

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE
PERMITA LA LECTURA DE TEMPERATURA Y PH Y REGULE EL NIVEL DEL
AGUA DE UN ACUARIO DEL LABORATORIO DE ACUICULTURA DEL
PROGRAMA DE ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
SEDE FUSAGASUGÁ**

RODOLFO LOPEZ PLAZAS

DINA MARCELA CUBILLOS ZAMUDIO

Universidad de Cundinamarca

Facultad de ingeniería

Ing. Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2016

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE
PERMITA LA LECTURA DE TEMPERATURA Y PH Y REGULE EL NIVEL DEL
AGUA DE UN ACUARIO DEL LABORATORIO DE ACUICULTURA DEL
PROGRAMA DE ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
SEDE FUSAGASUGÁ**

**RODOLFO LOPEZ PLAZAS
DINA MARCELA CUBILLOS ZAMUDIO**

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Ingeniero Electrónico

Director:

Ing. Leonardo Rodríguez Mujica

Codirector:

Diego Alexander Garzón Olaya

Universidad de Cundinamarca

Facultad de ingeniería

Ing. Electrónica

Fusagasugá, Colombia

2016

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION.....	5
3. OBJETIVO GENERAL.....	9
3.1. Objetivos específicos.....	9
4. MARCO REFERENCIAL.....	10
4.1. Acuicultura.....	10
4.2. Acuarios.....	13
4.3. Servidor HTTP.....	16
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	20
5.1. Adecuación de sensores de pH y temperatura.....	20
5.1.1. Parámetros de diseño.....	20
5.1.2. Características electrodo de pH.....	21
5.1.3. Amplificador diferencial y filtro.....	22
5.1.4. Simulación.....	25
5.1.5. Implementación y pruebas.....	28
5.1.6. Sensor de temperatura DS18B20.....	30
5.1.7. Funcionamiento DS18B20.....	31
5.1.8. Conexión DS18B20.....	32
5.2. Acondicionamiento de nivel de agua.....	33
5.2.1. Sensor de distancia HC-SR04.....	34
5.2.2. Actuador electroválvula.....	35
5.2.3. Conducto de agua.....	36
5.2.4. Recuperación de agua.....	37
5.3. Interfaz de visualización.....	39
5.3.1. Framework Django.....	39
5.3.2. Entorno Web.....	41
5.4. Sistema de monitoreo de acuario.....	55
5.4.1. Instrumentación y validación.....	56

5.4.2. Configuración de sistema.....	59
5.4.3. Accesibilidad remota	60
6. RESULTADOS	62
7. ANALISIS.....	66
8. CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS	70
A. Código fuente	70
B. Tablas de base de datos.....	78
C. Regulación de nivel de agua.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas de monitoreo.	5
Tabla 2 Peces comunes y rangos de temperatura.....	11
Tabla 3 Efectos de pH en tanques de peces.	12
Tabla 4 Parámetros de diseño	21
Tabla 5 Características electrodo de pH HI 1230B	22
Tabla 6 Elementos de acondicionamiento	25
Tabla 7 Respuesta a la variación del potenciómetro en la simulación.....	26
Tabla 8 Respuesta a variación de muestras pH	29
Tabla 9 Características electroválvula solenoide	35
Tabla 10 Respuesta en temperatura a pérdida de agua	38
Tabla 11 Variables almacenadas.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cambios de pendiente en la medición de pH	16
Figura 2 Diagrama en Bloques del sistema	20
Figura 3 Electrodo de pH	21
Figura 4 Amplificador diferencial.....	22
Figura 5 Circuito filtro Butterworth pasa bajas 40 dB/década	24
Figura 6 Simulación amplificador diferencial.....	26
Figura 7 Simulación filtro Butterworth pasa bajas	27
Figura 8 Respuesta en ac filtro Butterworth pasa bajas.....	27
Figura 9 Prueba circuito de acondicionamiento de pH.....	28
Figura 10 Configuración de pines PCF8591	29
Figura 11 Configuración comunicación I2C.	30
Figura 12 Asignación de pines sensor DS18B20.....	30
Figura 13 Configuración de hardware.....	31
Figura 14 Conversión de temperatura usando alimentación externa.....	32
Figura 15 Sensor HC-SR04	34
Figura 16 Diagrama de tiempo.....	34
Figura 17 Electroválvula solenoide	35
Figura 18 Diagrama esquemático de acople Raspberry Pi – electroválvula	36
Figura 19 Conducto de agua tanque de reserva –acuario	37
Figura 20 Elementos de diseño Django	40
Figura 21 Funcionamiento básico Django.....	42
Figura 22 Diagrama de clases	43
Figura 23 Caso uso página Inicio.....	44
Figura 24 Página de inicio entorno web	44
Figura 25 Página acuario	45
Figura 26 caso de uso página acuario	46
Figura 27 caso de uso página histórico	47
Figura 28 Página histórico	48
Figura 29 Caso de uso página configuración.....	49
Figura 30 Página Configuración.....	50
Figura 31 Solicitud de autenticación al sitio de administración	51
Figura 32 Caso de uso página administración.....	51
Figura 33 Sitio de administración de Django y clases del modelo	51
Figura 34 Caso de uso administración de acuario	52
Figura 35 Administración de acuario.....	52
Figura 36 Caso de uso administración de usuario	52
Figura 37 Administración de usuario.....	53
Figura 38 Caso de uso administración de pez.....	53
Figura 39 Administración de pez.....	53
Figura 40 Caso de uso administración de sensores	54
Figura 41 Administración de sensores.....	54
Figura 42 caso de uso página Acerca de.....	55

Figura 43 Página acerca de	55
Figura 44 Otocinclus Affinis	56
Figura 45 Kit de pruebas de calidad de agua	57
Figura 46 Comparación de pH	57
Figura 47 Comparación de temperatura	58
Figura 48 Comparación de nivel.	58
Figura 49 Datos de modelo Pez.....	59
Figura 50 Datos de modelo Acuario.....	59
Figura 51 Datos de modelo Usuarios.....	60
Figura 52 Entorno web.....	61
Figura 53 Nivel de agua al manipular la electroválvula.....	61
Figura 54 Aviso via e-mail.....	64
Figura 55 Regulación de nivel de agua.....	64

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Potencial de Hidrogeno	12
Ecuación 2 Ecuación de Nerst	15
Ecuación 3 Aproximación factor de Nernst	15
Ecuación 4 Voltaje de salida del amplificador diferencial.....	23
Ecuación 5 Voltaje en terminal no inversora	23
Ecuación 6 Resistencia en divisor de tensión	24
Ecuación 7 Valor de resistencia del filtro	25
Ecuación 8 Equilibrio térmico.....	37

RESUMEN

La calidad de agua en los acuarios es un factor importante en la crianza de peces de aguas dulces, si dicha calidad no es la adecuada el espécimen que contenga el acuario puede verse afectado en su reproducción, crecimiento o supervivencia. Por ello hay que tener en cuenta variables como temperatura y pH, alguna variación de ellas conlleva a generar estrés sobre la especie y posible muerte si no se corrige a tiempo. El coordinador del laboratorio de acuicultura es quien se encarga que las variables del agua sean las apropiadas para cada especie, empleando diferentes instrumentos de medición. Esta labor de supervisión se realiza en horas laborales donde el tiempo restante se desconoce si hay cambios en el agua.

El presente documento quiere dar a conocer un sistema de monitoreo de temperatura y valor de pH, además la automatización del nivel de agua del estanque. Los valores de pH y temperatura adquiridos por los sensores son almacenados en la memoria del computador Raspberry Pi empleando el lenguaje de programación Python, adicionalmente se integra una señal de alarma por medio de correo electrónico cuando se presenten variaciones en las variables del estanque; una interfaz gráfica es incluida dando acceso a las variables medidas de manera remota y en tiempo real a través de una página Web, así como al acceso a los datos almacenados, configuraciones del acuario e interacción con la válvula de llenado.

La realización de pruebas confirma el adecuado funcionamiento del sistema, realizando comparaciones con los instrumentos de medida del laboratorio y con ellos la calibración de los elementos del sistema. Se prueba el acceso a la información en página Web cubriendo los requerimientos del usuario final y la manipulación en el sistema de llenado.

INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico ha tomado parte en diversos ámbitos de trabajo ofreciendo a los actores que participan en ellos conocer variables ambientales con detalle y precisión, gran parte de esta tecnología permite optimizar procesos de acuerdo a las necesidades requeridas. Ámbitos como la acuicultura en donde las variables fisicoquímicas son observadas con regularidad, dando al actor involucrado una perspectiva de las condiciones ambientales, con ello actuar oportunamente tomando una decisión segura y eficaz, llevando a este ambiente a las condiciones deseadas.

La universidad de Cundinamarca cuenta con un espacio académico que permite el estudio de la acuicultura, este espacio es un laboratorio el cual está dotado por diversos acuarios e instrumentos de medición de parámetros de agua. Las condiciones del agua se miden de forma apreciativa pues se realizan cuando se consideran que es necesario hacerlo, desconociendo el momento en que éstas han ido cambiando y demorando la intervención oportuna para mantener el entorno en óptimas condiciones.

La calidad del agua comprende diversos parámetros como niveles de pH y de temperatura siendo estos dos aquellos que se miden con mayor regularidad, por lo que se pretende integrar una alternativa tecnológica que facilite la lectura de estos parámetros. De igual forma tener acceso a los mismos en el lugar donde el usuario se encuentre y automatice el proceso de llenado de agua en el acuario apoyando al usuario cuando su permanencia en las instalaciones sea irregular. Se dispondrá para un acuario dentro las instalaciones del laboratorio de acuicultura de la Universidad de Cundinamarca, dando flexibilidad a que el usuario pueda seleccionar la especie de pez de agua tropical que desee.

El sistema de monitoreo se compondrá por dos partes, un nivel de hardware y uno de software. La parte hardware integrado por elementos sensores que registran niveles de pH, temperatura y nivel de agua, acompañados por circuitos de acondicionamiento de señal y un dispositivo de almacenamiento de datos. La parte software que permitirá la lectura y visualización de los datos registrados, sirviendo sobre el protocolo HTTP para dar el acceso de manera remota a los mismo y la automatización en el llenado del tanque dando de igual forma potestad al usuario para la apertura o cierre según la necesidad.

Se busca que este sistema sirva de apoyo a las actividades que se desarrollan dentro del espacio académico, dando confiabilidad y veracidad a los usuarios sirviendo a sus necesidades.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la Universidad de Cundinamarca, el programa de Zootecnia cuenta dentro del plan de estudios con un núcleo temático de Sistemas de Producción Acuícola, el cual se ha provisto de un laboratorio dentro de las instalaciones de la Universidad, constituido por una cantidad de acuarios con diferentes especies de peces, que le permiten al estudiante la realización de prácticas curriculares, libres y demás actividades para cubrir el correspondiente núcleo temático del programa. Al igual que en los diferentes laboratorios con los que cuenta la universidad, éste tiene una persona encargada de coordinar el uso de los elementos del laboratorio, además de prestar la atención a las condiciones adecuadas de los acuarios, así como una buena calidad de agua y que los peces con los que se trabajan no tengan problemas en su desarrollo fisiológico o de una posible muerte masiva.

La calidad del agua incluye variables como temperatura y pH, que son supervisados por el coordinador de laboratorio Diego Alexander Garzón Olaya dentro de su horario de trabajo. Fuera de las horas laborales del coordinador el laboratorio queda cerrado por un lapso de tiempo de 13 a 14 horas y los fines de semana, por lo cual no se cuenta con supervisión a los acuarios. Al no contar con la presencia del coordinador la calidad del agua se puede ver comprometida ya sea por condiciones ambientales o por el calentador de agua. Las condiciones ambientales para el presente monitoreo hace referencia a los cambios de temperatura en el ambiente que influyen en la evaporación del agua de los acuarios, adicionalmente de acuerdo a la especie del pez el acuario debe contener un calentador de agua, el cual también contribuye a la evaporación de la misma más rápidamente. Adicionalmente los especímenes influyen en las condiciones químicas del agua, en tanto sus residuos fisiológicos producen amoníaco, es por esto que al incrementarse los niveles de pH y temperatura, la cantidad de amoníaco lo hace también y se convierte en un elemento toxico para los peces, que puede causar daños físicos e incluso la muerte. Por lo anterior, los parámetros de pH y temperatura deben ser supervisados regularmente garantizando una buena calidad del agua.

En hora laboral el coordinador es quien se encarga de adecuar las condiciones del agua en los acuarios, por lo general realizando una observación directa al acuario; cuando el coordinador considera que el nivel de agua está por debajo de lo estimado hace los llenados correspondientes empleando una manguera. No obstante en la actualidad los acuarios no cuentan con medidas establecidas de mínimos y máximos de agua, por lo cual los llenados son realizados de manera apreciativa por el coordinador. Los acuarios tienen termómetros digitales los cuales leen la temperatura actual en el agua y de acuerdo al valor que registre el encargado manipula los calentadores hasta que la temperatura sea la adecuada según la especie de pez que contenga, también se varía la temperatura del calentador si es necesario alterar ciertos patrones químicos en el agua. Las mediciones de pH se realizan por lo general cada ocho (8) días empleando un instrumento electrónico de

medición denominado pHmetro el cual debe ser calibrado correctamente antes de tomar las medidas y así obtener valores confiables o empleando un kit de calidad de agua el cual contiene elementos químicos que reaccionan con las condiciones del agua y con ello poder actuar oportunamente si los niveles de pH están fuera del rango esperado. Los valores fuera de rango se presentan con cierta regularidad ya que existe un largo periodo de tiempo entre mediciones, tiempo durante el cual se presentan factores influyentes en el pH del agua a partir de cambios y modificaciones de temperatura, así como manipulación de los acuarios por parte del estudiantado de la universidad.

Como se puede apreciar, para mantener las condiciones de hábitat adecuadas y duraderas en los acuarios, se hace necesaria la observación directa y continua de las variables de temperatura, pH y el nivel del agua, no obstante ante las actuales condiciones del laboratorio no es posible dicha evaluación y seguimiento por cuanto el encargado del laboratorio no se encuentra de manera permanente supervisando los acuario.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

La acuicultura se ha venido desarrollando desde la antigüedad, cuando las civilizaciones empezaron a establecerse cerca de los ríos y ha venido evolucionando con diversos estudios en métodos de crianza y reproducción hasta su comercialización. La acuicultura es una forma de agricultura que integra la propagación, cultivo y venta de especies o plantas marinas dentro de un entorno controlado, estos entornos requieren mantener las mejores condiciones para garantizar un buen producto¹ y que gracias a la tecnología, se han desarrollado una variedad de instrumentos para conocer con detalle y precisión variables fisicoquímicas más representativas en el agua.

Se han integrado métodos telemétricos y automatizados en esta área debido a que las variables fisicoquímicas deben ser continuamente supervisadas y responder en el menor tiempo posible si se presentasen cambios o alteraciones del hábitat, aminorando cualquier pérdida de producto.

Tomando como ejemplo tenemos que en Malasia en la Universiti Teknologi Petronas se implementó un sistema de monitoreo remoto de calidad de agua usando sensores inalámbricos, para monitorear variables de temperatura, pH y nivel de oxígeno en el agua, en un cultivo de camarón emplean un sistema de monitoreo aprovechando tecnología de sensores inalámbricos y servicio de mensajería SMS cuando se detecta cambios en la calidad de agua (Haron, 2009). También la Universidad del Quindío implementó en Colombia un sistema de instrumentación de temperatura, pH y oxígeno disuelto en piscicultura, él cuenta con una aplicación en C++ que genera reportes de la medición de los sensores en archivos con formato TXT, donde el operador se encarga de análisis los resultados obtenidos (Álvaro Andrés Navarro Pérez, 2013). En la Universidad Marista de Mérida, México se implementó una red de sensores inalámbricos para el monitoreo en acuicultura, esta red incluye sensores de temperatura, oxígeno disuelto, presión y cuenta con un programa que despliega los valores de los sensores generando alerta para cuando se rebasen los límites de referencia a través del servicio de mensajes cortos SMS e interfaz WEB para acceso a los valores (Espinosa-Faller, 2012). En la tabla 1 se describen ejemplos adicionales.

Tabla 1. Sistemas de monitoreo.

Titulo	Descripción
Un sistema inalámbrico remoto para la monitorización en línea de la calidad del	Un sistema de monitoreo de la calidad del agua que combinó la tecnología web-server-embedido con la tecnología de telecomunicaciones móviles. Los

¹ LanDon Swann. A Basic Overview of Aquaculture. En: Technical Bulletin Series # 102. Agosto 1992

Titulo	Descripción
agua en cultivo de peces. (Xiuna Zhua, 2009)	resultados demuestran que la vigilancia multiparamétrica, a larga distancia y en línea de la información sobre la calidad del agua pueden ser adquiridos con exactitud y previstos mediante el uso de este sistema de monitoreo establecido
Diseño de Sistema de Monitoreo Remoto para Jaulas de Acuicultura Basado en las redes 3G y sistema embebido ARM-Android (Yanle Wang, 2011)	<p>Un sistema de monitoreo remoto dedicado a jaulas de acuicultura oceánica abierta, para mejorar el nivel de control de automatización en jaulas de acuicultura, que se basa en la combinación de dos tecnologías clave: la plataforma de comunicaciones inalámbricas 3G y el sistema integrado basado en el sistema ARM-Android.</p> <p>Los terminales portátiles de monitorización envían órdenes de acuerdo con la información recibida, la cual ha de enviarse a centros de datos remotos a través de redes inalámbricas Wi-Fi.</p>
Desarrollo de Red Inalámbrica Embebida y Sistemas de medición de la calidad del agua para la acuicultura. (Sai Krishna Vaddadi, 2012)	Las unidades de medición portátil de la calidad del agua desarrollada se instalan en una plataforma flotante para medir parámetros de calidad del agua tales como oxígeno disuelto, pH, temperatura, presión ambiental y conductividad. Todas estas unidades poseen interfaz de comunicación inalámbrica para comunicarse con la unidad central de control remoto, control y transferencia de datos. El software de aplicación basado en LabView se desarrolla para extraer los diversos datos de la calidad del agua del estanque.
Diseño de un sistema de monitoreo para acuicultura con factores multi-	Se diseña un sistema de monitoreo de la acuicultura y monitoreo de los parámetros analógicos y que se

Titulo	Descripción
ambientales usando ARM7. (Bodepudi SrinivasaRao, 2012)	transmiten para ser leídos y comparados con los puntos de ajuste. Si estos valores superan los puntos de ajuste correspondientes, el sistema muestra el mensaje de indicación de fallo en la pantalla LCD con alarma sonora.
Sistema e Interfaces para el Monitoreo y Control de la Calidad del Agua en la Acuicultura. (Vincent Huang, 2011)	Un sistema de monitoreo y control del ambiente para aplicaciones de piscicultura. Este sistema puede recibir datos de sensores en formato propio y asignarlos a un modelo de datos estándar. Todos los datos de los sensores y comandos de control se puede acceder a través de interfaces bien definidas HTTP RESTful. Con esta interfaz, los datos históricos y las estadísticas se pueden acceder fácilmente y el tiempo de desarrollo de aplicaciones se puede acortar considerablemente.
Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en WSN. (Dong He, 2012)	El sistema se basa en la Red de Sensores Inalámbricos (WSN). Red de Monitoreo de Calidad del Agua y Centro de Datos Remoto. La plataforma de hardware utiliza el microprocesador inalámbrico CC2430 como núcleo del nodo. La red de sensores está construida de acuerdo con el acuerdo de transmisión inalámbrica de Zigbee. WSN Muestra la calidad del agua y envía los datos a Internet con la ayuda de la DTU GPRS que tiene un protocolo TCP / IP incorporado.

La integración de tecnologías, dispositivos electrónicos e Internet ha permitido obtener variables físicas con mayor precisión y de fácil manipulación en diferentes entornos de la sociedad, donde el usuario final llegue a comprender los sucesos, cambios o alteraciones que se presenten en éste, sean químicos o físicos; de igual forma se alivia la realización de tareas repetitivas mediante procesos autónomos

lográndose una mayor precisión, además de poder acceder y manipular las lecturas adquiridas en cualquier lugar y momento.

Este proyecto aspira dar una solución al problema de mantener las variables de pH y temperatura del agua en los acuarios de Universidad en un rango adecuado para los peces. Para lograr esto se pretende automatizar el llenado de los acuarios, de tal forma que se recupere el agua que se ha evaporado tanto por factores ambientales como por los calentadores. Se pretende dar una alternativa tecnológica que beneficie al coordinador y los usuarios del laboratorio en el desarrollo de sus actividades, donde puedan conocer de forma sencilla las variables presentes en el agua. Ya que con un adecuado monitoreo se puede dar una respuesta rápida a los cambios de variables en el agua dando una continuidad a las actividades.

El sistema automatizado de llenado tendrá una adecuada respuesta que reemplace el proceso manual que el coordinador hace. Facilitará al coordinador la toma de variables del agua en el acuario y así lograr intervenir cuando encuentra alteraciones o desvíos en los valores. Así mismo el sistema estará en continuo funcionamiento cuando el encargado del laboratorio haya terminado la jornada laboral, o cuando se presenten demás actividades que le impidan estar en las instalaciones de la Universidad.

Empleando esta alternativa favorecerá también al estudiante pues es éste quien realiza las respectivas prácticas del área, tendrá mejor conocimiento de las condiciones del agua en el cual se encuentra el espécimen sobre el cual se está estudiando, realizando los respectivos correctivos si así lo es requerido evitando daños físicos o pérdida del pez y viéndose reflejado en un ahorro monetario ya que en su mayoría es el mismo estudiante quien adquiere el espécimen.

3. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un sistema de monitoreo que permita la lectura de temperatura y pH, capaz de regular el de nivel de agua para un acuario del laboratorio de acuicultura del programa de Zootecnia de la Universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá

3.1. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar los módulos de sensores para la lectura de variables de temperatura y pH acondicionando las señales necesarias para su debida adquisición por la interfaz de comunicación.
- Diseñar e implementar un módulo de regulación de nivel de agua el cual pueda ser modificado por el usuario final de forma remota.
- Diseñar e implementar una aplicación que permita ver las variables medidas en tiempo real, llevar un registro histórico del comportamiento de las variables y configurar el sistema mediante un servidor HTTP.
- Integrar los módulos de medición con la interfaz de comunicación al computador realizando las respectivas pruebas de visualización y accesibilidad remota a la información.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Acuicultura

La acuicultura son aquellas actividades, técnicas o aplicación de conocimiento para la cría o cultivo de especies acuáticas, ya sean animales o vegetales, que a comparación de la pesca, este sistema hace posible el aumento selectivo de la producción de las especies más utilizadas en la alimentación humana, industrial o disfrute (pesca deportiva, cultivo de las perlas, etc.)²; Este tipo de cría o cultivo se puede hacer en todo tipo de ambiente acuático ya sea estanques, ríos, lagos o en el océano ya que estos espacios son adecuados y con características ambientales específicas con lo cual se logra obtener un espécimen de acuerdo a su uso.

