Congr. Int. en Ing. Electrónica. Mem. ELECTRO, Vol. 39, pp. 17-21, Oct 2017, Chihuahua, Chih. , México
http://electro.itchihuahua.edu.mx/memorias_electro/MemoriaElectro2017.zip
ISSN 1405-2172

AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA CRIANZA DE TILAPIA GRIS (OREOCHROMIS NILOTICUS).

Osbaldo Aragón Banderas, Jesús Leonel Arce Valdez, Brenda Rivas Fernández, Rodolfo Rodarte Rodríguez

Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos (ITSRLL) Calle Tecnológico #200 Ote. Guadalupe Victoria, Durango CP. 34700 Tel: (676) 882-37-12 / ing.osbaldoaragon@gmail.com
Centro de Bachillerato Tecnológico, Industrial y de Servicios No. 109, Helio 203 Col. Luis Echeverria Villa Unión, Durango (618) 152-06-32 / rodolfo.rdt@gmail.com

RESUMEN

Se propone un sistema para la automatización del proceso de crianza de tilapia gris (oreochromis niloticus) en un sistema de recirculación de agua. Mediante el uso de sensores se determinan parámetros que influyen directamente en la calidad del agua como oxígeno disuelto, temperatura y nivel. De manera automática es posible corregir el problema y/o alertar a un operador. Un sistema embebido dedicado a procesar la información de los sensores decide la mejor solución gracias a su programación y en todo momento el operador puede consultar el estado del sistema monitoreando la pantalla integrada, todo esto permite reducir el consumo energético para hacer posible utilizar una cantidad mínima de paneles solares para alimentar los componentes electrónicos.
Palabras clave: Tilapia gris, automatización, sistema embebido.

ABSTRACT

A system for the automation of the gray tilapia (oreochromis niloticus) breeding process in a water recirculation system is proposed. The use of sensors determines parameters that directly influence water quality such as dissolved oxygen, temperature and level. It is automatically possible to correct the problem and / or alert an operator. An embedded system dedicated to processing the information of the sensors decides the best solution thanks to its programming and all the time the operator can check the state of the system by monitoring the integrated screen, all this allows to reduce the energy consumption to make possible to use a minimum number of solar panels to power electronic components.
Keywords: Gray tilapia, automation, embedded system.

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento de investigación del Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos se desarrolló un sistema de cultivo semi-intensivo de tilapia gris mediante recirculación y filtración de agua, con resultados muy prometedores para el uso en la región con el único inconveniente que representa el consumo energético constante.

La tilapia tiene carne muy rica, es fácil de manejar y de gran resistencia a parámetros fisicoquímicos adversos y a enfermedades, de rápido crecimiento y de costos de producción muy bajos [3]. La producción en las granjas acuícolas depende directamente de la cantidad de agua y su calidad, para un desarrollo óptimo (crecimiento, salud y conversión alimenticia) de un determinado cultivo, la producción está en función de la calidad de agua y cantidad que puede ser suministrada [1]

La mayoría de los sistemas existentes consumen una gran cantidad de energía eléctrica para su funcionamiento, además de ser robustos y requieren de personal especializado para su instalación y mantenimiento.

El sistema que se presenta mide el oxígeno disuelto, la temperatura y nivel del agua para de manera automática controlar las perturbaciones, con el bombeo de agua y aire. También se implementa un sistema de automatización para la alimentación del pez dependiendo de la etapa de madurez en la que se encuentra o las cantidades recomendadas para la crianza.

2. PROBLEMA

La actividad por excelencia en la región de los Llanos del estado de Durango lo constituye la agricultura, una buena cantidad de la cosecha de frijol se vende fuera de territorio estatal por su excelente calidad. Según datos del INEGI en 2010 los principales cultivos de la región de los llanos son el maíz y el frijol, produciéndose 14,008 y 8,905 toneladas respectivamente [2].

En 2009, 34 de sus 39 municipios incluyendo Gpe. Victoria recibieron la declaratoria de emergencia debido a la sequía que aquejó al estado, afectando directamente a ganaderos y agricultores de la región con pérdidas significativas en la producción de granos y leguminosas además de miles de reses muertas por falta de hidratación y alimento.

