



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

“TELECONTROL DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN  
AUTOMÁTICO PARA CULTIVO DE CAMARÓN”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

IVÁN DANIEL OVIEDO ALVARADO  
CARLOS ARTURO ALTAMIRANO FLORES

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco el esfuerzo que realizaron mis padres a lo largo de mi carrera universitaria junto con mi hermana, quienes han sido los pilares fundamentales en mi vida.

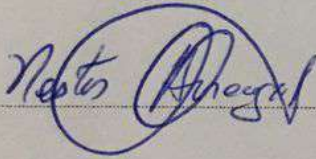
A mis amigos y compañeros de Espol, quienes con sus conocimientos lograron guiarme para formarme como profesional.

**Carlos Altamirano**

Agradezco a mi familia, por su constante apoyo durante mi carrera, el cual ha sido fundamental para poder culminar este gran objetivo, de la misma manera a grandes maestros y amigos que pude encontrar en Espol.

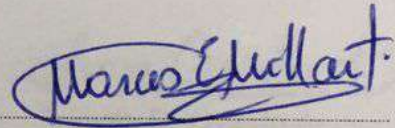
**Iván Oviedo**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



**Ing. Néstor Arreaga**

PROFESOR EVALUADOR

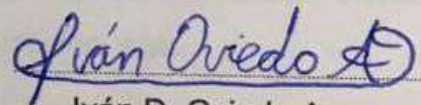


**Ing. Marcos Millán**

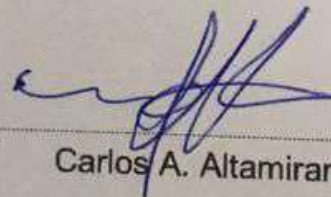
PROFESOR EVALUADOR

## 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"



Iván D. Oviedo A.



Carlos A. Altamirano F.

## RESUMEN

El sistema de telecontrol que se da a conocer en este proyecto se presenta como una solución a las diferentes actividades realizadas para el cultivo de camarón, especialmente enfocado al sector productivo de clase media. Este sistema pretende ahorrar tiempos de ejecución al momento de monitorear los parámetros involucrados en el cultivo de camarón y también ahorrar costos, por lo cual el sistema de telecontrol está implementado con hardware y software libre.

El sistema de monitoreo se encarga de las mediciones de oxígeno disuelto y temperatura en el agua. También se encargó de medir el nivel de alimento dentro del reservorio. Gracias a esto se puede tener una lectura en tiempo real de los parámetros leídos y en el caso de que lleguen a valores críticos se encenderán las respectivas alarmas que se encuentran en el centro de control. Además se notificarán dichas alertas por medio de correo electrónico y a través de la interfaz web.

El sistema de alimentación suministra el alimento a los camarones en determinadas horas del día de forma automática desde la interfaz web se puede observar cuándo han sido alimentados los camarones, logrando así manejar este proceso desde cualquier sitio.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iv
RESUMEN .....	v
CAPÍTULO 1 .....	1
1. MARCO GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema .....	1
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
1.5 Resultados esperados .....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2. DISEÑO Y DESARROLLO.....	4
2.1 Metodología .....	4
2.2 Herramientas de Hardware.....	4
2.2.1 Sensor de Ultrasonido HC-SR04.....	4
2.2.2 Sensor de oxígeno Atlas Scientific .....	6
2.2.3 Sensor de temperatura DS18B20 Waterproof.....	7
2.2.4 Servomotor.....	9
2.3. Herramientas de software.....	10
2.3.1 PHP .....	10
2.3.2 MySQL .....	10
2.3.3 CSS.....	11
2.3.4 HTML5 .....	11
2.3.5 Raspbian .....	11
2.4. Desarrollo del sistema .....	11
2.4.1 Sistema de Monitoreo .....	11

2.4.2	Sistema de Alimentación .....	14
CAPÍTULO 3.....		15
3.	RESULTADOS .....	15
3.1	Resultados del Sistema de Monitoreo .....	15
3.1.1.	Oxígeno disuelto .....	16
3.1.2.	Temperatura.....	16
3.2.	Sistema Aireador .....	16
3.3.	Sistema de Alimentación .....	17
3.3.1.	Nivel de comida.....	17
3.3.2.	Dosificación.....	18
3.4.	Acceso a través de Interfaz Web .....	18
CAPÍTULO 4.....		22
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	22
4.1.	Análisis de Implementación .....	22
4.2.	Análisis Económico.....	22
4.2.1.	Costo/Beneficio de implementación del sistema .....	23
4.2.2.	Costo/Beneficio entre sistema y un operador.....	24
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		27
BIBLIOGRAFÍA.....		29

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO GENERAL

### 1.1 Antecedentes

El camarón es el segundo producto no petrolero de mayor exportación, después del banano. Desde el 2010 se ha visto un incremento en el volumen de la producción y los precios se han duplicado [1], debido al déficit mundial que existe en el mercado que es del 25% a causa de la disminución de producción en Asia por una enfermedad que ataca al camarón en esa región.

Cabe recordar que la producción camaronera en el país se vio afectada en el año 2000 a causa del virus de la mancha blanca, reduciéndola en un 30%.

Al día de hoy, la recuperación es evidente y existen unas 210000 hectáreas dedicadas al cultivo de camarón, de las cuales el 60% está en Guayas, 15% en El Oro y el 9% en Esmeraldas. Otro 9% está en Manabí y 7% en Santa Elena [2].

### 1.2 Descripción del problema

El año 2000 marco un punto de inflexión en la producción camaronera del Ecuador debido al virus de la mancha blanca. No existían laboratorios productores de larvas ni la tecnología que existe actualmente para poder monitorear los parámetros necesarios para ofrecer un producto de calidad.

Parámetros como temperatura o niveles de oxígeno disuelto, este último esencial para una producción exitosa debido a que el oxígeno tiene influencia directa con el consumo de alimentos, resistencia a enfermedades y el metabolismo.

Otro factor que se considera es la alimentación, con su respectiva cantidad y hora determinada de acuerdo a la etapa de vida en la que se encuentre el camarón. Teniendo en cuenta estos factores no solo se ofrecerán un producto de calidad, sino también se evitará desperdiciar el alimento, ya que al no llevar un control o monitoreo respectivo se tiende a proporcionar más alimento del necesario a los camarones.

Existen empresarios por parte del sector empresarial que han hecho inversiones en mejoras tecnológicas adquiriendo equipos y demás implementos para mejorar



la productividad del camarón, que pueden alcanzar hasta los \$250000. Por otra parte los acuicultores de sectores rurales se ven limitados a adquirir dichos equipos o tecnología que mejore su producción debido a sus limitados recursos económicos.

Con lo que se ha mencionado proponemos una posible solución basada en tecnología que cumpla con los requerimientos necesarios para mejorar la producción, a bajo costo lo cual no solo beneficiaría al sector rural sino también sería una buena opción para el sector empresarial, con lo cual optimizara sus inversiones.

