



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE  
TELECONTROL DE PISCINA DE ACUICULTURA PARA  
CULTIVO DE ESPECIES CON INTERFAZ WEB MEDIANTE  
USO DE HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

LORENA PRISCILA CAJAS AGUILAR

FREDDY SANTIAGO HIDALGO CASTRO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre Carmita Aguilar por sus esfuerzos y sacrificios realizados en cada etapa de mi vida permitiendo que cumpla todos mis objetivos, a mi padre Bolívar Cajas por su apoyo fundamental en esta meta, a mis hermanas: Vero, Andre, Belén y Emely, por estar siempre junto a mí.

A la empresa Ecuánexus, a sus socios: Juan Carlos, Juan José, Daniel y Moisés por su apoyo incondicional y a todo el equipo de trabajo por su guía y sus conocimientos compartidos.

A mis profesores de ESPOL por formarme académicamente, a mis amigos de la AEFIEC 2013-2014 por ayudarme a realizar actividades de labor social en sectores marginados.

A nuestro tutor el Ing. Marcos Millán por dirigirnos durante el desarrollo de este proyecto hasta su culminación.

**Lorena Cajas**

Primeramente a Dios, porque gracias a él y a su maravillosa voluntad permitieron que cumpla este objetivo, a mis padres Freddy Hidalgo y Amparito Castro que con mucho esfuerzo y sacrificio me permitieron estudiar y poder culminar, a mi hermana Leslee Hidalgo y mi novia Belén Gonzales por todo el apoyo brindado.

A mi colegio UEMA por la formación brindada, maestros y amigos que forme en ese tiempo y que aun los conservo.

A mis amigos e ingenieros de la ESPOL, que con su apoyo y conocimiento me ayudaron a formarme como profesional, y de manera especial a Paola Jordán, María Fernanda Aguilar y Nury Cornejo.

Al Ing. Marcos Millán director de este proyecto, por guiarnos y apoyarnos con el fin que se obtenga con éxito este proyecto.

**Freddy Hidalgo**

## DEDICATORIA

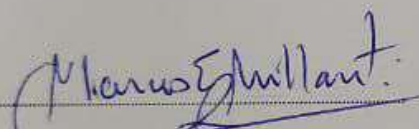
Este proyecto quiero dedicarlo a mi Padre Celestial quien ha derramado bendiciones en mi vida, siendo su primera bendición el otorgarme unos padres que han sido mi apoyo fundamental. A través de mis 4 hermanas, Dios supo mostrarme que a pesar de la distancia nunca estaría sola, puso en mi camino a las personas indicadas que han contribuido para que pueda alcanzar esta meta, y aunque este año decidí llevarse a mi abuelita Bachita a su lado, permitió que cada día desde el cielo pueda protegerme y su bondad se reflejó una vez más al darme a mi abuelita Lida quien siempre creyó en mí. Este logro es para él, quien me ha dado todo por su amor infinito.

Lorena

Dedico este proyecto a Dios por darme las fuerzas necesarias para culminar esta meta .A mis padres Freddy y Amparito por todos sus esfuerzos y sacrificios desde el inicio de este camino. Y de manera muy especial a mis 2 ángeles mis abuelitas Marujita que desde el cielo siempre me guio y me ayudo y mi mami Naty, que con sus bendiciones siempre me daban las fuerzas necesarias y sé que ahora que está en el cielo me guiara desde allá.

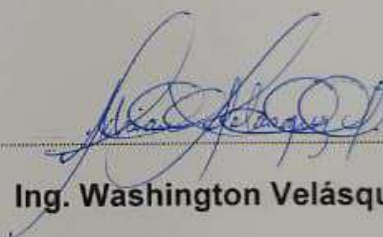
Freddy

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ing. Marcos Millán

PROFESOR EVALUADOR



Ing. Washington Velásquez

PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

**DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Lorena Priscila Cajas Aguilar



Freddy Santiago Hidalgo Castro

## RESUMEN

Basados en que la Acuicultura es una fuente importante de alimentación y producción a nivel mundial, que posee problemas que no son controlados en su totalidad y que su uso inadecuado tiene un importante impacto ambiental, como una solución alternativa se desarrolló un sistema de telecontrol basado en hardware y software libre, usando como herramienta principal una Beaglebone Black, que es un dispositivo de altas características y bajo costo. Este sistema contó con acceso remoto a través de una interfaz web y acceso local mediante una caja de control, se lo dividió en 3 sistemas: de monitoreo, de alimentación y acuapónico.

El sistema de monitoreo controló la temperatura, el ph, el nivel del agua y también el nivel de comida que se encontraba en el reservorio de alimentación. Con el objetivo de mantener las condiciones adecuadas del hábitat de la especie, al existir algún cambio fuera del rango específico, este sistema envió notificaciones mediante correo electrónico, también encendió unos leds de colores en la caja de control y finalmente estas alertas fueron mostradas en la página web.

El sistema de alimentación otorgó la cantidad de alimento necesaria para la especie dependiendo de su etapa de crecimiento, contó con las opciones manual y automático. La opción manual fue usada a través de una caja de control que contenía botones destinados para cada cantidad de comida y también pudo ser usada desde una página web, en la cual el acuicultor escogió la semana, la cantidad de alimento e inició este proceso en el tiempo que lo requirió. Mientras que en la opción automática el acuicultor determinó una cantidad y programó el tiempo que debía activarse el sistema.

El sistema acuapónico consistió en aprovechar los nutrientes de las heces de la especie depositadas en el agua de la piscina, succionando esta agua a través de una bomba pequeña, trasladándola por un pequeño sistema de riego, que rozó las raíces de los cultivos agrícolas, posteriormente se la reutilizó, limpiándola y oxigenándola a través de su caída en la piscina. Posteriormente se realizó pruebas pilotos en piscinas reales y se realizó un análisis económico sobre el ahorro que un acuicultor obtendrá al poseer este sistema de telecontrol.



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	v
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	vi
DECLARACIÓN EXPRESA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO 1.....	1
1. MARCO GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Resultados esperados.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE TELECONTROL DE ACUICULTURA.....	5
2.1 Metodología.....	5
2.2 Herramientas de Hardware.....	5
2.2.1 Sensores de Ultrasonido HC-SR04.....	5
2.2.2 Sensor de Temperatura DS18b20 Waterprof.....	7
2.2.3 Sensor de pH.....	8
2.2.4 Probador de Ph.....	9

2.2.5 Servomotor.....	10
2.2.6 Servomotor estándar Hitec S311.....	11
2.3 Herramientas de Software.....	12
2.3.1 Python.....	12
2.3.2 Flask .....	13
2.3.3 MYSQL .....	13
2.3.4 HTML5.....	14
2.3.5 CSS .....	14
2.3.6 JQuery .....	14
2.3.7 Javascript.....	15
2.4 Desarrollo del Sistema General.....	15
2.4.1 Desarrollo del Sistema de Monitoreo .....	15
2.4.2 Desarrollo del Sistema de Alimentación.....	18
CAPÍTULO 3.....	21
3. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELECONTROL DE ACUICULTURA .....	21
3.1 Sistema de Telecontrol.....	21
3.2 Análisis del sistema de monitoreo.....	22
3.2.1 Temperatura del agua.....	22
3.2.2 PH del agua.....	22
3.2.3 Nivel del Agua.....	23
3.3 Análisis del Sistema de Alimentación.....	23
3.3.1 Reservorio de alimento.....	24
3.3.2 Nivel de Comida.....	24
3.3.3 Mecanismo dosificador.....	24
3.4 Análisis del Sistema Acuapónico.....	25

3.5 Acceso Remoto Vía Interfaz Web.....	25
3.6 Acceso Local Mediante Caja de Controles.....	29
CAPÍTULO 4.....	31
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	31
4.1 Análisis de Implementación del Sistema.....	31
4.2 Análisis Económico.....	32
4.2.1 Cotización Económica del Sistema e Implementación.....	33
4.2.2 Análisis de ventajas económicas del Sistema .....	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37

## INTRODUCCIÓN

La técnica de la acuicultura fue desarrollada desde hace mucho tiempo, se hace referencia a la edad más antigua alrededor de 3800 a.C en la China Antigua, en la cual por más de 3000 años los chinos han cultivado peces en estanques construidos o en los arrozales inundados, actualmente lo siguen haciendo en países como Tailandia, China, Malasia y Filipinas.

Pese al descubrimiento de la acuicultura en la edad antigua, realmente esta técnica se utilizó y desarrollo más en la Edad Media. Poco a poco se expandió por todo el continente Americano, incluyendo Ecuador.

Ecuador al poseer excelentes condiciones climáticas, esta técnica se práctica en las zonas de Costa, Sierra y Oriente. Su fundamental cultivo es el camarón y la tilapia, siendo los productos más exportados, sin embargo son propenso a enfermedades, por tal motivo se requiere un cuidado especial, tanto de las condiciones climáticas del agua de los estanques de cultivo, como de una alimentación adecuada.

El cultivo de especies usando esta técnica requiere de un monitoreo constante, el cual no puede ser realizado por un acuicultor, debido a sus múltiples tareas, motivo por el cual la producción del cultivo no es óptima, lo cual genera pérdidas económicas.

Ante estos problemas comunes, muchos acuicultores optan por realizar el cultivo en el ambiente natural de la especie, es decir, en los ríos, lagunas o mares. Esta práctica evita que el acuicultor observe que cantidad de especies contiene o cuales están enfermas, por lo cual, optan por realizar baños de formol, los cuales evitan que la especie contraiga enfermedades, pero también contamina con grandes cantidades de químicos el medio ambiente.

Analizando estos problemas concurrentes, hemos planteado este proyecto como una posible solución. Otro factor importante es la limitación económica del acuicultor de clase media, por lo tanto, este proyecto se basa en software y hardware libre con la finalidad de otorgar tecnología eficiente pero de bajo costo.

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO GENERAL.

### 1.1 Antecedentes

Actualmente el desarrollo de la tecnología ha facilitado la explotación del mar, superando la capacidad de regeneración de los peces, por la extracción indiscriminada de productos del mar, sin embargo a través del tiempo el hombre ha comprendido que al igual como cultiva la tierra debe realizarlo con el mar, por tal motivo cada día en varios países se ha incrementado la actividad de la Acuicultura.

