DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN DE LAS VARIABLES TEMPERATURA, PH Y OXIGENO DISUELTO EN UN PROCESO DE PISCICULTURA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MONITORING VARIABLES TEMPERATURE, PH AND DISSOLVED OXYGEN SYSTEM IN A PROCESS OF FISH FARMING

Catalina Muñoz Sabogal[1], Sandra Johanna Vargas Caro[2]

Tutor: Ing. Aldemar Fonseca[3]

Resumen:

Los sistemas de supervisión de las variables temperatura, PH y oxígeno disuelto en un proceso de piscicultura son importantes para la sostenibilidad y viabilidad de las poblaciones de peces a producir. En el presente artículo se describe la investigación que condujo al diseño e implementación de un sistema que permite monitorear temperatura, PH y oxígeno disuelto en un estanque para piscicultura continental de la especie tilapia roja, de tal manera que se obtengan los datos remotamente y en tiempo real. El estado de las variables se establece de acuerdo con los rangos definidos por la especie a producir. La estructura del sistema se da en tres módulos: el primero integrado por los sensores que captan los valores correspondientes y un dispositivo que convierte y envía la variable recibida del sensor. El segundo es el receptor de los datos, que los convierte y visualiza en una interfaz gráfica. El almacenamiento e historial de la adquisición de datos del estanque se realiza en una memoria EEPROM de un Arduino. El tercer módulo se encarga de enviar las alertas en un

[1] Estudiante tecnología electrónica, universidad Distrital Francisco José de caldas, facultad Tecnológica Correo: cataelectronic@hotmail.com

[2] Estudiante tecnología electrónica, universidad Distrital Francisco José de caldas facultad Tecnológica Correo: sajvargasc@correo.udistrital.edu.co

[3] Docente Universidad Distrital Facultad Tecnológica, correo: aldefonseca@yahoo.com

mensaje de texto, por medio de un modem GPRS. La evaluación del sistema indica confiabilidad y eficiencia de la información.

Palabras clave: Arduino, sensor de temperatura, sensor de ph, sensor de oxígeno disuelto, modem GPRS, interfaz gráfica.

Abstract:

Monitoring systems of variable temperature, pH and dissolved oxygen in a process of fish farming are important for the sustainability and viability of fish stocks to produce. In this article the investigation that led to the design and implementation of a system to monitor temperature, pH and dissolved oxygen in a pond for inland fish farming, so that the data are collected remotely and in real time is described. The state variables are set according to the ranges defined by the species to produce. The system structure is given in three modules: the first composed of sensors that capture the values and a device that converts and sends the variable received from the sensor. The second is the recipient of the data, which makes and displayed in a graphical interface. And storing history data acquisition pond is performed in an EEPROM of Arduino. The third module is responsible for sending alerts in a text message via a GPRS modem. The assessment indicates system reliability and efficiency of information.

Key Words: Arduino, temperature sensor, pH sensor, dissolved oxygen sensor, GPRS modem, graphical interface.

1. Introducción

La temperatura es la medida de grado de calor de un organismo, y desempeña un papel importante para determinar las condiciones de supervivencia de los seres vivos. En el caso de las tilapias rojas la temperatura óptima en que se puede mantener está en un rango de 28°C- 32ºC; aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5°C por debajo de este rango óptimo. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno.

En cuanto al PH, se sabe que indica la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El rango óptimo para la cultivar la especie mencionada está entre 6.5 a 9.0. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardo del crecimiento y retraso de la reproducción. Valores de PH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel, [1].

Con respecto al oxígeno disuelto, se tiene que el grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y PH. Es por ello que la tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/l), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4 mg/L; valores menores hacen que se reduzca el crecimiento e incrementa la mortalidad, [2].

No obstante, la ausencia de monitoreo confiable sobre estos cultivos de peces ha causado incertidumbre en su producción sostenida y eficiente. En consecuencia, se requieren sistemas que permitan monitorear tales variables en tiempo real, así como visualizarlos en interfaces gráficas.

El presente artículo describe un sistema de tal estilo, con el que se pretende que no se tenga la necesidad de dirigirse al estanque para observar el comportamiento de las variables; sino que en el momento que se tenga una variación que implique anomalía en el estanque se generen alertas que indiquen al usuario que debe revisar el estanque y controlar los niveles que se encuentren desfasados.

La estructura del documento es así: se describe la metodología empleada para el dispositivo, sus componentes y ensamble; las pruebas del sistema; los resultados y conclusiones obtenidas.