### **1.3 Justificación**

El sector camaronero de nuestro país tardo más de 10 años en recuperarse luego de que el virus de la mancha blanca afectara la producción en el año 2000. Con esto se vio afectada la inversión tanto del sector empresarial como del sector rural.

Cabe mencionar también que el sector camaronero se vio afectado por el terremoto que sufrió nuestro país en Abril, dejando grandes daños en piscinas, laboratorios, empacadoras o bodegas, sobre todo en las zonas de Manabí [3].

Ante estos hechos mencionados, se refleja la necesidad de implementar sistemas que puedan controlar los parámetros necesarios como temperatura, niveles de oxígeno disuelto y controlar la alimentación del camarón según la etapa de crecimiento en la que se encuentre, para ofrecer un producto de calidad y con tecnología de bajo costo. Lo cual ayudaría a sectores donde la inversión es limitada y que han sido los más afectados por desastres naturales, como lo es el sector rural.

La implementación de este sistema no solo ayudaría a monitorear el cultivo de camarones, sino también promueve el uso de tecnología de bajo costo que puede lograr un rendimiento similar al de equipos más costosos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Implementar un sistema de telecontrol para cultivo de camarón, basado en software y hardware libre para mitigar problemas de monitoreo en las piscinas o estanques donde se encuentren los camarones.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Monitorear los parámetros necesarios como temperatura y niveles de oxígeno para el cultivo adecuado.
- Automatizar el abastecimiento de alimento en las piscinas según la hora y etapa de crecimiento del camarón.
- Realizar pruebas del sistema implementado en piscinas donde se cultiva camarón y probar su efectividad.
- Demostrar que la tecnología de bajo costo puede tener un rendimiento similar al de tecnologías de mayor costo.

## **1.5 Resultados esperados**

En este proyecto se desea obtener un sistema que automatice la alimentación en el cultivo de camarón y que permita visualizar los parámetros involucrados en el mismo, de modo que al llegar a niveles críticos se pueda mostrar una alarma. Estas alarmas podrán ser enviadas a un correo electrónico y los datos recopilados podrán visualizarse desde un sitio web.

Se espera que el abastecimiento automático de comida en la piscina sea determinado según la etapa de crecimiento de la especie y en intervalos de tiempo.

## CAPÍTULO 2

### 2. DISEÑO Y DESARROLLO

#### 2.1 Metodología

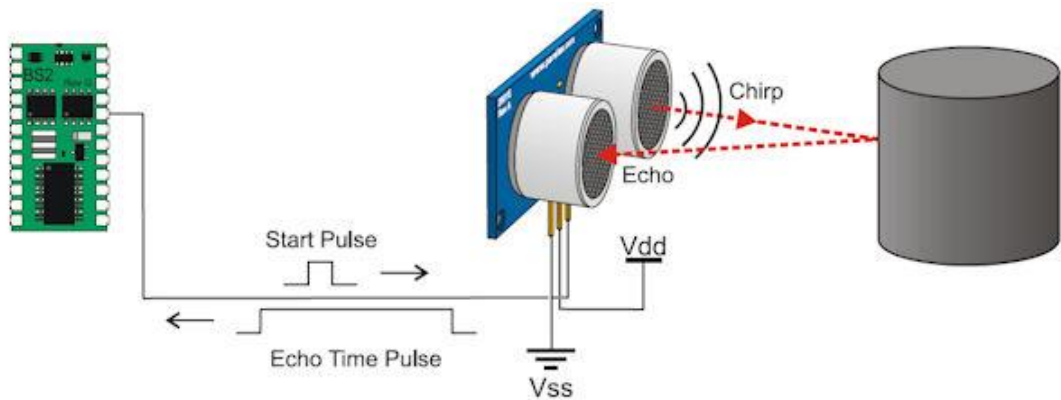
El proyecto se ha dividido de la siguiente manera:

- Investigar los antecedentes de producción camaronera en el Ecuador y cuales han sido sus principales problemas y deficiencias.
- Considerar los sistemas utilizados actualmente en las piscinas camaroneras para analizar costos y funcionamiento del sistema a implementar.
- Implementar prototipo con el respectivo software y hardware analizado en el presupuesto.
- Diseñar e implementar la interfaz gráfica para el usuario.
- Efectuar pruebas en el sistema implementado para detectar errores y hacer modificaciones para un mejor funcionamiento.
- Realizar pruebas en una piscina camaronera.

#### 2.2 Herramientas de Hardware

##### 2.2.1 Sensor de Ultrasonido HC-SR04

El sensor de ultrasonido HC-SR04 es un módulo que detecta proximidad hacia objetos que pueden encontrarse a solo centímetros del emisor o a varios metros. El principio de la medición [4] se basa en el envío de una señal de audio de alta frecuencia, la cual es imperceptible al oído humano. Esta señal se envía a través de un transductor, que por lo general es de forma cilíndrica, la cual rebota al encontrar un objeto que obstaculice su paso y es captada por otro transductor que también es de forma cilíndrica. El sensor calcula el tiempo que transcurre desde el envío de la señal hasta la recepción de la misma [5]. Su funcionamiento se lo describe en la figura 2.1:



**Figura 2.1: Sensor de ultrasonido HC-SR04 [6]**

Las características del sensor de ultrasonido son las siguientes:

- Voltaje de Funcionamiento: 5V (DC)
- Corriente Stand By: <2 mA
- Consumo en Funcionamiento: 15mA
- Frecuencia de Funcionamiento: 40KHz
- Señal de salida: Tren de Pulsos, nivel alto a 5V, nivel bajo a 0V
- Ángulo Eficaz de Detección: < 15°
- Distancia de Detección: 2 - 450 cm
- Resolución: 0,3 cm
- Señal de Entrada para Disparo (Trigger): TTL pulso 10us
- Señal de Salida para Eco (Echo) a: Señal PWL de TTL
- Este sensor dispone de 4 pines: Vcc, Trig, Echo y GND

### 2.2.2 Sensor de oxígeno Atlas Scientific

Este sensor mide la concentración de oxígeno disuelto en el agua, uno de los indicadores principales en un entorno acuático. El sensor de oxígeno disuelto está conformado por una sonda y un circuito de adaptación de señal denominado EZO D.O. Circuit [7]. La figura 2.2 muestra las conexiones entre el circuito EZO D.O. y un microcontrolador.