Aunque la acuicultura es una de las mejores soluciones para mantener un equilibrio en el medio ambiente, realizar esta técnica de cultivo posee varios problemas que pueden afectar a su producción y también su uso inadecuado puede provocar un impacto significativo en nuestro ecosistema, debido que al utilizar el sistema de cultivo de jaulas dentro del medio marítimo, los niveles de contaminación incrementan [1] .

### 1.2 Descripción del problema

A través de los años el ser humano ha creado técnicas de cultivo de especies acuáticas o terrestres, ya sean para consumo personal o para comercialización, una de estas técnicas desarrolladas a través de los años es la Acuicultura, hoy en día muy importante a nivel mundial, debido a la producción y comercialización de especies acuáticas sin necesidad de dañar el medio ambiente, haciendo de la pesca una alternativa y no una prioridad.

Dada a la evolución de esta técnica a través de los años existen ciertos factores que no han podido ser controlados por todos los sectores de acuicultores, es decir por los sectores empresariales o por el acuicultor de zonas rurales.

Uno de los principales problemas es la imposibilidad de estar alerta a los cambios ecológicos en el hábitat de la producción, es decir no cuenta con un monitoreo 24/7, que puede evitar que las especies contraigan enfermedades y mueran, causando pérdidas económicas significativamente, no solo por la mortandad de los peces sino por la mala calidad de la carne de la especie cultivada, lo cual es un factor determinante para su consumo.

Es muy complicado tener a cargo del control y monitoreo a una persona que tendría que estar cada hora, minuto o segundo controlando, midiendo o alertando por cualquier cambio existente en el hábitat de los peces, tales cambios como; el aumento o disminución de la temperatura del agua, del ph o fugas de agua, el último factor es el más peligroso, puesto que sin agua la mortandad de la especie aumentaría considerablemente.

Uno de los factores que también son considerados es la correcta alimentación de los peces, a la hora y la cantidad precisa de acuerdo al tamaño de la especie. De la correcta alimentación depende que la producción sea de excelente calidad y no haya pérdidas económicas. Todos estos parámetros son necesarios para un excelente cultivo.

Las grandes empresas de Acuicultura han encontrado como parte de la solución la incorporación de tecnología de alto nivel y costo, que permita mantener el correcto hábitat para el cultivo. Sin embargo los sectores rurales de acuicultores por su limitación económica no tienen acceso a este tipo de tecnología, por lo cual su inversión puede incluso ser más grande que su ganancia, lo cual repercute que el acuicultor ya no utilice esta técnica y emplee la pesca para el consumo de esta especie animal, provocando la disminución de varios animales acuáticos, alterando el medio ambiente.

Ante este conjunto de problemas hemos determinado una posible solución que lo disminuya o elimine completamente, esta solución se basa en la implementación de tecnología de funcionalidad óptima, pero de bajo costo accesible al acuicultor del sector rural del Ecuador, permitiendo la inclusión de la tecnología en la acuicultura.

### **1.3 Justificación**

Una alternativa de producción que se ha incrementado en los últimos años y se ha mejorado considerablemente es la Acuicultura, porque cuando su uso es adecuado, permite conservar el medio ambiente, producir grandes cantidades de alimentos nutricionales para consumo interno o para comercialización a nivel internacional.

Siendo el Ecuador uno de los 5 países de Latinoamérica que exporta grandes cantidades de especies acuáticas a EEUU a través de la práctica de la Acuicultura, es importante y necesario la inclusión de tecnología para un control

continuo de factores que puedan afectar la producción que contribuya a pérdidas significativas en cuanto a la inversión o ganancia económica.

Por lo tanto, se desea implementar un sistema que pueda controlar remotamente todos los factores que influyen en el cuidado y producción de peces en una piscina dedicada a la acuicultura. Es decir poder medir la temperatura, pH, fugas de agua y controlar un sistema automatizado para la alimentación de las especies ya que su alimentación varía dependiendo la cantidad de especies y el crecimiento de los mismos.

Nos hemos enfocado en realizar este sistema dirigido al cultivo de Tilapia por ser el segundo alimento de alta demanda y exportación del Ecuador, siendo cada año más alto el crecimiento de producción debido a sus excelentes características, y para solventar las consecuencias negativas que en mayo de 1999 dejó el cultivo de camarones al contraer el virus de la Mancha Blanca, repercutiendo en pérdidas millonarias en la economía del Ecuador y en el incremento de la tasa de desempleo, según lo dice la FAO en su sitio web [2].

Al realizar este sistema de telecontrol a más de facilitar el cultivo de especies y permitir al acuicultor basarse en estadísticas para una próxima inversión que genere ganancias, podemos incentivar el uso de tecnología de bajo costo en actividades laborales, contribuyendo positivamente con el acuicultor al facilitar su trabajo, ahorrándole horas de tiempo que pueden ser dedicadas a otras labores y otorgándole alternativas de tecnología accesible a su economía con un rendimiento similar a las tecnologías de gran costo y robustez.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Realizar un sistema de telecontrol basado en software y hardware libre, como una alternativa, para solucionar los principales problemas de Acuicultura.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los problemas frecuentes en la práctica de Acuicultura, sus consecuencias y posibles soluciones.
- Mejorar el sistema de alimentación, y control de piscinas de cultivos de peces, que actualmente son realizados manualmente.

- Facilitar el trabajo del acuicultor, mejorando sus horas de productividad en otras áreas necesarias.
- Realizar pruebas pilotos del sistema en piscinas reales de cultivos de tilapia.
- Demostrar que la tecnología de bajo costo puede cumplir las mismas funciones que las tecnologías que tienen precios elevados y con características similares.

### **1.5 Resultados esperados**

Al finalizar este proyecto se espera tener un sistema completo de control de una piscina de acuicultura que permita enviar alertas a través de un correo electrónico, y las mediciones del hábitat de los peces puedan realizarse en tiempo real y ser observadas mediante la conexión a una página web.

También se espera un sistema de alimentación óptimo que permita ser automático y manual ya sea mediante web o presencialmente.

Se aspira la inclusión de este proyecto en sectores rurales y la realización de pruebas piloto en una piscina real de cultivo de tilapia.



## **CAPÍTULO 2**

### **2. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE TELECONTROL DE ACUICULTURA.**

#### **2.1 Metodología**

El proyecto se ha dividido en las siguientes etapas:

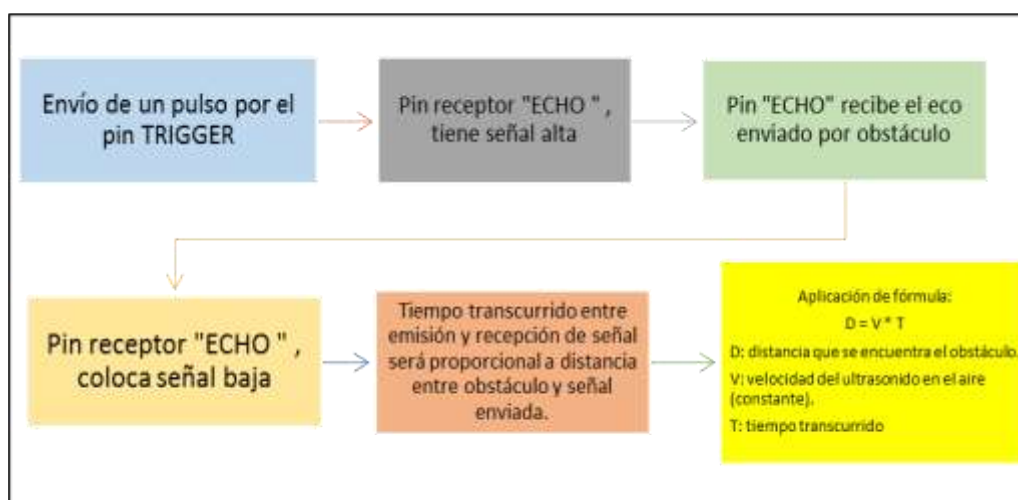
1. Investigar sobre problemas causantes de pérdidas económicas y de producción en Acuicultura.
2. Analizar sistemas similares utilizados actualmente en piscinas de Acuicultura.
3. Organizar la investigación y análisis realizado para determinar los recursos necesarios para una posible solución y optimización de un sistema.
4. Comparar, analizar y determinar los recursos de software y hardware necesarios para la implementación.
5. Implementar en el prototipo todos los recursos necesarios para el diseño del sistema.
6. Diseñar e implementar la interfaz web y actuadores.
7. Realizar varias pruebas del sistema implementado con la finalidad de obtener el resultado esperado.
8. Corregir errores y realizar modificaciones necesarias para su optimización.
9. Realizar pruebas finales en piscinas reales.
10. Obtener conclusiones y análisis de resultados.

#### **2.2 Herramientas de Hardware**

##### **2.2.1 Sensores de Ultrasonido HC-SR04**

El módulo HC-SR04 es uno de los sensores que tiene como funciones principales medir distancias y superar obstáculos basándose en el principio del sonar [3]. El sensor envía una señal de ultrasonido de audio de alta frecuencia por lo tanto no es audible para el ser humano, esta señal se envía por un transductor (caja en forma de cilindro) hasta

que encuentre un objeto que obstaculice el paso de la señal, esta señal rebota en el objeto y es captada por otro transductor en forma de cilindro. Éste módulo HC-SR04 calcula el tiempo transcurrido desde el envío de la señal hasta su captación, este valor determina la distancia que se encuentra el objeto [4]. Su funcionamiento se lo describe en la figura 2.1.



**Figura 2.1: Funcionamiento Sensor Ultrasónico HC-SR04 [4].**

Las características del sensor Ultrasónico podemos observarlas en la figura 2.2.

	Dimensiones del Módulo	•45 x 20 x 15 mm
	Voltaje de Trabajo	•DC 5v
	Corriente de Trabajo	•15 mA
	Frecuencia de Trabajo HZ	•40KHz
	Rango máximo	•4 m
	Rango mínimo	•2 cm
	Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL) Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	•10 uSeg •100-25000 µSeg
Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra	•20 mS	

**Figura 2.2: Características Sensor Ultrasónico HC-SR04 [5]**

Cuenta con 4 pines de conexión de voltaje VCC, Trig, Echo y de tierra GND como podemos observar en la figura 2.3.