Es obvio que en la región no existen las condiciones para el desarrollo de la acuacultura en ríos o lagunas más, sin embargo, se puede desarrollar en sistemas cerrados con recirculación de agua, los cuales ofrecen un ambiente eficiente y controlado para los peces. Los costos son bajos y proporcionan buenas ganancias. En estos sistemas el agua de desperdicio cargada con subproductos metabólicos de los peces y /o mariscos, se recicla con purificación biológica y física, reutilizándola en más de un 90 % y ayudando a las plantas a obtener una mayor cantidad de nutrientes para su crecimiento.

3. OBJETIVOS

- Desarrollar un sistema para monitoreo de variables críticas, control de flujo y oxigenación del sistema de recirculación de agua para crianza de tilapia gris (oreochromis niloticus) con el uso de paneles solares.
- Implementación de una interfaz gráfica de usuario (GUI) para facilitar el uso del sistema.

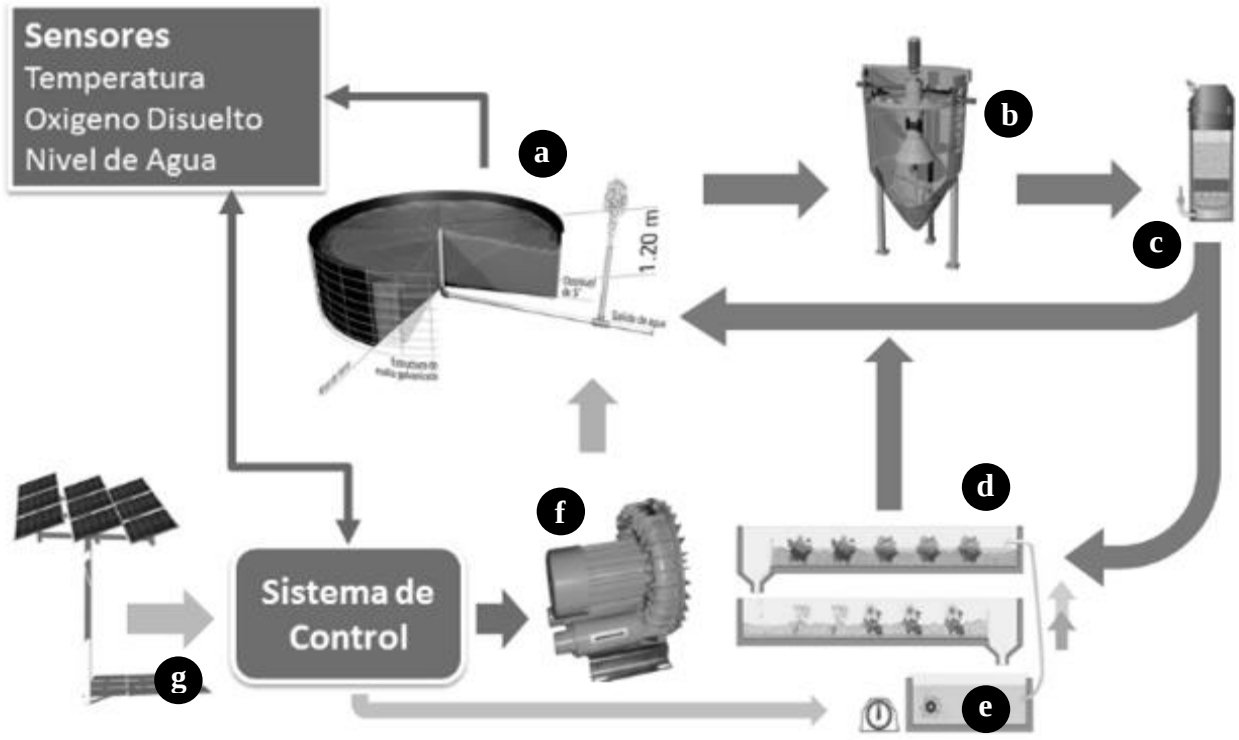


Figura 1 Etapas de sistema de recirculación para crianza de tilapia gris

- Diseño del sistema embebido dedicado al control del sistema.