2. Metodología

El prototipo sigue el diagrama de siete bloques que determina la metodología del proyecto, mostrado en la figura 1. Se inicia con la adquisición de las variables: temperatura que se hace por medio de una sonda, la cual varía su resistencia según la temperatura que alcance. Seguidamente se realiza la comunicación con la tarjeta Arduino -donde se recibe el valor de la resistencia, se convierte y linealiza. Luego, a través del puerto serial Ethernet, se carga y visualiza el dato en grados centígrados (°C) en la interfaz creada para el monitoreo del estanque. Este mismo procedimiento se realiza con el sensor de PH – que requiere estar calibrado para que su medición sea óptima; y de la misma forma la sonda que permite sensar el nivel de oxígeno disuelto del estanque. La persona que accede a la interfaz gráfica podrá ingresar al sistema y visualizar las tres variables y generar una gráfica que indica el comportamiento de cada sensor con respecto al tiempo.

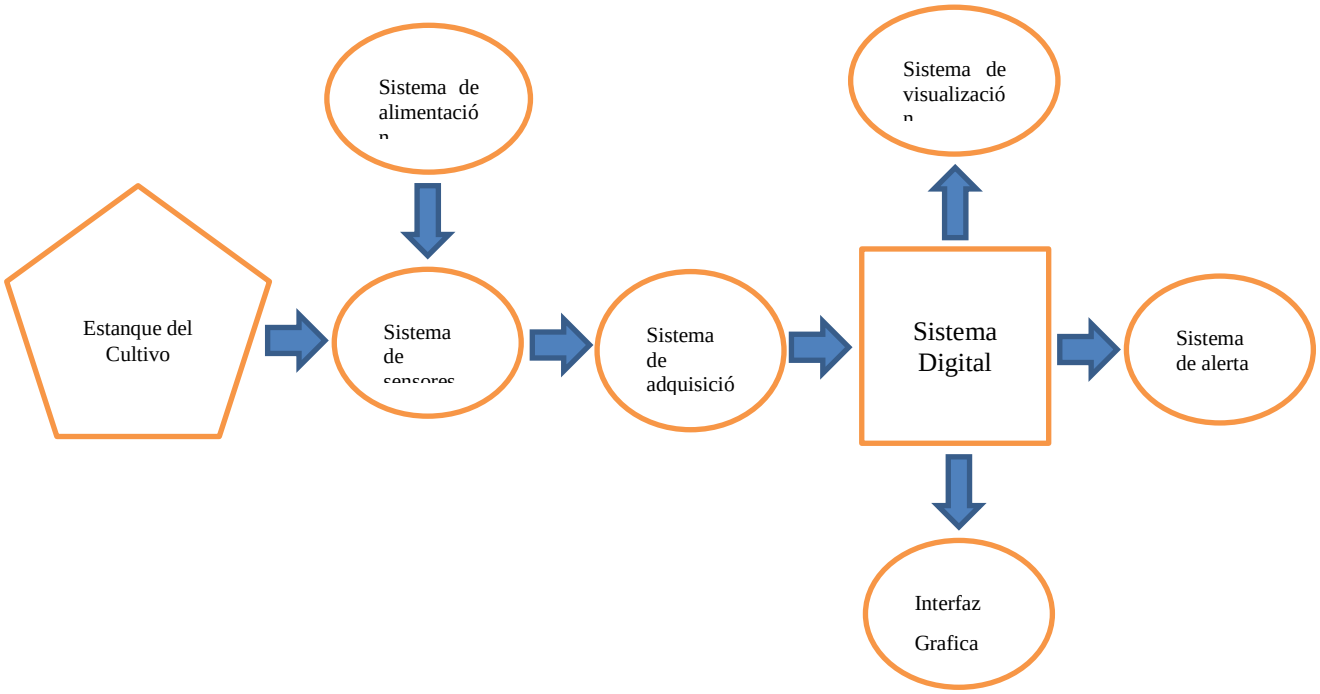


Figura 1. Diagrama de Bloques del proyecto. Fuente: [2]

Aunque el sistema está diseñado para que los valores puedan ingresarse manualmente, esto puede ajustarse a la necesidad del usuario, es decir, es un proyecto estándar que puede implementarse en cualquier finca que requiera medir las variables de temperatura, PH y oxígeno disuelto, en este caso la implementación se realiza en la Finca “Villa Mercedes”, ubicada en El Guamo, Tolima, en donde se tiene un estanque de tilapias rojas, cuyos valores específicos fueron evaluados anteriormente:

- **Temperatura**

El rango óptimo de temperatura fluctúa entre 28°C y 32°C con variaciones inferiores a 5°C.
Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno

- **PH**

Concentración de iones de hidrogeno en el agua.

- El rango óptimo esta entre 6.5 a 9.0.

- Valores por encima o por debajo, causan cambios contemporáneos en los peces como: letargia, inapetencia, disminución y retraso en la reproducción y el crecimiento.

- Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad de 3 a 5 horas por fallas respiratorias, además causan perdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus en branquias y epidermis

- **Oxígeno disuelto**

Se define un nivel de oxígeno superior a 4.5 ppm y no inferior a 3.0 ppm

2.1. Adquisición variable de la temperatura.

Por medio de una sonda de temperatura, que debe introducirse en el estanque, se obtiene los los valores de la temperatura del agua.





Figura 2. Adquisición de la temperatura. **Fuente: elaboración propia**.

El protocolo para la toma de temperatura se compone de los siguientes pasos:

1. Introducir la sonda dentro del estanque.
2. Introducir los valores máximos y mínimos en la interfaz
3. El tiempo admisible para tomar la prueba es de hasta 60 segundos, por estabilización, y puede visualizarse en la interfaz gráfica.

2.2. Adquisición de la variable PH

Por medio de una sonda, que debe introducirse en el estanque, se obtiene los valores del PH del agua, ver figura 3.



Figura 3. Adquisición de Ph. Fuente: **Elaboración propia**.

El protocolo para la toma de PH se compone de los siguientes pasos:

1. Introducir la sonda dentro del estanque.
2. Introducir los valores máximos y mínimos en la interfaz.
4. El tiempo admisible para tomar la prueba es de hasta 60, por estabilización, y puede visualizarse en la interfaz gráfica.

2.3. Adquisición de la variable Oxígeno Disuelto

Por medio de una sonda, que debe introducirse en el estanque, se obtiene los valores Oxígeno disuelto (OD), ver figura 4. Una solución química activa la sonda de manera que se obtienen los valores de OD.



Figura 4. Adquisición del Oxígeno disuelto. **Fuente: elaboración propia**

El protocolo para la toma de Oxígeno Disuelto se compone de los siguientes pasos:

1. Introducir la sonda dentro del desagüe del estanque.
2. Introducir los valores máximos y mínimos en la interfaz.
3. El tiempo admisible para tomar la prueba es de hasta 60, por estabilización, y puede visualizarse en la interfaz gráfica.

2.1.1. Sonda Sensor De Temperatura Ds18b20

La adquisición de la variable de temperatura se hizo por medio de la lectura del sensor -que es hasta 125 ° C-. Debido a que la trasmisión de la lectura de temperatura se hace en protocolo one-wire no hay perdida se señal o inclusión de ruido, incluso en largas distancias. El DS18B20 ofrece lecturas de temperatura con una resolución de 9 a 12 bits (configurable), a través de una interfaz 1-Wire de una resistencia cuyo valor varía según su temperatura. Véase figura 5.



Figura 5. Sonda Sensor De Temperatura Ds18b20. **Fuente: elaboración propia**.

2.1.2. Sensor de PH

El sensor de PH es un medidor analógico, figura 5, diseñado especialmente para los controladores de Arduino. Para que esta conexión sea sencilla se realiza un diseño con operadores amplificadores que permiten obtener dos ganancias diferentes con los cuales es posible calibrar el sensor de acuerdo con los niveles conocidos entre 0 y 14; y de esta manera la toma de los valores sea más precisa. Para hacer que la conexión con el Arduino sea sencilla, se ha implementado una entrada BNC; esto con el fin de dejar la entrada serial libre para otra aplicación; cuenta con un LED -que funciona como el indicador de encendido-, que permite saber si está correctamente conectado y de esta manera leer el valor de PH con facilidad, [3].

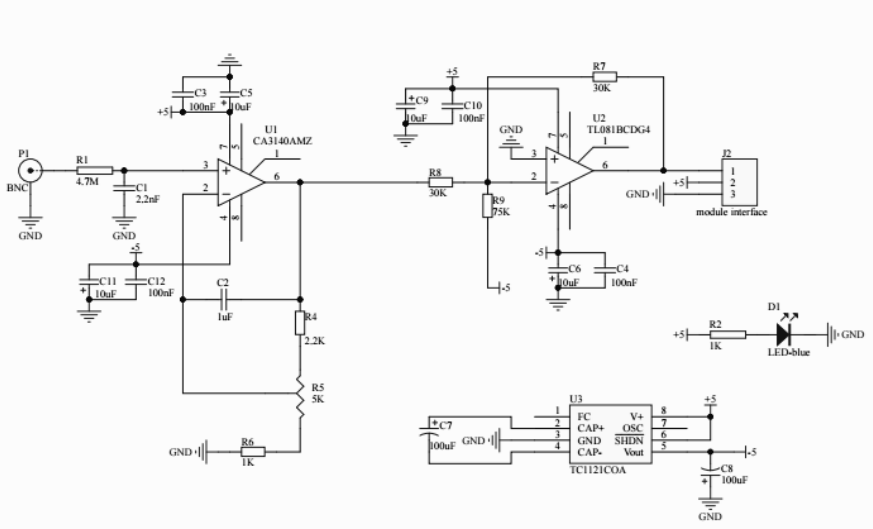


Figura 5. Sensor PH. Fuente:[4].