**Figura 2.3: Pines de Conexión del Sensor de Ultra sonido [6].**

### 2.2.2 Sensor De Temperatura DS18B20 Waterproof

El sensor de temperatura DS18B20 waterproof conocido como sensor de intemperie, es un dispositivo que permite medir la temperatura de forma digital, esta es una versión impermeable del sensor de temperatura tradicional DS18B20 tiene como característica principal un recubrimiento metálico que protege al sensor DS18B20, esto le permite ser usado en condiciones de humedad o poder sumergirlo en líquidos sin inconvenientes.

Este sensor tiene la capacidad de medir temperaturas hasta 125 grados centígrados, la señal leída no se degrada por la distancia del cable por ser una señal digital, cuenta con 3 terminales: 2 de alimentación y un terminal que es de datos, puede trabajar fácilmente en un rango de 3 a 5 V, es muy útil para cualquier sistema de mini, micro controladores.

Sus características son las siguientes:

- El recubrimiento metálico es un tubo de acero inoxidable de 6 mm de diámetro por 30 mm de largo.
- En su interior contiene un sensor de temperatura DS18B20.
- Posee 3 cables de conexión: rojo para alimentación positiva VDD (3-5V), negro para tierra (GND) y amarillo para el bus de datos. La malla de cobre está internamente soldada a GND.

Las características del sensor DS18B20 a continuación:

- Rango de temperatura: -55 a 125°C.
- Resolución: de 9 a 12 bits (configurable).
- Interfaz 1-Wire (Puede funcionar con un solo pin).
- Identificador interno único de 64 bits.
- Múltiples sensores puede compartir el mismo pin.
- Precisión:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$ ).
- Tiempo de captura inferior a 750ms.
- Alimentación: 3.0V a 5.5V.

### 2.2.3 Sensor de PH

Sensor utilizado para medir el pH de una disolución, el pH es un valor que nos indica el nivel de acidez o basicidad de una solución, el valor neutro debe ser 7, normalmente el agua común tiene ese valor, si el valor es mayor que 7 la solución es básica y si es menor a 7 la solución es acida. El valor de pH de una piscina de acuicultura para el bienestar de las especies debe de ser neutra de valor de 7 [7].

Sus características son las siguientes:

- Rango de medición de 0.001 a 14.00.
- Las lecturas de pH exacto posee milésimas (+/- 0,02).
- Temperatura dependiente o temperatura de lecturas independientes [8].
- Protocolo de calibración flexible que soporta solo un punto, 2 puntos, o calibración de 3 puntos.
- La calibración requiere una sola vez por año con Sonda Atlas Científico pH.
- Lectura individual o modos de lectura continua.
- Formato de datos es ASCII.
- Conectividad serial asíncrono UART.
- I2C (por defecto dirección I2C 0x63).

- Compatible con cualquier microprocesador que apoya UART, o el protocolo I2C.
- Voltaje de funcionamiento: 3.3V a 5V.
- Funciona con cualquier sonda de pH off-the-shelf.
- El consumo de energía en modo Sleep es de 0.995 mA a 3.3 V.

Las características físicas del circuito podemos observarlas en la figura 2.4 en la cual se pueden observar sus pines de conexión GND, tx, rx, VCC, PRB y PGND, la utilización de estos pines y sus funciones se lo detalla en el Capítulo 3. A continuación sus especificaciones físicas:

- Dimensiones: 13.97mm x 20.16mm (0.55 "X0.79").
- Peso: 1,76 gramos.



**Figura 2.4: Circuito PH EZO [8].**

#### **2.2.4 Probador de PH**

Las aplicaciones más frecuentes del probador de PH son las siguientes:

- El uso de laboratorio estándar.
- El uso del campo.
- Suelo.
- El agua iónica y ultra pura bajo.
- Soluciones de alta pH (hasta 14pH).
- Las muestras que contienen metales pesados.
- Desarrollo de Fotografía.
- La cerveza, el vino y otros licores.

- Seguro de Alimentos.

Parte de sus especificaciones se detalla a continuación:

- Rango de pH: (error de Ni + a > 12.3 pH) 0-14.
- Temperatura de funcionamiento: 1 ° C - 99 ° C.
- Presión máxima: 690 kPa (100PSI).
- Máxima profundidad 60 m. (197 pies).
- Velocidad de respuesta: 95% en 1 segundo.
- Punto de Isopotencial: pH 7,00 (0 mV).
- Dimensiones: 12 mm X 150 mm (1/2 "x 6").
- Conector BNC.

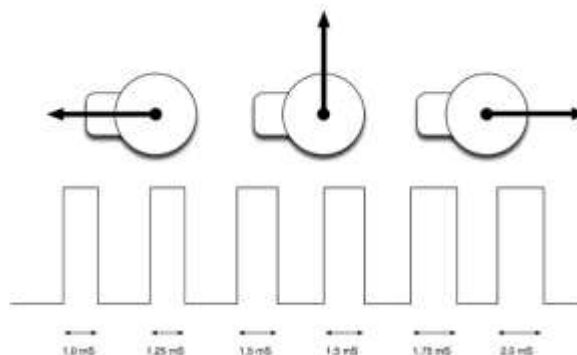
### 2.2.5 Servomotor

Un servomotor es un pequeño dispositivo que puede ser controlado por su posición o velocidad, su función principal es igual a la de un motor de corriente continua, pero con la diferencia que tiene la posibilidad de ubicarse en la de la posición dentro del rango que desee funcionar [9].

Una de sus grandes ventajas, es la capacidad de transformarse de un servomotor estándar (180 grados) a un servomotor de corriente continua (360 grados), para lograr esto, se debe truncar al servomotor estándar, este truncamiento provoca la pérdida del control de su posición sin embargo mantiene la fuerza, la baja inercia y velocidad [9].

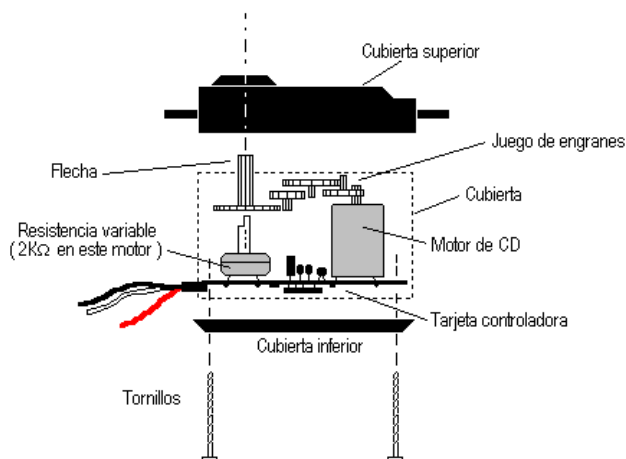
El servomotor está compuesto por un motor, un circuito de control y una caja reductora, parte de su circuito de control, es el cable de control, a través de éste se puede transmitir la información de control del servomotor como; el ángulo de movimientos, la velocidad, la fuerza, la polaridad, entre otras. El ángulo de movimiento determina la duración de un pulso que determina los giros del motor, a esto se le llama PCM (modulación codificada de pulsos) como se observa en la figura 2.5. La posición de un servomotor se establece por la longitud de un pulso, éste espera recibir un pulso cada 20 milisegundos aproximadamente, si el pulso es menor a 1.5 milisegundos entonces el motor se acercara a los 0 grados, si el pulso es 1.5 milisegundos será la posición neutra es decir

la posición central a 90 grados si es 2 milisegundos o más será 180 grados.



**Figura 2.5: Pulsos del servomotor [10]**

Un servomotor de este tipo en una de sus clases estándar, básicamente es un servo que puede girar de 0 a 180 grados aproximadamente. Existen servomotores de rotación continua que su estructura no varía mucho a esta estructura estándar, básicamente cuentan con 3 cables q salen del servomotor; rojo (+5v), negro (GND) y amarillo o blanco, que es el cable de transmisión de datos, cuentan con un sistema de engranaje que puede ser truncado para que sea continuo como se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6: Partes de un servomotor [11].**

### 2.2.6 Servomotor estándar Hitec S311

Un servomotor estándar es un motor que se puede ubicar en cualquier posición dentro del rango de funcionamiento, es decir para este caso de 0 a 180 grados, este servomotor tiene la ventaja que puede ser

controlado tanto por la posición como su velocidad, de igual manera su polaridad puede girar en sentido horario como anti horario [12]. En la siguiente figura 2.7 podemos observar sus características físicas



**Figura 2.7: Características físicas del Servomotor estándar Hitec S311 [12].**

## 2.3 Herramientas de Software

### 2.3.1 Python

Es un lenguaje de programación de código abierto basado en scripts que permite dividir el programa en módulos reutilizables, actualmente es competencia directa de Perl, fue creado por Guido van Rossum, es administrado por la empresa Python Software Foundation, su nombre se debe a la afición de su creador por los humoristas británicos Monty Python [13].

Las características de Python que muestran su enriquecimiento como uno de los lenguajes de programación más destacados son:

- Su diseño es fácil de leer.
- Simplicidad en su implementación.
- Es de código abierto.
- Puede ejecutarse en sistemas operativos como Mac, Windows y sistemas Unix.
- Puede ser portado en máquinas virtuales de Java y .NET.
- Los scripts pueden ser parseados y ejecutados inmediatamente.
- Es usado para desarrollo de aplicaciones web y contenido dinámico [13].



Python como todo lenguaje de programación posee ventajas y desventajas, entre sus ventajas más relevantes tenemos:

- Rápido de desarrollar.
- Soporta varias bases de datos.
- Es muy sencillo para aprender en un plazo corto de tiempo.
- Posee una sintaxis elegante y fácil de entender.
- Su escritura promueve un código limpio y legible.
- Permite ser modulado y ejecutado en diferentes interpretes para distintas arquitecturas computacionales.
- Ejecutable en tiempo real sin necesidad de compilación.
- Es portable.
- Orientado a Objetos.

A pesar de sus ventajas posee estas desventajas:

- Los programas interpretados son más lentos que los compilados.
- Su sintaxis está basada en la indentación y espacios.
- Más lento que lenguajes compilados o de ensamblador.
- Su introducción en empresas de software es tardía por ser un lenguaje nuevo [14].