Dentro de la acuicultura la calidad del agua es importante, esto a que los parámetros presentes en esta generan una acción y efecto sobre los organismos acuáticos, esta calidad es variable acorde al uso que se le destine y así mismo contener los valores determinados de parámetros claves definidos para un fin previsto. Con las condiciones idóneas es muy probable la obtención de una alta producción acuícola ya que permitirán el desarrollo o crecimiento de la especie seleccionada pues las propiedades fisicoquímicas y biológicas del agua se han de mantener constante en los niveles óptimos para cada especie. Se pueden definir dos tipos de acuarios, los de agua dulce el cual simula un entorno como lagos o ríos y los de agua salada los cuales requieren de mayores cuidados al intentar recrear un ambiente artificial.

Los ambientes como acuarios para decoración, crianza o estudios curriculares o de investigación, contemplan ciertas características ambientales, si nuestro entorno presenta propiedades físicas y químicas para nuestra supervivencia el agua es para los peces ese entorno, el cual debe mantener las variables de hábitat que le permitan al espécimen la supervivencia y el desarrollo fisiológico acorde a las necesidades requeridas por quien esté interesado. Enfocaremos a 3 variables del hábitat las cuales este proyecto pretende abarcar y las cuales son importantes para el desarrollo fisiológico del pez, estas variables son, la temperatura del agua, el pH y nivel de agua.

4.1.1. Temperatura.

Los peces son ectotérmicos, esto quiere decir que su temperatura corporal depende del ambiente en el que se encuentren³, por eso las condiciones de temperatura del acuario deben mantenerse dentro de los niveles tolerados por los organismos, los cambios bruscos pueden llegar a causar estrés provocando

²Gonzales Laxe, Fernando; M. Lupin Hector; Betron de la Cal Jose A. Acuicultura: producción, comercio y trazabilidad. España. 2004. P. 13.

³ LaDon Swann. A Basic Overviwe of Aquaculture. E.U. 1992

enfermedades; cada especie tiene un rango o intervalo óptimo de temperatura en el cual puede crecer rápidamente. El cuadro siguiente se puede apreciar algunos peces de acuario comunes y sus respectivas temperaturas.

Tabla 2 Peces comunes y rangos de temperatura

Especie	Nombre común	Temperatura °C
<i>Tilapia mossambica</i>	Tilapia	25-35
<i>Osphronemus goramy</i>	Goumrami	24-28
<i>Puntius javanicus</i>	Tawes	25-33
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	20-25
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Carpa herbívora	25-30
<i>Anguilla japonica</i>	Anguila	20-28

Fuente: Freshwater fish pond culture and management

La temperatura del agua en el acuario debe ser la óptima acorde a las características de cada especie, algunas presentan similitudes en cuanto a estas variables, mas otras manejan rangos altos o bajos y que al no ser adecuados presentaran problemas físicos en los peces; de acuerdo a la calidad de agua para estanques de acuicultura⁴ las especies de aguas cálidas crecen mejor a temperaturas entre 25°C y 30°C, además que la temperatura tiene efectos pronunciados en procesos químicos y biológicos, estos pueden llegar a duplicarse por cada 10°C de aumento en la temperatura, esto significa que los organismos acuáticos usaran el doble de oxígeno disuelto a 30°C que a 20°C al igual que las reacciones químicas progresaran al doble de velocidad a 30°C que a 20°C. El oxígeno disuelto para criaturas acuáticas es más crítico en agua caliente que en agua fría, igual los tratamientos químicos se verán afectados pues por ejemplo un fertilizante se disolverá más rápido y herbicidas actuarán más rápido.

Se entiende que las variaciones de temperatura en el agua generan cambios pronunciados en la composición, estos cambios se harán notorios en los peces sin un debido control que mantenga la temperatura adecuada, dentro del rango óptimo para un adecuado crecimiento; a temperaturas optimas el pescado crece rápidamente, convierte el alimento de manera eficiente y son más resistentes a muchas enfermedades. Se puede regular la temperatura empleando calentadores de inmersión, intercambiador de calor o enfriadores y con esta manipulación se puede llegar a reducir el estrés durante el manejo y control de enfermedades⁵. En el diagnóstico de estrés en peces⁶ observan en ciertas especies al ser expuestas a temperaturas de 30°C y 45°C daños tanto en el

⁴Alabama Agricultural Experiment Station. Water Quality for Pond Aquaculture. En: Water quality processes and variables. Alabama. 1998. P. 2

⁵ Michael P; Masser, James Rakocy and Thomas M. Losordo. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. En: water quality management. USA. 1992. P. 2

⁶ Ana Auro de Ocampo; Luis Ocampo Camberos. Diagnóstico del Estrés en Peces. En: Desarrollo. Mexico. 1999. P. 3.

hígado como el páncreas y al someterlos a frío 5°C se ve una alteración a las branquias.

4.1.2. pH.

El potencial de hidrogeno es la concentración de iones de hidrogeno (H+) en una solución e indica si una sustancia es base o acida, representada por la Ecuación 1 como un logaritmo negativo en base 10 de la actividad de iones de hidrogeno:

Ecuación 1 Potencial de Hidrogeno

$$pH = \log\left(\frac{1}{aH^+}\right)$$

Fuente: Thermo Scientific

El pH es un factor abiótico que regula procesos biológicos mediados por enzimas además la disponibilidad de nutrientes esenciales limitan el crecimiento microbiano en muchos ecosistemas; también la movilidad de metales pesados como el cobre. Los cambios de pH pueden tener efectos marcados sobre uno de los niveles de organización de la materia viva.

Esta variable del agua es influyente en los peces; el agua que contiene un pH de 7 no es ácido, pero tampoco es base, cualquier valor que esté por encima de 7 se considera base y por debajo es considerado ácido con mediciones que se extienden de 0 a 14 unidades. La mayoría de los tanques de agua dulce oscilan entre los 6 y 9 de pH un rango aceptable para la el cultivo de peces, siendo una variable donde depende de la temperatura. La influencia directa del pH en los estanques de peces se puede observar en la Tabla 3, puede haber excepciones, como por ejemplo algunos peces en el rio amazonas viven y se reproducen en un agua con pH de 4 a 4.5⁷.

Tabla 3 Efectos de pH en tanques de peces.

pH	Efectos
4	Punto acido de muerte
4-5	No reproducción
5-6	Crecimiento lento
6-9	Mejor crecimiento
9-11	Crecimiento lento
11	Punto alcalino de muerte

Fuente: Water quality for pond aquaculture.

⁷ Alabama Agricultural Experiment Station. Op. Cit. P. 10

Se debe tener cuidado con estos cambios de pH ya que al pasar de aguas semi ácidas, entre 5 y 7 aproximadamente, a aguas base, entre 7.5 o más, puede ser un cambio letal para el pez.

Para un intervalo óptimo de pH se mantiene con sistemas de recirculación adicionando componentes alcalinos, como el bicarbonato de sodio, carbonato de calcio, entre otros. Estos compuestos no deben añadirse directamente al tanque de cría, ya que pueden dañar a los peces mediante la creación de zonas de pH muy alto⁸, se debe supervisar con regularidad y ajustarse según se requiera.

4.1.3. Nivel de Agua.

Los niveles de agua son importantes en las especies pues en ésta encuentran la oxigenación necesaria para poder vivir, para tanques de peces de agua cálida se emplean calefactores, los cuales con el tiempo evaporan gradualmente el agua. Con la evaporación varios factores van cambiando, los niveles de oxígeno empiezan a decaer acumulando el dióxido de carbono y producen cambios en los niveles de acidez. Los sistemas de recirculación y llenado se encargan de mantener las mejores condiciones en cuanto a la cantidad de agua, estos acompañados por los sistemas de aireación los cuales deben de funcionar de forma continua para atender a la necesidades de oxígeno que el pez requiere. Se puede reconocer la carencia de oxigenación ya que el espécimen tiende a salir a la superficie con mayor regularidad o nada cerca a la salida del sistema de oxigenación si éste no tiene la capacidad suficiente para todo el estanque

4.2. Acuarios

Los acuarios deben presentar características físicas como tamaño, color, iluminación y equipamiento que logren un equilibrio en el ambiente ya que este es la vivienda de los peces, que les debe ofrecer comodidad para desplazarse y para el crecimiento, así se podrán mantener sanos y activos, además de vistosos. El acuario además de tener el agua debe además incluir elementos como: Arena o piedras, calefacción, termómetros, filtros y aireadores, se puede incluir algún sistema de iluminación y bombas de aire.

Cuando un acuario dispone de un buen espacio para los peces habrá mayor libertad de movimiento así mismo los equipos que lo componen ocuparan menos espacio útil, permite disponer de variedad de especies en el mismo espacio ya que a mayor espacio la agresividad de estos tiende a disminuir; con la temperatura hay mayor estabilidad ya que el tiempo de enfriamiento será más lento a diferencia de un acuario pequeño. Algo a tener en cuenta es que la heces de los peces son

⁸ Michael P; Masser, James Rakocy and Thomas M. Losordo Op cit. P. 4

fertilizante para las bacterias con un acuario pequeño la concentración de residuos harán un aumento de bacterias, las cuales absorberán el oxígeno disponible reduciendo las posibilidad de sobrevivencia del espécimen.

4.2.1. Sensores de temperatura.

Sensores de temperatura considerados de forma análoga empleando elementos resistivos, semiconductores o digitales encapsulados. Para un ejemplo con lo primero encontramos los RTD (resistance temperature resistor) que de acuerdo a los cambios de temperatura se generan variaciones en la resistencia del elemento, el material que comúnmente es empleado es el platino de ahí se habla de PRT (platinum resistance thermometer). El principio de funcionamiento está en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura, en el conductor el número de electrones disponibles no cambian apreciablemente con la temperatura, pero al ser ésta aumentada la vibración de átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, reduciendo su velocidad media, generando un coeficiente positivo de temperatura, un aumento de resistencia con la temperatura⁹.

Se ha llegado a diseñar dispositivos electrónicos encapsulados para medición de temperatura, tenemos así por ejemplo el de circuito integrado LM35 el cual proporciona una salida de voltaje lineal con respecto a la temperatura sin necesidad de calibraciones externas y un rango de medición de -55°C hasta 155°C con un bajo costo en el mercado. Se ha llegado a desarrollar dispositivos sensores integrados digitales, estos proveen una salida digital con cadena de valores de 0 y 1 que pueden ser leídas con facilidad mediante un puerto digital de un micro-controlador, ofreciendo igualmente rangos de temperatura amplios y posibilidad de ser sumergibles en agua.

4.2.2. Sensores de pH.

Como se ha mencionado anteriormente el pH es otro factor del agua del acuario que debe ser constantemente medido verificando que se encuentre en los niveles necesarios para el buen desarrollo del pez, que éste no llegue a dañar o a afectar la fisiología del espécimen y le sea de mejor para su protección contra infecciones, crecimiento, movilidad y reproducción. Existen varios métodos de medición de pH, una de estas opciones es el uso de soluciones que experimentan cambios de color a valores definidos de pH, a estos se les denomina indicadores; el papel tornasol es una cinta indicadora de pH que dependiendo de la concentración de iones de hidrogeno o hidroxilo en el agua hace un cambio de color para azul cuando la solución es básica y rosado en solución acida, para la solución neutra es de color violeta; otro elemento que permite indicar niveles de pH es la fenolftaleína, ésta al contacto con soluciones

⁹ Ramón Pallás Arney. Sensores y acondicionadores de señal. En: Sensores resistivos. P. 68

ácido o bases tiene un color rosado el cual representa exactamente un pH de 7; sobre una solución menor a base se vuelve incoloro. Otros indicadores varían a diversos valores de pH alejados del pH de 7, el violeta de metileno o el verde de malaquita.

El electrodo de vidrio es una pieza de medición electromecánica para pH, versátil y preciso; la varilla de soporte del electrodo es vidrio común o plástico que no es conductor de cargas eléctricas, pero en el extremo sensible del electrodo, el bulbo sensible, se construye con vidrio de formulación especial que es conductor de cargas eléctricas compuesto por óxido de litio en el cristal, óxido de silicio, de calcio entre otros. Un electrodo de pH al entrar en contacto con una muestra, desarrolla un potencial a través de la superficie del bulbo sensible y ese potencial varía con respecto al pH, un electrodo de referencia provee un segundo potencial invariable que compara cuantitativamente los cambios del potencial de la membrana; los electrodos de pH combinados integran tanto electrodo sensor variable con el pH como el electrodo de referencia en un mismo cuerpo. Los dispositivos de lectura calculan la diferencia entre los electrodos, sensor y de referencia, en valores de mili-voltios, estos valores se convierten en unidades de pH para ser mostrados en pantalla.

El comportamiento del electrodo se describe por la Ecuación de Nerst:

Ecuación 2 Ecuación de Nerst.

$$E = E_o + \left(\frac{2.3 RT}{nF} \right) \log aH^+$$

Fuente: Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas

Dónde : E es el potencial de medición, E_o el potencial del electrodo de referencia, (2.3RT/nF) es el factor de Nernst la que incluye una constante de la Ley de los Gases (R), la constante de Faraday (F), temperatura en grados Kelvin (T) y la carga del ion (n); debido a que R y F son constantes, el factor y el comportamiento del electrodo son dependiente de la temperatura; con una temperatura de 25°C en factor de Nernst se aproxima a 0,0591 tendremos por lo tanto la Ecuación 3:

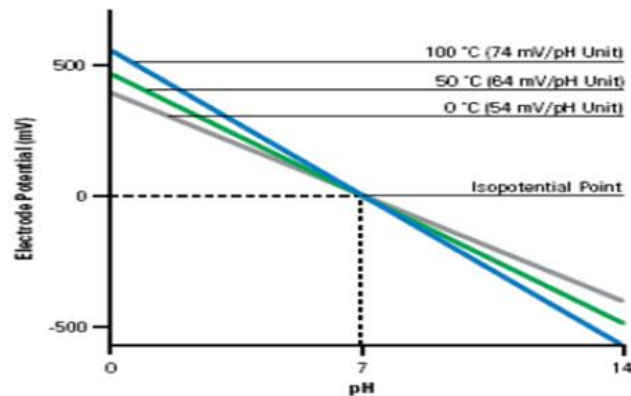
Ecuación 3 Aproximación factor de Nernst

$$E = E_o + (0,0591 v) * pH$$

Fuente: Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas

Por lo tanto la pendiente teórica de Nernst es de 59.16 mV/unidades de pH, además cuando el pH es de 7 unidades a la salida es cero; debido a la dependencia de la temperatura al haber variaciones significativas de temperatura las mediciones pueden desviarse, algunos sistemas de medición tiene una forma de compensar los efectos de la temperatura con la integración de una sonda de temperatura la cual con los otros electrodos, sensor y referencia, permite el cálculo de pH compensado por temperatura utilizando la ecuación de Nernst.

Figura 1 Cambios de pendiente en la medición de pH



Fuente: Thermo Scientific

4.3. Servidor HTTP

Una aplicación web es una aplicación tipo servidor/cliente, donde el cliente, el servidor y el protocolo de comunicación (HTTP) están estandarizados; el protocolo HTTP hace parte de la familia de protocolos de comunicación TCP/IP que permite la conexión de sistemas heterogéneos y facilita el intercambio de la información entre ordenadores. El usuario interactúa con el programa quien solicita a un servidor los recursos que desea obtener mediante HTTP, estas aplicaciones suelen estar formadas por código HTML más algo de código ejecutable realizado en lenguaje script del navegador, se suelen emplear plug-ins que permiten la visualización de contenidos multimedia; así el cliente web se encarga de la interpretación de las paginas HTML y los recursos que contenga.

Un servidor web está diseñado para aceptar peticiones HTTP del navegador y servir a páginas web alojadas, cada sitio tiene una dirección única conocida como URL, en este se puede distinguir tres partes: el protocolo, nombre de dominio y ruta en el servidor; para la conexión internet se hace necesario de tres elementos indispensables, un servidor WEB que está en constante ejecución y atiende a las

peticiones de los clientes, el dominio el sitio WEB que queremos acceder y el servidor DNS que transforma el nombre del dominio en su dirección IP asociada. El funcionamiento es sencillo, al digitar el nombre de dominio el navegador identifica la URL y solicita al servidor DNS la IP del mismo, el servidor DNS le indica al navegador la dirección IP donde buscar la información, al establecerse la conexión el servidor WEB envía el archivo correspondiente donde el navegador muestra la página solicitada (Ramos, 2011).

4.3.1. Programación de servidor.

Una de las ventajas al diseñar un servidor Web es el poder construir a medida, mediante determinado lenguaje nativo de la plataforma y siguiendo determinadas especificaciones se logra realizar filtros o extensiones al servidor Web, al fin de dotarle de funcionalidades de en las que en principio carece. Se va a construir una librería de acceso dinámico las cuales una vez cargadas en memoria, permanecen allí para atender cualquier petición posterior que requiera de ellas, el cual se ejecuta como un módulo más, perfectamente entrelazado con el propio servidor. El filtro se emplea para realizar una labor previa sobre la solicitud HTTP entrante al servidor, las extensiones son invocadas posteriormente para acceder de manera eficiente a recursos o funcionalidades externas. Para facilitar esta labor se han optado por técnicas que proporcionan una interfaz de programación de aplicaciones (API) adecuada para un servidor Web, por tanto mediante tecnología se puede ganar rendimiento y aprovechamiento de los recursos de la máquina; se puede tener el inconveniente de estar cerrada, no solo a una plataforma determinada, si no aun servidor Web o a una determinada versión del mismo.

La tecnología de páginas activas se basa en la incrustación de código escrito en lenguaje script dentro de la propia HTML, para ello el servidor interpreta este código, accederá en ser necesario a los recursos externos que precise y genera dinámicamente código en HTML antes de servir al cliente. Esta forma de desarrollo es de las más aceptadas y existe una amplia alternativa de lenguajes más o menos dependientes de la plataforma y a que debido a su concepción se pueden emplear cualquier editor HTML. A estas características se le unen unas de carácter operativo, como el control obtenido sobre la aplicación y el servidor Web; se puede conocer el estado de la conexión de un usuario, puede gestionar bien los recursos externos como el acceso a base de datos y gestionar la petición y respuesta en el servidor, se puede encontrar diversas alternativas como PHP, ASP, LiveWire o JSP (Falgueras, 2003).

4.3.2. Persistencia.

La persistencia es la capacidad que tiene una aplicación de mantener el estado más allá de su ejecución, lo que permite que a ejecuciones posteriores pueda utilizar los datos generados para ejecuciones previas. La persistencia puede ser

aplicada cuando los datos de la memoria se pierden y son requeridos con posterioridad o la cantidad de memoria que puede usar el programa es menor a la cantidad de datos que debe manejar. Para el almacenamiento de los datos persistentes ante las ejecuciones puede no almacenarse en la memoria del programa, esta información puede desaparecer o quedar inaccesible consumiendo memoria, por ello para la persistencia de datos se pueden utilizar métodos como bases de datos, donde el almacenamiento se hace a través de una serie de tablas optimizadas para la realización de operaciones de datos a gran velocidad.

Al término de un proceso la memoria que se utilizaba se libera, y lo que en ella había se pierde, si queremos que un objeto tenga una vida más larga que el proceso que lo crea para ser usado en procesos posteriores es necesario grabarlo en un sistema de almacenamiento permanente. La ser un objeto persistente debe por lo menos realizar dos operaciones, grabarlo y leerlo; de un objeto se graban los valores de los atributos, pero es posible que no todos los atributos sean persistentes; para la lectura puede haber dos maneras, cuando se da comienzo al proceso o cuando así sea necesario llamarlo. Se pueden distinguir tres tipos de almacenamiento según sea implementada la persistencia, bases de datos orientados a objetos, bases de datos relacionales y archivos clásicos.

Para la persistencia orientada a objetos es un caso sencillo ya que no se transforma los objetos para hacerlos persistentes, no se hace necesario un diseño de persistencia, solo se enriquece la definición de la clase, que atributos persisten y la política de lectura a seguir; el sistema de gestión calcula de manera autónoma los atributos, a partir de las definiciones de las clases se genera un código que pasa a un preprocesador que le añade métodos de gestión de persistencia. Para el modelo de bases de datos relacionales y ficheros clásicos, al objeto le corresponde una fila de una tabla de una base de datos relacional o un registro de fichero y los atributos del objeto le corresponde las columnas de la tabla; se ha de realizar la transformación antes de grabar el objeto y es preciso hacer la transformación inversa antes de que sea posible utilizarlo (Falgueras, 2003).

4.3.3. Interfaz hombre máquina.

Entre el dialogo entre la máquina y el hombre, el usuario final desempeña un gran papel acorde a los datos que dispone, así puede realizar acciones que acondicionen el buen funcionamiento del sistema o máquina sin comprometer la seguridad ni disponibilidad. Es indispensable que el diseño de la interfaz y la función del dialogo garantice al usuario la posibilidad de actuar con seguridad. El dialogo es una circulación de dos flujos máquina-hombre – hombre-máquina, donde pueden ser independientes al presentarse distintos niveles de información, se definen niveles en base a requerimientos o necesidades del usuario, o estar

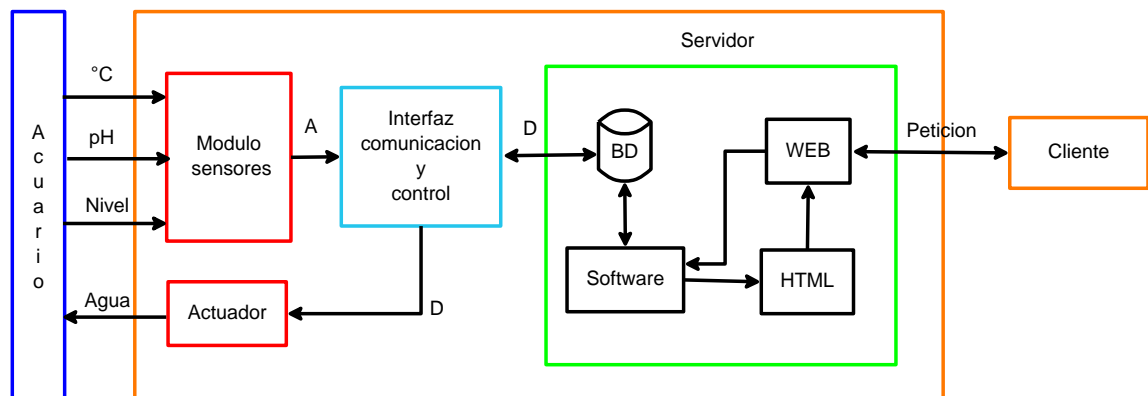
ligados pues la intervención del usuario sobre la interfaz se traduce en automatismo por una acción bien definida y la emisión de información que depende de la buena ejecución de acción, esta intervención puede ser voluntaria o consecutiva a una señal emitida por la interfaz.