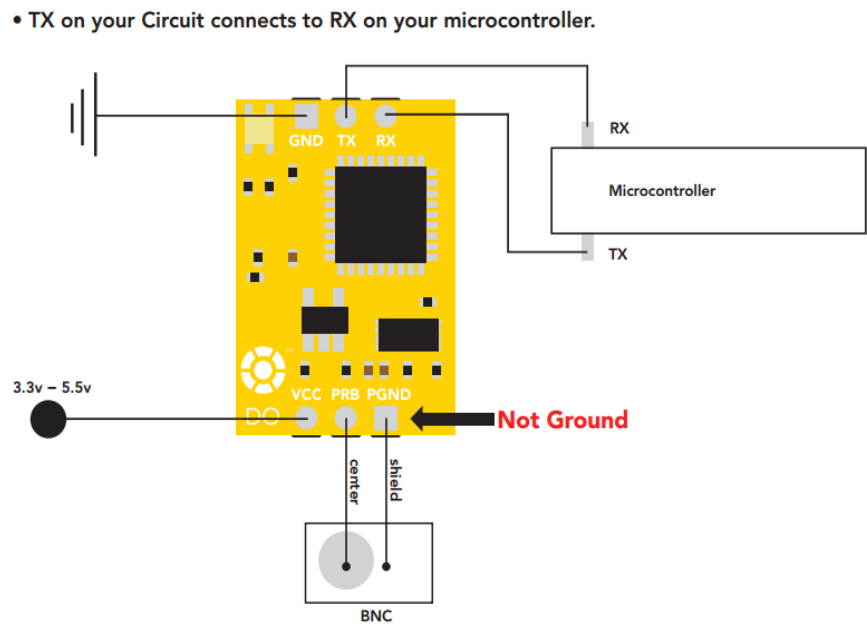
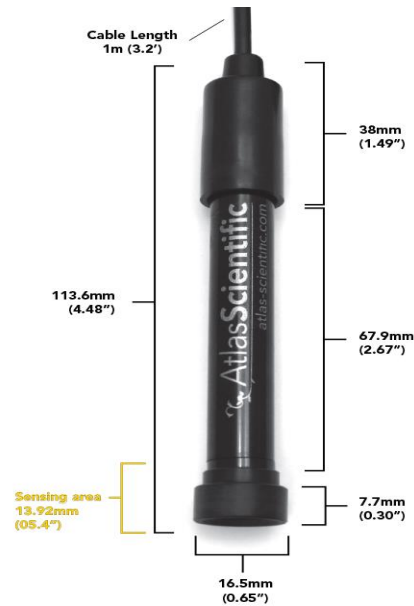


Figura 2.2: Circuito EZO Oxígeno Disuelto [8]

La figura 2.3 muestra la sonda de oxígeno disuelto.



**Figura 2.3: Sonda de oxígeno disuelto [9]**

Las características del sensor de oxígeno son las siguientes:

- Rango: 0-20 mg / L.
- Temperatura máxima: 50 ° C.
- Presión máxima: 690 kPa (100 psi).
- La profundidad máxima de 60 m (197 pies).
- Longitud del cable: 1 metro.
- Conector BNC.

### 2.2.3 Sensor de temperatura DS18B20 Waterproof

El sensor de temperatura DS18B20 waterproof permite medir la temperatura en condiciones húmedas. Es una versión impermeabilizada del sensor DS18B20, ya que posee un recubrimiento metálico que le permite ser usado en condiciones de humedad o poder sumergirlo.

Este sensor puede medir temperaturas hasta 125 grados centígrados y la señal que se mide es enviada digitalmente de tal forma que esta no se

degrada por la distancia del cable. Posee tres terminales, dos de alimentación y un terminal que es de datos [10].

A continuación se muestran las características de este sensor:

- 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.
- Longitud del cable: Hasta 4 metros.

En la figura 2.4 se puede observar el sensor de temperatura mencionado.

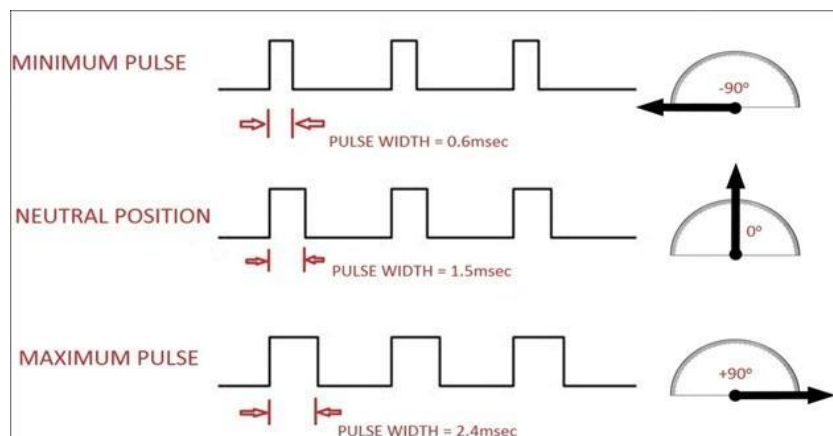


**Figura 2.4: Sensor DS18B20 Waterproof [11]**

### 2.2.4 Servomotor

Es un dispositivo que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. Un servomotor es similar a un motor eléctrico de corriente continua, con la diferencia de que tiene la opción de colocarse en determinada posición [12].

El servomotor está conformado por un motor, un circuito de control y una caja reductora. Parte del circuito de control es el cable por el que se transmite la información de control como el ángulo de movimiento, velocidad, fuerza, polaridad, etc. El ángulo de movimiento indica la duración de un pulso que determina los giros del motor, lo cual se denomina PCM (modulación codificada de pulsos). La posición se establece por la longitud de un pulso que se recibe cada 20 milisegundos, si el pulso es menor a 1.5 milisegundos entonces el motor se aproximara a los 0 grados. Si el pulso es 1.5 milisegundos la posición del servomotor se encontrará en el centro, es decir a 90 grados. Si el pulso es 2 milisegundos o más el servomotor estará a 180 grados. Ver figura 2.5.

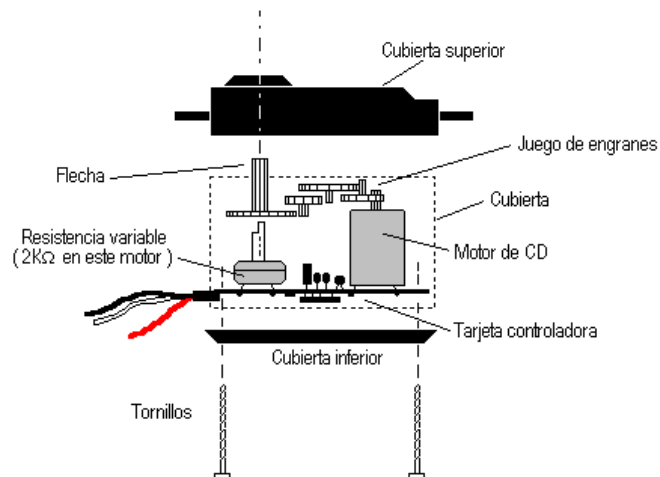


**Figura 2.5: Pulsos de tiempo para giro del Servomotor [13]**

Un servomotor estándar cuenta con tres cables: Rojo para la alimentación, negro para GND y amarillo o blanco para la transmisión de



datos. También cuenta con un sistema de engranaje que puede ser truncado para que sea continuo como se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6: Estructura interna del servomotor [14]**

## 2.3. Herramientas de software

### 2.3.1 PHP

Es un lenguaje de código abierto adecuado para el desarrollo web que puede ser escrito en HTML. El código de PHP es ejecutado en el servidor web a través de un intérprete en lugar de llamar a un archivo externo y es enviado al cliente. Es un lenguaje open source, lo que quiere decir que tanto el intérprete como su código fuente son accesibles de forma gratuita [15].