### **2.3.2 Flask**

Flask es un framework web de Python, fue construido con la filosofía fácil de extender, está basado en WSGI de Werkzeug y el motor en Jinja2, posee licencia BSD, se considera como mejor opción para el desarrollo web con Python porque en la mayoría de los casos es más explícito, es fácil de usar [15].

### **2.3.3 MYSQL**

Es un sistema que gestiona base de datos, permite que un usuario pueda acceder, agregar o procesar la información guardada en un ordenador mediante la colección de estructura de datos a la cual denominamos base [16].

### **2.3.4 HTML5**

Es la quinta versión de HTML (Hypertext Markup Language), se refiere al lenguaje marcado para el desarrollo de páginas web, su filosofía se basa en el desarrollo de la referenciación, porque para insertar imágenes, videos, script u otros, basta con hacer referencia de la ubicación de dicho elemento mediante texto, de esta manera la página web solo posee texto, al ser un lenguaje estándar, puede ser interpretado en cualquier navegador web que este actualizado, caso contrario el navegador no será capaz de interpretar correctamente y el desarrollador tendría que realizar varios cambios para el funcionamiento adecuado en cada navegador, esto provocaría ineficiencia de funcionamiento de la página web [17].

Actualmente esta versión de HTML ha tenido varios cambios durante su desarrollo con la finalidad de ser más eficiente y facilitar en el desarrollo de páginas web.

### **2.3.5 CSS**

Es un lenguaje usado para definir y crear la presentación visual de un documento escrito en HTML o XML, permite separar la estructura del documento de su diseño haciendo más fácil para el desarrollador realizar cambios que no afecten al desarrollo de procesos internos de la página web.

Una de las ventajas del uso de CSS es la optimización del ancho de banda de la conexión, porque se puede definir el mismo estilo para varios elementos en un solo selector, es decir el mismo archivo de CSS puede utilizarse para múltiples documentos [18].

### **2.3.6 JQuery**

Es una biblioteca de Javascript presentada el 14 de enero del 2006, su creador inicialmente fue John Resig, es software libre y de código abierto, esta biblioteca ayuda a simplificar la interacción con los documentos HTML, maneja eventos, desarrolla animación y permite interacción con AJAX [19].

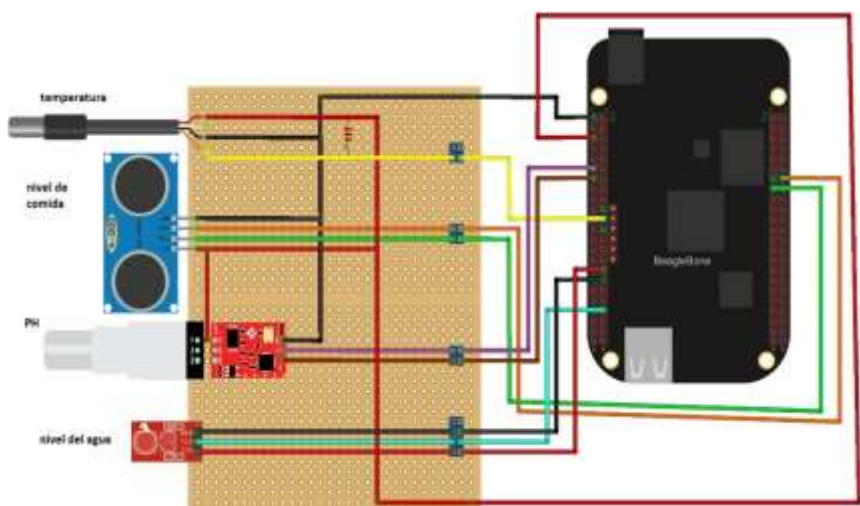
### 2.3.7 Javascript

Es un lenguaje de programación interpretado, usado en el lado del cliente, es orientado a objetos, se basa en prototipos, es imperativo, débilmente tipado y dinámico. Su lanzamiento inicial fue en Junio de 1997. Fue diseñado similar a C en cuanto a su sintaxis, pese a similitud en el nombre a Java, estos dos lenguajes no están relacionados, su semántica y propósito son diferentes [20].

## 2.4 Desarrollo del Sistema General

### 2.4.1 Desarrollo del Sistema de Monitoreo

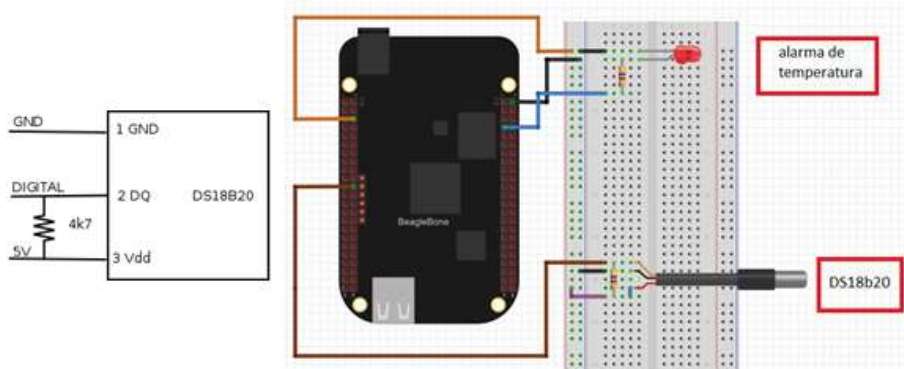
Este sistema nos permitirá monitorear los cambios de temperatura, pH y nivel del agua, también determinará el nivel de comida del sistema de alimentación. En la siguiente figura 2.8 se podrá observar de qué manera se conectarán los sensores [21].



**Figura 2.8: Circuito sistema de monitoreo**

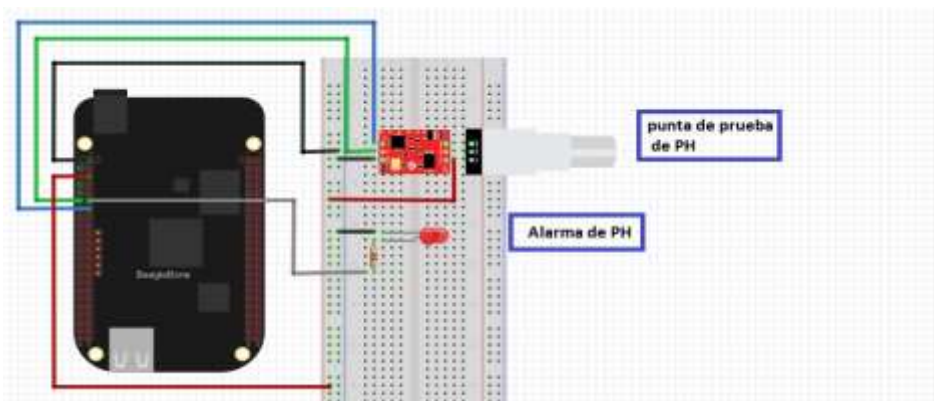
En la figura 2.9 se observa el circuito de medición de temperatura, el cual usa un sensor DS18B20 que cuenta con 3 interfaces, la interfaz de color negra va directo a tierra (GND) al pin p8.2 (GND) de la Beaglebone black, la interfaz color roja es la que proporciona la alimentación de energía, esa interfaz se conecta a VDD (el sensor puede trabajar con 5V o 3.3V) para nuestro caso usaremos 5V y va conectado al pin p9.6 (VDD\_5V), la interfaz de color amarilla es la que proporciona el dato, se conectará al pin p9.22 de la Beaglebone black.

La alarma se encenderá en el momento que la temperatura este fuera del rango adecuado, la cual estará conectada al pin p8.9 de la Beaglebone black.



**Figura 2.9: Circuito de Funcionamiento de Sensor de Temperatura**

En la figura 2.10 se observa el circuito de medición del pH, el cual usa un circuito EZO, este circuito cuenta con 2 salidas seriales; tx y rx que corresponde al UART04, la salida tx va conectada al pin p9.11 y la salida rx al pin p9.13. Este circuito cuenta con la conexión a tierra que va directo al pin p9.1 y con la conexión de VDD (5V) que se conecta al pin p9.5 de la Beaglebone black. Además el circuito tiene 3 entradas que están unidas a un conector BNC, para poder usar la punta de prueba del pH. La alarma se encenderá en el momento que el pH este fuera del rango adecuado, ésta estará conectada al pin p9.12 de la Beaglebone black.

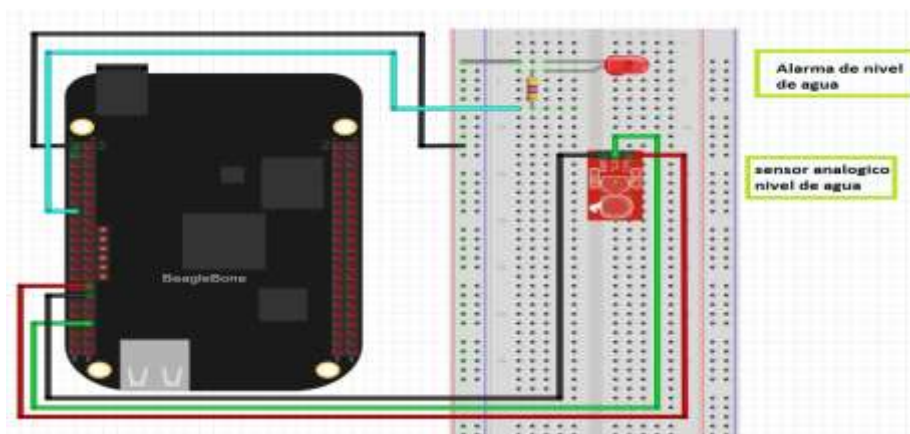


**Figura 2.10: Circuito de Funcionamiento del Sensor de PH**

A continuación en la figura 2.11 se observa el circuito para la medición del nivel de agua, en donde se usa un sensor analógico, este sensor cuenta con 3 pines, los cuales serán conectados a los pines analógicos de nuestra Beaglebone de la siguiente manera:

- La entrada Vdd al pin p9.32, que provee 1,8V.
- La salida GND al pin p9.34, pin GND de la Beaglebone.
- El pin de datos al pin p9.40, pin de entrada.

La alarma se encenderá en el momento que el nivel de agua este fuera del nivel adecuado, ésta será conectada al pin p9.15 de la Beaglebone black.