La calidad del diseño del dialogo debe tener la facilidad con la que el usuario puede percibir y comprender los sucesos y con qué eficacia pueda reaccionar, los cambios en las condiciones de funcionamiento de un sistema se traduce en la modificación o aparición de un dato piloto en un visualizador o pantalla, la operación que percibe el usuario deber ser legible y precisa que se pueda comprender y utilizar inmediatamente, ya sean patrones luminosos, textos en el idioma del usuario, legibilidad, símbolos normalizados, etc.; ya con el contenido del mensaje dado por el sistema el usuario se verá obligado a intervenir.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El desarrollo del presente proyecto se realiza para el laboratorio de acuicultura de la universidad de Cundinamarca, tomando un acuario que contendrá una especie de pez de agua tropical. Se realizarán las lecturas de temperatura y pH del agua con la capacidad de regular el nivel de agua, dando al usuario la posibilidad de modificarlo cuando se considere necesario. Las mediciones de las variables serán almacenadas en un computador el cual actuara como servidor HTTP permitiendo la visualización de las variables en tiempo real, acceso al registro histórico y demás configuraciones del sistema. Refiérase a la Figura 2.

Figura 2 Diagrama en Bloques del sistema



5.1. Adecuación de sensores de pH y temperatura.

Esta sección describe las características de los elementos sensores encargados de tomar las variables de pH y temperatura del agua en el acuario; la primera es una señal provista por el electrodo de pH la cual pasa por una etapa de sustracción, amplificación y filtrado para ser entregada a un dispositivo conversor Análogo-Digital. El elemento que capta la temperatura es un dispositivo digital diseñado para enviar y recibir información por una única línea de datos, con lo cual requiere de una conexión adecuada para su funcionamiento, donde el fabricante aporta en la hoja de especificaciones modos de conexión y las características del mismo.

5.1.1. Parámetros de diseño.

El electrodo de pH genera tensión a la salida tanto positiva como negativa según la muestra de pH y cuyos valores se encuentran en el rango de mV, además el cristal ubicado en el extremo final cuenta con una alta impedancia. Para el diseño

del circuito de acondicionamiento de pH se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 4 Parámetros de diseño

Rango de trabajo electrodo de pH	414.12 mV a -414.12 mV (0-14 pH)
Impedancia del vidrio	50 – 150 Mohm (MΩ)
Tensión de salida del circuito	0 a 3v

Al momento de amplificar la señal proveniente del electrodo se ha de apreciar a la salida señales indeseadas generadas por fuentes externas, entre estos el calentador de agua que contiene el acuario. Este tipo de señales se han de suprimir empleando un filtro pasa bajas que mitigue toda frecuencia desde 60 Hz (ruido de línea) permitiendo al conversor A/D realizar lecturas sin que se presenten variaciones en los resultados.

5.1.2. Características electrodo de pH

El electrodo de pH es un elemento de medición que permite medir niveles de pH los cuales se ven reflejados en una caída de potencial. El electrodo de pH tomado para esta función es el HI 1230B de la Figura 3, este elemento consiste en un sensor de pH en donde el voltaje varía proporcionalmente con la actividad de iones de hidrógeno en la solución, además contiene un electrodo de referencia el cual provee una referencia de voltaje estable y constante. El sensor incorpora una membrana delgada de vidrio sensible al hidrógeno ubicada al final del tubo; el tubo es llenado con un buffer electrolítico y un cable de Ag/AgCl. Los cambios generados por el sensor de pH son medidos con respecto al voltaje del electrodo (Hanna Instruments, 2015).

Estas características proveen una mejor respuesta sobre todo el rango de pH y puede ser usado en diferentes aplicaciones.

Figura 3 Electrodo de pH



Fuente Combination Electrodes Hanna Instruments

La hoja de especificaciones que proporciona el fabricante indica:

Tabla 5 Características electrodo de pH HI 1230B

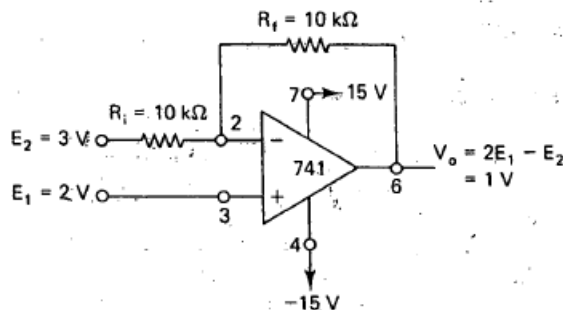
Descripción	Electrodo de pH combinado
Referencia	Doble, Ag/AgCl
Electrolito	Gel
Presión máxima	2 bares
Rango	pH: 0 a 13
Temperatura de operación recomendada	20°C a 40°C
Punta/Forma	Esférica (dia: 7.5 mm)
Material de cuerpo	PEI
Cable	Coaxial; 1m
Uso recomendado	Aplicaciones de campo

Fuente Combination Electrodes Hanna Instruments

5.1.3. Amplificador diferencial y filtro.

La configuración del amplificador operacional como amplificador diferencial de la Figura 4, permite tener a la salida la diferencia o resta de las tensiones E_2 y E_1 aplicadas una a la terminal inversora y otra a la terminal no inversora.

Figura 4 Amplificador diferencial.



Fuente Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales

Si el valor de la resistencia R_f es mayor al valor de la resistencia R_i el restador tendrá ganancia, así el voltaje de salida del restador se determina mediante la ecuación 4:

Ecuación 4 Voltaje de salida del amplificador diferencial

$$V_o = (E_1 - E_2)A_f \rightarrow V_o = (E_1 - E_2)\frac{R_f}{R_i}$$

Con la configuración del amplificador diferencial se logra la amplificación de la señal proveniente del electrodo de pH y el tener en su salida una tensión positiva la cual ha de pasar al conversor A/D; tomando las características de diseño de la Tabla 4 y empleando la ecuación 4 se procede a hallar los valores de resistencias necesarios para el amplificador diferencial; se puede representar la ganancia del amplificador A_f en términos de voltaje de entrada y salida, por lo que se tiene:

$$A_f = \frac{V_o}{E_2} \rightarrow A_f = \frac{1.5 \text{ v}}{0.41412 \text{ v}} = 3.62214$$

La ganancia A_f del amplificador puede expresarse igualmente en términos de resistencia, así:

$$A_f = \frac{V_o}{E_2} = \frac{R_f}{R_i} \rightarrow A_f * R_i = R_f$$

Si tomamos a $R_i = 10k\Omega$ se obtiene:

$$3.62214 * 10k\Omega = 36.2214k\Omega$$

Por lo tanto el amplificador diferencial requiere de un par de resistencias $R_i = 36.31 k\Omega$ y $R_f = 10k\Omega$ con las cuales puede amplificar la señal resultante a la resta entre las dos tensiones de entrada.

El voltaje E_2 aplicado en la entrada no inversora se toma de la fuente de alimentación mediante un divisor de tensión, dicho voltaje se halla mediante la ecuación 5, los valores R_f , R_i , V_0 y E_1 son conocidos por lo que se tiene:

Ecuación 5 Voltaje en terminal no inversora

$$E_2 = \frac{(V_0 * R_i) + (E_1 * R_f)}{R_f}$$

$$E_2 = \frac{(3V * 10K\Omega) + (-0.412V * 36.2214k\Omega)}{36.2214k\Omega} = 0.414V$$

Conocido el valor de voltaje de E_2 se procede a determinar mediante la ecuación 6 el valor de resistencias que compondrá el divisor de tensión:

$$v_{in} = 5.95 \text{ v} \qquad v_{out} = 0.828 \text{ v} \qquad R_1 = 40 \text{ k}\Omega$$

Ecuación 6 Resistencia en divisor de tensión

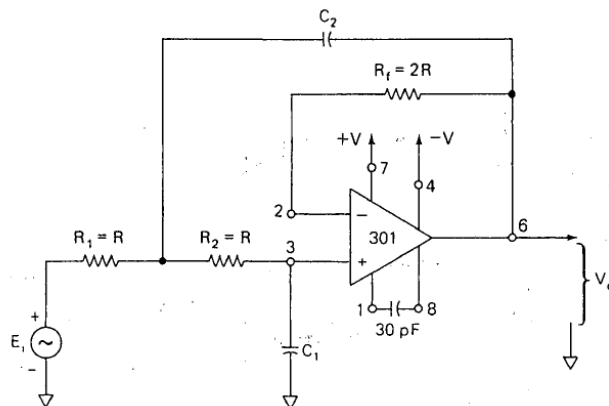
$$R_2 = \frac{v_{out} * R_1}{v_{in} - v_{out}} \qquad R_2 = \frac{0.828 \text{ v} * 40000 \Omega}{5.95 \text{ v} - 0.828 \text{ v}} = 6466.22 \Omega \qquad R_2 = 6,5 \text{ k}\Omega$$

La salida del divisor de tensión se conecta a la terminal no inversora del amplificador mediante dos resistencias de 10 kΩ, una en serie con la entrada y otra puesta a tierra formando un divisor de tensión en el cual se refleja 0.41412V directamente en la terminal no inversora del amplificador.

Hallados los elementos resistivos del amplificador diferencial para su adecuado funcionamiento de acuerdo a las características requeridas, se procede a darle un tratamiento a las señal resultante pasándola por un filtro, con ello eliminar todo ruido o señal indeseable que generen lecturas erróneas en el conversor A/D.

El filtro pasabajas Butterworth permite el paso de frecuencias de cd hasta una frecuencia de corte f_0 deseada atenuando las frecuencias superiores a ésta. El espacio de frecuencias entre 0 y f_0 es la banda de paso, más el espacio entre f_0 a infinito es la banda de atenuación del filtro. El diseño del filtro Butterworth produce una respuesta lo más plana posible hasta la frecuencia de corte, así su salida se ha de mantener constante casi hasta la frecuencia deseada, superada esta frecuencia disminuye a razón de 20dB/década (F. Coughlin & F. Driscoll, 1999). La configuración del filtro Butterworth de la Figura 5 se logra obtener una pendiente más pronunciada a la salida alcanzando una disminución a razón de 40 dB/década.

Figura 5 Circuito filtro Butterworth pasa bajas 40 dB/década



Fuente Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales

Este filtro se encarga de eliminar toda señal indeseable que el electrodo de pH haya adquirido o que los demás elementos puedan generar una vez hallan pasando por el amplificador diferencial, entregando al conversor A/D una señal sin distorsiones facilitando la lectura. El diseño se realiza en base a los datos de la Tabla 4, así se toma la frecuencia de corte $f_0 = 50 \text{ Hz}$.

Se toma el valor de capacitancia $C_1 = 1\mu F$ y se hace $C_2 = 2C_1 = 2\mu F$.

Mediante la ecuación 7 se calcula el valor de resistencia:

Ecuación 7 Valor de resistencia del filtro

$$R = \frac{0.707}{f_0 C} \quad R = \frac{0.707}{50 * 1\mu F} = 14140 \Omega$$

Debido a que no se requiere que el amplificador tenga ganancia en su salida se hace:

$$R_f = 2R \rightarrow R_f = 2(14140) = 28280 \Omega$$

Acorde a los parámetros de diseño en la Tabla 4 se observan los elementos necesarios que componen al amplificador diferencial y al filtro pasabajas Butterworth en la Tabla 6.

Tabla 6 Elementos de acondicionamiento

Amplificador Diferencial		Filtro pasabajas Butterworth
Divisor de tensión	Ganancia	$C_1 = 1\mu F$
$R_1 = 40 \text{ k}\Omega$	$R_i = 10 \text{ k}\Omega$	$C_2 = 2\mu F$
$R_2 = 6,5 \text{ k}\Omega$	$R_f = 36.2214 \text{ k}\Omega$	$R = 14,14 \text{ k}\Omega$
		$R_f = 28,28 \text{ k}\Omega$

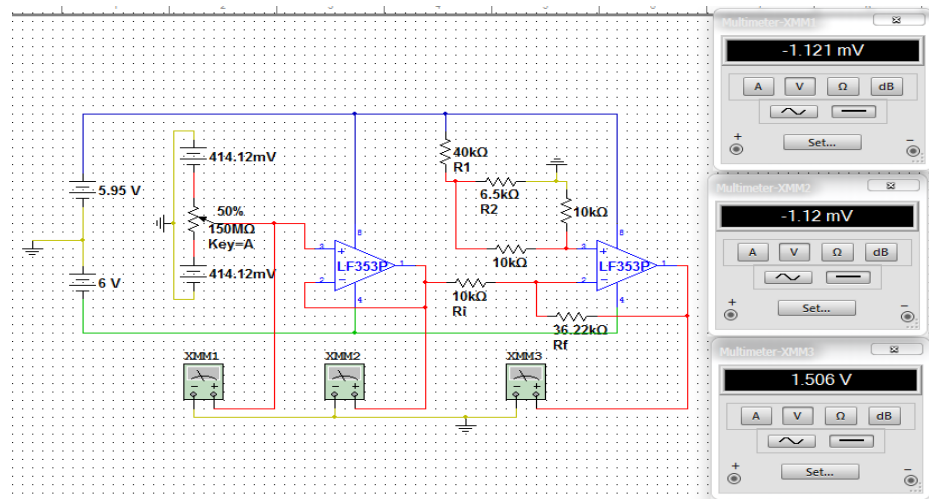
5.1.4. Simulación.

Obtenidos los elementos para cada circuito se procede a emplear un software (herramienta) de simulación, con el cual se corrobore el adecuado funcionamiento y cumpla con los requisitos deseados.

Multisim es un entorno de simulación SPICE el cual permite simulación de circuitos integrados; éste lleva a la aplicación práctica el diseño, generación de prototipos y pruebas de circuitos eléctricos. La tecnología de simulación permite el análisis en la electrónica de potencia, analógica y digital, además incluye el análisis de parámetros, integra objetos embebidos y diseños simplificados de plantillas definidas por el usuario (National Instruments, 2016).

Tomando el esquema del amplificador diferencial de la Figura 3 y los elementos mencionados en la Tabla 6 se procede a realizar la simulación. En la Figura 6 en la parte izquierda de la simulación se conectan dos fuentes de alimentación a un potenciómetro el cual emula el comportamiento del electrodo de pH; seguido de éste se observa un amplificador operacional configurado a modo de seguidor de voltaje, el cual actúa como acople entre el electrodo y el amplificador; finalmente en la parte derecha está el amplificador diferencial con los elementos resistivos adecuados para su funcionamiento.

Figura 6 Simulación amplificador diferencial.



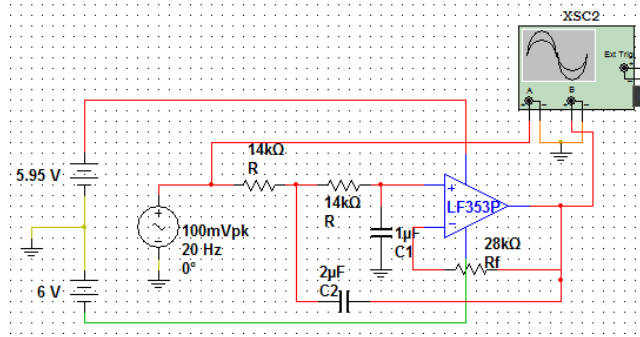
Los multímetros en la parte derecha de la Figura 5 son parte del entorno de simulación. El primero en la parte superior está conectado a la salida del potenciómetro, el segundo está conectado a la salida del seguidor de voltaje y el tercero en la parte inferior está conectado a la salida del amplificador diferencial. En la figura 5 la simulación se realizó con el potenciómetro a la mitad de su posición, con la variación de la posición se toman diferentes valores a la salida con lo que se tiene la tabla 7.

Tabla 7 Respuesta a la variación del potenciómetro en la simulación.

Posición (%)	Valor pH	Tensión (mV)	Salida (V)
0	14.00	-414.120	3.0020
16	11.76	-276.639	2.5040
32	9.52	-145.343	2.0280
50	7.00	-1.121	1.5060
66	4.76	127.184	1.2460
82	2.52	258.613	0.5654
100	0	414.120	0.0022

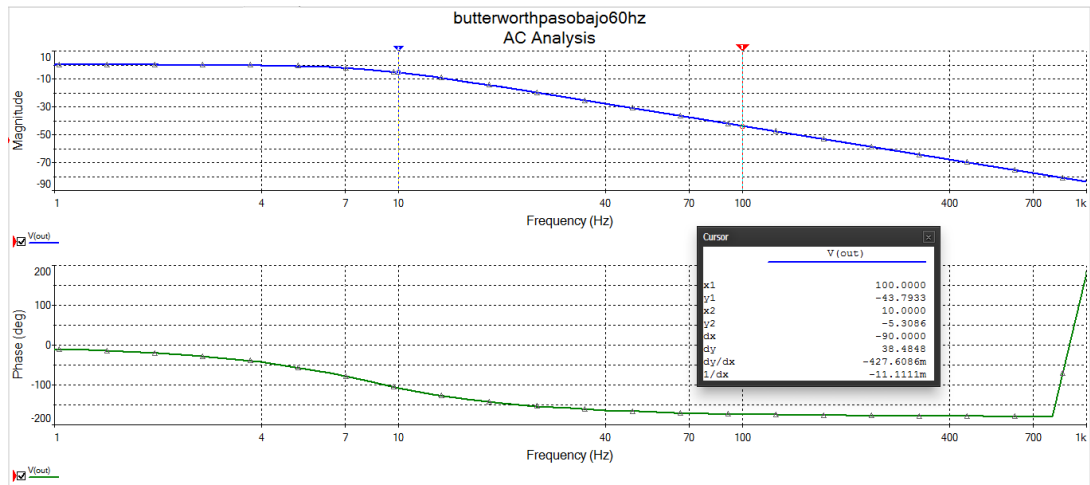
Empleando este software de simulación se procede a realizar el montaje del filtro pasabajas Butterworth de la Figura 7, empleando los elementos resistivos y capacitivos de acuerdo a la Tabla 6. Dicha simulación se puede apreciar en la figura 6 en la cual se emplea una fuente de poder en ac la cual emula el ruido proveniente de la amplificación.

Figura 7 Simulación filtro Butterworth pasa bajas



Dentro de las herramientas que posee el entorno de simulación se puede apreciar en la Figura 8 un diagrama de análisis en ac para el filtro Butterworth. Con éste diagrama se puede comprender mejor el comportamiento del filtro pasabajas, en donde la línea de color azul es la respuesta a la salida del circuito con un barrido de frecuencias ente 1 y 1000 Hz.

Figura 8 Respuesta en ac filtro Butterworth pasa bajas



La respuesta del filtro comienza antes de la frecuencia de corte $f_0=50$ Hz, la magnitud de la señal va decreciendo a razón de 40 dB/década, el

comportamiento del filtro pasabajas es el adecuado y no presenta problemas para su implementación.

5.1.5. Implementación y pruebas.

Probado el diseño del amplificador diferencial y el filtro pasabajas Butterworth mediante el software de simulación se procede a implementar los circuitos con sus respectivos elementos. Entre los dispositivos que compone la implementación se usa un encapsulado de referencia LF353 que se compone de dos amplificadores operacionales tipo JFET. Las características de este dispositivo que se describen en la hoja de especificaciones se identifican una impedancia de entrada del orden de $10^{12}\Omega$ y una corriente de entrada de 50 pA (Texas Instruments, 1994); con estas características se puede emplear un seguidor de voltaje como paso intermedio entre el electrodo de pH y el amplificador diferencial, con lo cual no es necesario extraer la corriente desde la fuente si no solo el voltaje que hay en él.

El circuito implementado se observa en la Figura 9 (izquierda) el cual consta de un conector tipo BNC a la entrada del LF353, en éste se encuentra la configuración de seguidor de voltaje para el primer amp op; para el mismo dispositivo con el segundo amp op está la configuración del amplificador diferencial; un segundo LF353 se emplea para realizar el filtrado de la señal.

Figura 9 Prueba circuito de acondicionamiento de pH



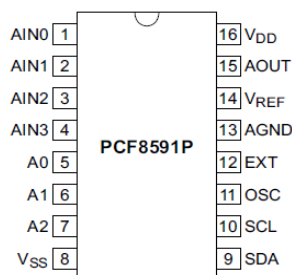
El electrodo se pone en contacto con una muestra de pH de 4 como se aprecia en la Figura 8 (centro) su respuesta se observa en la derecha que es el voltaje obtenido por el circuito de acondicionamiento. Tomando diferentes muestras de pH se obtiene la tabla 8, la cual contiene las diferentes respuestas en voltaje del circuito para cada muestra.

Tabla 8 Respuesta a variación de muestras pH

Muestra de pH	Tensión del electrodo (mV)	Respuesta (V)
1.1	315	0.240
4.0	160	0.855
6.8	5	1.470
9.7	-150	2.050
10	-160	2.080

Una vez acondicionada la señal del electrodo de pH se pasa al conversor Análogo-Digital; el uso de este dispositivo se debe a que el computador Raspberry Pi a diferencia de un micro-controlador o un Arduino no posee canales (puertos) que puedan realizar dicha función, todos sus puertos de entrada y salida son digitales. Un dispositivo compatible con Raspberry Pi que realiza esta función de conversión A/D es el PCF8591 de la Figura 10, con una conversión A/D de 8 bit, cuatro entradas análogas y una interfaz serial I2C

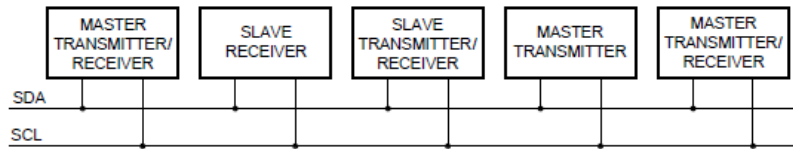
Figura 10 Configuración de pines PCF8591



Fuente Product data sheet PCF8591

La comunicación I2C está presente tanto en el computador Raspberry Pi como en el chip PCF8591, con esto es posible el intercambio de información entre ambos dispositivos permitiéndole al computador la lectura de variables provenientes de elementos análogos. El bus I2C es bidireccional el cual emplea dos líneas de comunicación entre diferentes módulos Figura 11; estas líneas son una para dato serial (SDA) y una de reloj serial (SCL). La transferencia se realiza únicamente cuando el bus no está ocupado (NXP Semiconductors, 2013).

