Navarro Sepúlveda Nelson (2022)



Imagen 6.- Vista isométrica del motor reductor.

Fuente: Navarro Sepúlveda Nelson (2022)

Encoder

Los Encoders convierten el movimiento en una señal eléctrica que puede ser leída por algún tipo de dispositivo de control en un sistema de control de movimiento, tal como un mostrador o PLC. El encoder envía una señal de respuesta que puede ser utilizado para determinar la posición, contar, velocidad o dirección, vease imagen 7. Navarro Sepúlveda Nelson (2022)



Imagen 7.- Vista isométrica del Encoder.

Fuente: Navarro Sepúlveda Nelson (2022)

Dispositivos electrónicos de sensado

Son dispositivos diseñados para captar un estímulo de su entorno y traducir esa información que recibe. Esa información recibida es normalmente convertida a un impulso eléctrico que posteriormente es procesado por una serie de circuitos que generan una acción predeterminada en un aparato, sistema o máquina. Es un artefacto que en algunas aplicaciones transforma una clase de información en otra que se quiere medir o controlar.

El diseño del sistema cuenta con sensores que recopilan los valores de Temperatura (T), Potencial de hidrogeno (pH), Oxígeno (O) y turbidez ya que son los parámetros abióticos más importantes para la producción de peces, una vez adquiridos los datos de cada sensor son mostrados en un display 4 x 20 donde el piscicultor puede realizar las acciones de corrección de acuerdo a los parámetros abióticos censados, véase imagen 8. Corona-Ramírez Leonel G(2020) Sensores y actuadores.

- Sensor de temperatura DS18B20. 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. El sensor DS18B20 es fabricado por Maxim Integrated, el encapsulado de fábrica es tipo TO-92 similar al empleado en transistores pequeños. La presentación comercial más utilizada por conveniencia y robustez es la del sensor dentro de un tubo de acero inoxidable resistente al agua, con el que trabajemos este tutorial.
- Sensor de potencial de hidrogeno (Ph) PH-4502. Es un dispositivo que permite medir el PH con ayuda de una sonda que es la que toma la lectura (electrodo E201) mediante el conector BCN. Cuenta con un potenciómetro de offset el cual te ayuda a calibrar la medición de PH (el más cercano al conector BNC) mientras que el otro potenciómetro controla la salida Do

la cual se activa cuando el PH haya alcanzado el límite que hayamos configurado a través del potenciómetro cabe mencionar que la salida Do es de 3.7V como salida alta.

- Sensor de turbidez KS0414_Keystudio Turbidity Sensor V1.0 Tiene un rango de detección de entre 0% y 3.5% (0 y 4550 NTU), con un margen de error de $\pm 0.5\%$. La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU) y el instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro. El sensor dispone de dos modos de operación o dos tipos de señal de salida, analógica y digital. En el modo analógico el cálculo de la turbidez del agua se realiza a partir del nivel de tensión medido por el sensor. El modo de operación se selecciona mediante un interruptor deslizante, siendo la posición A la correspondiente al analógico y D el digital. Lógicamente la posición del interruptor determina la patilla a la que debemos conectarlo. La resistencia ajustable de color azul permite ajustar la sensibilidad del sensor.
- Sensor de oxígeno disuelto DFRobot SEN0237-A. Este Sensor/medidor de oxígeno disuelto se utiliza, precisamente, para medir el oxígeno disuelto en el agua, para reflejar la calidad del agua. El oxígeno disuelto es uno de los parámetros importantes para reflejar la calidad del agua. El bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua provocará dificultades para respirar para los organismos acuáticos, lo que puede poner en peligro sus vidas

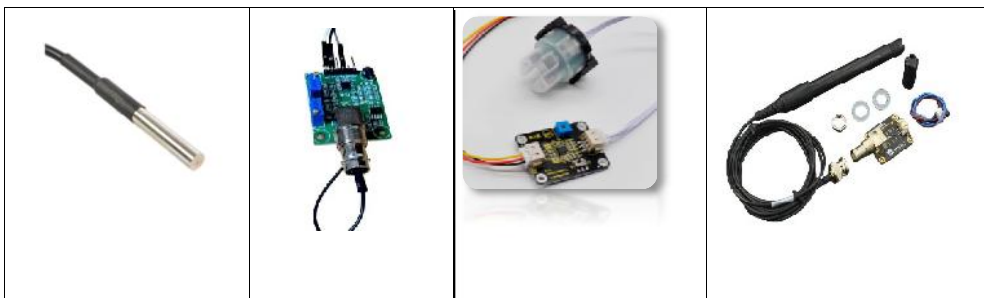


Imagen 8.- Sensores utilizados para las mediciones de variables abióticas.