**Figura 2.11: Circuito de Funcionamiento Medidor Nivel de Agua**

El circuito de funcionamiento del sistema que medirá si el nivel de comida que se encuentra en el reservorio de alimentación es alto o bajo, lo podemos observar gráficamente en la figura 2.12.

En este sistema se usó un sensor de ultrasonido HC-SR04, que cuenta con 4 pines, el pin VDD será alimentado por 5V por lo tanto se conectará al pin p9.5, de igual manera el pin GND irá conectado al pin GND de la Beaglebone black, es decir al pin p9.1.

Adicionalmente el sensor cuenta con 2 pines para datos, uno es el TRIGGER y el otro ECHO, éstos pines serán conectados a los pines de la Beaglebone black de la siguiente manera: el pin TRIGGER que es por donde se envía la señal, se conectará al pin p8.15 y el pin ECHO que es el pin de respuesta, al pin p8.14.

La alarma, que será conectada al pin p9.23 de la Beaglebone, se encenderá en el momento que el nivel del alimento este fuera del rango adecuado, es decir si está cerca de llegar al fondo del reservorio.

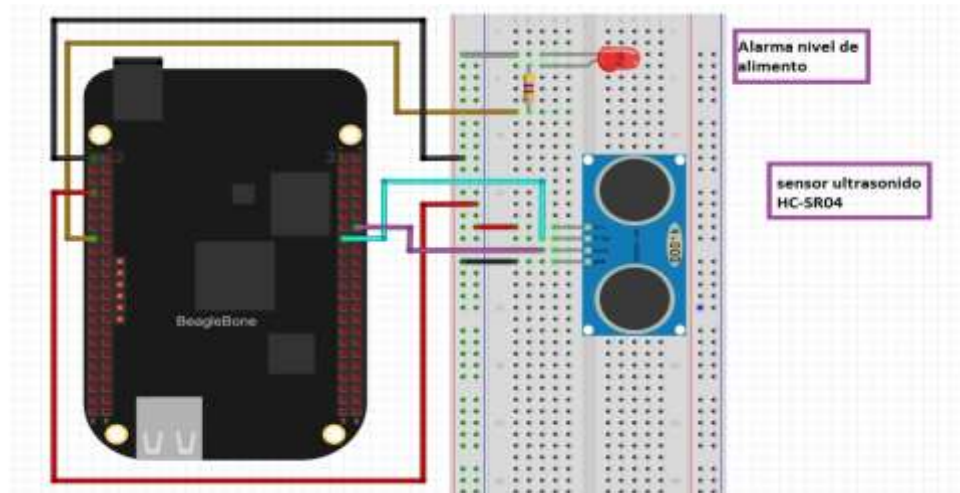


Figura 2.12: Circuito de Funcionamiento Medidor Nivel de Alimento

#### 2.4.2 Desarrollo del Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación se ha diseñado con el objetivo de alimentar a la especie con una determinada cantidad de comida en un tiempo específico, este proceso se lo puede realizar automáticamente o manualmente, mediante acceso local o remoto. En la siguiente figura 2.13 se muestra su diseño:

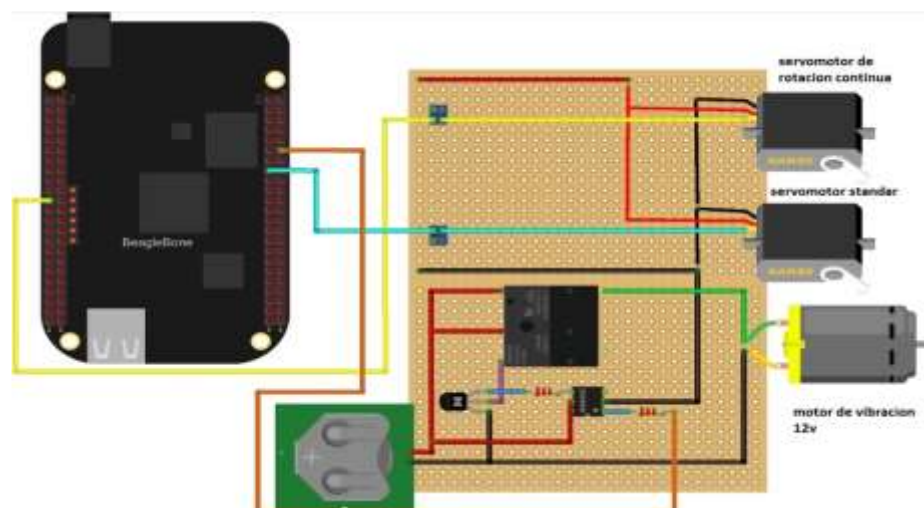
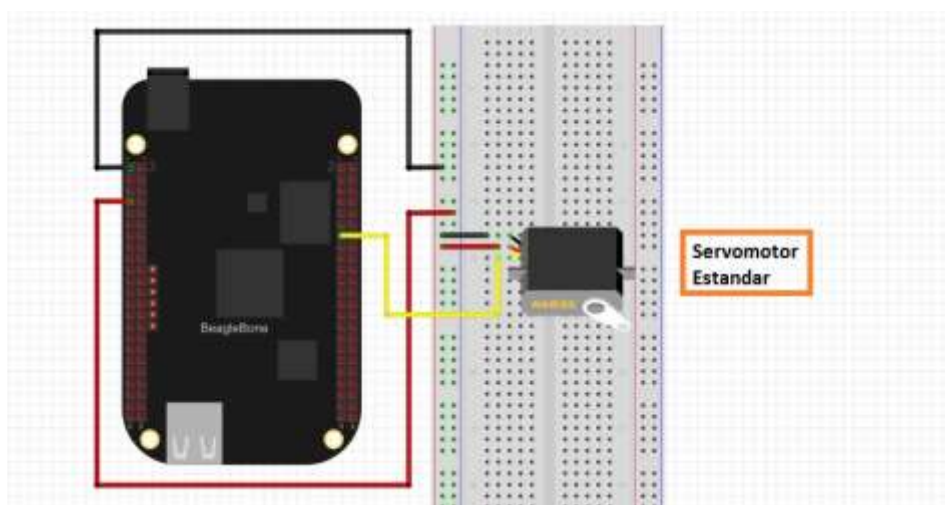


Figura 2.13: Circuito de Funcionamiento Sistema de Alimentación

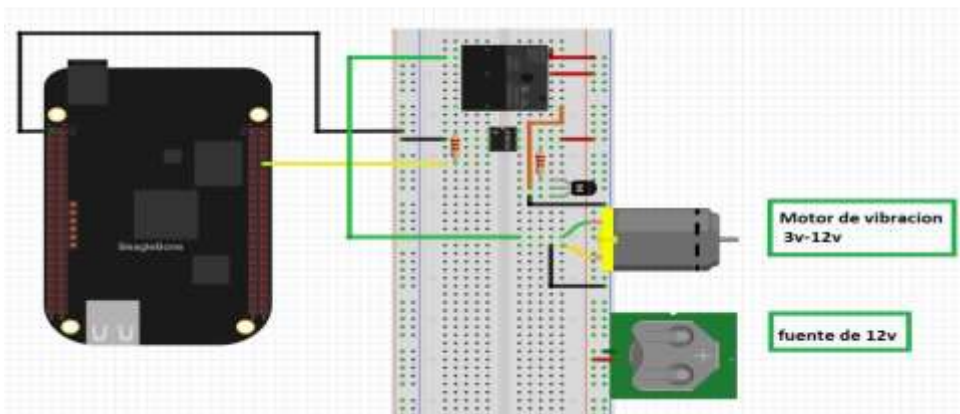
En la figura 2.14 se observa el circuito de funcionamiento del servomotor estándar, el cual cuenta con 3 salidas que serán conectadas a la Beaglebone black, de la siguiente manera: la salida del voltaje que funciona con 5V, se conectará al pin p9., el pin de GND del servomotor al pin p9.1, el pin de datos por el cual se va a transmitir la información al pin p8.13. Cabe recordar que este servomotor estándar es muy funcional ya que se puede controlar por ángulos de 0 a 180 grados, y lo vamos a usar para el paso del alimento que vendrá del reservorio.



**Figura 2.14: Circuito de funcionamiento del servomotor estándar**

El circuito de funcionamiento del motor de vibración lo podemos ver en la figura 2.15, en el cual se observa un circuito que controla el paso de la alimentación de voltaje, con este circuito se aislará los 2 circuitos, el circuito del motor vibrador que trabaja con 12V y el de la Beaglebone black que trabaja con 5V, este proceso de aislamiento lo realizará el optoacoplador (4n35), que también protegerá la Beaglebone black de cualquier cortocircuito.

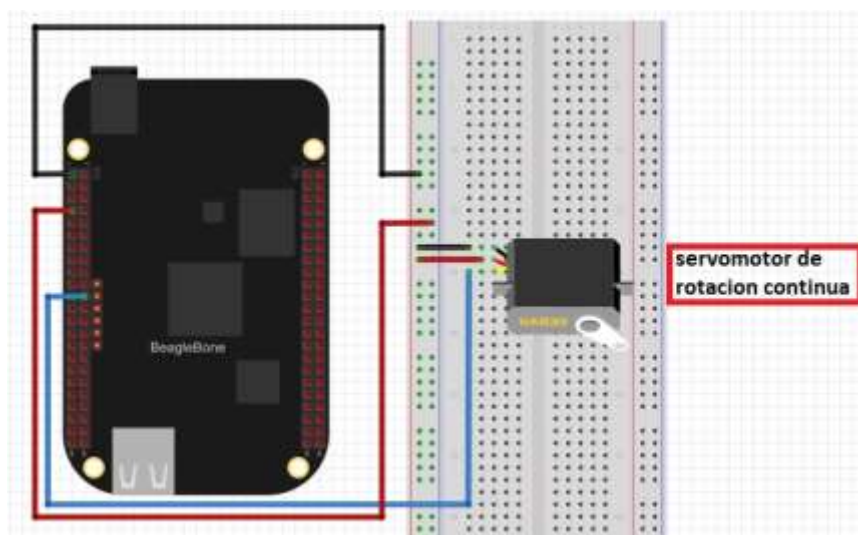
El pin que controlará el paso de la alimentación de voltaje enviando una señal alta, es el pin p8.10 de la Beaglebone black, este pin se conecta al optoacoplador (4n35) y a su vez con un transistor B137 (NPN) que se encuentra en serie con un relay de 12V, este relay controla el paso del voltaje que activa el motor de vibración.