Comparado con otro tipo de tecnologías, PHP es independiente de la plataforma y más sencillo de aprender y utilizar.

### 2.3.2 MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacional, open source, que permite al usuario definir, crear, mantener y controlar el acceso a la base de datos [16].

### **2.3.3 CSS**

Es un lenguaje utilizado para definir la interfaz visual de un documento escrito en HTML o XHTML, que divide la estructura del documento de su diseño, facilitando al desarrollador realizar cambios que no afecten procesos internos [17].

Este lenguaje optimiza el ancho de banda de la conexión ya que el código fuente de los documentos se compone de bloques lógicos muy claros lo cual permite leer mejor y acorta los tiempos de carga.

### **2.3.4 HTML5**

Es la quinta versión de HTML. Es el lenguaje utilizado para el desarrollo de páginas web, basado en el desarrollo de referenciación con lo cual es suficiente indicar la ubicación del elemento que se desee insertar como imágenes, videos, scripts u otros [18]. Debido a que es un lenguaje estándar puede ser interpretado en cualquier navegador, siempre y cuando se encuentre actualizado ya que posee nuevas etiquetas y podrían no ser reconocidas.

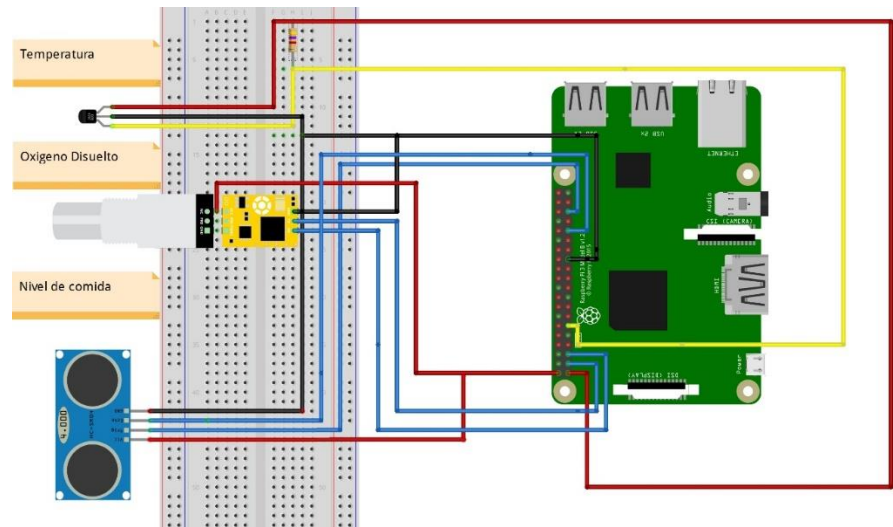
### **2.3.5 Raspbian**

Es un sistema operativo libre basado en Debian, optimizado para la placa Raspberry Pi. Raspbian posee más de 35000 paquetes con software pre-compilado de fácil instalación [19].

## **2.4. Desarrollo del sistema**

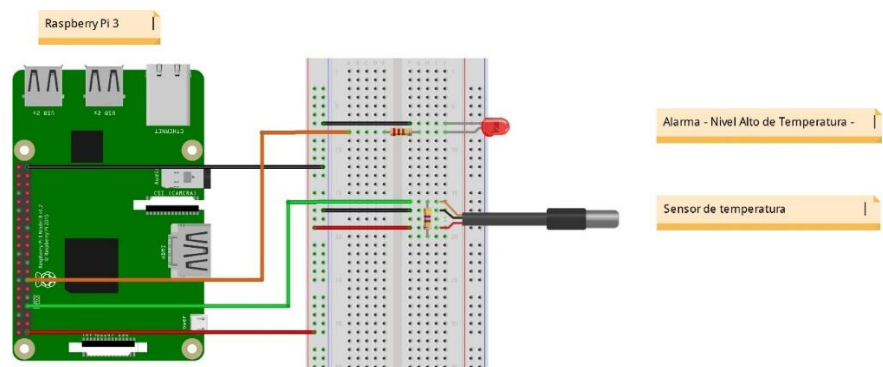
### **2.4.1 Sistema de Monitoreo**

Este sistema monitorea los parámetros involucrados en el cultivo de camarón como la temperatura y nivel de oxígeno disuelto en el agua y controla el abastecimiento de su alimento. En la figura 2.7 se puede visualizar los sensores que miden cada variable mencionada.



**Figura 2.7: Circuito de sistema de monitoreo**

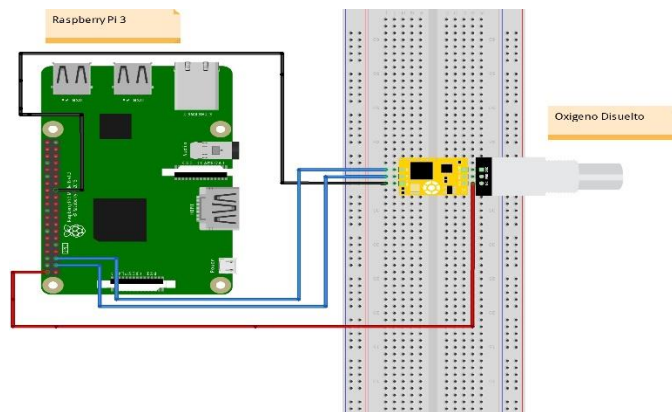
El circuito que mide la temperatura se observa en la figura 2.8 y utiliza el sensor DS18B20 Waterproof, el cual va conectado a la Raspberry Pi de la siguiente forma: La línea de alimentación que está representada con el cable rojo va conectada al pin 1 de la Raspberry, el cual proporciona 3.3 V. El cable negro va a GND en el pin 39. Por último la línea que lleva los datos es el cable amarillo que va conectado al pin 7.