Fuente: Corona-Ramírez Leonel G(2020) Sensores y actuadores

Resultados

A continuación, se muestra el diagrama a bloques, acotando que es un sistema de lazo abierto, véase imagen 9

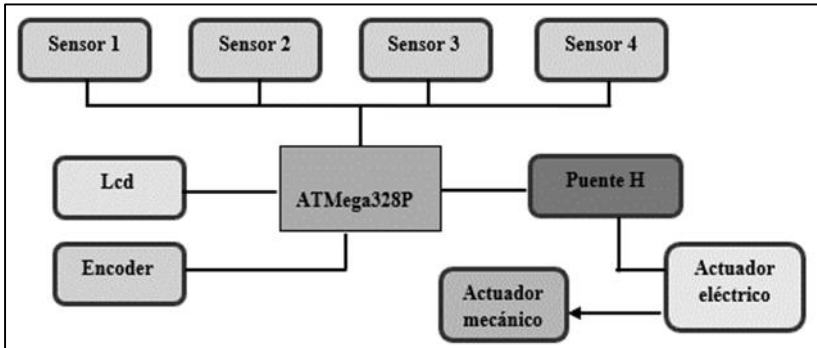


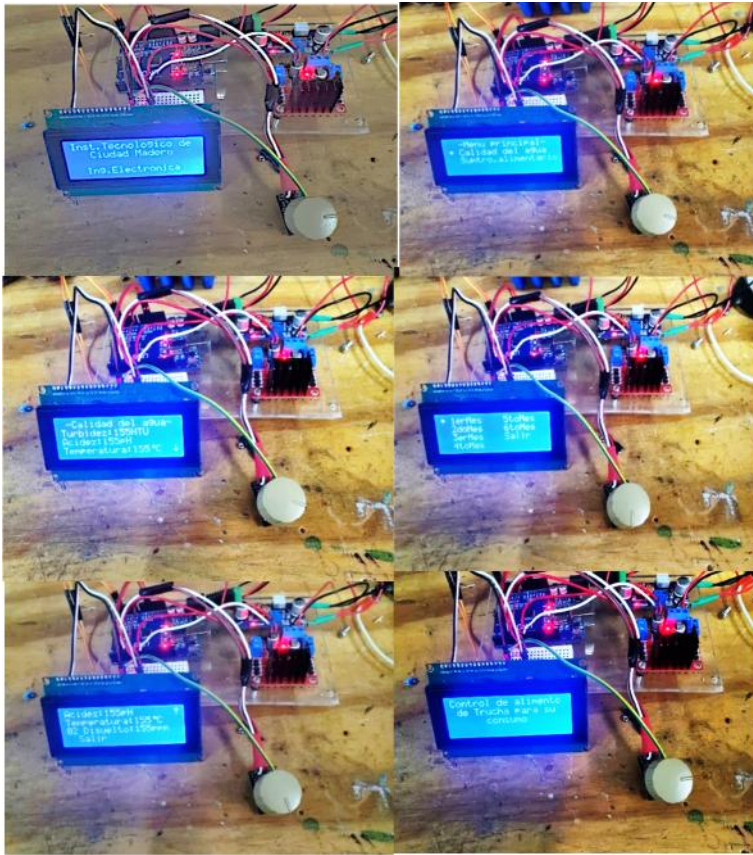
Imagen 9.- Diagrama a bloques del sistema de alimentación automático.

Fuente: Autores.

En este esquema a bloques se observas la interacción de todos los componentes descritos anteriormente, destacando el Microcontrolador ATMega328P, que funge como el cerebro del sistema de control automático y que manipula a los actuadores finales por medio del puente H.

Desarrollo del proyecto

Una vez que se realizaron pruebas a los componentes electrónicos seleccionados se procedió a realizar la interconexión de cada uno como se ve en las siguientes imágenes, donde se visualiza en el display el menú de control y los sub menú que se desarrollaron con programación, en el ID del microcontrolador ATMega328P, véase imagen 10.



**Imagen 10.- Visualización del menú y submenú del sistema automático.
Fuente Autores.**

Sistema de flotación

Se diseñó y construyó un sistema de flotación que permite aportar el alimento necesario para alimentar a los alevines sembrados en el estanque, véase imagen 11.



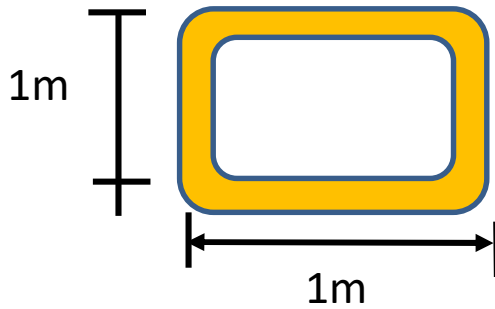
Imagen 11. Sistema de flotación.