**Figura 2.15: Circuito de funcionamiento del Motor de vibración**

Las conexiones del circuito de funcionamiento del motor de rotación continua, se puede observar en la figura 2.16, en este circuito se usó el servomotor SM-S4303R, que puede girar completamente de 0 a 360 grados, cuenta con 3 pines, estos pines serán conectados a los pines de la Beaglebone black, como se detalla a continuación:

- El pin VDD al pin p9.5, que proporciona 5V.
- El pin GND al pin p9.1 que es el pin GND de la beaglebone.
- El pin de datos al pin p9.21.



**Figura 2.16: Circuito de Funcionamiento del Motor de Rotación Continua**



## **CAPÍTULO 3**

### **3. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TELECONTROL DE ACUICULTURA**

#### **3.1 Sistema de Telecontrol**

Para la realización del sistema de telecontrol de una piscina de acuicultura se realizó previamente un análisis de todos los aspectos necesarios que requiere el sistema, para aquello se hizo una investigación con personas expertas en el tema, se acudió a las instalaciones de la carrera de Ingeniería en Acuicultura, en la Facultad de Marítima (FIMCBOR) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. En esta reunión nos facilitaron información y material correspondiente sobre los temas tratados. Con esta información adquirida, se planteó las funcionalidades principales que debe tener nuestro sistema, con la finalidad que sea óptimo.

El sistema podrá monitorear todos los factores ecológicos como la cantidad correcta, el ph y la temperatura del agua que debe tener la piscina para el cultivo y reproducción de las especies marinas en general, para nuestro prototipo usaremos una especie de peces denominada Tilapia. Se debe tener en consideración que todos estos aspectos son importantes para la obtención de una alta producción de especies.

En cuanto al diseño, el sistema también tendrá un subsistema de alimentación que otorgará la cantidad específica de alimento, dependiendo del número de peces, del peso promedio y en qué etapa de crecimiento se encuentra la especie. Adicionalmente el sistema de alimentación contará con un medidor, el cual monitoreará la cantidad de comida que se encuentra en nuestro reservorio de alimentos.

Como recurso adicional aprovechando la materia orgánica que los peces depositan en el agua, se decidió implementar un sistema acuapónico, el cual contribuirá en un cultivo agrícola, al entregar el nitrógeno acumulado en el agua por las heces de los peces, a las plantas, ahorrando el gasto en abono y reutilizando el agua.

Cabe recalcar que este sistema será controlado por medio de un micro controlador, que es hardware libre, denominado Beaglebone black.

Para facilitar al acuicultor el control del sistema, éste podrá acceder de forma remota vía web y de manera local, es decir podrá controlar o monitorear desde un lugar lejano a la piscina de cultivo y también podrá acceder localmente al sistema, mediante una caja de control ubicada cerca de la piscina.

En resumen el sistema de telecontrol de una piscina de acuicultura la hemos dividido en 3 subsistemas:

- Sistema de Monitoreo.
- Sistema de Alimentación.
- Sistema Acuapónico.

### **3.2 Análisis del Sistema de Monitoreo**

El sistema de monitoreo controlará tanto los aspectos ecológicos, como la cantidad exacta de agua que debe poseer una piscina de acuicultura.

Cabe destacar que existen muchos aspectos ecológicos que se deben monitorear, en nuestro caso mediremos los más importantes que son: la temperatura y el pH del agua.

Adicionalmente es importante llevar un control de la cantidad de agua correcta y posibles fugas, debido a que ésta debe ser proporcional a la cantidad de peces que tiene la piscina.

#### **3.2.1 Temperatura del agua**

Para el monitoreo de la temperatura del agua se usó el sensor DB18b20 resistente al agua, este sensor se colocó en el fondo de la piscina y medirá cada segundo la temperatura, este valor se podrá observar vía web o localmente por medio de una pantalla lcd ubicada en la caja de control .

Si la temperatura del agua está bajo los 25 grados centígrados o mayor a los 35 grados centígrados, significa que no está dentro del rango adecuado, el sistema en forma de alarma encenderá un led en la caja de control, adicionalmente notificará al acuicultor mediante un correo electrónico.

#### **3.2.2 PH del agua**

Para el monitoreo del pH del agua se usó el circuito PH EZO de la corporación "atlas científico", el cual procesará la información que se

obtiene del probador de pH que se colocará en el fondo de la piscina y esto censará cada segundo su variación, este factor se observará en un medidor vía web y por medio de una pantalla lcd de manera local.

El pH adecuado del agua para el bienestar de las especies debe de ser neutro, es decir tener un valor de 7, pero el rango normal está entre 5 a 9, si este valor está por debajo de 5 o mayor a 9, el sistema alertará al acuicultor encendiendo un led en la caja de control y adicionalmente notificará por medio de un correo electrónico.

### **3.2.3 Nivel del agua**

Para monitorear la cantidad correcta de agua que debe contener la piscina de cultivo de especies, se usó un sensor analógico de niveles resistente al agua, este sensor se colocará en el interior de la piscina, y censará cada segundo si el nivel es el adecuado, este valor se podrá observar vía web o por medio de una pantalla lcd en la caja de control.

El sensor va a medir 3 niveles: alto, medio o bajo, si el agua cubre en su totalidad al sensor, el cual estará específicamente en el borde del agua, éste enviará un valor analógico máximo cuando el nivel sea el correcto, y también notificará si el nivel es medio o bajo.

Si el nivel del agua es bajo, el sensor encenderá un led de la caja de control, que alertará que el nivel del agua no es correcto, esto se podrá observar localmente y en una página web, adicionalmente envía un correo electrónico al personal encargado informando del problema.

## **3.3 Análisis del Sistema de Alimentación**

El sistema de alimentación permitirá el control de la cantidad y el tiempo adecuado, para suministrar la comida a los peces, esto beneficiará en la nutrición y crecimiento óptimo de la especie.

Para lograr este control se debe obtener los siguientes datos: el peso promedio de biomasa y la cantidad de peces que alimentaremos.

El sistema de alimentación contará con 2 etapas, la primera será un reservorio de alimento y la segunda un dispensador que estará conectado al reservorio, el cual podrá brindar la cantidad de alimento necesaria y en el momento que se desee.

### **3.3.1 Reservorio de alimento**

En este reservorio se podrá almacenar el alimento que se otorgará a las especies, para evitar un posible problema de expender comida sin tener la cantidad suficiente, se realizará un monitoreo constante.

### **3.3.2 Nivel de comida**

Para poder determinar la cantidad de comida que posee nuestro reservorio se usó un sensor de ultrasonido HC-SR04, este sensor medirá la distancia que se encuentra la comida en el reservorio, el sensor estará colocado en la parte superior, al obtener el valor de la distancia se realizarán varios cálculos matemáticos para determinar si el nivel de comida es alto, medio o bajo.

El sensor medirá cada segundo el nivel en el que se encuentra, este valor se podrá observar en una pantalla lcd localmente o mediante vía web.

Si en el momento de monitorear el valor del nivel de comida llega a bajo, el sistema encenderá un led en la caja de control notificando la escasez de comida, esto será posible observar de manera local, adicionalmente enviará un correo electrónico al personal encargado, notificando el inconveniente.

### **3.3.3 Mecanismo dosificador**

Se procedió a crear un mecanismo dosificador de alimento para nuestras especies, que está conformado por 3 tipos de actuadores: motor de vibración, servomotor y motor de rotación continua. El motor de vibración que se usará, es un motor estándar de 3V a 12V, nosotros trabajaremos con 12V.

Este motor será colocado dentro del reservorio y con la vibración que produce, evitará que el orificio por donde el alimento cae se tape. Funcionará cada vez que se solicite que caiga el alimento, el tiempo que esté activado dependerá de la cantidad de comida que se requiera, cabe recalcar que este actuador trabajará simultáneamente con el servomotor y el motor de rotación continua. El servomotor estándar Hitec-S311 será el encargado de determinar el paso del alimento que viene del reservorio.

Aprovechando que podemos manejar el giro del motor por ángulos de 0 a 180 grados, controlaremos la apertura y cierre de la compuerta por donde pasará el alimento que viene del reservorio.

El servomotor de rotación continua del sistema es el SM- S4303R, éste es el responsable que la comida sea depositada en nuestra piscina, está adaptado a un tornillo sin fin, el cual transportará el alimento que caiga del reservorio hasta la piscina, esto es debido a que girará continuamente, es decir de 0 a 360 grados.

### **3.4 Análisis del Sistema Acuapónico**

Este sistema acuapónico es de gran importancia, porque no solo beneficia a la producción de especies acuáticas, sino que también contribuye al cultivo agrícola.

Este sistema consiste en aprovechar los nutrientes que se encuentran en el interior de nuestra piscina, los mismos que son proporcionados por las heces de las especies, ya que contienen un alto grado de nitrógeno. Esta agua será aprovechada como abono y riego para un cultivo agrícola, una gran ventaja de usar este sistema, es la reutilización del agua. El proceso de este sistema inicia con el uso de una bomba jt1800A de succión, ésta es usada en acuarios como filtro y oxigenación del agua a la vez.

La bomba es sumergida en el interior de la piscina, ésta succionará el agua la cual por medio de una manguera va a transportar el agua a un cultivo agrícola.

El cultivo agrícola está colocado dentro de un esquema, en el cual, el agua solo tocará las raíces de las plantas, permitiendo que se riegue y otorgando los nutrientes que contiene, con la finalidad de no desperdiciar el agua sino reutilizarla, al retornar a la piscina, pasa por un filtro de piedra, el cual la limpiará. Este ciclo se repetirá continuamente.

### **3.5 Acceso Remoto Vía Interfaz Web.**

Con la finalidad de obtener un sistema de telecontrol óptimo se desarrolló una interfaz web que se acopla fácilmente a las pantallas de cualquier dispositivo ya sea éste; una computadora, tableta o celular, la finalidad es que no importa en qué lugar se encuentre el usuario, éste pueda acceder mediante internet al sistema de telecontrol de acuicultura. Se configuró un dominio para esta interfaz denominada [www.sistac.com](http://www.sistac.com). En la página web podremos observar la temperatura de nuestra Beaglebone black con la finalidad de no permitir el

sobrecalentamiento de la misma, puesto que es nuestro núcleo de todo el sistema. La interfaz web cuenta con las siguientes pantallas:

- **Login:** el usuario podrá ingresar como administrador o ayudante.
- **Inicio:** es la pantalla principal que habla acerca del sistema de Telecontrol.
- **Configuración:** esta opción solo está habilitada para el usuario administrador, en esta pantalla el usuario podrá ingresar el número de peces, su peso promedio y automáticamente se calculará la ración total de comida que se debe proporcionar a la especie, el usuario debe seleccionar el número de semana que se encuentra la etapa del crecimiento del pez. También puede seleccionar el modo de alimentación, si es manual o automático más adelante se detallará sobre este proceso.