**Figura 2.8: Circuito del sistema de temperatura**

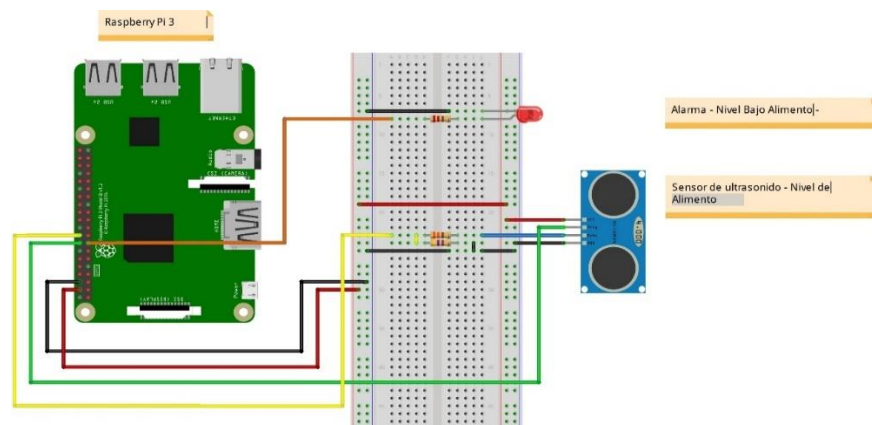
El circuito que mide el nivel de oxígeno disuelto se observa en la figura 2.9 y está conectado a los pines de la Raspberry Pi de la siguiente manera: El circuito EZO utilizado para la medición cuenta con dos salidas

seriales, Tx y Rx las cuales van conectadas a los pines 3 y 5 respectivamente. El cable rojo que corresponde a la alimentación va conectado al pin 2, el cual proporciona 5 V. Por último el cable negro va conectado al GND en el pin 9.



**Figura 2.9: Circuito de control de nivel de oxígeno**

En la figura 2.10 se observa el circuito que mide el nivel de comida en el abastecedor. Para verificar el nivel de comida se utilizó el sensor de ultrasonido HC-SR04 el cual está conectado a la Raspeberry Pi de la siguiente manera: El cable rojo va conectado al pin 2 que le proporciona 5V. El cable negro se conecta al pin 9, que es el GND. Los pines de Trigger y Echo del sensor van conectados a los pines 16 y 18 respectivamente de la Raspberry.



**Figura 2.10: Circuito del sistema de control de nivel**

### 2.4.2 Sistema de Alimentación

Este bloque ha sido diseñado con el fin de controlar la alimentación de los camarones para así poder determinar la cantidad de alimento que se va a abastecer en la piscina desde el tanque abastecedor a ciertos intervalos de tiempo. En la figura 2.10 se observa el esquema del circuito implementado para el sistema de alimentación el cual utiliza un servomotor estándar que puede ser controlado por ángulos de 0 a 180 grados para permitir el paso del alimento desde el reservorio. Está conectado a la Raspberry de la siguiente manera: Los cables rojo y negro van conectados a una fuente externa, mientras que el cable amarillo que transmite datos y va conectado al pin 12.

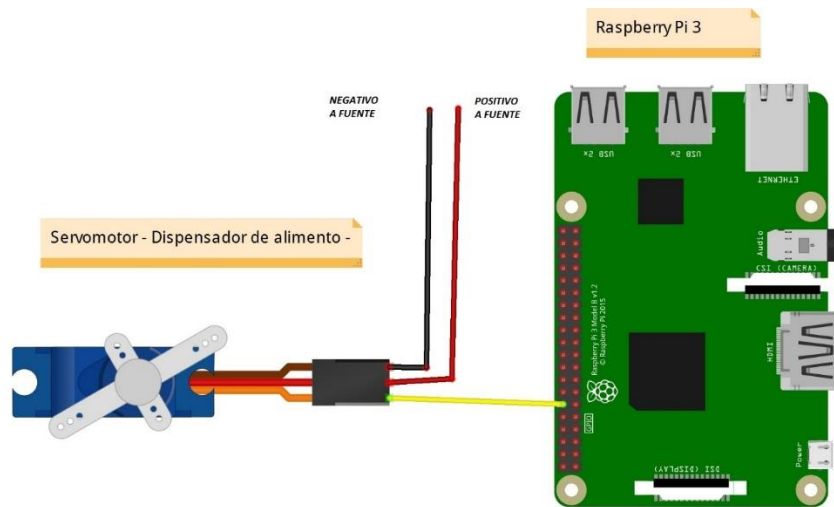


Figura 2.10: Sistema dosificador de alimentos

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

Para la implementación del sistema de telecontrol se realizó una serie de estudios acerca de las piscinas camaroneras y de los factores principales para el crecimiento de la especie. La información técnica de la especie se la obtuvo a través de visitas técnicas a la empresa Alimentos S.A. e investigaciones en documentos relacionados al tema.

El paso inicial fue modelar todo el sistema requerido y en el cual se identificaron los más primordiales, los cuales se nombran a continuación:

- Sistema de Monitoreo.
- Sistema Aireador
- Sistema de Alimentación

En cada uno de los sistemas se identificó el componente de hardware y software requeridos para la solución.

De manera general el sistema de telecontrol permite a través de un sitio web poder visualizar parámetros importantes para el crecimiento de la especie así como alertas cuándo se superan parámetros mínimos requeridos, tales como: temperatura, nivel de oxígeno, nivel de alimento. Le permite al usuario final poder realizar reportes tanto en PDF, como en CSV consultando el historial de mediciones de acuerdo a intervalos de tiempo que así lo requiera, además de mandar a ejecutar acciones para corregir ciertos parámetros de forma automática como el nivel de oxígeno.

#### 3.1 Resultados del Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo verifica que los parámetros involucrados en una piscina para el cultivo de camarón sean los adecuados.

Existen varios parámetros que se deben monitorear, en este caso se medirán los más críticos, como lo es el oxígeno disuelto y la temperatura.

### **3.1.1. Oxígeno disuelto**

El nivel de oxígeno disuelto en la piscina se mide con la ayuda del circuito D.O. EZO junto con una sonda de la compañía Atlas Scientific, esta última es colocada dentro de la piscina. Es el parámetro de mayor importancia, ya que se relaciona directamente con el consumo de alimento, resistencia a enfermedades y al metabolismo. Niveles bajos de oxígeno disuelto provocan la muerte de la especie y niveles por encima de lo normal pueden provocarles estrés. Para cualquier valor crítico el sistema encenderá unas alertas tanto en la aplicación web como en la caja de control que se encuentra la piscina camaronera. Un nivel aceptable de oxígeno disuelto para la vida de la gran mayoría de peces y organismos acuáticos se encuentra entre los 5 y 8 mg/L. Si el oxígeno disuelto no está en un rango aceptable el sistema enviará una alarma notificando la situación.

### **3.1.2. Temperatura**

La temperatura de la piscina se mide con el sensor DS18B20 a prueba de agua, el cual fue colocado en el interior de la piscina. Este sensor envía lecturas en tiempo real los cuales son visualizados en la interfaz web.

Este parámetro puede afectar el metabolismo y tasas de alimentación de los camarones, pero sobretodo afecta directamente la tasa de respiración de los organismos.

La temperatura óptima para estos organismos oscila entre los 20°C y 30°C, por lo que el sistema enviará una alerta si las lecturas de temperatura en la piscina están fuera del rango adecuado. Para cualquier valor crítico el sistema encenderá unas alertas tanto en la aplicación web como en la caja de control que se encuentra la piscina camaronera.