4. HIPÓTESIS

La implementación de un sistema embebido para el monitoreo y automatización de la calidad de agua mejorará el cultivo de tilapia gris (Oreochromis niloticus) teniendo una supervivencia del 90%. (36/40 peces) y podrá ser alimentado con paneles solares para reducir de manera significativa los gastos por consumo de energía en hasta un 80% del consumo actual.

5. DESARROLLO

Los sistemas de recirculación para producción de tilapia se dividen en varias partes con funciones específicas como se muestra en la figura 1.

5.1. Partes de un sistema de recirculación para crianza de tilapia.

El estanque (a) con capacidad de mil litros es el encargado de albergar las 40 tilapias durante su proceso de crianza, la tilapia presenta un rápido crecimiento, en ocho meses logra alcanzar un peso de 200 a 300 g en condiciones óptimas de calidad de agua como:

- Temperatura de 28 °C a 32 °C.
- Oxígeno disuelto de 2 mg/l a 3 mg/l
- pH: Los valores óptimos de pH son entre 6.5 y 9.

La concentración y disponibilidad de oxígeno disuelto son factores críticos para el cultivo de tilapia, es uno de los aspectos más difíciles de entender, predecir y manejar y tiene mucho que ver con las mortandades, enfermedades, baja eficiencia en conversión de alimento y la calidad de agua.

El rango óptimo de temperatura es de 28-32 ºC, cuando disminuye a los 15 ºC los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 ºC no sobreviven mucho tiempo.

El decantador o filtro de solidos (b) se encarga de separar los sólidos no solubles aprovechando la densidad de los mismos, requiere de dimensiones específicas que dependen del número de peces y cantidad de agua en el estanque.

En el inciso c de la figura 1 se encuentra el filtro biológico que consiste en un tanque lleno de un sustrato que facilita la fijación de las bacterias nitrificadas que promueven la oxidación del amoniaco a nitrato. Desde el biofiltro se puede enviar el agua de regreso al estanque o se le hace pasar por una cama de hidroponía (d) para mejorar la etapa de filtrado.

En caso de ser necesario una bomba de agua (e) se enciende para enviar agua desde una cisterna al sistema.

El sistema de aireación/oxigenación está compuesto por sopladores de aire y difusores (f), la aireación se ubica en puntos estratégicos del sistema, particularmente después del filtrado de los sólidos en suspensión. El fraccionador de espuma y el propio biofiltro son puntos donde la aireación comienza a ser aplicada. Generalmente, la mayor parte de la aireación se aplica luego, antes o inmediatamente después del biofiltro, reoxigenando el agua que retornará a los tanques.

El sistema de control y distribución de energía (g) se encarga del encendido y apagado de los motores para aireación y bombeo, generalmente este tipo de sistemas se alimenta de la red de energía eléctrica de forma constante, el apagado y encendido se realiza de forma manual.

6. METODOLOGÍA

6.1. Cálculo de dimensiones

El principal objetivo de la automatización del sistema es el ahorro de energía, el flujo en la recirculación del agua y la cantidad de aire para la oxigenación influyen directamente en el consumo de energía al ser dependientes de motores eléctricos. Por lo que es necesario determinar los mínimos necesarios para el funcionamiento del sistema.

La oxigenación necesaria se calculó en base a la biomasa por metro cubico de aproximadamente 8 kg, con un porcentaje de alimentación diaria promedio de 25%, Colt (1986) propuso un requerimiento de oxigeno de 0.21 kg por cada kg de alimento basándose en la masa y producción de desechos metabólicos [4]. El filtro de cascada provee oxígeno para la Nitrificación (Aproximadamente 0.25 kg). En la ecuación 1 se muestran los cálculos y el resultado obtenido a partir de los mismos.

$$\boldsymbol{R_{DO}} = 8kg\ pez * \frac{0.25\ kg\ alimento}{kg\ pez * día} * \frac{0.25\ Kg\ O_2}{kg\ alimento} = 0.5\ kg\ \ O_2/día \quad (1)$$