2.2. Arduino

Las resistencias de salida de los circuitos de adquisición ingresan por una entrada análoga al Arduino, donde se asigna a cada uno, una variable Float y se hace la respectiva programación para convertir, linealizar y visualizar los datos de temperatura, Ph y Oxígeno disuelto del estanque los cuales se cargan y visualizan en la interfaz gráfica, [5]. Figura 6.



Figura 6. Tarjeta Arduino. **Fuente: elaboración propia.**

2.3. Módulo GSM

Este módulo es el encargado de enviar un mensaje de texto cada vez que el sistema genera algún tipo de alarma, ya sea por niveles bajos o niveles altos de cada una de las variables. A pesar de que también puede configurarse para que realice una llamada telefónica, la aplicación para este proyecto es solamente la de mensajería, [6]. Figura 7.



Figura 7. Módulo GSM GPRS. **Fuente: elaboración propia.**

2.4. Envío del dato tomado a través de GPRS

Este módulo GPRS/GSM es muy utilizado para aplicaciones de comunicaciones de datos usando la RED GSM y GPRS, opera en las cuatro bandas usadas para ésta red en 850, 900, 1800 y 1900 MHZ. Está montado en una Board con socket para SIM CARD, conector para antena U.FL. Éste módulo incluye el protocolo TCP/IP y usa el protocolo PAP para conexiones PPP. Para este caso utilizamos el protocolo TCP para establecer la comunicación entre el arduino y el modulo. Figura 8.

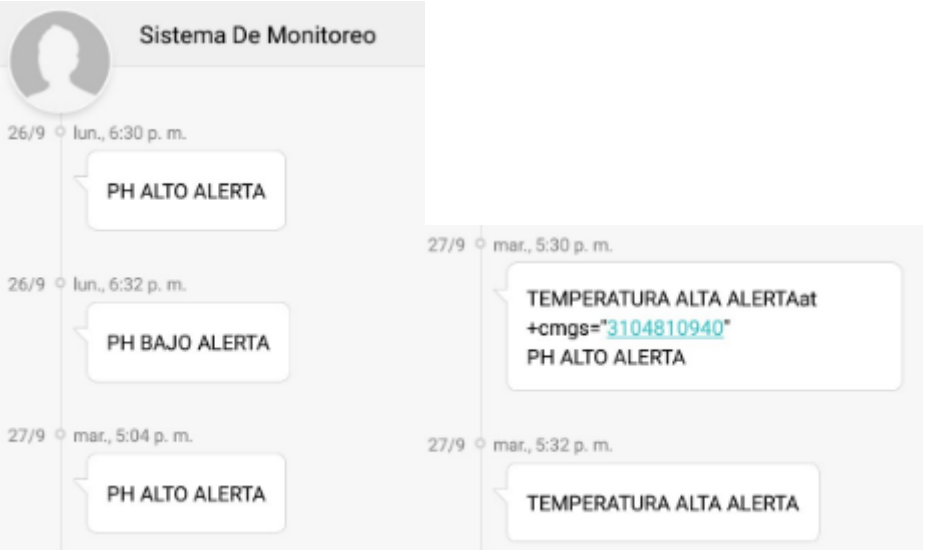


Figura 8. Envió de datos. **Fuente: elaboración propia.**

2.5. Interfaz gráfica

Para la implementación del sistema de supervisión de las variables temperatura, ph y oxígeno disuelto en un proceso de piscicultura se diseñó una interfaz gráfica. Esta se construyó, llamando por medio de Arduino las pequeñas partes que la componen según se necesitaba; se construyó así:

Se diseña la interfaz, se definen el color y fondo de la página, tamaño y fuente de la letra y todo lo relacionado con el diseño de la misma. Hay una interfaz donde se deben ingresar los valores máximos y mínimos para cada una de las variables. Después de ingresar los datos correctos, se introducen los sensores en el estanque, y es necesario esperar un mínimo de 60 segundos para que se estabilice el sistema y comience el proceso de monitoreo. De esta manera se observa el valor de cada una de las variables en tiempo real, además se tiene la opción de graficar cada valor en una tabla con respecto al tiempo y de esta manera ver su comportamiento. Si se genera alguna alerta por valores desfasados la interfaz también nos mostrara la señal que identifica que variable esta fuera del rango y qué valor tiene. Figura 9.

