

## COLOMBIAN JOURNAL OF ADVANCED TECHNOLOGIES

AUTOMATIZACIÓN DE ESTANQUE PARA CRÍA DE ESPECIES ACUATICAS,  
FASE 1: MONITOREO DE NIVEL.

Eng. Edson Aguirre Cobos, Eng. José Manuel Rosas Camacho,  
Eng. Francisco Javier Reyes Santamand,  
MSc. Octavio Augusto García Alarcón, PhD. Miguel Castro Licon.

## ITSCO - Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan

División de Ingeniería Electrónica.

Cosamaloapan, Veracruz, México.

Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 144

E-mail: octavioie@gmail.com

**Abstract:** This article presents the automation for level monitoring in a pond for further use in the analysis of aquatic-species-breeding for human consumption. The heart of the prototype is an Arduino and an ultrasonic sensor to level measurement. Additionally, Xbee modules for wireless communication are used. A computer is used to monitor and to graph the level data obtained. The interface is built in LabView. Results of experiments are presented on this document. This is the first phase of the project which is planned to monitor and control other variables.

**Keywords:** Automation, level monitor, Arduino, Labview interface.

**Resumen:** Este artículo presenta la automatización para monitoreo de nivel en un estanque para su posterior uso en el análisis de cría de especies acuáticas de consumo humano. El corazón del prototipo es un Arduino y un sensor ultrasónico para medir el nivel. Adicionalmente se usan módulos XBee para comunicación. Una computadora es usada para monitorear y mostrar los datos obtenidos. La interfaz es construida en Labview. Se presentan resultados de experimentos. Esta es la primer fase del proyecto el cual está planeado monitoree y controle otras variables.

**Palabras clave:** Automatización, monitoreo de nivel, Arduino, interfaz con LabView.

## 1. INTRODUCCIÓN

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. La automatización constituye particularmente, uno de los aumentos de calidad y productividad en el mundo (Smith C. y Coripio A., 1991), (Pallás, R., 2004). Sus principales objetivos son mejorar

la productividad, las condiciones de trabajo del personal (si existe) y mejorar la disponibilidad de los productos.

Por otro lado los problemas de falta de alimento y de falta de empresas sustentables que apoyen los sectores agropecuarios, son tema actual de investigación. Este proyecto propone la monitorización, automatización y control de variables físicas en estanques para la producción

de peces u otras especies marinas de consumo humano y que sea de bajo costo. Se busca monitorear y controlar diversas variables como temperatura, pH, oxígeno, amoníaco y otras, siendo específicamente en este artículo expuestos los resultados del monitoreo de nivel.

El registro de las variables monitoreadas será usado para análisis posteriores de la producción y cuidado de las especies.

El corazón de la instrumentación es un Arduino UNO y un sensor ultrasónico. El prototipo tiene 2 modalidades una local donde el Arduino guarda los datos en una SD y una modalidad remota donde los datos de nivel son enviados de manera inalámbrica a una PC con una aplicación realizada en LabView para guardar, monitorear, graficar y subir a internet los datos, para usarse en una aplicación móvil. La organización de este artículo es de la manera siguiente: En la sección 2 se analiza el modelado matemático del estanque para el cálculo del volumen. La instrumentación general del sistema es explicada en la sección 3. La sección 4 y 5 muestran el montaje de los dispositivos y la comunicación inalámbrica respectivamente. La sección 6 muestra el instrumento virtual para graficación de los datos. Finalmente se muestran las conclusiones.

## 2. MODELADO DEL ESTANQUE CON CAMBIO DE NIVEL

El estanque donde se realiza la automatización se encuentra en el Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan. En la Figura 1 pueden observarse las medidas y forma del estanque, el cual tiene la forma de una pirámide rectangular truncada.