De acuerdo con Timmons et al., 2002 la concentración de amonio en el sistema se puede calcular a partir de la carga de nitrógeno total amoniacal generado por día en producción acuícola[5], basado en la tasa de alimentación. La constante 0.092 en la ecuación de generación de TAN resulta de la multiplicación de una serie de asunciones y aproximaciones, de esta manera 1 kg de alimento produce 0.092kg de nitrógeno amoniacal si el alimento fuese 100% proteína. Para el cálculo de TAN se establece que el alimento contiene un 35% de proteína y se estima una producción de 8 Kg de tilapia. La ecuación 2 muestra el resultado calculado:

$$\boldsymbol{TAN} = F * PC * 0.092 = 0.25\ Kg/día * 0.35 * 0.092 = 0.00805\ Kg\ de\ TAN/\ día \quad (2)$$

Con esta información es posible obtener calcular el caudal necesario, Asumiendo que la concentración de amonio es: CS = 0.002g/L (Concentración de amonio Salida del estanque) y CE = 0.0013g/L (Concentración de amonio Entrada al estanque). Por lo que el caudal requerido (Q) viene dado por la ecuación 3.

$$\boldsymbol{Q} = \frac{TAN}{(CS - CE)} = 11500\ L/día \quad (3)$$

Esta cantidad de caudal se traduce a un aproximado de 8 litros por minuto que deberán ser bombeados para permitir el flujo de la recirculación.

El decantador y filtro biológico requieren de tiempos de sedimentación específicos que dependen directamente de las dimensiones de los mismos, en la figura 2 se muestran las especificaciones de cada uno en base a los cálculos realizados, el decantador dividido en dos partes cada una con una capacidad de 100 litros y el filtro biológico de .125 m de radio por 1 m de altura.

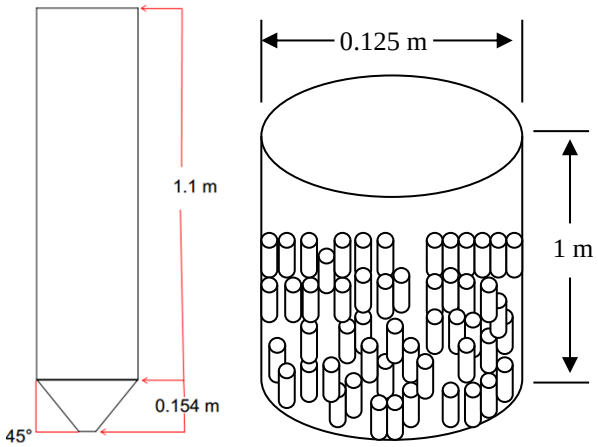


Figura 2. Dimensiones del decantador (izquierda). Esquema del filtro biológico y sus dimensiones (derecha)

Uno de los elementos fundamentales del sistema es la bomba geyser (airlift) que permite un menor consumo de energía, aprovecha el aire inyectado al biofiltro para hacer posible la recirculación de agua sin un dispositivo de bombeo, se requiere recircular más de 8 litros de agua por minuto por lo que se diseñó tomando en cuenta dicha necesidad. En la figura 3 se observa el principio de funcionamiento de una bomba geyser, primero se inyecta aire en el extremo sumergido de la bomba dentro de la recamara que lo almacena hasta lograr superar la presión que ejerce el agua al interior del tubo central, se forma una burbuja que empuja el agua hacia afuera del tubo, finalmente se reinicia el proceso.

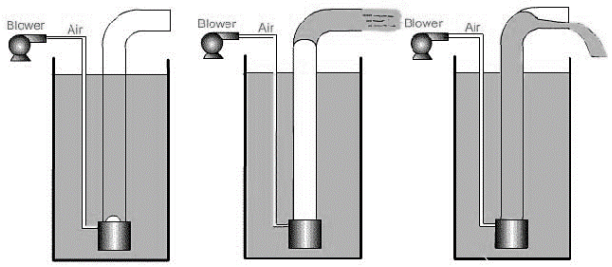


Figura 3. Principio de funcionamiento de bomba Geyser

6.2. Sistema de adquisición de datos

Un microcontrolador PIC 18F4550 se dedica a recibir la información de los sensores y activar los relevadores del sistema. Cuenta con una sonda de oxígeno disuelto AtlasScientific totalmente sumergible capaz de detectar niveles de 0 a 35 mg/L requiere de mantenimiento mínimo y puede mantenerse en el agua por tiempo indefinido, la sonda se conecta a un circuito EZO que acondiciona la