Fuente: Autores

Como se observa en las imágenes el sistema de flotación se construyó con segmentos de PVC cédula 40, fue una opción perfecta para esta aplicación. Este tipo de material está fabricado con resina de Policloruro de vinilo (PVC), una resina termoplástica conocida por su dureza, resistencia, inodoro y químicamente inerte.

Cálculo de flotabilidad

Para que un objeto flote, la densidad del objeto deberá ser menor que la densidad del agua (1), H₂O \longrightarrow 1 Kg/1L= 1, la base del sistema de flotación tiene las siguientes características: es un rectángulo de 1 m x 1 m = 6 m. de PVC, con \varnothing de 4 in = 11.67 Kg.



Volumen de un cilindro:

$$V = r^2 h \quad \text{Ec. (1)}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$\varnothing = 4 \text{ in}$$

$$= 3.1416$$

$$r = 0.0508 \text{ m,}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$V = (3.1416) (0.0508)^2 (1 \text{ m})$$

$$V = 0.008105 \text{ m}^3$$

Considerando que $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L.}$, entonces $0.008105 \text{ m}^3 = 8.105 \text{ L}$, la base se encuentra construida de 4 cilindros de 1 m. de altura (h), por lo tanto.

$$VT = 4 \times 8.105 = 32.42 \text{ L} \quad \text{Ec. (2)}$$

La masa del material de la Base es:

$$6 \text{ m} \longrightarrow 11.67 \text{ Kg.}$$

$$4 \text{ m.} \longrightarrow 7.78$$

L densidad de la base es:

$$\text{base} = \frac{m}{v} = \frac{7.7 \text{ K}}{3.4 \text{ L}} = 0.2399 \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\text{base} < 1 \text{ (H}_2\text{O)} \quad \text{Ec. (4)}$$

Con los resultados obtenidos se demuestra perfectamente que la base flota perfectamente con hundimiento del 23 % del diámetro de la tubería. Definiendo una capacidad máxima de carga menor a $32.42 \text{ Kg} - 7.78 \text{ Kg} = 24.64 \text{ Kg}$ (donde se incluye la estructura superior más la carga del alimento).

Estructura superior

Tubos de PVC de $\varnothing = 2 \text{ in} = 3 \text{ m.} \longrightarrow 1.385 \text{ Kg.}$

4 m. $\longrightarrow 1.84 \text{ Kg}$

Tubos de PVC de $\varnothing = 6 \text{ in} = 6 \text{ m.} \longrightarrow 31.360 \text{ Kg.}$

1 m. $\longrightarrow 5.24 \text{ Kg}$

Considerando 5 Kg. De alimento máximo y los elementos electrónicos con un peso aproximado de 4 Kg. Nos da un peso total de 16.08 Kg. Donde su masa total es de 23.86 Kg.

$\text{total} = 23.86 \text{ Kg} / 32.42 \text{ Kg} = \mathbf{0.7355}$, con este analisis se demuestra que la base de la estructura se hundirá el **73%** del diámetro de la tubería que es de 4 in. que conforma la base. Por lo anterior se concluye que el sistema de flotación cumple el propósito de mantener a flote el sistema de alimentación automático, véase imagen 12.



Imagen 12.- vistas isométricas del sistema de flotación.

Fuente: Autores.

Calculo para determinar la cantidad de alimento

Para saber la cantidad de alimento que se le debe dar a las truchas, se realizó un muestreo, que consiste en tomar una muestra de las truchas existentes en el estanque para calcular su peso

promedio y tamaño, con base en estos y en la temperatura del agua, se determinó la dosis de alimentación diaria, basándose en una tabla de alimentación. Para establecer la cantidad de alimento y la frecuencia de alimentación por día, se siguió un procedimiento que se realizó en Excel, los resultados numéricos obtenidos se ingresaron al microcontrolador para que realizara las acciones de control a través de los actuadores finales y sensores que integran el sistema automatizado.

Tabla 2.-Cálculo en Excel de la frecuencia y dosis de alimento

Meses (edad)	No. De peces en el estanque	Pp/gr Peso por pez	% tasa de alimentación (ver tabla)	Biomasa/gr (No. de peces X Pp/gr(KG))	Alimento diario (biomasa obtenida) (% de alimentación) /100	Cantidad de alimento por hora en gramos	Cantidad de alimento/ X mes(Kg)	Saco (25 Kg)
0	1500	0.005	7%	7.5	0.525	0.066	15.75	0.6
0-1	1462.5	0.005	7%	7.3125	0.4095	0.051	12.285	0.5
[1-2]	1425	0.010	3%	14.25	0.342	0.043	10.26	0.4
[2-3]	1387.5	0.050	3%	69.375	1.665	0.208	49.95	2.0
[3-4]	1350	0.290	1%	391.5	3.132	0.392	93.96	3.8
[4-5]	1312.5	0.400	1%	525	4.2	0.525	126	5.0
[5-6]	1275	0.550	1%	701.25			0	0.0