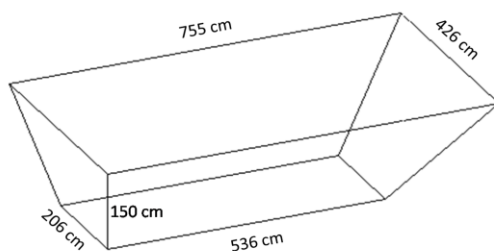


Fig. 1 Medidas del estanque.

y su volumen se calcula con (1)

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}) \quad (1)$$

Donde  $A_1$  y  $A_2$  son las áreas de los rectángulos inferior y superior respectivamente,  $V$  el volumen total del estanque y  $h$  la altura.

Como se observó anteriormente, las secciones transversales del estanque son rectángulos, cuyos lados varían en función de la altura a la cual se efectúe la sección transversal, siendo  $L$  y  $M$  las longitudes de los lados, y  $A$  el área en función de la altura  $h$ . Entonces el área en función de la altura de la sección transversal superior es (2)

$$A(h) = L \cdot M \quad (2),$$

y como puede observarse en la figura 2, el estanque visto de lado es simétrico respecto al eje  $y$ , por lo tanto a fin de establecer relación entre  $L$  y  $h$  se trabaja con la mitad del trapecio que se forma como se muestra en la figura 3

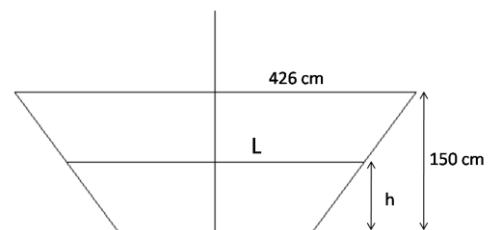


Fig. 2 Vista lateral del estanque.

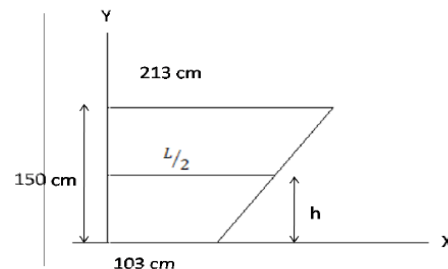


Fig. 3 Vista media lateral del estanque

Observando la figura 3 como un triángulo rectángulo se puede obtener la relación entre  $L$  y  $h$ , como se muestra a continuación en la figura 4

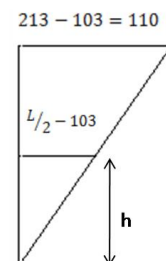


Fig. 4 Conversión a triángulo rectángulo

donde despejando  $L$  obtenemos (3)

$$L = \frac{22}{15}h + 206 \quad (3).$$

Posteriormente se analiza el estanque respecto de una de las dos caras no paralelas a la anterior y buscando establecer una relación entre  $M$  y  $h$  se trabaja con la mitad del trapecio que se forma como se muestra en la figura 5

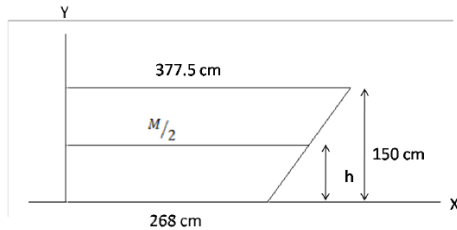


Fig. 5 Vista media frontal del estanque

donde al igual que el procedimiento anterior de la otra cara del estanque, se obtiene un triángulo rectángulo con la relación entre  $M$  y  $h$ , resultante de la figura 6

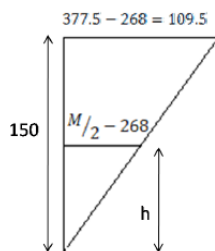


Fig. 6 Conversión a triángulo rectángulo

y despejando  $M$  obtenemos la ecuación (4)

$$M = \frac{73}{50}h + 536 \quad (4),$$

Sustituyendo (3) y (4) en (1), obtenemos entonces (5)

$$V = \frac{h}{3} \left( A_1 + L \cdot M + \sqrt{A_1 + (L \cdot M)} \right) \quad (5),$$

que es el volumen del estanque debido al cambio del área del rectángulo representado por el incremento del agua. Con esto podemos determinar poner un sensor para que calcule el cambio de  $h$  y así el cambio del área debido al incremento o decremento del nivel.