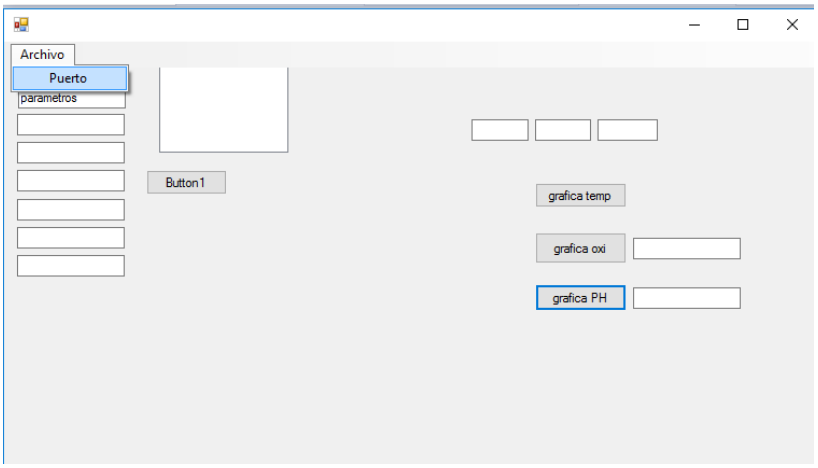


Figura 9. Interfaz gráfica. **Fuente: elaboración propia.**

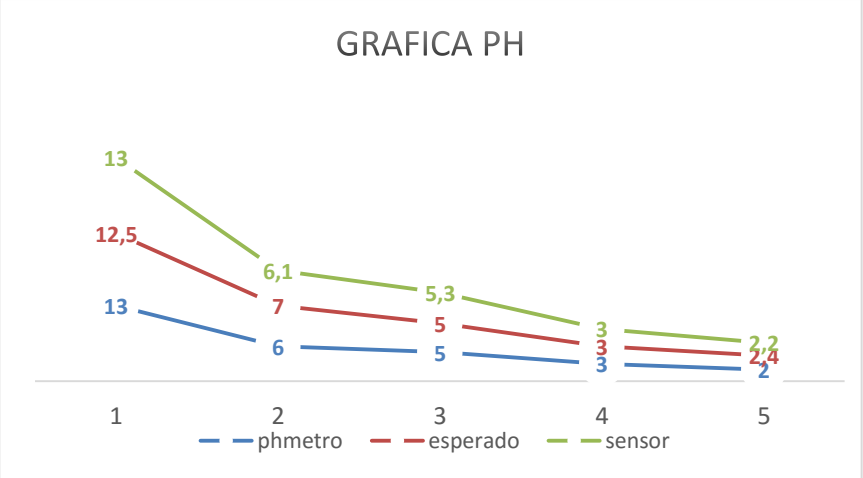
3. Pruebas

3.1. Toma de muestras

Antes de tomar una muestra, se realizan pruebas con varios elementos que manejan diferentes tipos de PH, y se hacen mediciones con cinta para medir PH, ver tabla 1, gráfica 1 y figura 10 y 11.

Líquido	Phmetro	Esperado	Sensor
cloro	13	12,5	13
agua pura	6	7	6
café	5	5	5
naranja	3	3	3
limón	2	2,4	2

Tabla1 Comparativa PH. Fuente: **elaboración propia.**



Grafica1 Comparativa PH. Fuente: **Elaboración propia.**



Figura 10.Pruebas realizadas con diferentes fluidos. Fuente: **elaboración propia.**



Figura 11.Cintas para medir PH. Fuente: **elaboración propia.**

3.1.1. Sensor de Oxígeno Disuelto

La sonda de oxígeno disuelto va provista de una membrana que cubre el sensor galvánico y un termistor integrado para la medición y compensación de temperatura. El oxígeno pasa a través de la membrana causando un flujo de corriente eléctrica, del cual se determina la concentración de oxígeno.

La calibración es un procedimiento sencillo, solamente se debe asegurar que la sonda esté preparada para mediciones, es decir se haya llenado la membrana con electrolito. Para mayor precisión, la calibración debería realizarse en el lugar de medición y la sonda debería estar a la misma temperatura que el aire, [4]. Figura 12.



Figura 12. Sonda de oxígeno disuelto. **Fuente: elaboración propia.**

4. Resultados

Para cada uno de los sensores se exhiben los resultados de las pruebas dadas anteriormente, figuras 13-16.