Figura 11 Configuración comunicación I2C.



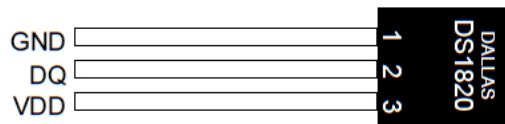
Fuente Product data sheet PCF8591

El dispositivo que genera el mensaje es el transmisor, aquel que recibe el mensaje es el receptor; en la comunicación el computador Raspberry Pi toma el rol de maestro y es quien controla el mensaje, el chip PCF8591 es el esclavo quien va ser regido por el maestro.

5.1.6. Sensor de temperatura DS18B20

El computador Raspberry Pi al poseer puertos de entrada y salida digitales únicamente, permite la conexión de dispositivos sensores que son compatibles con estos puertos. El sensor de temperatura digital DS18B20 de la Figura 12, es compatible a los puertos del computador Raspberry Pi tanto en conexión como en el intercambio de información.

Figura 12 Asignación de pines sensor DS18B20



Fuente maxi integrated DS18B20

Este dispositivo está provisto por lecturas de temperatura que puede ser programada de 9 a 12 bits e indica la temperatura del dispositivo, su rango de trabajo va entre los -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$. El intercambio de información desde y hacia el sensor se hace mediante una interfaz *1-Wire* el cual emplea un solo puerto de comunicación, un único cable que conecta el sensor hacia el microprocesador sin la necesidad de componentes externos. La energía para su funcionamiento puede ser provista desde la línea de datos, con ella puede realizar lectura, escritura y conversión de temperatura. Cada dispositivo sensor contiene un único número serial lo que permite la conexión de múltiples DS18B20s en un mismo bus *1-Wire*, así se puede disponer de diferentes sensores de temperatura para diferentes lugares (Maxim Integrated Products, 2015).

5.1.7. Funcionamiento DS18B20

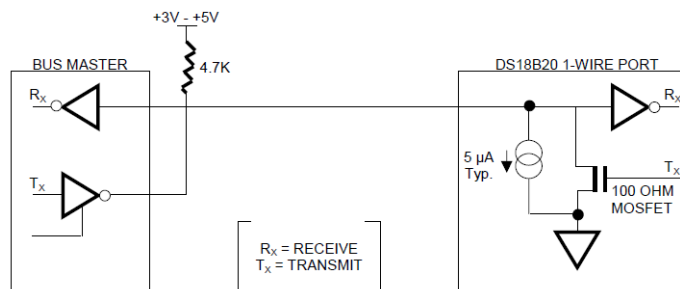
El DS18B20 tiene 4 componentes principales: 1) ROM 64-bit, 2) sensor de temperatura, 3) alarma de temperatura no volátil y 4) configuración de registro; sobre el puerto 1-Wire las funciones de control y memoria no están disponibles antes de que se establezca el protocolo de funcionamiento de la ROM.

El maestro debe proveer una de las 5 funciones de la ROM: 1) lectura ROM, 2) sección ROM, 3) búsqueda ROM, 4) salto ROM o 5) búsqueda alarma. Estos comandos operan sobre la ROM 64-bit de cada dispositivo independientemente si hay varios de éstos sobre la línea *1-Wire*, así le indica al maestro cuántos y qué tipo de dispositivos están presentes. Después que la función de secuencia de la ROM ha sido ejecutada, las funciones de memoria y control son accesibles y el maestro debe proveer uno de los seis comandos de función de memoria y control.

La medición de temperatura se hace por un sensor directo-a-digital; la resolución de conversión es configurable (9, 10, 11, 12 bits), por defecto de fábrica la lectura viene configurada a 12 bits. Con esto hay una equivalencia en la resolución de la temperatura de 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C o 0.0625°C. Al emitir el comando de conversión se realiza la conversión de temperatura y el dato final es almacenado en la memoria interna en 16bits. El dato de temperatura se obtiene a través de la interfaz *1-Wire*, enviando el bit de menor peso primero; el bit de mayor peso contiene una señal que determina si el valor de temperatura es positivo o negativo.

El sistema *1-Wire* se compone de un único bus que lo compone un maestro y uno o varios esclavos; el DS18B20 se comporta como esclavo en la comunicación. El hardware se configura por una única línea como en la Figura 13, para ello es importante que cada dispositivo que está en el bus se habilite en un tiempo apropiado. Para facilitar esto cada dispositivo conectado a *1-Wire* debe tener open *drain* o salida 3 de estados.

Figura 13 Configuración de hardware.



Fuente maxi integrated DS18B20

El protocolo para el acceso al DS18B20 por el bus *1-Wire* debe seguir:

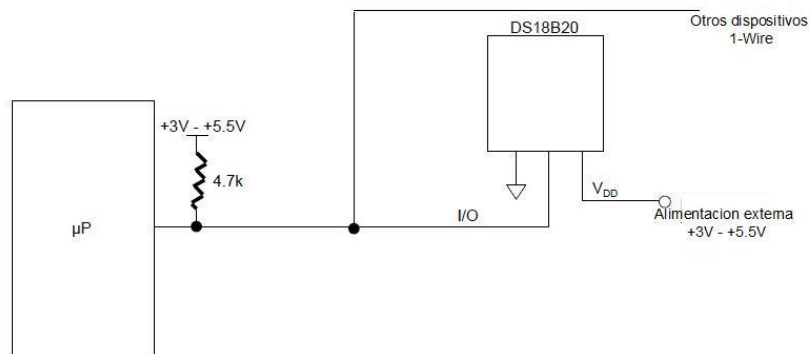
- Inicialización
- comando de función ROM
- comando de función de memoria
- intercambio de datos

2.1.8. Conexión DS18B20

El DS18B20 debe estar habilitado para lograr una conversión de temperatura con mayor precisión y esto se hace si se tiene la suficiente energía sobre la línea DQ cuando la conversión se realiza. Al integrar una resistencia de 5k en la línea DQ no alcanza a proveer la suficiente corriente al dispositivo para su funcionamiento.

Un modo de conexión que provee la suficiente corriente al dispositivo es mediante el uso de una fuente externa que conecta el pin V_{DD} como se ve en la Figura 14. Su ventaja está que no requiere de elementos adicionales que jalen corriente hacia la línea DQ y el maestro no debe esperar hasta que la línea este en un nivel alto durante la conversión de temperatura.

Figura 14 Conversión de temperatura usando alimentación externa



Fuente maxi integrated DS18B20

Adicionalmente se pueden conectar diversos DS18B20s sobre el mismo bus *1-Wire* y todos pueden usar la misma fuente de alimentación externa, llevando acabo la conversión de temperatura simultáneamente en todos al emplear el comando de salto de ROM y después el comando de conversión.

Al conectar el chip PCF8591 a los GPIO de Raspberry Pi se configura por línea de código la comunicación entre estos; primero el computador establece un canal de comunicación con el chip apuntando a su dirección física, solicitando la activación y lectura del canal análogo. Seguido se lee la información que el dispositivo ha preparado para hacer la conversión a unidades de pH.

El sensor DS18B20 al conectarse a los GPIO establece comunicación entre ambos, enviando y recibiendo información de conversión; esta información es almacenada en un fichero en la memoria del computador. Por línea de código se lee el fichero haciendo un recorrido de la información contenida hasta encontrar el dato de temperatura; este dato tipo *string* (cadena de caracteres) se convierte en *float* (coma flotante) para ser manipulado.

Establecidos los códigos de los sensores de pH y temperatura se configura la conexión con la base de datos y mediante lenguaje SLQ se inserta información de los sensores con fecha y hora del proceso. Así mismo se genera señal de alarma vía e-mail que al momento de presentarse alteraciones en alguna de las dos variables informa cual es la que necesita ser atendida. Para ello se accede a la base de datos extrayendo los valores máximos y mínimos de pH y temperatura, así mismo las direcciones de correo electrónico; la información de los sensores es evaluada con respecto a la información de la base, así es enviada a los usuarios según corresponda.

Las configuraciones de línea de código de toma de valores por los sensores y visualización, además la automatización de almacenamiento y señal de alarma se pueden apreciar en el anexo A. La integración de los sensores en el acuario y su visualización a través de la interfaz web se explica en la sección 2.4.

5.2. Acondicionamiento de nivel de agua

Este capítulo describe las características y elementos que componen el acondicionamiento de nivel de agua. Su función es la regulación del nivel de agua del acuario sin presentar cambios fuertes en los niveles de temperatura del agua. El nivel de recuperación de agua se establece por el usuario final, quien definirá un valor máximo de llenado y un nivel mínimo con lo que activará el actuador. La toma de datos se realiza empleando un sensor digital de nivel, el actuador para el llenado del acuario es una electroválvula de dos estados que permite o limita el paso del agua. Se adapta tubería que guíe el agua desde el tanque de almacenamiento hasta el acuario.

5.2.1. Sensor de distancia HC-SR04

Contando con los puertos de entrada y salida del computador Raspberry Pi se hace uso de un sensor digital de distancia, el cual no requiere hardware adicional para su funcionamiento. El HC-SR04 de la Figura 15 es un sensor ultrasónico que determina la distancia de un objeto empleando la reflexión del sonido (eco).

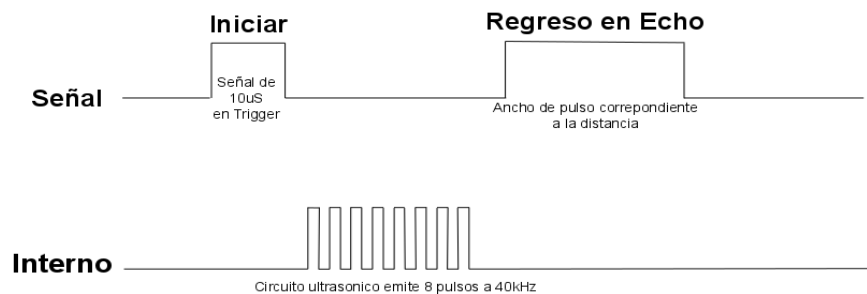
Figura 15 Sensor HC-SR04



Fuente cytron Technologies

El rango de medición esta entre los 2cm y 400cm, el cual no se verá afectado por rayos solares o materiales oscuros. El dispositivo se compone por un transmisor ultrasónico, un receptor y un circuito de control. La detección como se aprecia la figura 16 se realiza en el momento que un pulso sea enviado a la entrada *Trigger*, con esta señal hace que el circuito de control envíe desde el emisor una ráfaga ultrasónica; cuando la señal se refleja en el obstáculo, el receptor pone una señal en el pin de salida Echo.

Figura 16 Diagrama de tiempo



Se pone un pulso alto de 10uS al pin Trigger, el circuito genera una señal de 8 pulsos a 40KHz y espera el reflejo de la ráfaga. Al detectarse la ráfaga se pone un pulso alto al pin Echo el cual espera por un periodo de tiempo proporcional a la distancia. Una fuente de poder conectada al pin V_{DD} suministra la energía al

circuito de control, los pines Echo y Trigger se conectan a los puertos de entrada y salida del computador Raspberry Pi.

5.2.2. Actuador electroválvula

La electroválvula de la Figura 17 es la que permite o detiene al paso de agua proveniente del tanque de almacenamiento hacia el acuario. Su activación está regida por el computador Raspberry Pi de acuerdo a los valores tomados por el sensor de nivel.

Figura 17 Electroválvula solenoide



Fuente AirTAC

La electroválvula en su parte superior se compone por una bobina con un núcleo móvil en su centro y resortes, la parte inferior tiene dos orificios que están obstruidos por una junta la cual va conectada al núcleo móvil. Al energizar la bobina se crea un campo magnético que hace desplazar el núcleo móvil, dando la apertura o cierre entre los orificios. La juntura de este elemento está constantemente obstruyendo el paso del líquido a esto se le denomina que es Normalmente Cerrada (N.C), su apertura se realiza cuando la bobina es energizada.

La Tabla 9 se indica las características que el fabricante proporciona de la electroválvula.

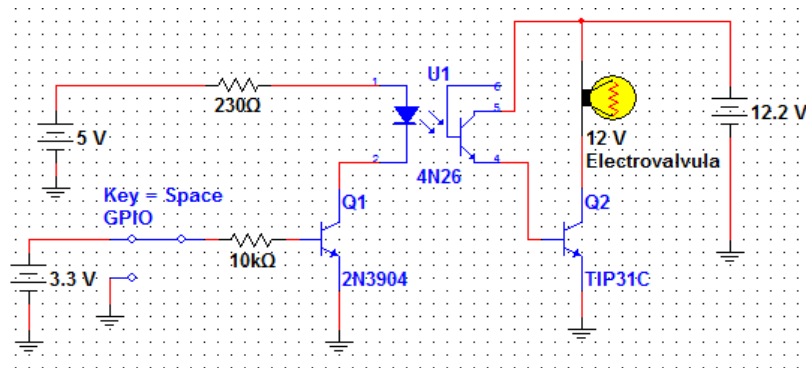
Tabla 9 Características electroválvula solenoide

Voltaje	12 V_{DC}
Potencia	7 W
Tipo	Normalmente Cerrada
Tamaño	1/8"
Presión	0 – 0.7 MPa (0 – 100 Psi)

Fuente AirTAC

Los puertos con los que cuenta el computador Raspberry Pi no suministran la suficiente energía con la que pueda activar la electroválvula. Para lograr la activación se emplea un circuito de acople entre el computador y la electroválvula, con ello también se protegen los puertos de la Raspberry a las altas tensiones. El circuito consta de un dispositivo optoacoplador; este encapsulado posee en su interior un LED infrarrojo y un fototransistor lo cual genera un aislamiento eléctrico entre dos circuitos diferentes. En la Figura 18 se aprecia el circuito de acople implementado en el software de simulación Multisim.

Figura 18 Diagrama esquemático de acople Raspberry Pi – electroválvula



La fuente de voltaje y el selector en el circuito emulan la tensión y el estado lógico para un puerto del computador Raspberry Pi. El transistor Q1 al recibir en su base un nivel alto, permite el flujo de corriente a través del LED infrarrojo; el fototransistor al recibir la señal que activa al transistor Q2 dando paso a la corriente a través de la bombilla (electroválvula). Al presentarse un estado bajo sobre la base de Q1 el circuito se abre, el LED no trasmite y Q2 no se activa.

5.2.3. Conducto de agua

Junto con el elemento sensor y el actuador se emplea un conducto de agua que guía el líquido almacenado en el tanque hasta el acuario. La instalación del conducto se hace con tubo PVC de $\frac{1}{2}$ " de diámetro; en el punto de entrada del agua para el laboratorio se hace uso de una división que separa el agua que va hasta el acuario y la llave de paso conectada a la manguera de llenado tradicional. El extremo del tubo que llega al acuario se acopla un racor de $\frac{1}{8}$ " de diámetro, conectado a este elemento se tiene una manguera hasta la electroválvula que termina en el acuario; se puede apreciar en la Figura 19 la instalación del conducto.

Figura 19 Conducto de agua tanque de reserva –acuario



El cambio de diámetro que se hace del tubo PVC a la manguera de la electroválvula es el evitar turbulencias en el agua, además de prevenir los cambios rápidos de temperatura en el agua.

5.2.4. Recuperación de agua

El acuario que se trabaja puede contener como máximo 60 litros de agua con dimensiones de 50cm de largo, 40cm de ancho y 30cm de alto, aunque para su uso solo se emplean hasta 50 litros de agua los cuales deben permanecer a cierta temperatura de acuerdo a la especie de pez que contenga. La activación automática de la electroválvula va acorde al nivel máximo y mínimo del agua, niveles que no deben sobrepasar la temperatura máxima y mínima en la que el pez pueda sobrevivir.

Empleando la ecuación 8 de equilibrio térmico es posible conocer la temperatura del agua en el acuario a medida que esta se ha evaporado. Este valor da una idea del nivel mínimo del líquido en donde la electroválvula comienza a funcionar además de mantener la temperatura dentro del rango admitido.

Ecuación 8 Equilibrio térmico

$$m_1 * c_1 * (t_1 - t) = m_2 * c_2 * (t - t_2)$$

El calor específico del agua es c_1 y $c_2 = 1 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}$, despejando de obtiene:

$$t_2 = t - \frac{m_1 * (t_1 - t)}{m_2}$$

La temperatura de equilibrio t se toma con el valor de temperatura del espécimen, m_1 es el líquido que se ha ido perdiendo en el acuario, m_2 el líquido restante y t_1 la temperatura de m_1 . Así por ejemplo para un acuario de 48L a 27°C que es

la temperatura promedio para diversas especies, con la variación del líquido perdido y tomado a temperatura ambiente se tiene la Tabla 10.

Tabla 10 Respuesta en temperatura a pérdida de agua

%	m_1 (L)	t_2 (°C)	Cm
10	4.8	27.7	2.4
15	7.2	28.2	3.6
20	9.6	28.7	4.8
25	12.0	29.3	6.0
30	14.4	30.0	7.2

Con los parámetros de ejemplo y lo obtenido en la Tabla 11 la activación automática de la electroválvula se hace cuando el acuario haya perdido entre el 15% o 20% del líquido contenido. No se presentan variaciones de temperatura que generen estrés en el pez manteniéndose dentro de rangos tolerados. Si se permite una pérdida de líquido que sea mayor del 20% (para este caso) la temperatura seguirá en aumento lo que conllevará a dañar al pez, además el elemento sensor de pH no tendrá contacto con el agua y al estar descubierto el bulbo de cristal perderá sus propiedades electroquímicas.

Al conectar el sensor HC-SR04 a los GPIO de Raspberry Pi mediante línea de código se configuran los pines de comunicación; uno en modo entrada que conecta al pin Echo y otro en modo salida para Trigger. De acuerdo a la figura 15 se envía un pulso de 10uS al pin Trigger para activar el circuito del sensor; una vez enviado el pulso se hace un conteo de tiempo en el cambio de estado 0 a 1 del pin Echo. La distancia se calcula con la diferencia de tiempo y la velocidad del sonido obteniéndolo en unidades de cm.

La electroválvula se activa por dos modos: el primero es por línea de código en donde se accede a la base datos para extraer el valor máximo y mínimo de líquido, éste se evalúa con respecto a la información del sensor y así toma la decisión de abrir o cerrar la válvula; se asigna un pin de Raspberry Pi en modo salida que conecta al circuito de acople. El segundo modo es por manipulación del usuario, quien tendrá la opción de abrir o cerrar la electroválvula a través de una interfaz, este modo se explica en la sección 2.4.

Las configuraciones de línea de código del sensor de distancia y la activación de la electroválvula se pueden apreciar en el anexo A.

5.3. Interfaz de visualización.

Esta sección describe el modo de presentar de una forma clara y legible las variables medidas del acuario, así como la consulta de las lecturas almacenadas de los sensores durante su funcionamiento. La interfaz le permite al coordinador configurar características de funcionamiento según la especie de pez, los estudiantes que trabajen en ésta, el tiempo de almacenamiento y el reenvío de la señal de alarma. El diseño se hace con un *framework* de desarrollo web denominado Django, compatible con Python, sobre el sistema operativo Raspbian de Raspberry Pi. Con Django se crea, actualiza o borra entradas a la base de datos, presenta la información sobre plantillas HTML atendiendo a las peticiones de las URLs; el desarrollo web se trabaja sobre Python que a su vez permite la interacción con los puertos multipropósito de Raspberry Pi.

5.3.1. Framework Django

Un framework web provee una infraestructura de programación para aplicaciones, escribiendo código limpio y de fácil mantenimiento sin la necesidad re-escribir lo que ya está hecho (Garcia M., 2015). El framework es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, normalmente con artefactos o módulos concretos de software, que puede servir de base para la organización y desarrollo de software, puede incluir soporte de programas, bibliotecas, y un lenguaje interpretado, entre otras herramientas. El diseño general de Django se aprecia en la Figura 20, el cual se basa en cuatro piezas: un modelo, una vista, una url y una plantilla HTML.

Figura 20 Elementos de diseño Django

```
models.py
from django.db import models

# Create your models here.
class sensores (models.Model) :
    phs = models.DecimalField ("pH",max_digits=4,decimal_places=2)
    temps = models.DecimalField ("Temperatura",max_digits=4,decimal_places=2)
    nivels = models.DecimalField ("Litros",max_digits=4,decimal_places=2)
    fechas = models.DateField ("Fecha")
    horas = models.TimeField ("Hora")

views.py
from django.shortcuts import render, redirect
from django.http import HttpResponseRedirect
from miku.forma import *
from registros.models import *

def usuariosA (request) :
    datou = usuario.objects.all ()
    datoZ = pez.objects.filter (id=1)
    datoA = acuario.objects.filter (id=1)
    return render (request, 'regist.html', { 'datoZ':datoZ,'datou':datou,'datoA':datoA,} )

urls.py
from django.conf.urls import url
from django.contrib import admin
from django.views.generic import TemplateView
from miku import vistaAd

urlpatterns = [
    url (r'^admin/', admin.site.urls) ,
    url (r'^$', TemplateView.as_view (template_name='menuA.html') ) ,
    url (r'^actual/$', vistaAd.valores,
    url (r'^buscar/$', vistaAd.consultaA) ,
    url (r'^ingreso/$', vistaAd.usuariosA) ,
    url (r'^acerca/$', TemplateView.as_view (template_name='sobre.html') ) ,]

plantilla.html
{% extends 'base.html' %}
{% block contenido %}

<h1>Registro Nuevo</h1>
<div id="vadiy">
<form action="" autocomplete="off" method="post">{% csrf_token %}
<center>
<h1>{{titulo}}</h1>
<table class="formulario">
    {{ form }}
</table>
<input type="button" value="Volver" onclick="location.href = '/'" />
<input type="submit" value="Guardar" name="Ingresar">
</center>
</form>
</div>
{% endblock %}
```

El modelo es quien describe la tabla de la base de datos con una clase Python, con ello se puede buscar, actualizar, borrar en la base de datos usando código Python sin emplear declaraciones SQL; éste envía a la vista la información

solicitada para ser mostrada al usuario. La vista es la lógica de la página, a éste le corresponde dibujar o expresar la última forma de los datos, la cual muestra la información obtenida hasta hacerla llegar al controlador. La URL es quien especifica qué vista y función debe llamar según un patrón URL, con éste se controla el acceso al aplicativo incluyendo, archivos, scripts y/o programas que permita la interfaz. La plantilla HTML describe el diseño de la página, además se usa lenguaje Django con declaraciones básicas y lógicas.