### 3. INSTRUMENTACIÓN.

El corazón de la instrumentación es un arduino UNO al cual se conecta un sensor ultrasónico encargado de medir la altura del nivel de agua.

Para tomar y recopilar los datos con hora exacta se adicionó un shield de reloj de tiempo real y un shield SD para guardar la información. Adicionalmente un módulo XBee está conectado para enviar la información de manera inalámbrica a una PC con otro módulo XBee (Arduino, Creative Commons Attribution Share a Like 3.0, 2014). Una aplicación hecha en Labview sirve para recopilar y graficar los datos.

### 3.1 SENSOR ULTRASÓNICO PARA MEDIR NIVEL

El sensor utilizado para medir nivel es un sensor ultrasónico el cual fue elegido por ser no invasivo al estanque.

El sensor elegido fue el modelo HC-SR04 mostrado en la figura (7). Se eligió este modelo de sensor debido a su precio bajo en el mercado y buena precisión para medir distancias (cubre hasta un rango de 4 metros de longitud). Este sensor contiene un emisor y un receptor de ondas de ultrasonido, y funciona a modo de sonar, de tal forma que el emisor lanza un tren de pulsos ultrasónicos y el receptor espera el eco de dicho tren de pulso en algún objeto.

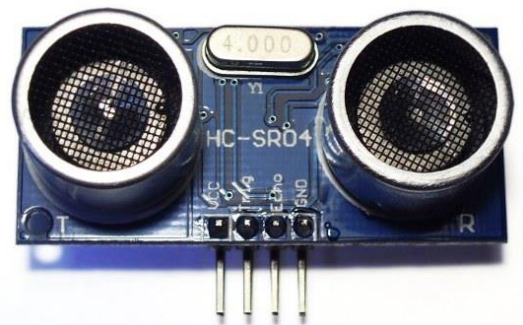


Fig. 7 Sensor ultrasónico HC-SR04

### 4. MONTAJE Y CÁLCULOS DE MEDICIONES CON EL SENSOR ULTRASÓNICO.

La distancia medida es proporcional a la amplitud del eco de la señal enviada, y para calcular dicha distancia se utiliza (6)

$$D = V \cdot t \quad (6),$$

donde  $D$  es la distancia del sensor al líquido a sensar medido en  $cm$ ,  $v$  la velocidad del sonido emitido por el sensor a una temperatura ambiente promedio de  $30^\circ$  Celsius que es igual a  $34300 \text{ cm/seg}$  y  $t$  el tiempo que las ondas tardan en recorrer  $1cm$ . Con estos valores encontramos (7)

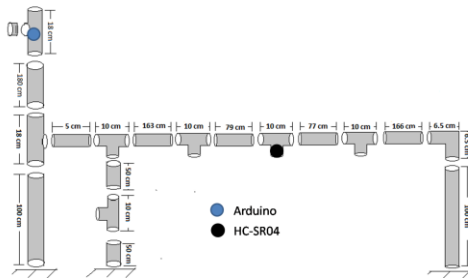
$$t = 29.15 \mu\text{seg} \quad (7),$$

que es el tiempo que la onda tarda en recorrer  $l$  cm. Con este dato, entonces calculamos la distancia del sensor al estanque con (8)

$$D_{cm} = \frac{\left( t_{señal} / 29.15 \mu\text{seg} \right)}{2} \quad (8),$$

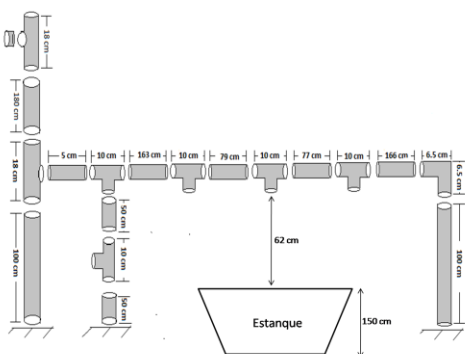
donde la división entre 2 se debe a que la señal desde que es enviada por el emisor recorre la distancia hasta el objeto y vuelve por el mismo camino hasta el receptor, de modo que la onda recorre 2 veces el mismo camino.