Sensor de temperatura

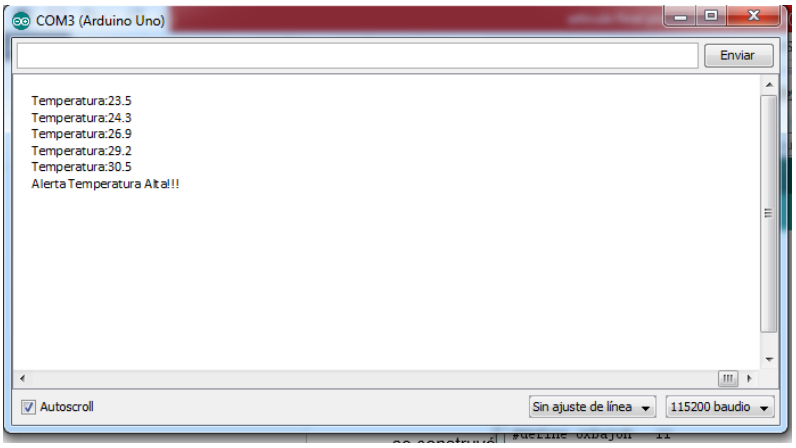


Figura 13. Temperatura alta. Fuente: **Elaboración propia.**

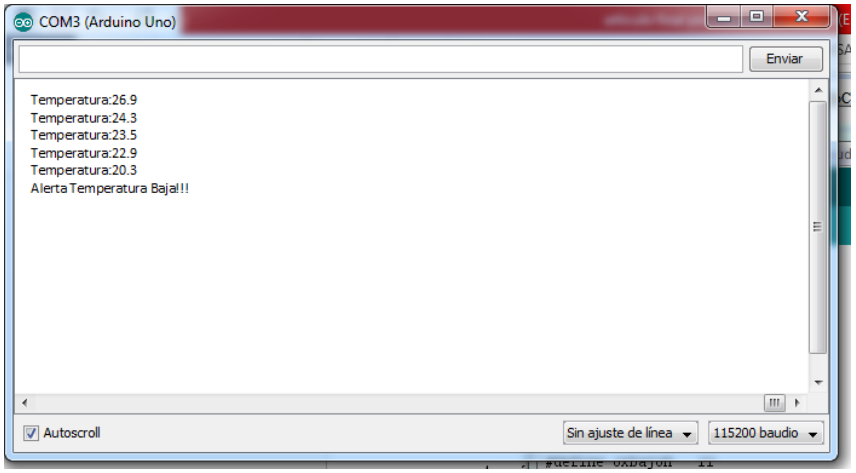


Figura 14. Temperatura baja. Fuente: **Elaboración propia.**

Sensor PH

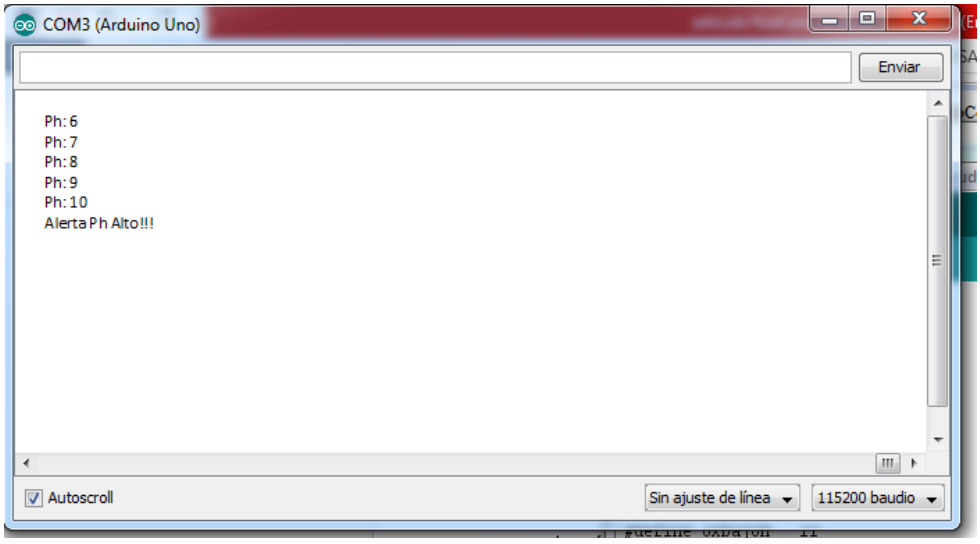


Figura 15. PH Alto. Fuente: **Elaboración propia.**

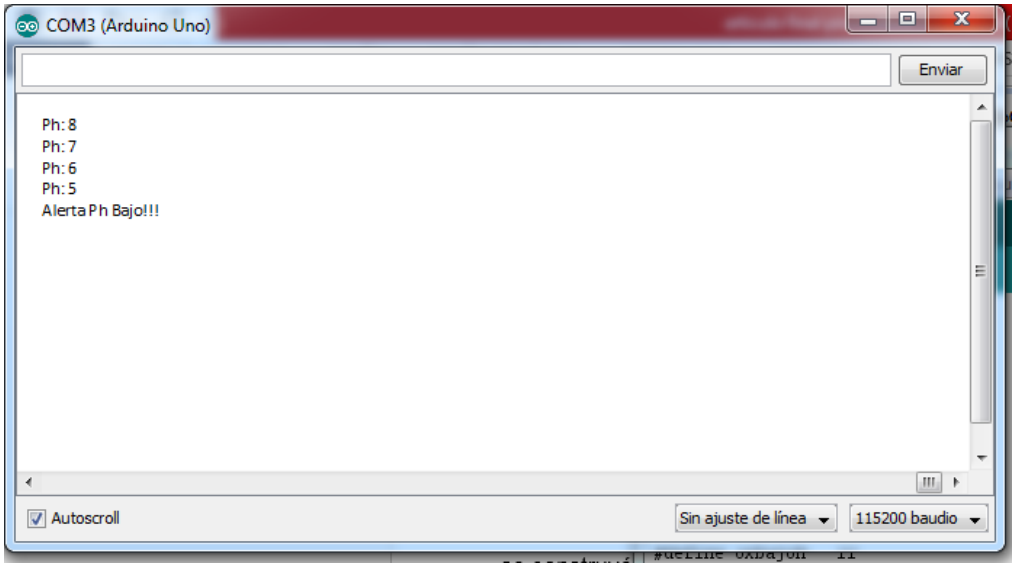


Figura 16. PH bajo. Fuente: **Elaboración propia.**

Sensor Oxígeno Disuelto

En cuanto a los resultados esperados con el sensor de oxígeno disuelto se tiene que, no fue posible obtener resultados positivos con este sensor ya que la sonda que se tenía inicialmente para ser utilizada como sensor y obtener las mediciones esperadas, resultó ser una sonda de tipo industrial que solo funciona por medio de un mini controlador de oxígeno disuelto, hi 8410, el cual cuenta con unas características de conexión y amplificación de la señal específicas para su funcionamiento. Por tal razón no se encuentra ningún data sheet u hoja de especificaciones técnicas, para poder revisar características de la sonda, ya que es única para conectarse al mini controlador, tal como se muestra en la figura 17.

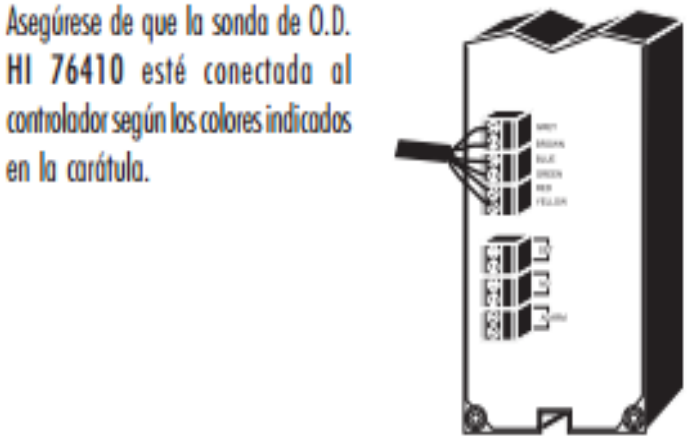


Figura 17. Conexión Sonda O.D en mini controlador: **Hanna Instruments**

Sin embargo, con tal de llegar a la Celda de Clark que esta sonda contiene, se desarmo la sonda hasta llegar al origen donde pusiéramos encontrar el circuito y saber cuáles son los cables de conducción de la celda, el electrolito y su respectiva alimentación, pero al hacer este proceso seguimos encontrándonos con los mismos seis cables que se tenían inicialmente, se probó con diferentes conexiones, alimentándolo con 5V y poniéndole una resistencia de 10KΩ para obtener algún tipo de medición ya fuera de resistencia o de voltaje, pero los resultados fueron negativos, no fue posible encontrar relación entre los cables y determinar cuáles son los cables que provienen de la celda.



Figura 18.Sonda de OD desarmada: **Elaboración propia.**

PRUEBAS DE LABORATORIO

Ya que no fue posible utilizar la sonda, se realizaron pruebas de laboratorio para obtener los datos requeridos para medir el oxígeno disuelto, las cuales fueron:

- ✓ Se recoge el agua a analizar en frascos de 100ml de boca estrecha y tapón de vidrio, por inmersión, tapándolo bajo el agua sin que queden burbujas de aire y sin agitarlo. Se tomaron dos muestras.