Este conjunto de piezas es próximo al patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC), su ventaja consiste en que los componentes tienen un acoplamiento débil. Cada elemento Web de Django tiene un solo propósito que puede ser modificado sin afectar las demás piezas.

5.3.2. Entorno Web

Siguiendo el patrón de diseño que describe Django se elabora primeramente el contenido de cada página en el archivo *vista.py*; su contenido se compone por funciones escritas en lenguaje Python, cada una de ellas realiza una labor diferente atendiendo a la solicitud del usuario. Los resultados generados al finalizar una tarea a partir de la solicitud, son pasados a una plantilla escrita en lenguaje HTML e incorpora etiquetas lógicas que acomodan la información resultante.

Adicionalmente se crea el archivo *models.py*, quien permite la interacción del entorno web con la base de datos; el modelo describe el tipo de datos en la base de datos a través de clases que se elaboran en lenguaje Python, especificando el tipo de campo y atributos de forma similar al lenguaje SQL, además provee otras opciones propias de Django (cantidad de dígitos, longitudes de palabras, valores máximos y mínimos, espacio en blanco, etc.) que facilitan la validación de la información ingresada. Cada clase definida corresponde a una tabla única dentro de la base de datos y los atributos que se le dan equivalentes a una columna de esa tabla.

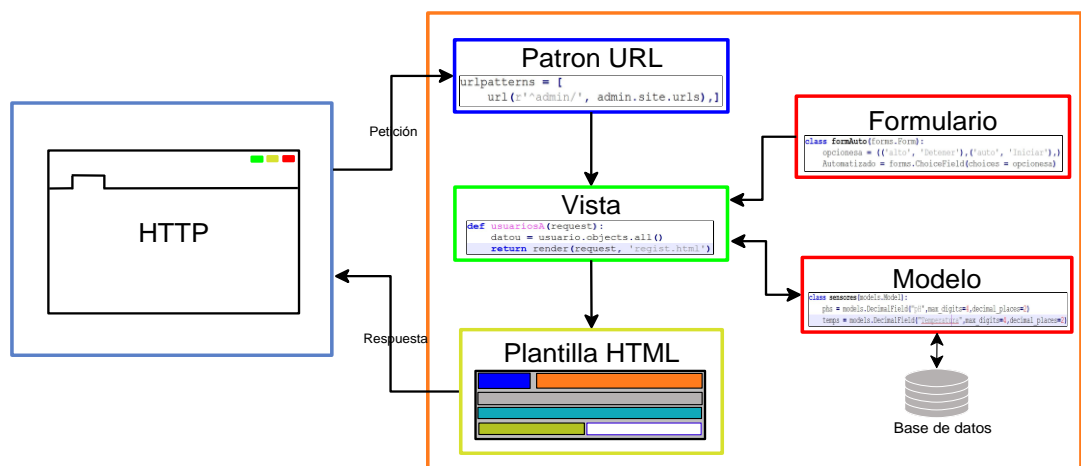
La interacción del modelo (base de datos) y el entorno web (usuario) se complementa con el elemento *form* de Django. Este elemento crea formularios para que el usuario final interactúe con el entorno posibilitando la creación, modificación o supresión de información en la base de datos, además los datos ingresados se pueden evaluar a través de la vista para que cumplan una tarea en particular. Su diseño se hace en lenguaje Python, definiendo una clase por cada formulario que se necesite; cada clase especifica el tipo de campo y atributos que al ser llamado por la visita y pasado a la plantilla su salida es similar a la elaboración de formularios en lenguaje HTML.

Todo el proceso lógico, resultados obtenidos y demás elementos generados por la vista al atender la solicitud del usuario, deben ser presentadas de forma ordenada y legible. Dicha tarea es realizada por la plantilla la cual utiliza lenguaje HTML para dar estructura, diseño y forma (títulos, tablas, colores, bordes, cajas y demás) e incorpora etiquetas de plantilla que ordena y acomoda la información en la estructura. Las etiquetas se usan encerrando texto en un par de llaves { } que indican qué dato debe poner la vista en ese lugar o se asignan cláusulas lógica y bucles que controla la información entrante; además la etiqueta permite introducir contenido de otra plantilla, construyendo una base que incluye todos los elementos comunes del entorno y por definición de bloques se hereda en la demás plantillas sobrescribiendo la información.

La vista genera el contenido web mediante ejecución de funciones, ello se logra asignando un patrón URL por cada función definida. Las URLs se almacenan dentro del archivo *urls.py*, allí se asigna un nombre el que se observa en la barra de dirección del navegador web, el nombre apunta a la función que esta almacenada en el archivo *vista.py*. Las URLs trabajan como una tabla de contenido del entorno web, dependiendo de la solicitud del usuario Django recorre los patrones URLs, al coincidir la solicitud con el patrón la función asignada es llamada y ejecutada entregando la información requerida.

Un modelo aproximado del funcionamiento de Django se aprecia en la Figura 21, cada una de las piezas interactúan entre si dando al usuario final aquella información solicitada de forma clara y legible.

Figura 21 Funcionamiento básico Django



El diseño del entorno web ha de cumplir con las necesidades del usuario:

- Visualización de variables medidas
- Acceso al histórico

- Configuración de sistema

La tarea de cada una se define en una función que contendrá la vista, adicionalmente el diseño incorpora una página de bienvenida (Inicio) y de información (Acerca de).

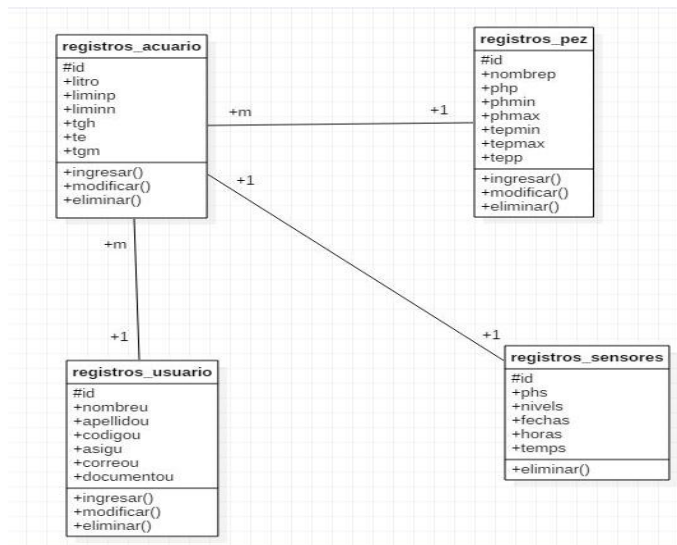
El entorno gráfico parte de una plantilla base elaborada en lenguaje HTML que es heredada por las diferentes plantillas que compone el sitio web y se encuentra fundamentada en la página principal de la Universidad de Cundinamarca. La plantilla base contiene un encabezado con el escudo de la Universidad de Cundinamarca y un menú de navegación para un acceso fácil y cómodo de los usuarios a las diferentes opciones del menú, a través del cual cada elementos contiene los nombres de las URLs definidas en Django.

La interacción que tiene el usuario con el entorno web, esto es el acceso al registro histórico y la configuración del sistema, se hace con el manejo de tablas. La estructura de la base se elabora en el modelo definiendo la cantidad de clases necesarias.

El acceso al registro histórico así como del almacenamiento de las variables captadas se crea una clase denominada *sensores*. La configuración del sistema dispone el registro de los usuarios, las características del pez y las del acuario, por lo que se crean 3 clases denominadas *usuario*, *acuario* y *pez*.

Por lo tanto el modelo Django contiene 4 clases que se representan en la base de datos en 4 tablas y cada elemento en la clase es una columna en la tabla.

Figura 22 Diagrama de clases

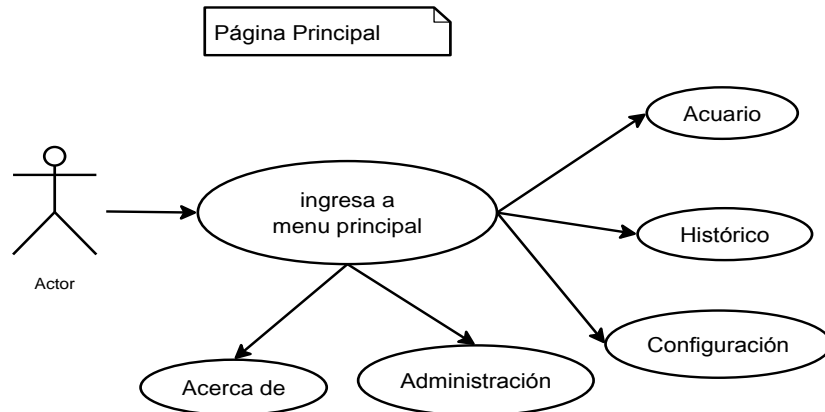


La estructura de las tablas se presenta en el anexo B.

a. Página Inicio

La Figura 24 es la página de inicio del entorno web que le da la bienvenida al usuario y le indica las opciones disponibles que puede escoger según la necesidad.

Figura 23 Caso uso página Inicio



La página no hace uso de ninguna vista, ya que no requiere de algún proceso lógico que genere un resultado, su elaboración es un texto plano en lenguaje HTML que da la bienvenida al usuario. Al ingresar al entorno web o seleccionar Inicio en el menú se apunta a la URL raíz, este patrón se configura dentro del archivo urls.py indicando a Django que debe mostrar cuando se digita únicamente el nombre del sitio. La URL de Django permite cargar la plantilla menú.html sin necesidad de llamar una vista, ésta misma invoca la plantilla base.html dando forma y estilo al entorno.

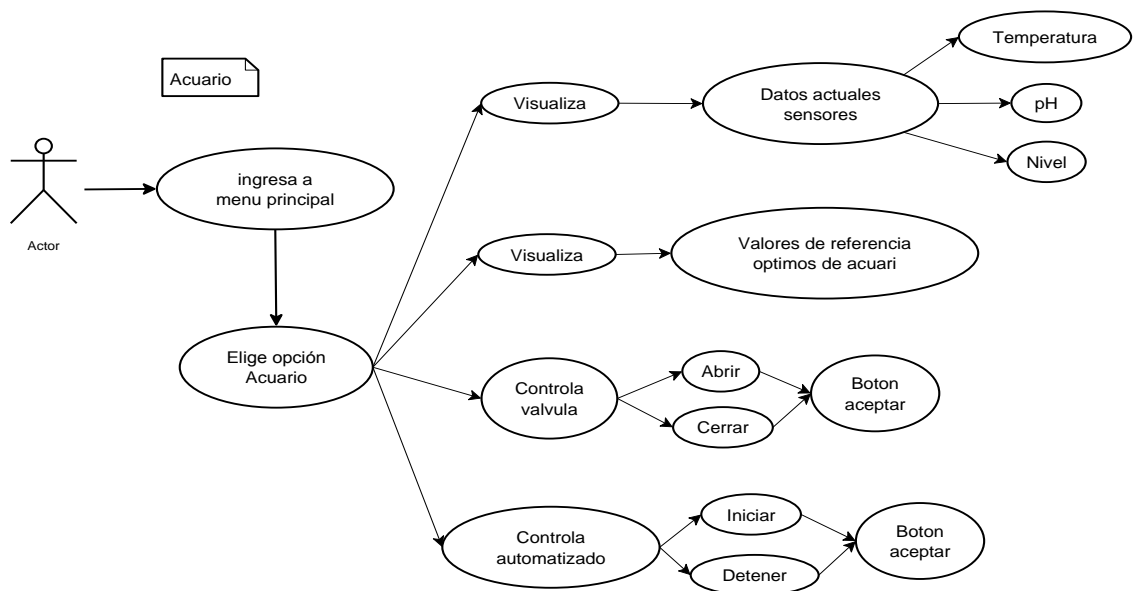
Figura 24 Página de inicio entorno web



b. Página Acuario

La página acuario en la Figura 26, es quien presenta las magnitudes medidas del acuario, se presentan los datos de referencia almacenados en la base, además le posibilita al usuario el cierre o apertura de la válvula y el iniciar o detener el automatizado.

Figura 25 Página acuario



La elaboración empieza definiendo la función *valor* en la vista, que controla la lectura de los sensores, la búsqueda en la base de datos y los formularios que contienen las opciones de la válvula y el automatizado. Con la elaboración de código para cada sensor descrito en capítulo 2.1 y 2.2, la función llama a cada sensor como un módulo de Python y así recupera el dato de cada uno. La consulta en la base es automática pues el usuario no debe ingresar algún dato, la búsqueda se realiza a través de la clase pez contenida en el modelo recuperando los elementos pH, temperatura y nombre, los valores configurados le dan al usuario una referencia con respecto a los captados. Se definen clases para los formularios: *formAuto* para las opciones del automatizado y *formValv* para las opciones de la válvula; el diseño es similar en ambos ya que generan un campo de opciones desplegadas, mas el nombre a mostrar y los valores que se asignan a cada nombre son diferentes para cada uno.

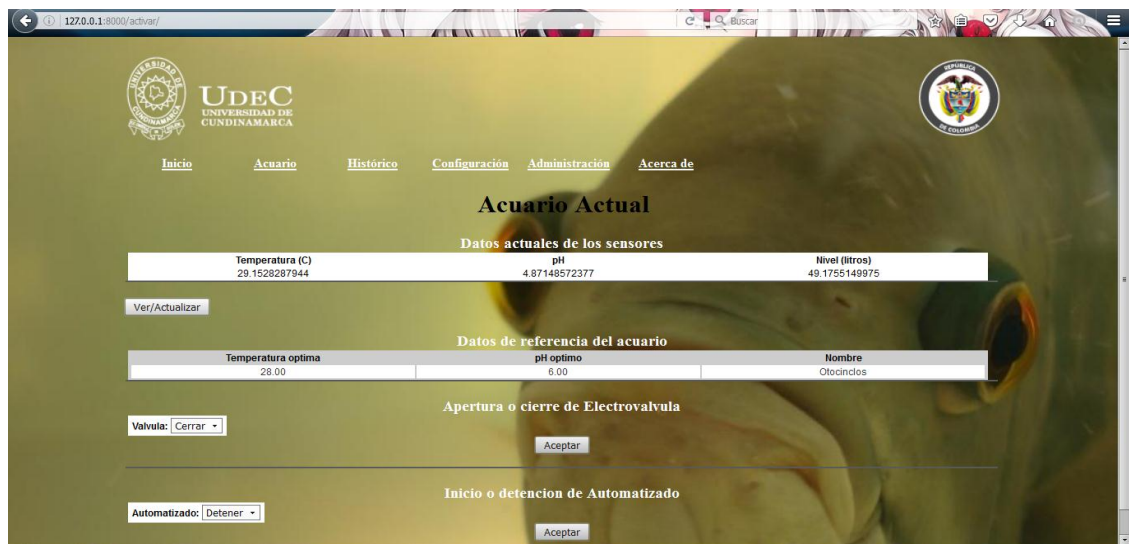
Al ingresar en Acuario en el menú se apunta a la URL (*actual/*) que tiene asociada, Django comprueba si hay un patrón en las URLs que contiene, al

encontrar una que coincida llama a la función *valor* de la vista. La función comprueba si hay una solicitud enviada por el formulario, si no hay este suceso carga la plantilla *valores.html* con la información necesaria, esto es los valores de los sensores, la consulta de la base y los formularios, aquello que el usuario ve a su ingreso.

Al realizar la petición por el formulario la función comprueba el modo de consulta (GET o POST), recupera el valor entrante y con ello evalúa el inicio o detención del sistema automatizado o si abre o cierra la válvula; el resultado de la acción se envía a la plantilla, un texto indicando que acción se realizó, junto con los valores de los sensores, la consulta de la base y los formularios.

En ambos casos la función comprueba si los sensores están debidamente conectados, el resultado es evaluado por etiquetas lógicas en la plantilla presentando un mensaje de error si hay algún problema o una tabla con los valores de los sensores; esta misma evalúa la información recibida al consultar la base de datos presentando un mensaje si no hay configuración o una tabla con los elementos recuperados.

Figura 26 caso de uso página acuario

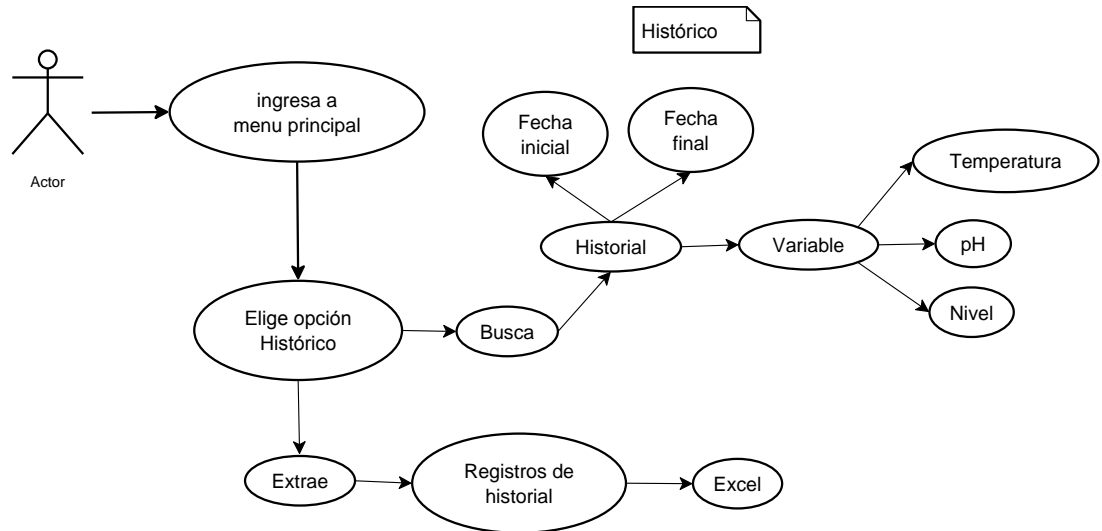


c. Página Histórica

La página Histórico en la Figura 28, le presenta al usuario los datos recolectados por los sensores que se han almacenado en la base. El usuario puede filtrar la información almacenada seleccionando un rango de fechas y la variable que desea consultar, los resultados se presentan en una tabla que se divide en tres columnas: la variable, la fecha y la hora. Adicionalmente informa el intervalo de

fechas seleccionado, la variable y la cantidad de datos encontrados. Además el usuario puede seleccionar para extraer los elementos consultados en un documento Excel.

Figura 27 caso de uso página histórico



La elaboración comienza definiendo la función *consulta* en la vista, la cual procesa la información ingresada por el usuario recuperando los elementos de la base a través de un formulario de consulta. Definiendo la clase *formBusca* se genera el formulario de búsqueda que contiene: dos campos de fecha que se complementan con un *widget* de Django dándole al usuario la comodidad de seleccionar cada campo (día, mes, año) sin rellenar campos manualmente; un campo de opción desplegable con los elementos pH, Temperatura y Nivel, cada uno con un valor y una caja de selección cuyo valor es un dato lógico (Verdadero o Falso). La consulta se realiza en lenguaje Python a través de la clase sensores contenida en el modelo, tomando los datos entrantes y usando filtros se extraen los elementos que el usuario selecciona. El modo de consulta hecho sobre el modelo trabaja de forma similar al lenguaje SQL, seleccionando los campos de la tabla condicionando (filtrando) la salida de los elementos que han sido solicitados. La exportación de datos se maneja con una extensión de Python que crea documentos compatibles con Excel.

Al seleccionar Histórico en el menú se apunta a la URL (*buscar/*) que tiene asociada, Django comprueba si existe el patrón URL y al encontrarlo llama a la función *consulta* de la vista. La función evalúa si se ha hecho alguna consulta a través del formulario, si no hay petición se carga la plantilla *consu.html* con el formulario *formBusca* posibilitando al usuario el interactuar con el entorno web.

El usuario al enviar el formulario la función comprueba el modo de consulta (GET o POST), recupera la información entrante y la pasa al filtro de la clase sensores

del modelo, a continuación se evalúa si la caja de selección ha sido marcada; si el usuario no marca la casilla de Extraer, el resultado de la búsqueda es enviado a la plantilla junto con la información ingresada en el formulario (fecha y opción) y el formulario; cuando la casilla está marcada la función genera un documento tipo Excel con los datos de la búsqueda que es entregado al usuario a través de entorno web.

Los resultados de la función son recibidos por la plantilla evaluando con etiquetas lógicas si la consulta contiene elementos o es vacío; al no haber información muestra un mensaje de no resultados, si hay datos con una etiqueta de bucle (*for*) crea y posiciona los elementos recuperados en una tabla. Junto con los resultados se presentan las variables seleccionadas y la cantidad de datos encontrados.

Figura 28 Página histórico

Seleccione el rango de fechas que desea consultar

Fecha inicial: 1 de Junio de 2016

Fecha final: 27 de Septiembre de 2016

Opcion: Todo

Extraer Excel:

Buscar

Busqueda entre: 1 de Junio de 2016 al 27 de Septiembre de 2016

La cantidad de datos encontrados: 30 valores.