El sensor es colocado en una estructura de PVC junto con el arduino, como se muestra en la figura (8)



**Fig. 8 Ubicación del sensor y arduino UNO en la estructura.**

Como se muestra en la figura (9), hay una distancia de 62 cm entre el sensor y el estanque.



**Fig. 9 Ubicación entre el sensor ultrasónico y el estanque.**

Tomando en cuenta esta distancia y los cálculos en (8) se suma la distancia del sensor y la profundidad del estanque y luego se resta la distancia que mida el sensor ultrasónico, finalizando el cálculo se obtiene (9)

$$Nivel = 212 - D_{cm} \quad (9).$$

El montaje final del sensor, arduino y la estructura son mostrados en las figuras 10 y 11



*Fig. 10 Ubicación y ensamblado físico del sensor en la estructura.*



*Fig. 11 Montaje final de la estructura con el sensor y arduino en el estanque.*

## 5. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Para mandar los datos del estanque hasta una PC ubicada en laboratorio de electrónica del ITSCO de manera inalámbrica, se eligió el modelo XBee serie 2 debido a que tiene un rango de comunicación a 120 metros al aire libre y no presentan interferencia a la hora de la comunicación asegurando recibir la información de manera correcta.

Para montar el XBee en el arduino se utiliza un shield SD como el que se muestra en la figura 12. Este shield sirve para montar al XBee y conectar una micro-SD en el arduino, por medio del cual se permite el guardado de los datos del sensado (Arduino, Creative Commons Attribution Share a Like 3.0, 2014).



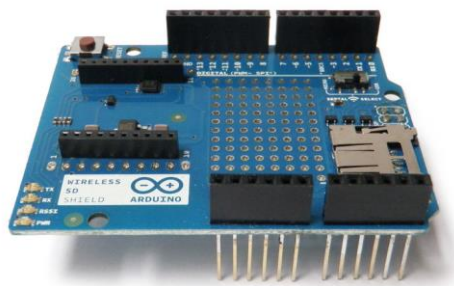


Fig. 112 Shield wireless SD

Para que los datos se guarden con fecha y hora para así llevar un mejor registro se le anexa al circuito un módulo RTC (Real Time Clock), como se muestra en la figura 13



Fig. 13 Módulo RTC

Los datos son guardados en la SD y enviados inalámbricamente vía XBee a una PC la cual cuenta con un módulo receptor XBee. El montaje en la estructura del arduino, módulo RTC, y shield SD con el XBee es mostrado en la figura 14



Fig. 1412 Montaje del arduino UNO y XBee en la estructura.

## 6. VISUALIZACIÓN Y GRAFICADO DE DATOS EN UNA PC.

Para el monitoreo de las variables enviadas desde el arduino hacia la PC, que en este caso son el nivel del agua y el volumen del estanque, se realizó en un instrumento virtual en Labview.

Se utilizó el bloque *visa serial* para obtener los datos que son enviados del arduino a través del XBee. Los datos son guardados por segunda vez ahora en la PC y graficados en un instrumento virtual realizado en LabView. El panel frontal de la aplicación es mostrado en la figura 15

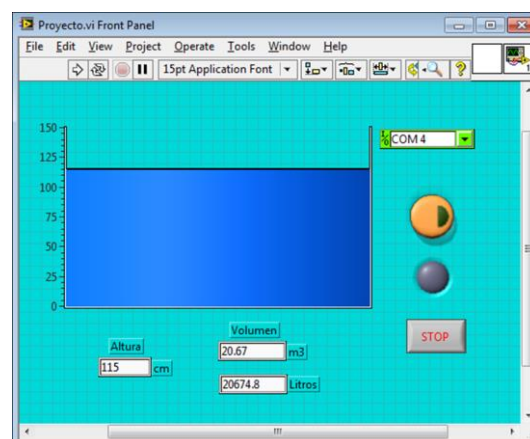


Fig. 13 Panel frontal de la aplicación en LabView.