señal para transmitirla al PIC mediante comunicación serial. El sensor de temperatura DS18B20 es de alta resistencia y durabilidad obtiene medidas precisas de la temperatura dentro del estanque, al igual que el sensor de oxigeno puede mantenerse en el agua por tiempo indefinido y se comunica directamente con el PIC con el protocolo de comunicación I^2C. Para detectar el nivel de agua, se colocó un sensor de nivel on/off se necesita ajuste manual para detectar diferentes niveles. En la figura 3 se observa el esquema de la arquitectura del sistema embebido junto con la etapa de potencia, alimentación y la interfaz gráfica.

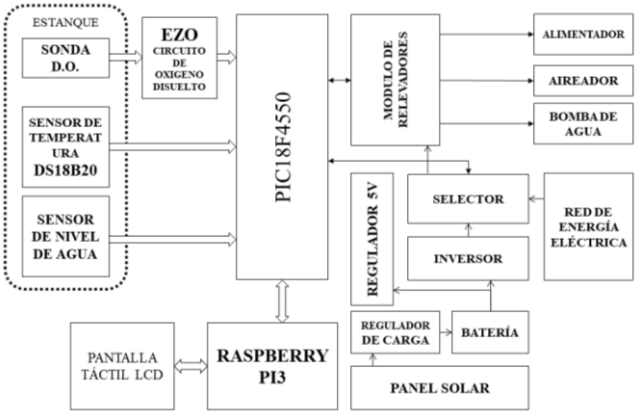


Figura 4. Esquema de la arquitectura del sistema embebido

6.3 Etapa de potencia

El aireador del sistema, la bomba de agua y el alimentador de peces se activan con relevadores de estado sólido a través del PIC. Se utiliza un aireador de ¼ hp (180 W) que inyecta aire a la bomba geyser y los difusores del estanque, su consumo de energía se reduce casi 100 W al mantenerse encendido y sin obstrucción en la tubería de aire.

La bomba de agua es una bomba pequeña de apenas 1 litro por minuto, si se toma en cuenta que la filtración y evaporación de agua del sistema es de apenas 2 litros por día en temperaturas de 30 – 40 °C el flujo de agua se estima es suficiente y el consumo energético casi despreciable, de apenas 15 W. Para el alimentador de peces las estimaciones de consumo de energía se calcularon en 5 W por día ya que enciende en pequeños lapsos de tiempo a horas específicas.

6.4 Fuentes de alimentación

La fuente principal de alimentación es el sistema fotovoltaico, se cuenta con dos paneles solares de 90 W conectados a un regulador de carga para batería de 12 V, un inversor convierte el voltaje directo proporcionado por la batería en voltaje alterno para alimentar la etapa de potencia.

Un selector conformado por relevadores mecánicos y controlado por el PIC elije entre la alimentación de la red de energía eléctrica y el inversor alimentado por los paneles solares, esto permite asegurar la energización del sistema en situaciones críticas donde la betería no cuenta con la carga suficiente para alimentar el sistema. También se incluye un regulador de voltaje de 5 V conectado a la batería, cuya energía es aprovechada por el PIC y la Raspberry Pi 3.

6.5 Interfaz gráfica

La encargada del monitoreo de los datos y control del sistema es una Raspberry Pi3 que muestra un menú a través de una pantalla táctil como se muestra en la figura 4.