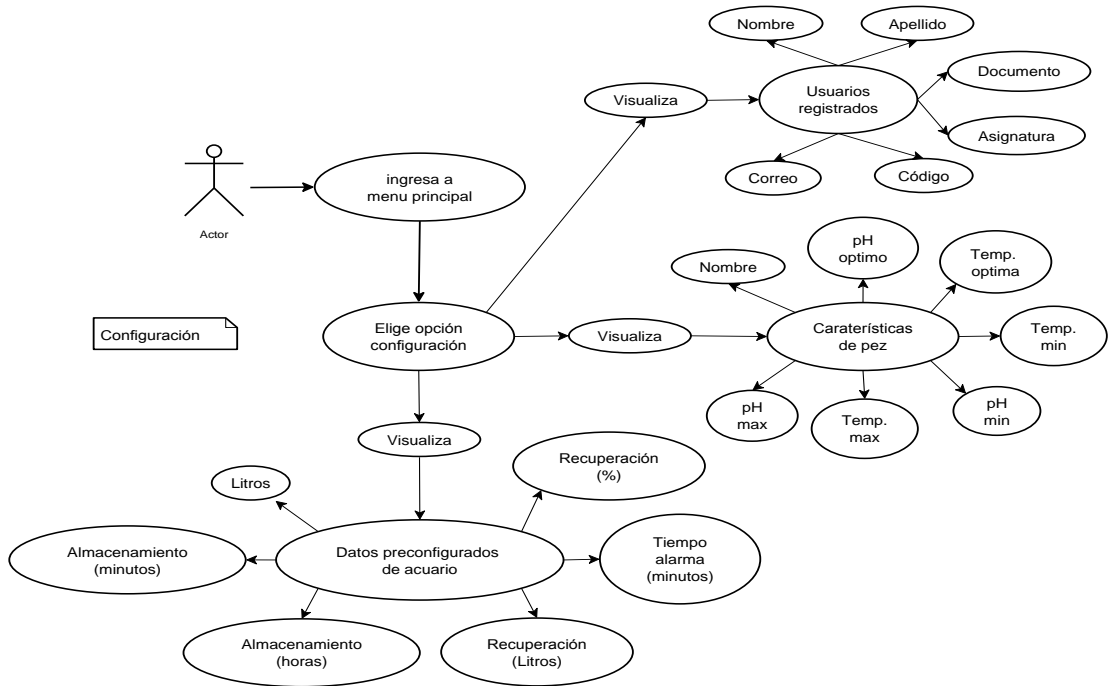
Ha escogido: Todo

pH	Temperatura	Nivel	Fecha	Hora
4.36	28.00	47.45	9 de Agosto de 2016	17:45
5.71	27.81	48.28	16 de Agosto de 2016	10:48
5.65	28.19	48.75	16 de Agosto de 2016	18:48
5.59	27.88	49.37	17 de Agosto de 2016	02:48
5.40	29.81	49.20	22 de Agosto de 2016	14:04
5.22	29.25	48.14	22 de Agosto de 2016	22:04
5.64	28.35	46.77	23 de Agosto de 2016	05:54

d. Página Configuración.

La página Configuración en la Figura 30 presenta al usuario la información almacenada en la base de datos relacionada con el acuario. Entre la información están los usuarios (estudiantes), las características del pez (pH y temperatura nominal, máxima y mínima) y características del acuario (nivel de agua, nivel de recuperación de agua, tiempo de almacenamiento y señal de alarma).

Figura 29 Caso de uso página configuración



En la vista se crea la función *usuarios* quien recupera la información almacenada en la base y la presenta al usuario, con el fin de indicarle que configuraciones están presentes y así tomar decisiones de posibles modificaciones. Se compone de tres consultas elaboradas en lenguaje Python, quienes recuperan a través de las clases usuarios, pez y acuario del modelo todos los elementos almacenados.

Al elegir Registro en el menú se apunta a la URL (*ingreso/*) que tiene asociada, Django comprueba si existe el patrón URL y al coincidir llama a la función *usuarios* de la vista. La función ejecuta los comandos de búsqueda, extrae la información y carga la plantilla regist.html con los datos.

La plantilla maneja etiquetas lógicas que evalúan si la información entrante contiene datos o está vacío; si no hay datos la plantilla presenta un mensaje de no configuración, de lo contrario emplea una etiqueta bucle (*for*) creando y posicionando los elementos dentro de la tabla.

Figura 30 Página Configuración

The screenshot shows the configuration page of a system for UDEC (Universidad de Cundinamarca). The page is titled "Información general de configuración" and contains three tables of configuration data.

Usuarios Registrados

Nombre	Apellido	Documento	Código	Asignatura	Correo
Ingrid Johanna	Parra Cubides	None	150211235	Trabajo de Grado	pacungrid@hotmail.com
Ivan Fernando	Leon Rincon	None	150211224	Trabajo de Grado	ivanleon1609@hotmail.com

Características Pez

Nombre	pH óptimo	Temperatura óptima	pH min	pH max	Temperatura min	Temperatura max
Otocindes	6.00	28.00	4.00	9.00	24.00	32.00

Información de acuario

Litros	Recuperación (%)	Recuperación (Litros)	Almacenamiento (Horas)	Almacenamiento (Minutos)	Tiempo alarma (Minutos)
50.00	20.00	None	8	None	0

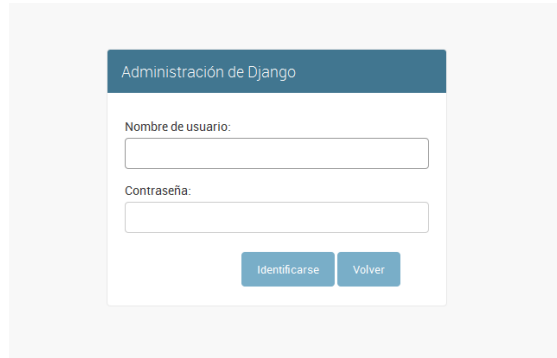
e. Página Administración

Las configuraciones del sistema son manejadas por el coordinador de laboratorio a través de una interfaz de administración, en la cual debidamente autorizado puede crear, modificar o eliminar el contenido. Django provee una interfaz de administración automática ya que su diseño está contenido entre sus funcionalidades listo para usar, ésta lee los metadatos contenidos en el modelo que permite la edición de los objetos en las tablas de la base de datos.

Agregar los modelos dentro del entorno de administración se hace a través del archivo *admin.py*, en este se registran los modelos y cada una de las clases que contienen, en nuestro caso hay un modelo con cuatro clases y con ello se visualizan para editar, crear o eliminar los elementos de la base.

Al elegir Administración en el menú se apunta a la URL (*Admin/*) que tiene asociada quien llama a los elementos que contiene el entorno de administración, cargando los metadatos del modelo. Siendo un sitio de administración requiere a su ingreso una autenticación que se muestra en la Figura 31.

Figura 31 Solicitud de autenticación al sitio de administración



Autenticado el ingreso al entorno, provee las clases definidas dentro del modelo Registros (usuario, pez, acuario y sensores) que son las tablas contenidas en la base de datos que se observan en la Figura 33. Con ello se puede agregar, cambiar e insertar registros en la base de datos, configurando el sistema según la necesidad.

Figura 32 Caso de uso página administración

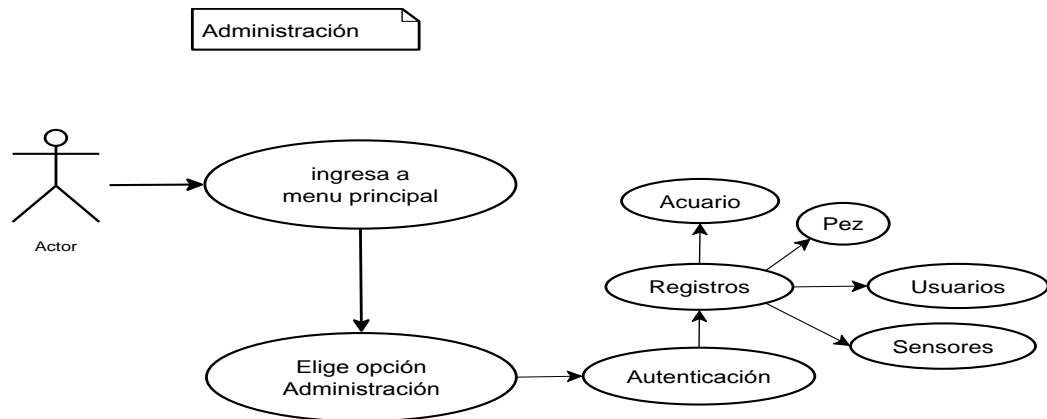


Figura 33 Sitio de administración de Django y clases del modelo



Figura 34 Caso de uso administración de acuario

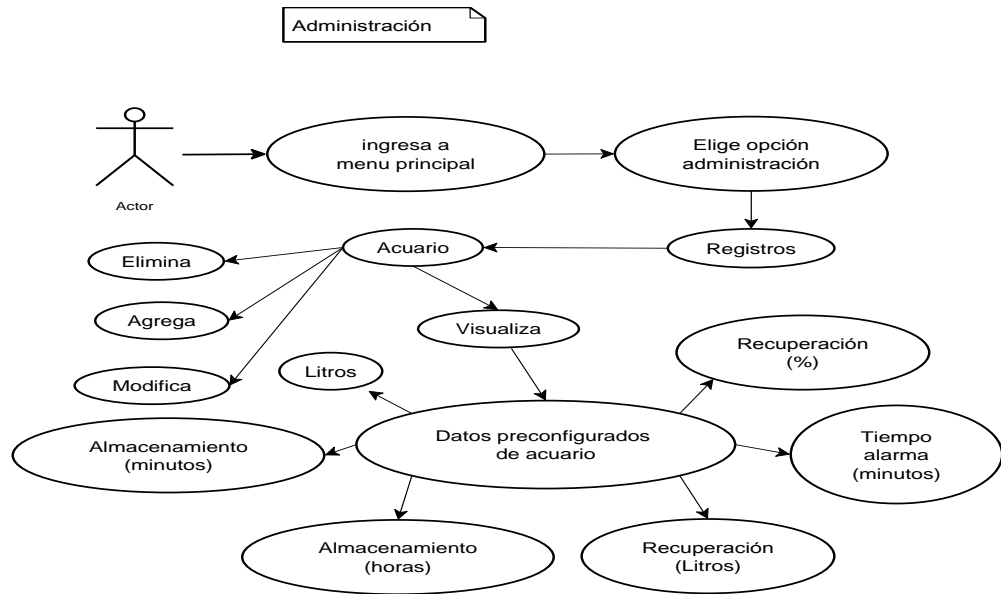


Figura 35 Administración de acuario

Inicio - Registros - Acuarios

Seleccione acuario a modificar AGREGAR ACUARIO +

Acción: Ejecutar 0 de 1 seleccionados/as

<input type="checkbox"/>	LITROS	RECUPERACION (%)	RECUPERACION (LITROS)	TIEMPO ALMACENAMIENTO (HORAS)	TIEMPO ALMACENAMIENTO (MINUTOS)	TIEMPO ALARMA (MINUTOS)
<input type="checkbox"/>	45.00	-	10.00	3	-	10

1 acuario

Figura 36 Caso de uso administración de usuario

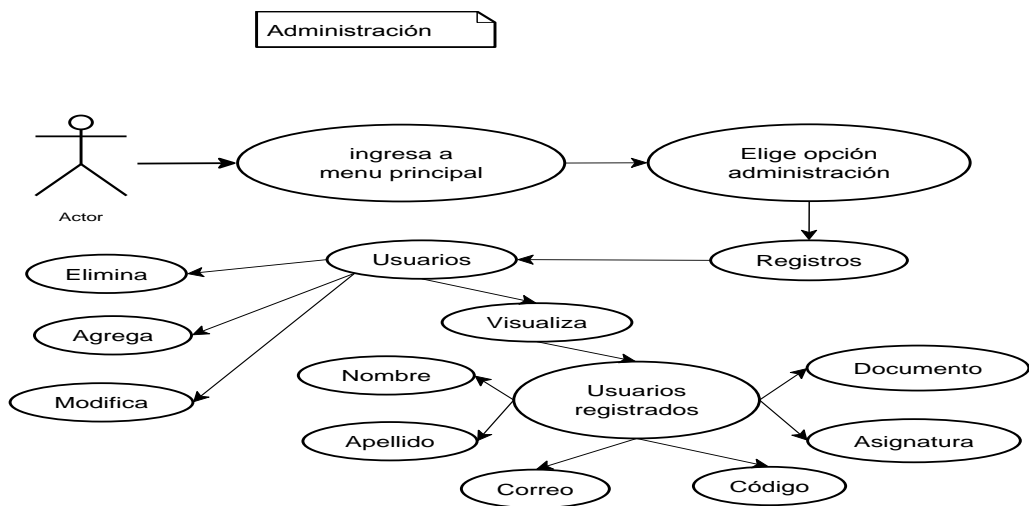


Figura 37 Administración de usuario

Inicio · Registros · Usuarios

Seleccione usuario a modificar AGREGAR USUARIO +

Acción: Ejecutar 0 de 3 seleccionados/as

<input type="checkbox"/>	NOMBRE	APELLIDO	DOCUMENTO DE IDENTIFICACION	CODIGO	ASIGNATURA	CORREO ELECTRONICO
<input type="checkbox"/>	Juan	Diaz	45639501257	4357902421	otro	phyroloco@yahoo.com
<input type="checkbox"/>	Pedro	Cruz	1983745291	371305827	animales	rudolph.fire@gmail.com
<input type="checkbox"/>	Andres	Perez	2345676543	234565432	acuario	phyroloco@gmail.com

3 usuarios

Figura 38 Caso de uso administración de pez

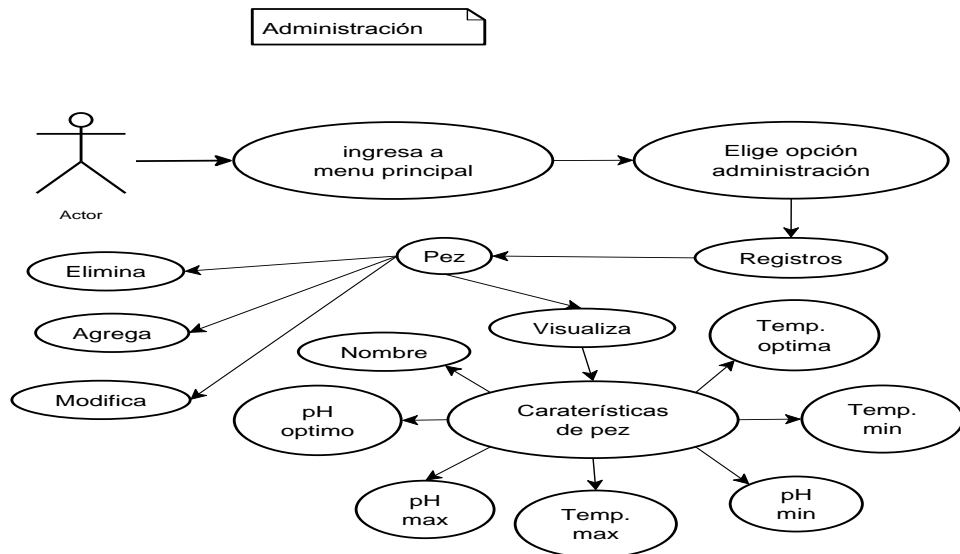


Figura 39 Administración de pez

Inicio · Registros · Pezes

Seleccione pez a modificar AGREGAR PEZ +

Acción: Ejecutar 0 de 1 seleccionados/as

<input type="checkbox"/>	NOMBRE	PH OPTIMO	TEMPERATURA OPTIMA	PH MINIMO	PH MAXIMO	TEMPERATURA MINIMA	TEMPERATURA MAXIMA
<input type="checkbox"/>	Otocinclos	6.00	28.00	4.00	8.00	24.00	32.00

1 pez

Figura 40 Caso de uso administración de sensores

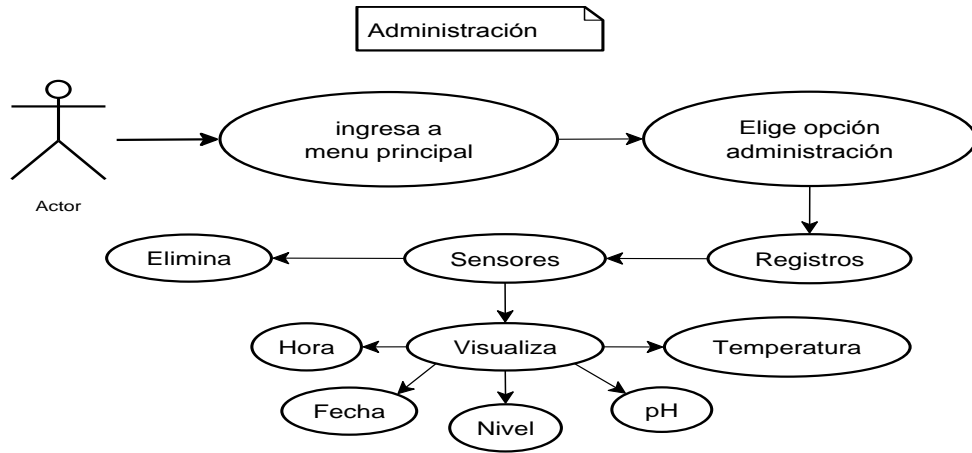


Figura 41 Administración de sensores

Inicio · Registros · Sensoress

Seleccione sensores a modificar

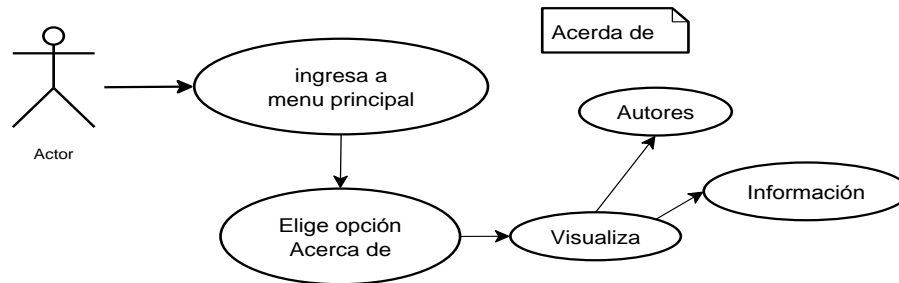
Acción: 0 de 30 seleccionados/as

<input type="checkbox"/>	PH	TEMPERATURA	LITROS	FECHA	HORA
<input type="checkbox"/>	3.81	27.50	49.10	31 de Agosto de 2016	01:52
<input type="checkbox"/>	3.87	28.50	47.85	30 de Agosto de 2016	17:52
<input type="checkbox"/>	3.93	27.81	48.89	30 de Agosto de 2016	06:08
<input type="checkbox"/>	3.87	28.44	47.82	29 de Agosto de 2016	22:08
<input type="checkbox"/>	3.93	29.00	49.14	29 de Agosto de 2016	14:08
<input type="checkbox"/>	3.99	27.25	48.29	29 de Agosto de 2016	06:08
<input type="checkbox"/>	4.05	28.25	50.03	28 de Agosto de 2016	22:07
<input type="checkbox"/>	4.11	28.62	49.79	28 de Agosto de 2016	14:07

f. Página Acerca de

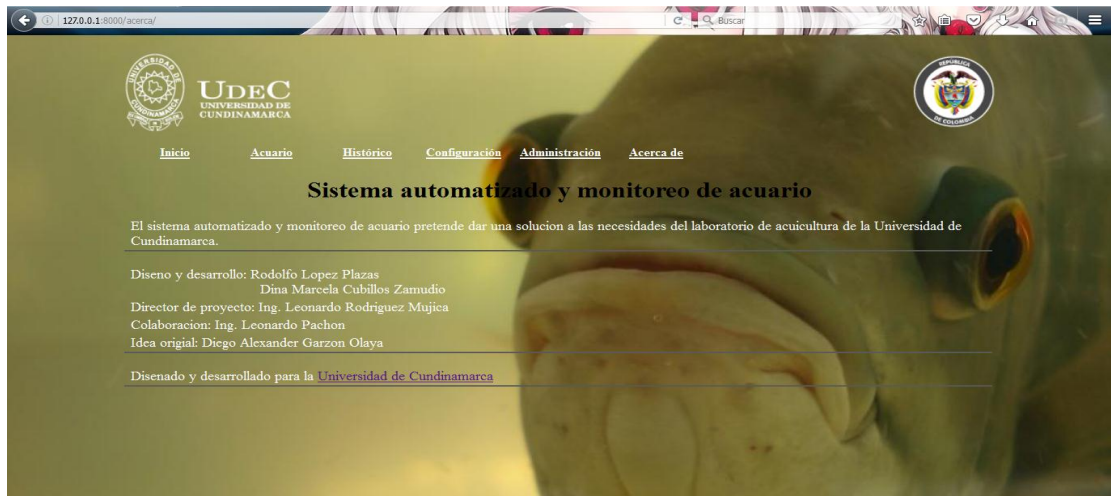
La página Acerca de en la Figura 43 da a conocer sobre la idea de proyecto, relatando acerca del proceso de desarrollo y los actores que intervienen en él

Figura 42 caso de uso página Acerca de



De forma similar a la página de Inicio esta no hace uso de ninguna vista, no requiere de algún proceso lógico que genere un resultado, su elaboración es un texto plano en lenguaje HTML donde relata al usuario la idea de proyecto. Al ingresar en Acera de en el menú se apunta a la URL (*acerca/*) que tiene asociada, la URL de Django cargar la plantilla sobre.html sin necesidad de llamar a la vista.

Figura 43 Página acerca de



5.4. Sistema de monitoreo de acuario.

Esta sección describe la puesta en marcha del sistema en las instalaciones del laboratorio de acuicultura; se selecciona una especie de pez tomando las características del mismo para configurar el sistema. Se valida la información medida comparándola con los elementos dispuestos en el laboratorio. Con el sistema configurado se procede a la toma de datos, que son recuperados en formato Excel. Las pruebas se realizan primeramente dentro de la red local que el

laboratorio posee, seguidamente se asigna un nombre de dominio permitiendo el acceso de forma remota al sistema.

5.4.1. Instrumentación y validación

Los elementos sensores junto con el entorno de visualización son implementados para un acuario del laboratorio de acuicultura; las dimensiones del acuario son 50 cm de largo, 40 cm de ancho y 30 cm de alto lo que permite contener hasta 60 litros de agua. El acuario alberga una especie de pez que es seleccionado por el coordinador de laboratorio o el (los) estudiante(s).

La especie seleccionada en este trabajo es el Otocinelo (Otocinclus Affinis) Figura 44, un pequeño pez de la familia de los Loricáridos, tiene un comportamiento pacífico y se suele ver nadando cerca del fondo del acuario, su alimentación se basa en algas y su tamaño puede llegar a unos 4 cm; es un pez de agua dulce, su entorno debe mantenerse con pH entre 6 – 8 y la temperatura entre 20°C – 26°C, para acuarios de 50 litros.

Figura 44 Otocinclus Affinis



Fuente fishbase.se por Schmitt, R.

Escogido el acuario y seleccionada la especie se integra la instrumentación (electrodo de pH, sensor de temperatura, sensor de nivel), el circuito de acondicionamiento y el computador Raspberry Pi. Este último se conecta a un enrutador dispuesto dentro de las instalaciones del laboratorio mediante un cable de par trenzado; todo dispositivo que se comuniquen con el enrutador puede tener acceso al entorno web digitando la dirección IP del dispositivo.