## **3.2. Sistema Aireador**

Este sistema es primordial para la supervivencia de la especie. El sistema de monitoreo suministra datos al sistema de telecontrol, particularmente los niveles

bajos de oxígeno permiten saber cuándo el aireador debe ser encendido, esto se realizará de forma automática sin que el usuario intervenga así que cada vez que se requiera empezará a funcionar hasta que se encuentre el nivel en un nivel aceptable según lo indicado y una vez que este sea alcanzado se volverá a apagar.

El sistema ha sido modelado con un relé controlado por el raspberry, el relé a su vez se encuentra conectado con una bomba de oxígeno, de esta manera se lleva a cabo la aireación de la piscina.

### **3.3. Sistema de Alimentación**

Este bloque del diseño permitirá controlar la cantidad de alimento que se abastecerá a los camarones en la piscina en determinado tiempo, ya que esta depende de la etapa de crecimiento en la que se encuentre la especie y el peso promedio de su biomasa, con lo que se logrará evitar el desperdicio de alimento. Es importante mencionar que al no controlar el abastecimiento del alimento se deteriora la calidad del agua, lo cual conlleva al desarrollo de enfermedades.

El sistema de alimentación consta de dos elementos, un reservorio en donde se depositará el alimento y el dispensador que es controlado por la Raspberry haciendo que el servomotor gire y permita el paso del alimento hacia la piscina por un determinado tiempo.

#### **3.3.1. Nivel de comida**

El nivel de comida que se encuentra en el reservorio se determina gracias al sensor de ultrasonido HC-SR04 que se encuentra colocado en la parte superior del reservorio. De esta forma el sensor mide la distancia hacia el fondo del reservorio para definir si el nivel del alimento es alto, medio o bajo.

Las lecturas del sensor serán enviadas a la interfaz web cada segundo y en el caso de que el nivel de comida sea bajo se activará una alarma, es decir se encenderá un led en el centro de control y se notificará a la interfaz web el estado del reservorio. Adicionalmente se enviará un correo



electrónico notificando la alerta al personal encargado de abastecer el reservorio.

### 3.3.2. Dosificación

El mecanismo de dosificación para la piscina está conformado por un servomotor el cual es controlado por la Raspberry para que por medio de una compuerta pueda permitir o no el paso de alimento desde el reservorio.

El servomotor está colocado fuera del reservorio junto con la compuerta y dado que se puede manejar el giro del motor por ángulos de 0 a 180 grados controlará la apertura o cierre de la compuerta, por lo tanto funcionará cada vez que se necesite abastecer de alimento a los camarones.

### 3.4. Acceso a través de Interfaz Web

El acceso al sistema es a través de un navegador web, el cual puede ser cualquiera sin restricción a alguna marca. En la figura 3.1 se puede observar la página de inicio del sistema.

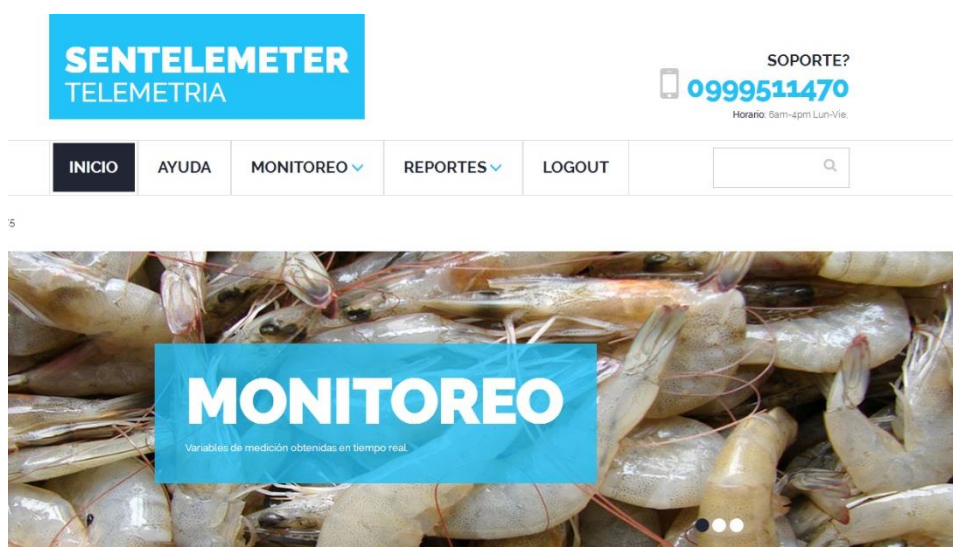


Figura 3.1: Página principal del sitio web

En este sistema se podrá encontrar: información de ayuda para el usuario, opciones de monitoreo en tiempo real, como por ejemplo la temperatura de la piscina que se puede observar en la figura 3.2.



**Figura 3.2: Monitoreo de la temperatura**

El sistema muestra las opciones de monitoreo de los siguientes parámetros:

- Nivel de oxígeno disuelto.
- Nivel de Alimento en el reservorio.
- Temperatura de la piscina.
- Alertas de alguno de estos parámetros


Además el usuario podrá realizar reportes de valores anteriores en forma de historiales dentro de un rango de fechas, con la opción de exportar a un archivo PDF o CSV para posterior análisis, el sistema ofrece la facilidad de pagineo para la mejor visualización de los resultados, como se observa en la figura 3.3.

Fecha Inicio  Fecha Fin

Nº Toma	Temperatura	Fecha
1	27.5	2017-01-11 23:26:54
2	27.5	2017-01-11 23:27:05
3	27.5	2017-01-11 23:27:16
4	27.5	2017-01-11 23:27:27
5	27.5	2017-01-11 23:27:37
6	27.5	2017-01-11 23:27:48

**Figura 3.3: Reporte de temperaturas registradas dentro de un rango de fechas**

En el reporte se podrá encontrar la siguiente información el número de la muestra, el valor del parámetro en este caso la temperatura y la fecha y hora en el que fue registrada, información importante para el control de las piscinas camaroneras, como se observa en la figura 3.4.



**SENTELEMETER**

Sentelometer  
Aguirre 1015,  
Av. del Ejército, ECU  
(593) 999511470  
suport@sentelometer.com

REPORTE: Temperatura  
 CLIENTE: Carlos Altamirano  
 DIRECCIÓN: Calle 24 y Calle M, TX 79273, ECU  
 EMAIL: callamira@espol.edu.ec  
 FECHA: Thu, 20 Apr 2017 19:31:53 +0100

Nº Toma	Temperatura	Fecha
1	27.5	2017-01-11 23:26:54
2	27.5	2017-01-11 23:27:05
3	27.5	2017-01-11 23:27:16
4	27.5	2017-01-11 23:27:27
5	27.5	2017-01-11 23:27:37
6	27.5	2017-01-11 23:27:48

**Figura 3.4. Reporte de temperaturas en formato PDF.**

El Reporte generado tiene una estructura definida, este tendrá una cabecera que identificará a la empresa, el nombre del reporte y el usuario que lo ha generado al reporte.

En cuanto al reporte en formato CSV se los puede visualizar en la Figura 3.5 donde consta la información necesaria sobre las mediciones.