Por cada 100ml de la muestra, se añade con una pipeta que llegue hasta el fondo del frasco

- ✓ 1ml de una solución de 400g de $MnSO_4 2H_2O$ en un litro de agua.
- ✓ 1ml de una solución de 500g de NAOH y 500g de KI en unlitro de agua.
- ✓ Se cierra el frasco para que no queden burbujas, agitándolo repetidamente y se deja reposar el precipitado hasta que el agua superior este clara. Se agita y se deja sedimentar por segunda vez.
- ✓ Se disuelve el precipitado añadiendo 1ml de ácido sulfúrico o clorhídrico concentrado.
- ✓ Una hora después, se toman 50ml de la disolución acida y se introducen en un matraz Erlenmeyer de 100ml, se valora rápidamente con tiosulfato sódico, 0,005M hasta que el color del yodo palidezca. En ese momento se añaden 5ml del indicador de almidón hasta la decoloración del mismo.

Interferencias

Los resultados pueden verse alterados si hay mucho plancton o grasas en el agua, que absorben yodo.

MEDICION

- ✓ En cada tubo se añaden 2 gotas de sulfato de manganeso y dos gotas de hidróxido de sodio.
- ✓ Se coloca un tapón y se agita. Se forma un precipitado de diferente color, en función de la concentración de oxígeno, basados en la tabla2




Figura 19.Medicion de OD en Laboratorio: **Elaboración propia.**

COLOR DEL PRECIPITADO	**CONTENIDO EN OXIGENO DEL AGUA**	**GRADO DE CONTAMINACION ORGANICA**
CASTAÑO	Bueno, más de 9mg/l de OD	Débil o sin contaminación
AMARILLO	Pobre, de 1 a 9mg/l de OD	Contaminación media
BLANCO	Muy escaso, Menos de 1mg/l	Contaminación muy fuerte

Tabla2 Comparativa OD. Fuente: **elaboración propia**

5. Conclusión

Durante la programación con el Arduino, se detectó que puede llegar a ser una plataforma bastante estable, tiene diferentes funciones que al saberlas aplicar dan los resultados esperados. Por lo cual se concluye que éste es un hardware libre diseñado para facilitar el uso de la electrónica a nivel educativo para aprendizaje básico de programación.

Se seleccionó una sonda de temperatura Ds18b20 por su exactitud y teniendo que el rango de medición es tolerable a cambios mínimos, que ayudan a que el cultivo sea lo más óptimo posible.

De Igual manera se tiene el sensor de PH, calibrado en el nivel medio 7 -que es el PH del agua-, luego de probar con diferentes sustancias que permitieran ver la variación y la exactitud de los valores medidos después de haber realizado la calibración inicial.
Con el sensor de oxigeno el proceso fue un poco diferente, ya que para realizar la medición de esta variable se requiere una sustancia dentro de un recipiente, y una muestra del agua que se quiere para realizar la prueba.

Se creó una interfaz gráfica que permite ingresar los valores que el usuario desee establecer como limites superiores e inferiores, así mismo validar el valor de cada una de las variables en tiempo real, su comportamiento a través de tiempo y observar si se presenta el desfase de alguna que de las variables que puedan salirse de los parámetros anteriormente establecidos.

Se realiza la transmisión por medio de un Módulo GSM y la información del estado de las variables, cuyo rango fuera de los rangos se establecieron previamente, se hace por medio de la interfaz gráfica.

Ya que las pruebas de laboratorio realizadas, no son lo suficientemente precisas para cumplir con la correcta medición del oxígeno disuelto y que la sonda que se adquirió para implementar en el estanque no funcionó se contempla la posibilidad de construir el sensor, sin embargo no es posible ya que se requiere de una membrana que no se consigue por lo menos en el departamento de Cundinamarca, lo que lo hace más complicado aún, se buscó información de un proyecto donde se construyó un sensor de OD, en la Universidad Distrital Francisco José de caldas, Facultad Tecnología Electrónica, en el año 2005, sin embargo no es posible acceder a estos archivos ya que en ese entonces no se llevaba un control ni registro electrónico como el que se ha venido implementando en los últimos años, por los cual no tuvimos acceso a la información.

5. Referencias

[1] A. Al and C. D. E. L. O. S. Peces, “PISCICULTURA.”

[2] C. U. López and P. Dorado, “Cultivo de peces en jaulas,” pp. 367–396.

[3] NICOVITA. “Manual de crianza de tilapia”

[4] HANNA Instruments “Hanna Colombia”,oxigeno-disuelto. shop.product_details 1-3

[5] MACTRONICA. “Arduino-Leonardo-r3”

[6] MACTRONICA. “Módulo-GSM-GPRS”, sim800l.