Iniciado el sistema operativo Raspbian se tiene acceso al entorno web, en el cual se visualizan las lecturas de los sensores y se realizan las configuraciones de sistema. Las lecturas hechas por los sensores se validan en base a los instrumentos de medición que el coordinador de laboratorio emplea tradicionalmente.

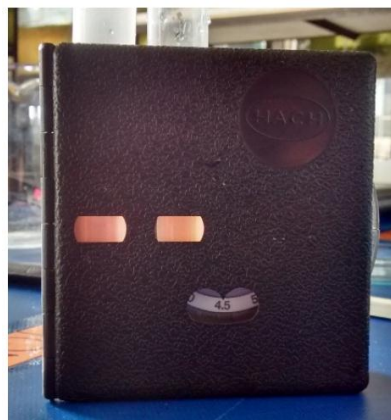
La medición de nivel de pH del agua se realiza empleando un kit de pruebas de calidad de agua Figura 45, el cual emplea una variedad de elementos químicos que reaccionan a las condiciones del agua.

Figura 45 Kit de pruebas de calidad de agua



La lectura se realiza adicionando agua del acuario en dos tubos de observación, uno de estos se agrega una solución indicadora de pH de amplio rango que reacciona acorde a los niveles de pH colorando el agua. Una caja comparadora posee un disco giratorio de color de pH, en él se introducen ambos tubos los cuales se comparan haciendo girar el disco hasta hacer coincidir los colores. La lectura de pH se observa por una abertura de la caja. A través del entorno web se recupera el valor de pH tomado por el electrodo. La comparación se observa en la Figura 46.

Figura 46 Comparación de pH

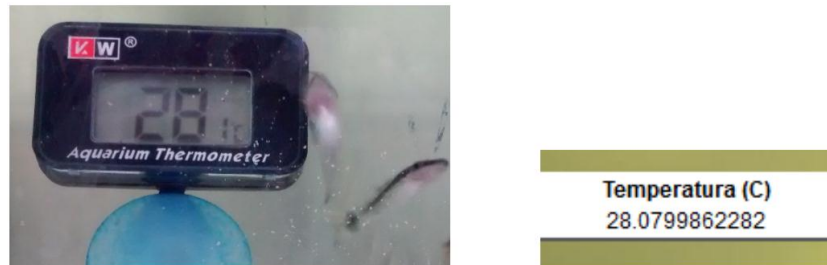


Datos actuales de los sensores
pH
4.35260858759

El resultado obtenido por el kit de calidad de agua y por el electrodo de pH presenta similitudes en sus valores con un desvío de 0.15 unidades de pH.

La temperatura del agua se mide con un termómetro digital sumergible, el entorno web provee el valor obtenido por el sensor DS18B20. La comparación se puede apreciar en la Figura 47.

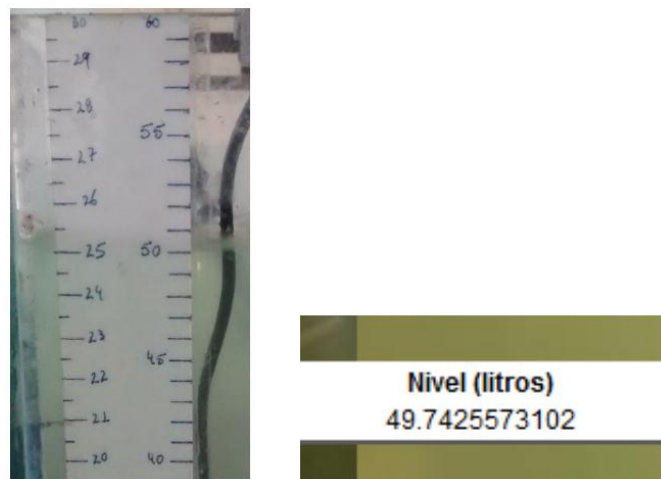
Figura 47 Comparación de temperatura



El valor de temperatura registrado en ambos instrumentos de medición presenta semejanza con variación de 0.03°C .

El nivel de agua del acuario se mide con una cinta métrica, el valor obtenido por el sensor HCSR04 es mostrado por el entorno web. La comparación se observa en la Figura 48.

Figura 48 Comparación de nivel.



La cinta métrica ofrece un apoyo para establecer los valores máximos y mínimos de líquido en el acuario, el sensor proveerá en todo momento el valor de nivel y con ello el control en la apertura y cierre de la electroválvula.

5.4.2. Configuración de sistema.

Validados los instrumentos de medición del sistema se procede a configurar las variables para la automatización. Esta configuración toma como base las características del pez que previamente se ha escogido e información que el coordinador de laboratorio suministra. Las configuraciones se realizan dentro del sitio de administración del entorno web en el cual se crean o se editan los parámetros de los modelos de Acuario, Pez y Usuarios.

Dentro del modelo Pez Figura 49, se establecen los parámetros del espécimen seleccionado, entre estos el nombre, los valores de pH y temperatura óptimos, máximos y mínimos.

Figura 49 Datos de modelo Pez

<input type="checkbox"/>	NOMBRE	PH OPTIMO	TEMPERATURA OPTIMA	PH MINIMO	PH MAXIMO	TEMPERATURA MINIMA	TEMPERATURA MAXIMA
<input type="checkbox"/>	Otocinclos	6.00	28.00	4.00	8.00	24.00	32.00

El nombre del espécimen es el Otocinclo, la información de pH y temperatura se obtiene de las características previamente mencionadas. Se establece un nivel óptimo de pH en 6 con valor mínimo de 4 y máximo de 8. Se asigna la temperatura óptima en 28°C con valor mínimo de 24°C y máximo de 32°C. La automatización hace uso de los niveles altos y bajos comparándolos con la información de los sensores, con ello genera un aviso vía e-mail informando que variable ha pasado de los límites establecidos.

En el modelo Acuario Figura 50, se especifica la cantidad de litros de agua del acuario, la cantidad de agua a recuperar expresada en un valor porcentual o un valor en litros, el tiempo de almacenamiento de las variables medidas expresado en horas y/o minutos y el tiempo de repetición de aviso dado en minutos.

Figura 50 Datos de modelo Acuario

<input type="checkbox"/>	LITROS	RECUPERACION (%)	RECUPERACION (LITROS)	TIEMPO ALMACENAMIENTO (HORAS)	TIEMPO ALMACENAMIENTO (MINUTOS)	TIEMPO ALARMA (MINUTOS)
<input type="checkbox"/>	50.00	20.00	-	8	-	10

En base a las características del pez se asignan 50 litros de agua al acuario, este valor máximo es usado por el automatizado con el cual cierra la electroválvula impidiendo el paso de líquido. Se establece un valor de recuperación a 20% que indica la pérdida de líquido y el momento en donde el automatizado abre la electroválvula; el valor es seleccionado teniendo base el equilibrio térmico, pues con este nivel de pérdida del agua puede alcanzar a elevar su temperatura hasta 2°C con respecto al valor óptimo del pez. Se establece un tiempo de almacenamiento cada 8 horas y la señal de aviso con repetición cada 10 minutos.

La información de estudiantes a cargo del acuario es ingresada en el modelo usuarios Figura 51, donde se especifica el nombre completo de cada uno, el código institucional, la asignatura correspondiente y la dirección de correo electrónico.

Figura 51 Datos de modelo Usuarios

Inicio · Registros · Usuarios

Seleccione usuario a modificar AGREGAR USUARIO +

Acción: 0 de 2 seleccionados/as

<input type="checkbox"/>	NOMBRE	APELLIDO	DOCUMENTO DE INDT	CODIGO	ASIGNATURA	CORREO ELECTRONICO
<input type="checkbox"/>	Ivan Fernando	Leon Rincon	-	150211224	Trabajo de Grado	ivanleon1609@hotmail.com
<input type="checkbox"/>	Ingrid Johanna	Parra Cubides	-	150211235	Trabajo de Grado	pacuingrid@hotmail.com

2 usuarios

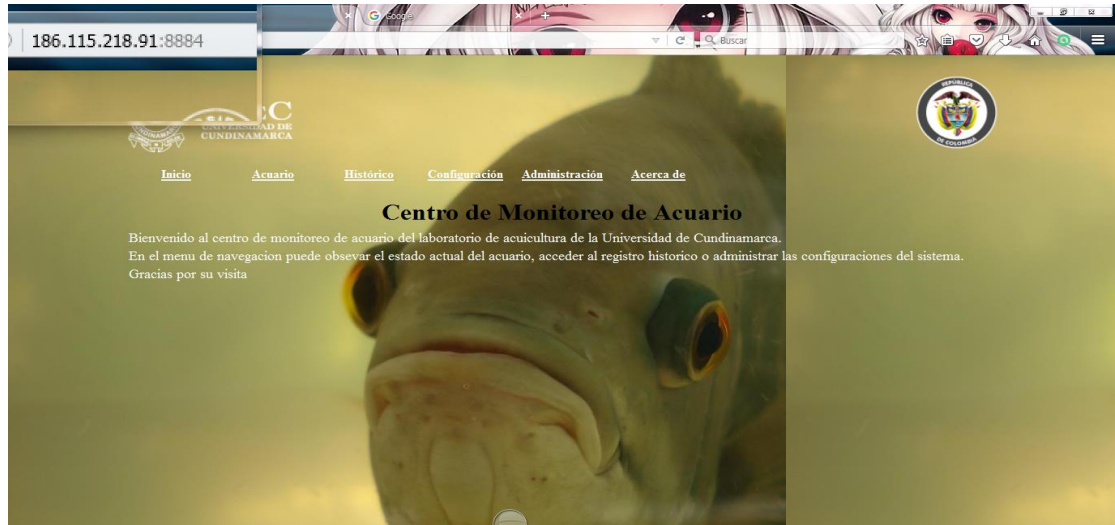
Se registran los estudiantes pertenecientes al programa de zootecnia; la automatización toma las direcciones de correo electrónico, donde llega el aviso de revisión cuando se sobrepasan los límites establecidos en el modelo Pez.

Con la información ingresada se da inicio a la automatización accediendo a la página */actual*. Durante el funcionamiento se consulta la información almacenada accediendo a la página */histórico* en la cual también se extrae en un archivo Excel los datos solicitados según las necesidades de los usuarios.

5.4.3. Accesibilidad remota

El proceso previamente descrito se ha trabajado dentro de la red local instaurada en las instalaciones del laboratorio, teniendo acceso al entorno web los dispositivos que se comunican con la red. Obtenida una IP pública se ingresa al entorno web a las afueras de las instalaciones permitiendo el acceso al mismo en dispositivos con conexión a internet. Por consiguiente al ingresar la IP 182.115.218.91:8884 en un navegador web se obtiene respuesta del servidor, contestando a la solicitud de inicio del entorno web como se observa en la Figura 52.

Figura 52 Entorno web



El manejo del entorno web accediendo desde un equipo con conexión a internet trabaja de forma similar que dentro de la red local en las instalaciones del laboratorio, lo que permite navegar por todas las opciones disponibles, esto es visualizar las variables del agua, consultar el historial de almacenamiento así como la extracción del mismo en formato Excel y acceder a las configuraciones del sistema.

Con el ingreso al entorno web remotamente el usuario puede manipular la válvula cuando lo considere necesario, para ello se ingresa a la opción de Acuario en la sección de Apertura o cierre de Electroválvula, allí selecciona una opción (Abrir, Cerrar) y envía la petición. La Figura 53 indica un cambio en el nivel de agua al manipular la electroválvula, en la izquierda la cantidad de agua antes de su apertura, en la derecha en el nivel máximo de líquido que ha sido registrado en las configuraciones del sistema.

Figura 53 Nivel de agua al manipular la electroválvula.



La información ingresada en el sitio de administración del entorno web le permite al automatizado decidir el momento para cerrar la válvula, cuando llega al nivel máximo de agua establecido (50 Litros) corta el paso del agua apagando la electroválvula.

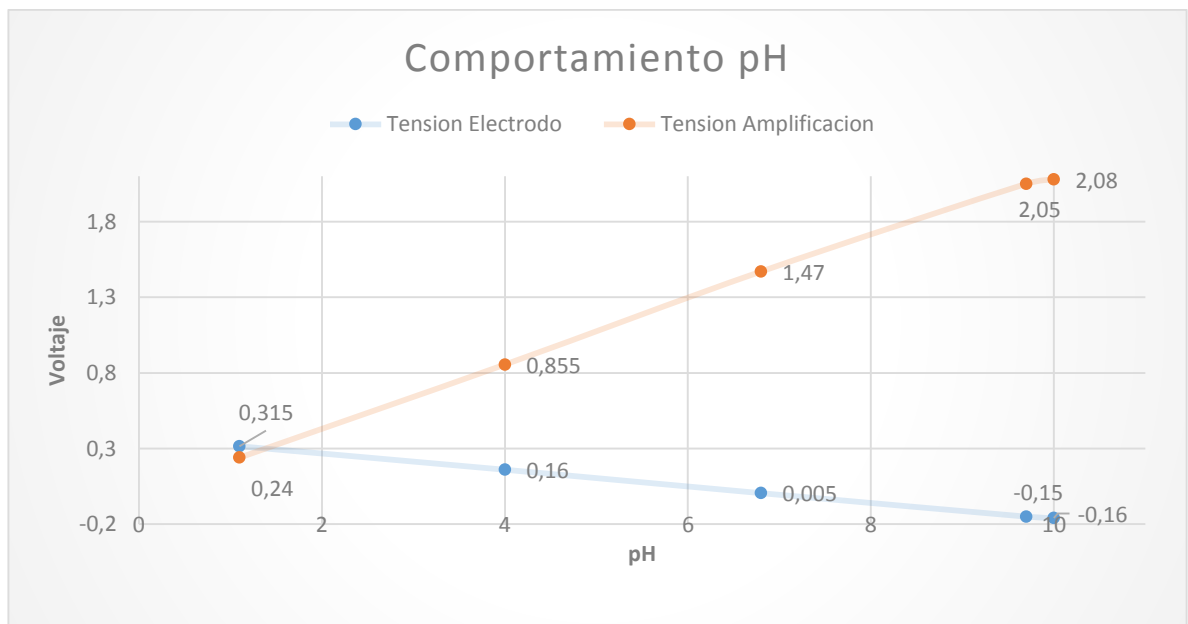
6. RESULTADOS

El sistema de monitoreo y automatización fue dispuesto dentro de las instalaciones de laboratorio de acuicultura de la Universidad de Cundinamarca, lugar objeto de este proyecto donde se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento.

El diagrama de bloques de la Figura 2 describe de forma general los elementos que intervienen es el sistema, los cuáles han sido descritos y desarrollados a lo largo del presente escrito; una vez obtenidos estos elementos se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.

En los resultados se obtuvo una buena respuesta por parte del circuito de acondicionamiento, su diseño permitió la obtención de la señal provista por el electrodo de pH proveyendo valores confiables. Así toando los datos de la Tabla 8 se obtienen la gráfica 1 donde se observa el comportamiento del electrodo a diferentes muestras de pH donde la línea de color azul representa la tensión a salida del electrodo y la línea de color naranja es la tensión a la salida del circuito amplificador. Se logró medir los parámetros de pH, temperatura y niveles de agua, en este último se establecieron medidas máximas y mínimas con las cuales se automatizó el proceso de llenado.

Gráfica 1 Respuesta del electrodo de pH



El Framework Django permitió el desarrollo y diseño del entorno web abarcando las necesidades en visualización y manejo del sistema, ya que con este se logró capturar las variables medidas por los sensores, realizar la visualización sobre un entorno gráfico y configuración de automatización; además le otorgó al coordinador

de laboratorio la manipulación de la electroválvula de llenado, abriendo y cerrando el paso de agua acorde a sus necesidades. El entorno web se dispuso sobre internet con ello la información es visualizada remotamente.

Las comparaciones de los instrumentos de medición del sistema con respecto a los elementos del laboratorio fue bien recibida por el coordinador de laboratorio con lo que genero confianza de que los datos visualizados son verídicos.

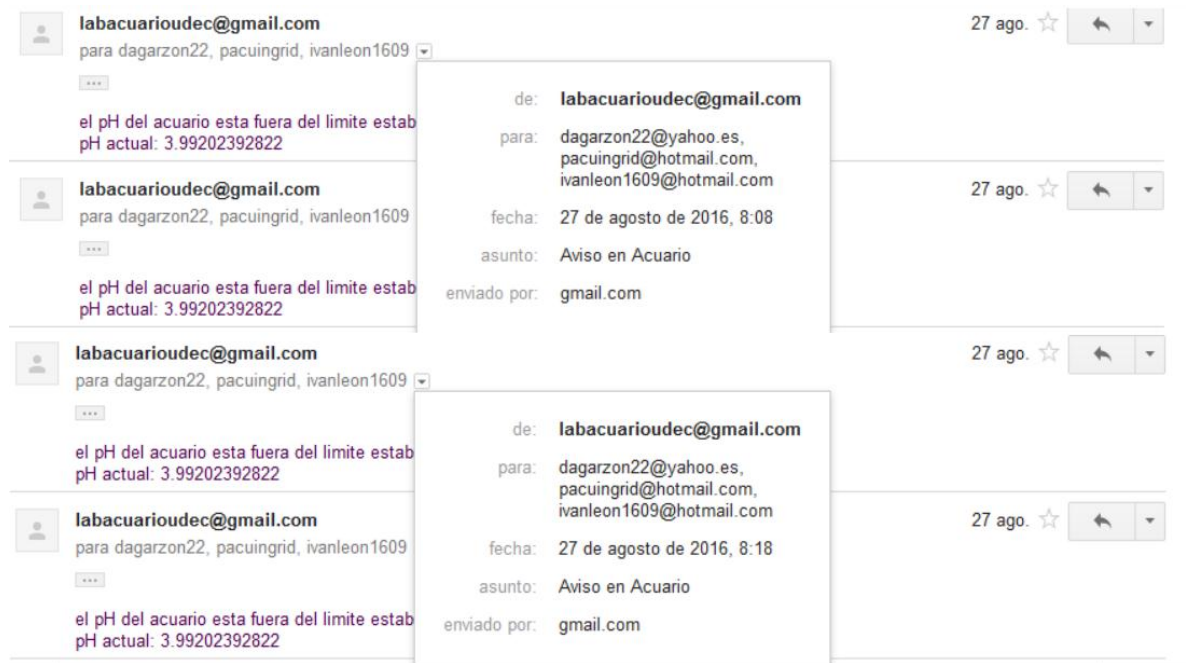
La automatización operó acorde a los parámetros indicados dentro de la configuración, realizando oportunamente el almacenamiento de las variables medidas acogiéndose a los datos ingresados previamente por el coordinador de laboratorio. La Tabla 11 muestra la información almacenada por un periodo de 10 días a un intervalo de 8 horas entre cada valor.

Tabla 11 Variables almacenadas.

pH	Temperatura	Nivel	Fecha	Hora
5,4	29,81	49,2	22/08/16	14:04:37
5,22	29,25	48,14	22/08/16	22:04:40
5,04	28,75	49,77	23/08/16	6:04:58
5,1	30	47,18	23/08/16	14:05:02
4,85	29,31	48,49	23/08/16	22:05:13
4,67	28,56	47,35	24/08/16	6:05:29
4,85	29,56	49,44	24/08/16	14:05:40
4,79	29,44	47,15	24/08/16	22:05:48
4,67	28,81	49,74	25/08/16	6:06:06
4,48	29,69	48,24	25/08/16	14:06:16
4,42	29	49,93	25/08/16	22:06:24
4,36	28,44	49,9	26/08/16	6:06:41
4,18	29,62	48,31	26/08/16	14:06:48
4,11	29,25	49,13	26/08/16	22:06:54
4,11	29,06	49,78	27/08/16	6:06:56
3,99	29,88	48,29	27/08/16	14:07:03
4,24	27,88	50,47	27/08/16	22:07:16
4,11	27,5	49,59	28/08/16	6:07:33
4,11	28,62	49,79	28/08/16	14:07:49
4,05	28,25	50,03	28/08/16	22:07:53
3,99	27,25	48,29	29/08/16	6:08:00
3,93	29	49,14	29/08/16	14:08:16
3,87	28,44	47,82	29/08/16	22:08:27
3,93	27,81	48,89	30/08/16	6:08:30
3,87	28,5	47,85	30/08/16	17:52:06
3,81	27,5	49,1	31/08/16	1:52:12

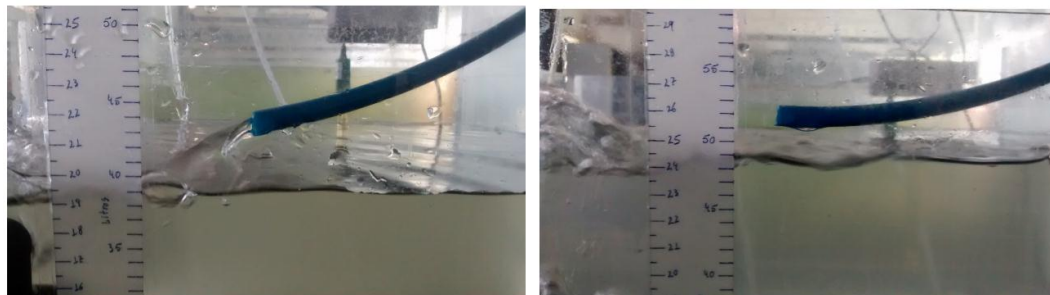
Adicionalmente durante el funcionamiento de la automatización informó oportunamente por correo electrónico de los niveles fuera de los valores establecidos en las configuraciones. Se tiene el caso del valor de pH el cual llego a niveles por debajo de 4, allí se informó del suceso repitiéndose a los diez (10) minutos, la Figura 54 presenta los detalles.

Figura 54 Aviso via e-mail



El automatizado reguló adecuadamente el nivel de agua del acuario actuando acorde a los parámetros establecidos, en la Figura 55 cuando el nivel de agua del acuario llega a un nivel inferior de 40 litros (izquierda) la electroválvula se encendió permitiendo el paso del líquido al tanque, cuando el nivel de agua alcanzó el valor máximo establecido, esto es 50 litros, la electroválvula se cerró impidiendo el paso del líquido al tanque (derecha).

Figura 55 Regulación de nivel de agua



La prueba de funcionamiento en la regulación de agua del tanque y manipulación de la electroválvula se puede apreciar en el anexo C.

7. ANALISIS

El sistema presentado a logrado dar el monitoreo de las condiciones de habitad de los peces en el laboratorio de acuicultura en donde se ha mejorado los tiempos en la toma de las variables, pasando de la irregularidad en las mediciones en donde el tiempo entre cada dato era distante, a un modo que provee en cualquier momento y en tiempo real la lectura de estas variables.