ID	TEMPERATURA	FECHA
"1"	27.5	11/01/2017 23:26
"2"	27.5	11/01/2017 23:27
"3"	27.5	11/01/2017 23:27
"4"	27.5	11/01/2017 23:27
"5"	27.5	11/01/2017 23:27
"6"	27.5	11/01/2017 23:27
"7"	27.5	11/01/2017 23:27
"8"	27.5	11/01/2017 23:28
"9"	27.5	11/01/2017 23:28
"10"	27.5	11/01/2017 23:28
"11"	27.5	11/01/2017 23:28
"12"	27.5	11/01/2017 23:28
"13"	27.5	11/01/2017 23:29
"14"	27.38	11/01/2017 23:29
"15"	27.38	11/01/2017 23:29
"16"	27.38	11/01/2017 23:29
"17"	27.38	11/01/2017 23:29
"18"	27.5	11/01/2017 23:30
"19"	27.5	11/01/2017 23:30
"20"	27.5	11/01/2017 23:30

**Figura 3.5: Reporte de temperaturas en formato CSV.**

Es importante notar que el sistema posee dos tipos de usuarios:

- Administrador
- Operador

La diferencia radica en que el primero podrá tener todas las opciones del sistema en cambio que el segundo no podrá contar con la opción de generación de reportes.

## CAPÍTULO 4

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis de Implementación

El prototipo del sistema de telecontrol fue probado en una pecera de un metro cuadrado aproximadamente, en la cual se realizaron las respectivas pruebas de los sensores de oxígeno, temperatura y ultrasonido para el nivel de comida en el reservorio. Dentro de la pecera también se colocó un oxigenador, el cual es necesario para mantener en buen estado la calidad del agua.

El sistema monitorea parámetros esenciales para el cultivo de camarón con la ayuda de los sensores mencionados y software libre, los cuales generaron un buen rendimiento al momento de arrojar resultados en lectura de datos y en el control de la dosificación del alimento.

Con respecto al sistema de alimentación, este funcionó de forma correcta dosificando la cantidad determinada en los tiempos establecidos. Gracias a esto se optimiza el tiempo que puede tomar en hacer esta tarea manualmente y de la misma forma con la cantidad de alimento que se dosifica.

El acceso remoto mediante la interfaz web fue muy bien aprovechado ya que por medio de esta fue posible visualizar las lecturas de los sensores sin la necesidad de estar cerca de la pecera. Fue de gran ayuda al momento de notificar alguna alerta con los parámetros medidos, ya que se receptaba la alerta bien sea por la interfaz web o se recibía un correo electrónico. Cabe destacar también que la interfaz web puede visualizarse desde cualquier plataforma accediendo al sitio web [www.sentelemeter.com](http://www.sentelemeter.com) desde cualquier navegador.

#### 4.2. Análisis Económico

En este análisis se detallará el costo de cada material utilizado en la implementación del sistema de telecontrol, el cual se indicará en la tabla 1. Algunos elementos utilizados en la implementación no se lograron conseguir dentro de la ciudad de Guayaquil, por lo que fue necesario adquirirlas fuera de la ciudad e inclusive en otros países. Como fue el caso de la tarjeta controladora

Raspberry Pi 3, la cual fue adquirida online en Quito. Mientras que en el caso de los sensores, el sensor de oxígeno disuelto que fue el más costoso, también fue adquirido vía online en Estados Unidos, debido a la tecnología utilizada en su circuito y a las grandes prestaciones que tiene la misma.

Cabe destacar que el costo de alguno de los materiales no es tan económico, sin embargo es accesible para acuicultores de clase media, ya que el proyecto está destinado precisamente hacia dicho sector socioeconómico. El sistema representa una buena inversión ya que el gasto económico y los tiempos de operación generados serán menores contrastándolo con lo que se genera contratando personal para que ejecute el trabajo realizado por el sistema.

<b>SENSORES</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Sensor de oxígeno	1	280
Sensor de temperatura	1	15
Sensor de ultrasonido	1	10
<b>Actuadores</b>		
Servomotor	1	10
Bomba de oxígeno	1	15
<b>CENTRO DE CONTROLADOR</b>		
Raspberry Pi 3	1	90
Case Raspberry	1	10
Caja para circuito	1	20
Antena wifi extensora	1	10
Fuente de 5 V DC	1	15
<b>COMUNICACIÓN</b>		
Router	1	30
<b>MATERIALES SIST. ALIMENTACIÓN</b>		
Envase plástico	1	10
Alimento	1	10
Pescera	1	30
	<b>Total</b>	<b>555</b>

**Tabla 1: Costo de materiales de sistema de telecontrol**

#### **4.2.1. Costo/Beneficio de implementación del sistema**

El prototipo realizado fue probado en un estanque no mayor a 1 metro cuadrado, por lo tanto es recomendable utilizar más de un sistema si la piscina excede la dimensión en donde se realizaron las pruebas.

Al ser comercializado el sistema, el costo de los materiales será el mismo tanto si es vendido por unidad como al por mayor. Mientras que los costos de implementación, es decir la mano de obra, varían de acuerdo a la cantidad de sistemas que se vayan a comercializar.

Con respecto al soporte técnico que se brinde a los sistemas, en la tabla 2 y 3 se indica que el primer año no se pagara tal valor, mientras que en los siguientes años se determina un valor.

<b>Costo por Unidad</b>	
Materiales	555
Mano de Obra	1000
Soporte Técnico(Primer año)	0
<b>Total</b>	<b>\$1555</b>

**Tabla 2: Cotización para un sistema**

\*Soporte Técnico después del año: \$1000 anual

<b>Costo al por mayor(4 sistemas)</b>	
Materiales por unidad (\$555)	2220
Mano de Obra	2800
Soporte Técnico (Primer año)	0
<b>Total</b>	<b>5020</b>

**Tabla 3: Cotización para 4 sistemas**

\* Soporte Técnico después del año: \$800 anuales por sistema

#### **4.2.2. Costo/Beneficio entre sistema y un operador**

Normalmente las diferentes actividades en acuicultura o específicamente en una piscina camaronera son efectuadas por personal contratado. A continuación se desea hacer una comparativa para demostrar el ahorro que puede generar el sistema de telecontrol frente a la mano de obra del personal que se suele utilizar para estas actividades, al cual se le suele pagar mensualmente un sueldo básico. Los valores comparados se muestran a continuación en la tabla 4 y 5, donde se detalla el análisis sin soporte técnico y con soporte técnico respectivamente.