Tiene 4 pantallas principales, la primera “HOME” contiene la información de la hora, temperatura, nivel de oxígeno disuelto, nivel de agua y nivel de batería, desde esta pantalla y cualquiera de las demás es posible seleccionar de forma manual la alimentación de energía en el sistema (se habilita desde la ventana “ENERGÍA”), el encendido del soplador, encender el alimentador y activar la iluminación del estanque. La ventana de “FISH” sirve para configurar las opciones del alimentador automático, pudiendo seleccionar entre 6 horas preestablecidas y configurarlas, también es posible seleccionar la opción por periodos de tiempo en lapsos desde 1 a 12 horas. Desde la ventana de “ENERGÍA” se presentan 3 opciones para energizar el sistema, de forma manual, por periodos de tiempo o automáticamente dependiendo del nivel de batería (programable). Por último, la ventana de “CONFIGURACIÓN” nos permite seleccionar entre variables predeterminadas dependiendo de la etapa de crianza de la tilapia o valores guardados previamente.

Figura 5. Interfaz gráfica de usuario con raspberry Pi 3

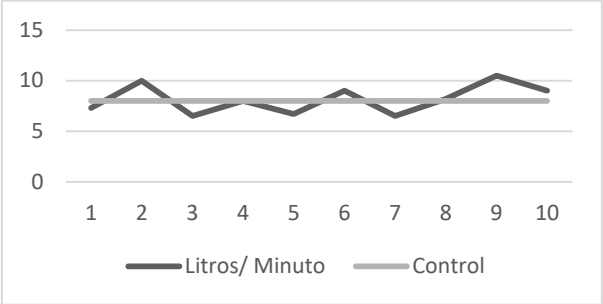
7. RESULTADOS

Se construyó el sistema con base a las especificaciones calculadas como se observa en la figura 5, un sistema compacto que integra cada etapa del ciclo de recirculación alimentado por paneles solares o la red eléctrica.

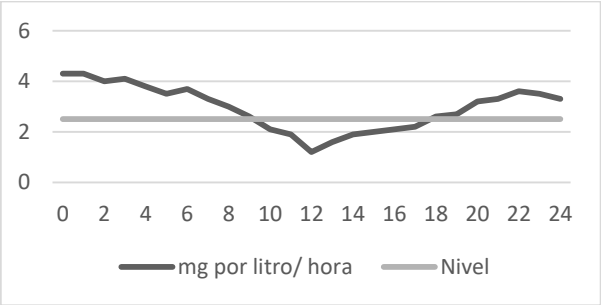
La bomba Geyser demostró ser capaz de bombear en promedio 8.1 litros por minuto, la gráfica 1 muestra las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en lapsos de 1 minuto. En días soleados fue posible alimentar el aireador durante 17.5 horas de forma constante sin la etapa de automatización.

El sistema controla el nivel de oxigeno preestablecido con un control de lazo cerrado on/off para el soplador de aire los resultados se observan en la gráfica 2.

No fue posible probar el sistema con Tilapia debido a la época del año cuando fueron realizadas las pruebas.



Gráfica 1. Litros por minuto entregados por la bomba Geyser



Gráfica 2. Cantidad de mg/l dentro del estanque

8. CONCLUSIONES

Es posible alimentar el sistema con dos paneles solares de 90W, será necesario optimizar la automatización del sistema para distribuir las 17.5 horas de energía medidas para aprovecharlas de manera óptima. Se espera contar con Tilapia Gris después de invierno para iniciar las pruebas de producción y automatización. La bomba Geyser nos permitió bombear el agua al mismo tiempo de oxigenarla, sin necesidad de tener una bomba de agua dedicada a la recirculación además de reducir el consumo energético total del sistema.

Figura 5. Sistema automatizado de recirculación para crianza de tilapia gris

9. REFERENCIAS

[1] KLONTZ W.G., (1991), "Producción de trucha arcoiris en granjas familiares", Universidad de Idaho, USA, 88.

[2] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2016. Disponible en: http://www.inegi.org.mx

[3] Manuales INIFAP, SAGARPA 2016

[4] Colt, J. 1986. "An introduction to water quality management in intensive Aquaculture." Pages 1-16. In:H. Lorz, convener. Section 6. Uses of supplemental oxygen. Northwest Fish Culture Conference, Eugene, Oregon.

[5] Trasviña M. A. G., Cervantes T. M., Pérez S. E., Timmons M., 2007, Sistema de recirculación Modular para uso familiar/multifamiliar. Instituto Tecnológico de Boca del Rio ITBoca, Veracruz México.