En el caso de seleccionar el modo automático el usuario deberá seleccionar la hora de inicio y cada cuánto tiempo desea que se suministre el alimento, dependiendo el número de veces al día la comida será dividida y se mostrará la ración que se otorgará cada cierto tiempo.

En el caso de elegir el modo manual, las opciones de configuración del modo automático se deshabilitará. En la figura 3.1 podemos ver las opciones de esta pantalla.

**Figura 3.1: Pantalla de Configuración del Sistema de Alimentación**

- **Alertas:** el usuario con esta opción podrá observar las alertas que ha existido, las mismas que son creadas por el sistema de monitoreo y enviadas mediante correo electrónico, podrá observar el día y sobre que se alertó, en la figura 3.2 podemos observar en mayor detalle.

**ALERTAS**  
Ayuda

Tipo de Alerta	Alerta	Valor	Estado	Range	Date
Ph	Alta	menor a 10 lt.	Visualizada	11/18/2015	11/18/2015
Temperatura	Alta	13	No Visualizada	9/19/2015	9/19/2015
Temperatura	Bajo	20 C	No Visualizada	11/22/2015	11/22/2015
Nivel de Agua	Bajo	11	No Visualizada	1/6/2015	1/6/2015
Ph	Alta	22 C	Visualizada	11/24/2015	11/24/2015
Nivel de Comida	Alta	35 C	No Visualizada	11/5/2015	11/5/2015
Temperatura	Alta	14	Visualizada	3/20/2015	3/20/2015
Nivel de Comida	Bajo	menos 10 lt.	Visualizada	7/18/2015	7/18/2015
Nivel de Agua	Alta	14	Visualizada	5/9/2015	5/9/2015
Ph	Alta	20 C	Visualizada	7/12/2015	7/12/2015
Nivel de Agua	Bajo	mayor a 30 lt	No Visualizada	4/2/2015	4/2/2015
Nivel de Comida	Bajo	3	Visualizada	6/17/2015	6/17/2015
Ph	Bajo	menor a 30 gr.	Visualizada	6/1/2015	6/1/2015

**Figura 3.2: Opción de alertas**

- **Medidores:** esta opción es fundamental para el usuario debido que puede observar cómo se encuentra el habitat de su cultivo, podrá observar cuanto mide en tiempo real el PH, nivel y temperatura del agua, también el nivel de comida del sistema de alimentación como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 3.3: Pantalla de Medidores**

- **Sistema de Alimentación:** el usuario al ingresar a esta pantalla podrá observar si el sistema de alimentación ha sido configurado para ser manual o automático, en el caso de ser modo automático las opciones estarán deshabilitadas, solo podrá observar el peso promedio, el número de peces, la ración de comida cada cierto intervalo de tiempo que debe dispensarla, el número de semana y la cantidad de comida total.

En el caso de tener el sistema el modo manual, el usuario debe seleccionar el número de semana, la cantidad de comida y dar clic en el botón de “Iniciar” el cual dará comienzo al proceso de alimentación. Estas opciones podemos observarlas en la figura 3.4.



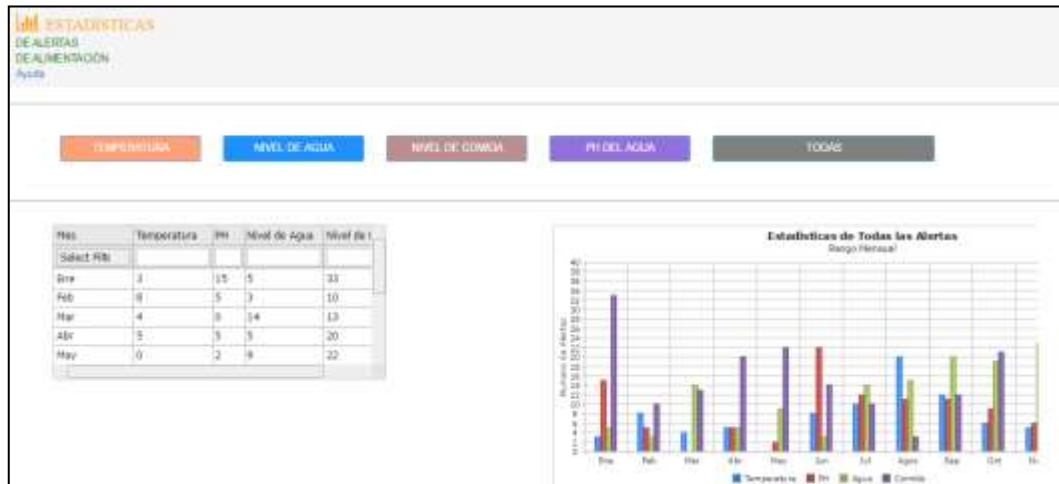
**Figura 3.4: Pantalla Sistema de Alimentación**

- **Estadísticas:** la pantalla de estadísticas cuenta con las opciones de observar estadísticas de las alertas o del sistema de alimentación.

En la opción de “Alertas” podemos ver el número de alarmas que se originaron en cada mes, están clasificadas por su tipo: temperatura, nivel de agua, nivel de comida y ph. También podemos observarlas todas juntas en un solo gráfico como se muestra en la figura 3.5, mediante estas estadísticas determinaremos que alerta es la más frecuente, con la finalidad que el usuario tenga las precauciones correspondientes.



En el caso del sistema de alimentación las estadísticas que se muestran es sobre la cantidad de comida y el número de veces que fue alimentado los peces en una determinada semana.



**Figura 3.5: Pantalla de Estadísticas**

- **Ayuda:** al seleccionar esta opción desde el menú, el usuario podrá descargar el manual de usuario y observar los correos electrónicos de los autores con la finalidad de contactarse por cualquier inconveniente.
- **Cerrar Sesión:** mediante esta opción el usuario saldrá del sistema.

### 3.6 Acceso Local mediante Caja de Controles.

Con la finalidad de que el usuario pueda acceder localmente es decir desde el área de trabajo se implementó una caja de controles la cual consta de lo siguiente:

- **Área de alertas:** mediante unos focos leds, el acuicultor podrá observar si existe algún cambio en el hábitat del cultivo ya sea de temperatura, pH, nivel del agua o de comida.
- **Panel LCD:** en este panel podrá observar cuales son las mediciones o condiciones de la piscina en ese instante, también podrá observar la cantidad de alimento entregado por el sistema de alimentación.
- **Área de Alimentación:** el acuicultor podrá seleccionar la cantidad de comida que desea entregar al cultivo mediante los botones que representan a una cantidad determinada de comida, también esta área

posee el botón que activará el proceso de alimentación como se muestra en el figura 3.6.



**Figura 3.6: Caja de Controles- acceso local**

## CAPÍTULO 4

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de Implementación del Sistema

El sistema de telecontrol fue implementado en una piscina real de cultivo de tilapias con la finalidad de realizar pruebas en campo. Los resultados esperados fueron exitosos superando las expectativas, el sistema de alimentación se lo realizó de forma manual y remotamente. Por ser un prototipo este sistema fue probado en piscina de alevines, esta piscina es de menor tamaño que la de los peces más grandes, en el caso de una piscina mayor a 10 metros cuadrados se debería aumentar la extensión del tornillo sin fin que empuja la comida hacia el exterior, con el objetivo de esparcir la comida en distintas áreas llegando a todos los peces.

En cuanto a la medición del hábitat, los sensores se acoplaron fácilmente al agua rindiendo al 100 % y midiendo exactamente.

Respecto al sistema acuapónico la absorción del agua para ser trasladada por tubos hacia las plantas y volver a la piscina purificada y oxigenada, funcionó adecuadamente, con el prototipo diseñado su abastecimiento es para plantas pequeñas próximas a sembrarse, sin embargo para adaptarlo a plantas más grandes o sistema de riego con mayor alcance se requiere una bomba de succión más grande.

El acceso local fue una excelente alternativa para el acuicultor que no posee un celular, computadora o Tablet para sus labores. Mediante el panel lcd de la caja de control, el trabajador pudo observar los valores del ph, temperatura y nivel del agua en tiempo real, evitando que realice las mediciones manualmente. Los botones de alimentación le permitieron otorgar la cantidad exacta a los peces.

El acceso remoto mediante un dispositivo móvil tuvo éxito en cuanto a los dueños de las piscinas de acuicultura, llamando la atención no solo de los pequeños acuicultores sino de grandes empresarios como exportadores de camarones , sus comentarios al respecto fue que no cuentan con un sistema completo que haga las mediciones, alertas y alimentación a la vez, sin embargo el prototipo realizado con material accesible motivo al uso a los pequeños acuicultores y también fue uno de los cambios que los grandes acuicultores solicitaron en el caso de implementar esta tecnología en estas exportadoras.

En cuanto al sistema de alimentación automático funcionó en el tiempo configurado con la cantidad establecida, para el acuicultor fue de gran ayuda puesto que le ahorro tiempo en alimentar a los peces, logrando emplear ese tiempo en otras actividades.

Una de las mejoras que los acuicultores solicitaron fue la etapa de la acción ante las alertas, es decir que al tener el agua la temperatura muy baja se puede automáticamente activar una bomba que caliente el agua hasta llegar a la temperatura deseada. Esta fase sería una gran alternativa ser desarrollada en un futuro.

#### **4.2 Análisis Económico**

A continuación en la Tabla 1 se detalla el costo total de los materiales usados para la implementación del sistema de telecontrol, en el caso de que ciertos materiales como un dispensador de agua, o un tacho de basura el cual fue adaptado para el sistema de alimentación, el acuicultor los disponga, sería un ahorro referente a este valor. El costo más alto en cuanto a sensores es del sensor del pH debido a sus grandes características, varias de las tecnologías fueron compradas en otras ciudades del país e incluso en otros países debido a su escasez de la misma en nuestro país. En el caso de nuestro microcontrolador Beaglebone Black fue adquirida mediante compra en internet , importada de estados Unidos, puesto que esta tecnología aun nuestro país no la dispone, sin embargo en vista de sus capacidades y ventajas , podemos asegurar que pronto esta tecnología podremos encontrarla en nuestro país.