Los datos son gráficos por el instrumento virtual y guardados en un archivo .xls con el formato mostrado en la figura 16

	A	B	C	D	E
1	Fecha	Hora	Altura (cm)	Volumen (m	Volumen (L)
2	30/11/2013	16:40	115	20.67	20674.84
3	Fecha	Hora	Altura (cm)	Volumen (m	Volumen (L)
4	30/11/2013	16:49	115	20.67	20674.84
5	30/11/2013	16:53	114	20.6	20595.76
6	30/11/2013	16:58	115	20.67	20674.84
7	30/11/2013	17:03	115	20.67	20674.84
8	30/11/2013	17:08	115	20.67	20674.84
9	30/11/2013	17:13	115	20.67	20674.84
10	30/11/2013	17:18	115	20.67	20674.84
11	30/11/2013	17:22	115	20.67	20674.84
12	30/11/2013	17:27	115	20.67	20674.84
13	30/11/2013	17:32	115	20.67	20674.84
14	30/11/2013	17:37	114	20.6	20595.76
15	30/11/2013	17:42	115	20.67	20674.84
16	30/11/2013	17:46	115	20.67	20674.84
17	30/11/2013	17:51	115	20.67	20674.84
18	30/11/2013	17:56	115	20.67	20674.84
19	30/11/2013	18:01	115	20.67	20674.84
20	30/11/2013	18:06	115	20.67	20674.84
21	30/11/2013	18:11	115	20.67	20674.84
22	30/11/2013	18:15	115	20.67	20674.84
23	30/11/2013	18:20	115	20.67	20674.84
24	30/11/2013	18:25	115	20.67	20674.84
25	30/11/2013	18:30	114	20.6	20595.76

Fig. 14 Base de datos del nivel creada con LabView

## 7. CONCLUSIONES

Se presenta la automatización para monitoreo de nivel en un estanque para su posterior uso en el análisis de cría de especies acuáticas de consumo humano. El corazón del prototipo es un Arduino y un sensor ultrasónico para medir el nivel. Se realizó el modelado del estanque y los cálculos para la correcta medición del nivel mediante el sensor ultrasónico. Los datos son guardados en una SD y a su vez transmitidos inalámbricamente a una P donde se guardan por segunda vez y son graficados en un instrumento virtual de Labview para su posterior uso en el análisis de la cría de especies acuáticas en el estanque. Cabe mencionar que el presente proyecto es la primer etapa para la automatización del estanque para la cría de especies acuáticas, contribuyendo así para las siguientes fases donde se anexaran sensores de temperatura y químicos para poder aplicar control a alguna de estas variables en el estudio de las especies a criar en el estanque. De manera paralela se están realizando aplicaciones para poder visualizar los datos en dispositivos móviles donde los datos consumidos serán provistos desde la nube vía la aplicación en Labview.

## REFERENCIAS

- Smith C. y Coripio A. (1991). *Control Automático de Procesos Teoría y Práctica*, Editorial Limusa – John Wiley & Sons, México.
- Pallás, R. (2004). *Sensores y acondicionadores de señal*, Editorial Marcombo, Cuarta edición, México.
- Muñoz, G. y Garduño M. (2010). *Manual de cultivo de Tilapia*, Editorial CONACYT.
- Egna H. y Boyd C. (1997) *Dynamics of Pond Aquaculture*, Editorial CRC PRESS.

## SITIOS WEB

- Arduino, Creative Commons Attribution Share a Like 3.0, (2014).  
<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>
- Arduino, Creative Commons Attribution Share a Like 3.0, (2014).  
<http://playground.arduino.cc/Code/time>