<b>Análisis para un sistema</b>				
	Mensual	1 Año	2 Años	4 años
Sueldo Empleado	\$375	\$4500	\$9000	\$18000
Sentelemeter	0	\$1555	\$3110	\$6220
	<b>DIFERENCIA</b>	<b>\$2945</b>	<b>\$5890</b>	<b>\$11780</b>

**Tabla 4: Ahorro en un sistema de telecontrol sin soporte técnico**

<b>Análisis para un sistema</b>				
	Mensual	1 Año	2 Años	4 años
Sueldo Empleado	\$375	\$4500	\$9000	\$18000
Sentelemeter	0	\$2555	\$5110	\$10220
	<b>DIFERENCIA</b>	<b>\$1945</b>	<b>\$3890</b>	<b>\$7780</b>

**Tabla 5: Ahorro en un sistema de telecontrol con soporte técnico**

Con la adquisición de un sistema de telecontrol es notable el ahorro comparándolo con el sueldo básico, el cual en el caso más extremo se ha considerado con un solo empleado y dado que la mayoría de las veces se necesita por lo menos otro empleado, el ahorro sería más notable. En la tabla 6 y 7 se mostrará el detalle del ahorro que genera adquirir más de un sistema de telecontrol sin soporte técnico y con soporte técnico respectivamente.

Notar que se ha considerado los dos casos, es decir si la empresa que contrata nuestros servicios, requiere soporte técnico el cual lo podrá pagar anualmente o en caso de que no requiera este servicio también se ha considerado.

<b>Análisis para 4 sistemas</b>				
	Mensual	1 Año	2 Años	4 Años
Sueldo de 2 Empleados	\$750	\$9000	\$18000	\$36000
Sentelemeter	0	\$5020	\$10040	\$20080
	<b>DIFERENCIA</b>	<b>\$3980</b>	<b>\$7960</b>	<b>\$15920</b>

**Tabla 6: Ahorro en 4 sistemas de telecontrol sin soporte técnico**



<b>Análisis para 4 sistemas</b>				
	Mensual	1 Año	2 Años	4 Años
Sueldo de 2 Empleados	\$750	\$9000	\$18000	\$36000
Sentelemeter	0	\$5820	\$11640	\$23280
	<b>DIFERENCIA</b>	<b>\$3180</b>	<b>\$6360</b>	<b>\$12720</b>

**Tabla 7: Ahorro en 4 sistemas de telecontrol con soporte técnico**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se implementó un sistema de telecontrol para piscinas camaroneras capaz de monitorear los parámetros necesarios para el cultivo adecuado, como oxígeno y temperatura.
2. Se automatizó el abastecimiento de alimento en piscinas, según la hora la cual fue determinada a través de las charlas que tuvimos en la empresa Alimentosa ya que ellos poseen experiencia en este campo para llevar un mejor control del alimento y evitar el desperdicio del mismo.
3. Se implementó un sistema web en donde el diseño permite visualizar las lecturas de los sensores y el control de la alimentación de forma “responsive”, es decir posee un diseño adaptable a cualquier plataforma que el usuario disponga.
4. Se implementó una serie de reportes con información de importancia para que los usuarios del sistema puedan inferir a cerca de lo que sucede en las piscinas camaroneras y en caso de tomar medidas sean las más adecuadas solucionando directamente el patrón que acontece.
5. El rendimiento del sistema es similar al de equipos más sofisticados, con la diferencia de que nuestro sistema trabaja con software y hardware libre, logrando que su costo sea menor.

### Recomendaciones

1. El sistema de monitoreo y alimentación pueden ser visualizados y controlados por medio de la interfaz web, de modo que sería un buen aporte añadir de forma local la visualización de la lectura de los sensores y el control de la dosificación del alimento.
2. Se recomienda usar un sensor de mejor precisión para el caso del sensor de ultrasonido, para así tener una lectura más exacta de la cantidad de alimento existente en el reservorio.

3. Para implementaciones en estanques mayores a 4 metros cuadrados se recomienda añadir un sistema de control de aireadores de mayor potencia que aporten con el proceso de oxigenación del agua.
4. Se recomienda implementar una opción de alertas mediante mensajes de texto a través de la red móvil o datos para que allá un mayor conocimiento por parte de los usuarios cuando exista alguna emergencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Banco Central del Ecuador, (2015). Información Estadística Mensual [Online]. Disponible en: <http://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- [2] Cámara Nacional de Acuicultura, (2015). COMERCIO EXTERIOR [Online]. Disponible en: <http://www.cna-ecuador.com/comercioexterior-informacion>
- [3] Diario El Universo, (2016). Sector camaronero resurge de a poco en Ecuador [Online]. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2016/09/15/nota/5801293/sector-camaronero-resurge-poco>
- [4] Alcabot, (2016). Sensores de distancia por ultrasonidos [Online]. Disponible en: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>
- [5] AMGkits, (2016). Sensor ultrasónico HC-SR04 [Online]. Disponible en: <http://www.amgkits.com/sensores/9-sensor-ultrasonico-hc-sr04.html>
- [6] Elettronica Open Source, (2015). Realizzazione di un rilevatore SONAR con Arduino [Online]. Disponible en: <http://it.emcelettronica.com/realizzazione-di-un-rilevatore-sonar-con-arduino>
- [7] Atlas Scientific, (2016). Sensor de oxígeno disuelto [Online]. Disponible en: <http://www.atlas-scientific.com/dissolved-oxygen.html>
- [8] Atlas Scientific, (2016). EZO D.O. Circuit wiring diagram. [Online]. Disponible en: [https://www.atlas-scientific.com/\\_files/instructions/ezo-do-Wiringdiagram.pdf](https://www.atlas-scientific.com/_files/instructions/ezo-do-Wiringdiagram.pdf)
- [9] HETPRO, (2016). Sensor de oxígeno disuelto [Online]. Disponible en: <https://hetpro-store.com/sensor-de-oxigeno-disuelto/>
- [10] Tectronix, (2016). Sensor de temperatura digital impermeable DS18B20 [Online]. Disponible en: <http://www.tectronix.cl/sensor-de-temperatura-digital-impermeable-ds18b20.html>

- [11] Electronilab, (2016). Sensor de temperatura DS18B20 tipo sonda [Online]. Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/>
- [12] I.L. Kosow, (1993, Mayo 1). Máquinas Eléctricas y Transformadores 2da Edición, México [Online]. Disponible en:  
<https://books.google.com.ec/books?id=5hJzpimPyXQC&pg=PA429&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [13] Engineers Garage, (2013). Servomotor control using 555 timer IC [Online]. Disponible en: <https://www.engineersgarage.com/contribution/expert/servo-motor-control-using-555-timer-ic>
- [14] SlideShare, (2015). Partes de un servomotor [Online]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/CristianDavis/partes-de-un-servo-motor>
- [15] PHP, (2016). ¿Qué es php? [Online]. Disponible en: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- [16] Autónomos. (2015). Manuales de Software Mysql. [Online]. Disponible en: <http://eautonomos.com/admin/SOFTWARE/xu0Ukp6TyK.pdf>
- [17] E. Etermad, (2011.Mayo, 12). Wide Web Consortium [Online]. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/css-2010/#css>
- [18] S. Luján Mora, (2002). Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web. Editorial Club Universitario. España
- [19] Raspbian, (2012). Welcome to Raspbian [Online]. Disponible en: <https://www.raspbian.org/>