Aunque el costo de los materiales no es tan bajo, si es accesible al acuicultor de clase media que posee piscinas, más adelante se analizará sobre el ahorro a corto y largo plazo que el acuicultor tendrá al adquirir este sistema de telecontrol, aunque la inversión parezca significativa económicamente, cabe recalcar que es una sola inversión, obteniendo grandes beneficios a corto plazo.

### TABLA DE COSTOS

SENSORES		
	Cantidad	Precio Total
Sensor de temperatura	1	15
Sensor de nivel de agua	1	15
Sensor ultrasonido	1	9
Sensor de pH	1	100
ACTUADORES		
Motor vibratorio	1	6
Servomotor	1	9
Motor de rotación continua	1	18
MATERIALES SIST. ALIMENTACIÓN		
Tacho de basura	1	8
Dispensador de agua	1	10
Varios (tapas)	1	10
Tornillo sin fin	1	25
Alimento	1	10
Base metálica	1	20
CAJA DE CIRCUITO		
Beaglebone Black	1	70
Piezas eléctricas	1	70
Caja de circuito	1	10
Lcd	1	20
SISTEMA ACUAPÓNICO		
Tubos	1	30
Bomba de succión	1	8
Plantas	1	2
Varios		10
MATERIALES SISTEMA MANUAL		
Caja metálica	1	30
Varios (botones, leds, cables)	1	70
<b>TOTAL:</b>		<b>575</b>

**Tabla 1: Tabla de costos de los materiales del sistema de telecontrol**

#### 4.2.1 Cotización Económica del Sistema e Implementación

A continuación se observará los valores de una cotización económica de un sistema, en el posible caso de venta al mercado de acuicultura.

Nuestro prototipo tiene un alcance para piscinas de hasta 10 metros cuadrados, a partir de una piscina mayor a este valor se recomienda el uso de dos sistemas, en la Tabla 3 se encuentran los valores al por mayor.

Referente al soporte técnico de los sistemas en la Tabla 2 y 3 se especifica que será pagado después del primer año, anualmente, el primer año el soporte técnico será gratuito.

El valor del sistema tanto al por menor como al por mayor mantiene el costo de los materiales puesto que este costo no es modificable, los precios en cuanto a mano de obra cambian de acuerdo si es al por menor o mayor.

<b>COSTOS POR UN SISTEMA</b>	
Materiales	\$575
Mano de Obra	\$1400
Soporte Técnico por un año	0
<b>TOTAL:</b>	<b>\$1975</b>

**\*Soporte después del año \$200 anuales**

**Tabla 2: Cotización para un sistema**

<b>COSTOS AL POR MAYOR (5 sistemas)</b>	
Materiales por Unidad \$575	\$2875
Mano de Obra	\$3800
Soporte Técnico por un año	0
<b>TOTAL:</b>	<b>\$6675</b>

**\*Soporte después del 1° año**

**\$150 anuales por Sistema**

**Tabla 3: Cotización para 5 sistemas de telecontrol**

#### **4.2.2 Análisis de ventajas económicas del Sistema**

El objetivo principal de la creación de este prototipo fue el de contribuir en la economía del acuicultor y del país, otorgándole grandes beneficios económicos, sea en ganancia o ahorro en cuanto a su inversión.

Generalmente para poder solventar las necesidades de la acuicultura, se contrata personal con la finalidad de obtener excelentes resultados, a continuación se presenta el análisis de cuanto sería el ahorro al adquirir el sistema de telecontrol el cual reemplazaría la mano de obra de un empleado al cual se le paga mensualmente un sueldo básico, este valor hemos especificado aproximándolo como se muestra en la Tabla 4.

<b>AHORRO POR UN SISTEMA</b>				
	Mensual	1° Año	2° Año	En 5 Años
Sueldo Trabajador	350	\$4200	\$8400	\$21000
SISTAC	0	\$1975	\$2175	\$2775
	<b>AHORRO</b>	<b>\$2225</b>	<b>\$6225</b>	<b>\$18225</b>

**Tabla 4: Ahorro económico con un sistema de telecontrol**

Al adquirir un sistema el ahorro económico del acuicultor es a corto plazo, mientras que el adquirir varios sistemas en este caso 5 sistemas su ahorro sería a largo plazo como se muestra en la Tabla 5, considerando que actualmente se contrata personal que puede solventar hasta 5 piscinas con su trabajo, cabe recalcar que este trabajo aun contratando dos personas por piscina no sería tan eficiente por la dificultad de medir cada minuto las condiciones del agua.

<b>AHORRO POR 5 SISTEMAS</b>				
	Mensual	1° Año	2° Año	En 5 Años
Sueldo Trabajador	350	\$4200	\$8400	\$21000
SISTAC	0	\$6675	\$7425	\$9675
	<b>AHORRO</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 975</b>	<b>\$ 11325</b>

**Tabla 5: Ahorro económico con 5 sistemas de Telecontrol**

En la Tabla 4 y 5 se ha detallado cual sería el costo en el primer año que es cuando adquiere el acuicultor el sistema y no paga soporte técnico, también se detalló el costo en el segundo año en el cual consta el valor anual del soporte técnico, y se especificó los valores a los 5 años después de adquirir el sistema en el cual incurre el valor de soporte de 4 años.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se diseñó e implementó un sistema de telecontrol, que mide varios parámetros del agua de las piscinas acuícolas y que permite la alimentación manual y automática del cultivo otorgando la cantidad precisa.
2. Este sistema de Telecontrol evita el uso inadecuado de la Acuicultura, disminuyendo el impacto negativo de esta técnica en el medio ambiente.
3. Un sistema acuapónico tiene grandes ventajas sobre la Acuicultura y Agricultura, disminuyendo la inversión económica y mano de obra de un acuicultor.
4. Las capacidades y características de una Beaglebone Black son similares e incluso supera a varios dispositivos de costos más altos.

### Recomendaciones

1. La lectura e investigación detenida y amplia, sobre las características de un sensor nos permitirá evitar errores o quemar ciertos dispositivos electrónicos.
2. Para el nivel del agua no se recomienda el uso de un sensor de presión que tenga como rangos de medición medidas superiores a los posibles valores que se pueden obtener del agua de la piscina.
3. Se recomienda implementar y diseñar un sistema que pueda actuar ante determinadas alertas, con la finalidad de optimizar por completo este sistema, debido a que por ahora alerta pero no actúa ante alertas.
4. Se recomienda usar Python como lenguaje de programación, debido a las ventajas que posee frente a otros lenguajes, su curva de aprendizaje es corta, tiene varios frameworks adaptables para aplicaciones web o móviles, su comunidad de programadores es pequeña en comparación a otros lenguajes de programación antiguos, esto limita encontrar soluciones posibles a ciertos inconvenientes.
5. En el caso de búsquedas sobre Python realizarlas en el buscador de internet en inglés.
6. A pesar de varios frameworks de Python se recomienda en el caso de la Beaglebone el uso de Flask para la interpretación de Html.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A Buschmann, (2001). Impacto ambiental de la Acuicultura [Online]. Disponible en: [www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf](http://www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf)
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2015). [Online]. Disponible en: <http://www.fao.org/>.
- [3] (2012, Abril 6). Campos Invetrónica. [Online]. Disponible en: <http://campos-inventronica.blogspot.com/2012/04/como-usar-sensor-ultrasonico-hc-sr04.html>
- [4] ECDA. (2014, Marzo 18). Tutorial: Sensor Ultrasonidos HC-SR04 [online].Disponible en: <http://elcajondeardu.blogspot.com/2014/03/tutorial-sensor-ultrasonidos-hc-sr04.html>
- [5] Elecfreaks (2011-2015). [Online]. Disponible en: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>.
- [6] Electronilab, (2015). [Online]. Disponible en: <http://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>
- [7] Wikipedia. (2015,Junio 1). PH-metro [Online]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/PH-metro>.
- [8] Atlas Scientific. (2015). [Online]. Disponible en: [http://www.atlas-scientific.com/product\\_pages/circuits/ezo\\_ph.html](http://www.atlas-scientific.com/product_pages/circuits/ezo_ph.html)
- [9] I.L. Kosow, (1993, Mayo 1). Máquinas Eléctricas y Transformadores 2da Edición, México [Online]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=5hJzvimPyXQC&pg=PA429&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [10] Colaboratorios Unimag, (2013, Noviembre 23). Control de servomotor utilizado por Raspberry Pi. [Online]. Disponible en: <http://colab-raspberry.blogspot.com/2013/11/alumnos-carlos-david-puerta-hernandez.html>
- [11] SlideShare, (2015). Partes de un servomotor [Online]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/CristianDavis/partes-de-un-servo-motor>
- [12] Servodatabase.com. (2015). [Online]. Disponible en: <http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-311>
- [13] L. Alegsa, (2014, Agosto 7). Diccionario de Informatica y Tecnologia [Online]. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/python.php>

- [14] R. Wong, (2008). Programming [Online]. Disponible en: <http://ricardowong.tumblr.com/post/2693948431/python>
- [15] A. Ronacher, (2014). Flask. [Online]. Disponible en: <http://flask.pocoo.org/>
- [16] Autónomos. (2015). Manuales de Software Mysql. [Online]. Disponible en: <http://eautonomos.com/admin/SOFTWARE/xu0Ukp6TyK.pdf>
- [17] S. Luján Mora, (2002). Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web. Editorial Club Universitario. España
- [18] E. Etermad, (2011.Mayo, 12). Wide Web Consortium. [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/css-2010/#css>
- [19] JQUERY. (2015). [Online]. Disponible en: <http://jquery.com/>
- [20] D. Flanagan, & P. Ferguson, (2002). JavaScript: The Definitive Guide 4ª edición. EEUU, 2001.
- [21] Hipstercircuits (2015, Junio 16) [Online]. Disponible en: <http://hipstercircuits.com/dallas-one-wire-temperature-reading-on-beaglebone-black-with-dto/>