Fuente :Autores

Sistema de energía eléctrica

Como la granja acuícola se localiza en el ejido Valle Hermoso municipio de Miquihuana del estado de Tamaulipas, México. En una zona marginal, carece de servicio eléctrico proporcionado por la Comisión de Federal de electricidad (CFE), fue necesario diseñar e implementar un sistema fotovoltaico suficiente para satisfacer la necesidad de energía eléctrica para la funcionalidad del sistema automático de alimentación. A continuación, se muestra el diagrama a bloques del sistema eléctrico para el sistema de alimentación automático, véase imagen 13.

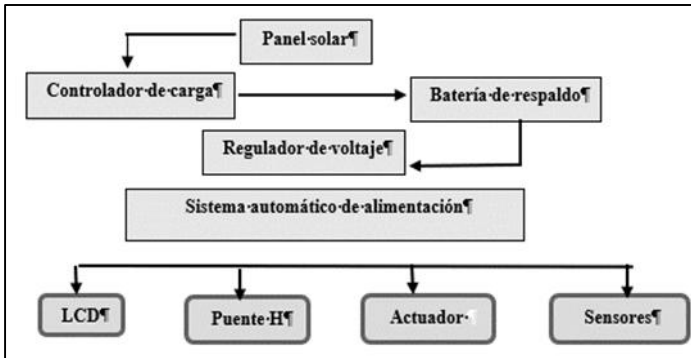


Imagen 13.- Diagrama a bloques del sistema eléctrico del sistema de alimentación. Fuente Autores.

Resultados y discusión

Como resultado del proyecto, se cumplió ampliamente con los objetivos que se plantearon en la construcción del sistema automatizado de alimentación con control de parámetros abióticos, para optimizar el cultivo de la trucha arcoíris. Véase la secuencia fotográfica No.14



Imagen 14. Secuencia fotográfica del sistema automatizado.
Fuente Autores

Conclusiones

Gracias a este proyecto no solo se está comprobando que con la implementación de pocos componentes electrónicos y aplicando la lógica de programación con su debido ajuste, se logra conseguir proyectos que innovan y facilitan el quehacer donde se requiere, con el uso de sistemas micro procesados como es el caso de este desarrollo tecnológico.

Tal es el caso del presente, en donde el presupuesto de construcción de este sistema de control es más económico y confiable en su operación. En ese sentido estamos convencidos que este proyecto contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de las familias del municipio de Miquihuana Tamaulipas perteneciente a la región del altiplano tamaulipeco.

Referencias bibliográficas

- Corona-Ramírez Leonel G(2020) Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino:
Grupo Editorial Patria
- Floy –L.Thomas (2015) Fundamentos de Sistemas Digitales, 11ª Edición Floyd,
Ed. PEARSON
- Gallo- Jhonatan M. G. (2013). Diseño de un sistema avanzado de dosificación de concentrado para peces en cautiverio. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 67-73.
- García- Ortega Armando, Calvario- Martínez Omar (2013) Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Trucha para la Inocuidad Alimentaria, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental
- Malvino –Albert Paul.(2019) West Balley College Principios de Electrónica, Sexta edición,
Mc Graw Hill
- Manual de Programación para ATMEGA328 y STM32F407: con MikroC Pro.
(Spanish edition) Editorial: Independently published
- Moreno- Abril O. y Pérez- López J. (1999. Análisis microbiológico del agua de consumo,
Cap. 8 de Estudio sanitario del agua.
- Navarro Sepúlveda Nelson (2022) Aprendizaje basado en proyectos con ARDUINO.
Sello Editorial Universidad Central: 978-956-330
- Organización de las Naciones Unidas (FAQ) (2014) Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris
- Pérez López. J. A. y Espigares García M.(1998.). Editorial Universidad de Granada, pp. 135.
- Pérez- López J. y Mariscal- Larrubia A. Guías para la Calidad del Agua Potable. 2da edición.
Volúmenes 1 y 3. Ginebra
- Quiroz- M. (2018). Diseño de un sistema automatizado de control de temperatura y de pH para mejorar la crianza de alevines de paiche de etapa 1 en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana [Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Reta-Mendiola. Curso de cultivo de peces en jaulas flotantes. Colegio de Postgraduados.
Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral.

Soto- Sarazua, Genaro Martín. (2018) Desarrollo de un sistema de monitorización y control de temperatura y alimentación configurable para cultivo intensivo acuícola

Timothy J. - Maloney, Monroe (2016)Electrónica Industrial, Dispositivos y Sistemas, County Community College, Monroe, Michiran. PRENTICE-HALL
HISPANOAMERICANA, S.A.