La automatización de procesos como el almacenamiento de las variables medidas le permite a los usuarios, quienes realizan sus estudios, conocer a lo largo del trabajo que desarrolle el comportamiento de los cambios en el agua, cuya información se aprovecha en la toma de decisiones que mantengan unas condiciones de hábitat adecuadas o dispuestas según se requiera trabajar. El automatizado surge como un apoyo a las labores del encargado para el llenado del acuario, que de una forma subjetiva manipulaba los niveles de agua y con el sistema se ofrece un mejor tratamiento de los niveles máximos y mínimos que mantengan las condiciones de hábitat en rangos tolerables para la especie.

El diseño del sistema se hace flexible para integrar en el acuario especies de aguas tropicales, requiriendo información del pez como sus niveles óptimos en pH, temperatura y nivel de agua, así también de sus valores críticos y configuraciones propias del encargado, esta información es evaluada por el automatizado que realizara las tareas necesarias manteniéndose en continua operación. De igual manera permite el escalamiento gracias a los elementos que integra todo el sistema, cuya tecnología empleada, esencialmente por los modos de conexión y comunicación, otorga a futuro la conexión de más acuarios con lo que proveerá un monitoreo en todo el espacio académico.

8. CONCLUSIONES

La aplicación de tecnologías dentro del laboratorio ha permitido el conocimiento de las condiciones del agua midiendo variables como pH y temperatura logrando tener acceso a estas en una forma más ágil y precisa, así como la confiabilidad de que los valores son verídicos llevando a la toma de decisiones en cuanto a cambios en el agua con mayor seguridad.

El sistema funciona como elemento de apoyo para las labores del coordinador ya que al no encontrarse presente en las instalaciones el sistema le mantendrá informado a donde él se encuentre y le notificará oportunamente los cambios de pH y temperatura en el agua, además el auto llenado contribuye a mantener un estado ideal de las condiciones del acuario en aquellos momentos en que la ausencia del encargado sea prolongada. La accesibilidad remota le permite al usuario poder atender a las demás actividades que requieran su atención sin perder el cuidado del estado del agua en el acuario.

El diseño del sistema le permite ser flexible a cualquier tipo de pez de agua dulce tropical que se desee escoger requiriendo información de pH, temperatura y cantidad de agua del tanque, estos valores son ingresados en las configuraciones para que el automatizado actúe adecuadamente, el usuario puede tomar estos valores como punto de comparación con los instrumentos de medición así como la manipulación en la apertura de la electroválvula dentro de un mismo entorno web.

El diseño del sistema propuesto se logra gracias al uso del computador Raspberry Pi siendo este el eje principal en el desarrollo, ya que al contener el lenguaje de programación Python proporcionó la captación de las mediciones de los sensores, este mismo permitió la recolección y manipulación de los datos almacenado en base datos la información así como la automatización de procesos. Aprovechando el lenguaje de programación se integra un elemento framework denominado Django para el diseño del entorno web, permitiendo realizar evaluaciones y procesos que por lenguaje HTML no es posible.

El desarrollo del sistema se pensó para uso del coordinador de laboratorio pero no dejando al estudiantado de lado, pues ellos son quienes realizan prácticas académicas y en su mayoría no permanecen en las instalaciones del laboratorio, el acceso al sistema por parte del estudiante le permite la visualización de los valores tanto del agua como de configuración pero sin la posibilidad de realizar modificaciones, tarea solo dispuesta para el coordinador.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvaro Andrés Navarro Pérez, J. B. (2013). Construcción de un Sistema de Instrumentación para la Medición de la Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto presentes en la Piscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial. *Scientia Et Technica*, 18(2), 401-408.
- Areny, R. P. (s.f.). *Sensores y Acondicionadores de señal*.
- Auro de Ocampo, A., & Ocampo Camberos, L. (1999). Diagnostico de Estres en Peces. 337-344.
- Chakroff, M. (1976). *Freshwater Fish Pond Culture & Management*. VITA.
- Espinosa-Faller, F. J.-R. (2012). A ZigBee wireless sensor network for monitoring an aquaculture recirculating system. *Journal of applied research and technology*, 10(3), 380-387.
- F. Coughlin, R., & F. Driscoll, F. (1999). Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. En *Filtros activos* (pág. 301). Pearson Education.
- Falgueras, B. C. (2003). *Ingeniería del software*. Barcelona: UOC.
- Garcia M., S. (2015). *La guia definitiva de Django*. Mexico.
- Gonzales Laxe, F., M. Lupin, H., & Betron de la Cal, J. A. (2004). *Acuicultura: producción, comercio y trazabilidad*. España: Gesbiblo, S.L.
- Hanna Instruments. (2015). pH Electrodes. En *Catalogo general vol. 29 Ingles* (pág. 191). USA.
- Haron, N. S. (2009). Remote water quality monitoring system using wireless sensors. *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Electronics, Hardware, Wireless and Optical Communications (EHAC'09), Cambridge, UK*, 148-154.
- Marion, J. E. (1998). Water Quality for Pond Aquaculture. 37.
- Maxim Integrated Products. (2015). DS18B20 Programable Resolution 1-Wire Digital Thermometer.
- Merino, G. F. (s.f.). Parametros fisio-quimicos del agua: oxigeno, temperatura, salinidad, amonio-amoniaco, pH. En F. C. Orvay, *Piscicultura Marina en Latinoamérica* (pág. 300). Barcelona: Universitat de Barcelona.

- Mora, S. L. (2002). *Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web*. España: Club Universitario.
- National Instruments. (15 de Abril de 2016). *Que es NI Multisim*. Obtenido de National Instruments: www.ni.com/multisim/whatis/esa/
- NXP Semiconductors. (2013). PCF8591 8-bit A/D and D/A converter.
- Orvay, F. C. (1993). *Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnologías de la reproducción*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- P. Masser , M., Rakocy, J., & M. Losordo, T. (1992). Recirculating Aquaculture Tank Production System. 11.
- Pérez, F. M. (2008). *Administración de servicios de internet: de la teoría a la práctica*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Ramos, A. a. (2011). *Aplicaciones Web*. España: Ediciones Paraninfo.
- Rodríguez, E. J. (2012). Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas. *Scientia et Technica*, 2(51), 188--196.
- Swann, L. (1992). A Basic Overview of Aquaculture. 10.
- Texas Instruments. (1994). LF353 JFET-Input Dual Operational Amplifier.
- Will, R. W. (1980). *Fisiología Animal Comparada*. España: Editorial Reverté S.A.

ANEXOS

A. Código fuente

Lectura de conversor A/D PCF8591.

```
#!/usr/bin/python
import smbus
bus = smbus.SMBus(1)
bus.write_byte(0x48,0x00)
def pcf8591():
    try:
        bus.read_byte(0x48)
        d = bus.read_byte(0x48)
        v = d * (3.3/255)
        ph = v * (14.0/2.95)
        return ph
    except IOError:
        return 8591
```

Lectura de temperatura de sensor DS18B20.

```
#!/usr/bin/python
def ds18b20():
    try:
        ubicacionds=open ("/sys/bus/w1/devices/28-00042d3f6bff/w1_slave")
        texto= ubicacionds.read()
        ubicacionds.close()
        datos=texto.split("/n")[0].split(" ")[20]
        temperatura=float(datos[2:])
        temperatura=(temperatura/1000)
        return temperatura
    except IOError:
        return 1820
```

Almacenamiento de variables medidas en base de datos.

```
#!/usr/bin/python
import sqlite3
import sensordds18b20 as temp
import sensorhcsr04 as dist
import sensorpcf8591 as ang

def insertar():
    tm = temp.ds18b20()
    ph = ang.pcf8591()
    ds = dist.hcsr04()
    nivel = (50*40*(30- ds))/1000

    conn = sqlite3.connect('/home/pi/propio/miku/basemiku.sqlite3')
```

```

    valores = [ph, tm, nivel]
    conn.execute("INSERT INTO registros_sensores (phs, temps, niveles,
fechas, horas)VALUES (?, ?, ?, date('now', 'localtime'), time('now',
'localtime'))", valores)
    conn.commit()
    conn.close()

```

Envió de correo electrónico de aviso.

```

#!/usr/bin/python
import socket
import smtplib
import sqlite3
import sensors18b20 as tm
import sensorpcf8591 as ang

def envio():
    tem = tm.ds18b20()
    ph = ang.pcf8591()
    conn = sqlite3.connect('/home/pi/propio/miku/basemiku.sqlite3')

    cursor1 = conn.execute("""SELECT phmin, phmax, tepmin, tepmax FROM
registros_pez WHERE id=1;""")
    h = cursor1.fetchone()

    cursor3 = conn.execute("""SELECT email FROM auth_user WHERE id=2;""")
    t = cursor3.fetchone()

    cursor2 = conn.execute("""SELECT correou FROM registros_usuario;""")
    d=[]
    d.append(t[0])
    for row2 in cursor2:
        r= row2[0]
        d.append(r)
    conn.close()

    try:
        server = smtplib.SMTP('smtp.gmail.com', 587)
        server.ehlo()
        server.starttls()
        server.ehlo()

        user, pasw
        to = d
        sub = 'Aviso en Acuario'
        header = 'To: ' + ",".join(to) + '\n' + 'From: ' + user + '\n' +
'Subject: ' + sub + '\n'
        server.login(user, pasw)

        if (ph<h[0]) or (ph>h[1]):
            body = 'el pH del acuario esta fuera del limite establecido'
+ '\n' + 'pH actual: ' + str(ph)
            msg = header + '\n' + body + '\n'

```

```

        server.sendmail(user, to, msg)
    if (tem<h[2]) or (tem>h[3]):
        body = 'la temperatura del acuario esta fuera del limite
establecido' + '\n' + 'temperatura actual: ' + str(tem)
        msg = header + '\n' + body + '\n'
        server.sendmail(user, to, msg)
    server.close()
except (socket.gaierror, socket.error, socket.herror,
smtplib.SMTPException), e:
    pass

```

Lectura de sensor HCSR04.

```

#!/usr/bin/python
import RPi.GPIO as gpio
import time
gpio.setwarnings(False)

def hcsr04():
    gpio.setmode(gpio.BCM)
    gpio.setup(23,gpio.OUT)
    gpio.setup(24,gpio.IN)
    t=0
    try:
        gpio.output(23,False)
        time.sleep(0.000002)
        gpio.output(23,True)
        time.sleep(0.00001)
        gpio.output(23,False)

        while gpio.input(24)==0:
            start = time.time()

        while gpio.input(24)==1:
            stop = time.time()

        time.sleep(0.03)
        elapsed = stop-start
        distancel = elapsed*34029
        distance = distancel/2
        return distance
    except UnboundLocalError:
        return 7704

```

Recuperación de nivel de agua.

```

#!/usr/bin/python
import sqlite3
import RPi.GPIO as gpio
import sensorhcsr04 as ds

```



```

gpio.setwarnings(False)
gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(17,gpio.OUT)

def activar():
    gpio.setwarnings(False)
    dis = ds.hcsr04()
    conn = sqlite3.connect('/home/pi/propio/miku/basemiku.sqlite3')
    cursor1 = conn.execute("""SELECT litro, liminp, liminn FROM
registros_acuario;""")
    h = cursor1.fetchone()
    conn.close()

    l = h[0]*1000
    tmax = 30-(l/2000)

    if (h[1]is None) or (h[1]==0):
        p= l - (h[2]*1000)
        tmin = 30-(p/2000)
        if dis>tmin :
            gpio.output(17,True)
        elif dis<tmax:
            gpio.output(17,False)

    elif (h[2]is None) or (h[2]==0):
        p = (h[0]-((h[0]*h[1])/100))*1000
        tmin = 30-(p/2000)
        if dis>tmin :
            gpio.output(17,True)
        elif dis<tmax:
            gpio.output(17,False)

    elif ((h[1]!=0)and(h[2]!=0))and((h[1]!=None)and(h[2]!=None)) :
        manp= 30-(50000/2000)
        minp= 30-(30000/2000)
        if dis>minp :
            gpio.output(17,True)
        elif dis<manp:
            gpio.output(17,False)

```

URL Django

```

from django.conf.urls import url
from django.contrib import admin
from django.views.generic import TemplateView
from miku import vistaAd

urlpatterns = [
    url(r'^admin/', admin.site.urls),
    url(r'^$', TemplateView.as_view(template_name='menuA.html')),
    url(r'^actual/$', vistaAd.valorA),
    url(r'^buscar/$', vistaAd.consultaA),

```

```
url(r'^ingreso/$', vistaAd.usuariosA),
url(r'^acerca/$', TemplateView.as_view(template_name='sobre.html')),]
```

Vista Django

```
from django.shortcuts import render, redirect
from django.http import HttpResponse
import csv
import xlwt
from miku.forma import *
from registros.models import *
import automt.sensordsl8b20 as temp
import automt.sensorhcsr04 as dist
import automt.sensorpcf8591 as ang
import RPi.GPIO as gpio
import subprocess

gpio.setwarnings(False)
gpio.setmode(gpio.BCM)
gpio.setup(17, gpio.OUT)

def valorA(request):
    te = temp.ds18b20()
    ph = ang.pcf8591()
    dis = dist.hcsr04()
    dato = pez.objects.filter(id=1)

    if request.method == 'POST':
        if (te==1820) or (dis==7704) or (ph==8591):
            info = "Uno o mas sensores no se encuentra, revise
conexiones"
            formv = formValv(request.POST)
            forma = formAuto(request.POST)
            if forma.is_valid():
                mati = forma.cleaned_data
                if mati['Automatizado']=='auto':
                    yoa = 'Para poder iniciar deben estar los sensores
conectados'

                    elif mati['Automatizado']=='alto':
                        subprocess.Popen(['pkill', '-9', 'automat.py'])
                        gpio.output(17, False)
                        yoa = 'apago'
                        return render(request, 'valoresA.html', {'forma':forma,
'formv':formv, 'sucesoa':yoa, 'dato':dato,})

                if formv.is_valid():
                    mati = formv.cleaned_data
                    if mati['Valvula']=='on':
                        yov = 'Para poder activar la valvula deben estar los
sensores conectados'

                        elif mati['Valvula']=='off':
                            gpio.output(17, False)
                            yov = 'cierra'
```

```

        return render(request, 'valoresA.html',{'forma':forma,
'formv':formv, 'info':info, 'sucesov':yov, 'datoz':datoz,})
    else:
        formv = formValv(request.POST)
        forma = formAuto(request.POST)
        niv = (50*40*(30-dis))/1000
        if forma.is_valid():
            mati = forma.cleaned_data
            if mati['Automatizado']=='auto':
                ps = subprocess.Popen(['ps', '-C', 'automat.py'],
stdout=subprocess.PIPE).communicate()[0]
                if 'py' in ps:
                    yoa = 'Esta corriendo'
                else:
                    auto =
subprocess.Popen(['/home/pi/propioendebug/miku/automt/automat.py'])
                    yoa = 'prendio'
            elif mati['Automatizado']=='alto':
                subprocess.Popen(['pkill', '-9', 'automat.py'])
                gpio.output(17,False)
                yoa = 'apago'
            return render(request, 'valoresA.html',{'forma':forma,
'formv':formv, 'tem':te, 'ph':ph, 'dist':niv, 'sucesoa':yoa,
'datoz':datoz,})

        if formv.is_valid():
            mati = formv.cleaned_data
            if mati['Valvula']=='on':
                ps = subprocess.Popen(['ps', '-C', 'automat.py'],
stdout=subprocess.PIPE).communicate()[0]
                if 'py' in ps:
                    gpio.output(17,True)
                    yov = 'Valvula abierta'
                else:
                    gpio.output(17,False)
                    yov = "Debe iniciar el automatizado para poder
abrir la valvula"
            elif mati['Valvula']=='off':
                gpio.output(17,False)
                yov = 'Valvula Cerrada'
            return render(request, 'valoresA.html',{'forma':forma,
'formv':formv,'tem':te, 'ph':ph, 'dist':niv, 'sucesov':yov,
'datoz':datoz,})

    else:
        if (te==1820)or(dis==7704)or(ph==8591):
            info = "Uno o mas sensores no se encuentra, revise
conecciones"
            forma = formAuto()
            formv = formValv()
            return render(request, 'valoresA.html', {'forma':forma,
'formv':formv,'info':info, 'datoz':datoz,})
        else:
            forma = formAuto()

```

```

        formv = formValv()
        niv = (50*40*(30- dis))/1000
        return render(request, 'valoresA.html', {'forma':forma,
'formv':formv,'tem':te, 'ph':ph, 'dist':niv, 'datoz':datoz,})

def consultaA(request):
    if request.method == 'POST':
        formb = formBusca(request.POST)
        if formb.is_valid():
            ig = formb.cleaned_data
            valor = sensores.objects.filter(fechas__range=(ig['Fecha1'],
ig['Fecha2']))
            if ig['Extraer'] == True:
                response = HttpResponse(content_type='application/ms-
excel')
                response['Content-Disposition'] = 'attachment;
filename=DatosdBase.xls'
                wb = xlwt.Workbook(encoding='utf-8')
                ws = wb.add_sheet("Acuario")

                row_num = 0
                columns = [(u"pH", 2000), (u"Temperatura",
4000), (u"Nivel", 3000), (u"Fecha", 3000), (u"Hora", 3000),]
                font_style = xlwt.XFStyle()
                font_style.font.bold = True
                for col_num in xrange(len(columns)):
                    ws.write(row_num, col_num, columns[col_num][0],
font_style)

                    ws.col(col_num).width = columns[col_num][1]
                    font_style = xlwt.XFStyle()
                    font_style.alignment.wrap = 1
                    for valor in valor:
                        row_num += 1
                        row = [valor.phs, valor.temps, valor.niveles,
valor.fechas, valor.horas]
                        for col_num in xrange(len(row)):
                            ws.write(row_num, col_num, row[col_num],
font_style)

                wb.save(response)
                return response
            return render(request, 'consuA.html',
{'formb':formb,'valores':valor, 'query1':ig['Fecha1'],
'query2':ig['Fecha2'], 'opcion':ig['Opcion']})

    else:
        formb = formBusca()
        return render(request, 'consuA.html', {'formb':formb,})

def usuariosA(request):
    datou = usuario.objects.all()
    dato = pez.objects.filter(id=1)
    datoa = acuario.objects.filter(id=1)
    return render(request,
'regist.html', {'datoz':datoz, 'datou':datou, 'datoa':datoa,})

```

Formulario Django

```
from django import forms
from django.contrib.admin.widgets import AdminDateWidget
from django.forms.extras.widgets import SelectDateWidget
from datetime import datetime

class formAuto(forms.Form):
    opcionesa = (('alto', 'Detener'),('auto', 'Iniciar'),)
    Automatizado = forms.ChoiceField(choices = opcionesa)

class formValv(forms.Form):
    opcionesv = ( ('off', 'Cerrar'),('on', 'Abrir'),)
    Valvula = forms.ChoiceField(choices = opcionesv)

class formBusca(forms.Form):
    opciones = (('pH', 'pH'), ('Temperatura', 'Temperatura'), ('Nivel',
'Nivel'), ('Todo', 'Todo'),)
    Fecha1 = forms.DateField(widget=SelectDateWidget(attrs={'required':
'required'}),label='Fecha inicial', initial=str(datetime.now().date()),)
    Fecha2 = forms.DateField(widget=SelectDateWidget(attrs={'required':
'required'}),label='Fecha final', initial=str(datetime.now().date()),)
    Opcion = forms.ChoiceField(choices = opciones)
    Extraer = forms.BooleanField(required=False, label='Extraer Excel')
```

Modelo Django

```
from django.db import models
from django.core.validators import MaxValueValidator, MinValueValidator

# Create your models here.
class sensores(models.Model):
    phs = models.DecimalField("pH",max_digits=4,decimal_places=2)
    temps =
models.DecimalField("Temperatura",max_digits=4,decimal_places=2)
    niveles = models.DecimalField("Litros",max_digits=4,decimal_places=2)
    fechas = models.DateField("Fecha")
    horas = models.TimeField("Hora")

class usuario(models.Model):
    nombreu = models.CharField("Nombre",max_length=50)
    apellidou = models.CharField("Apellido",max_length=50)
    documentou = models.PositiveIntegerField("Documento de
Indt",blank=True,null=True)
    codigou = models.PositiveIntegerField("Codigo")
    asigu = models.CharField("Asignatura",max_length=50)
    correou = models.EmailField("Correro electronico")

class pez(models.Model):
    nombrep = models.CharField("Nombre",max_length=50)
```

```

    php = models.DecimalField("pH
optimo",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(14),M
inValueValidator(0)])
    tepp = models.DecimalField("Temperatura
optima",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(100),
MinValueValidator(0)])
    phmin = models.DecimalField("pH
minimo",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(14),M
inValueValidator(0)])
    phmax = models.DecimalField("pH
maximo",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(14),M
inValueValidator(0)])
    tepmin = models.DecimalField("Temperatura
minima",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(100),
MinValueValidator(0)])
    tepmax = models.DecimalField("Temperatura
maxima",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[MaxValueValidator(100),
MinValueValidator(0)])

class acuario(models.Model):
    litro =
models.DecimalField("Litros",max_digits=4,decimal_places=2,validators=[Ma
xValueValidator(55)])
    liminp = models.DecimalField("Recuperacion
(%)",max_digits=4,decimal_places=2,blank=True,null=True,validators=[MaxVa
lueValidator(40)])
    liminn = models.DecimalField("Recuperacion
(Litros)",max_digits=4,decimal_places=2,blank=True,null=True,validators=[
MaxValueValidator(30)])
    tgh = models.PositiveSmallIntegerField("Tiempo almacenamiento
(Horas)",blank=True,null=True,validators=[MaxValueValidator(24)])
    tgm = models.PositiveSmallIntegerField("Tiempo almacenamiento
(minutos)",blank=True,null=True,validators=[MaxValueValidator(60)])
    te = models.PositiveSmallIntegerField("Tiempo alarma
(minutos)",validators=[MaxValueValidator(60)])

```

B. Tablas de base de datos

TABLA PEZ					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango válido	Descripción
id	integer		no		
nombrep	varchar(50)	nombre	no		Nombre del pez a contener en el acuario
php	decimal	ph optimo	no	0-14	Nivel de pH adecuado para el desarrollo normal del pez

TABLA PEZ					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango valido	Descripción
phmin	decimal	pH mínimo	no	0-14	Nivel de pH ácido que genera estrés en el pez
phmax	decimal	pH máximo	no	0-14	Nivel de pH alcalino que genera estrés en el pez
tepp	decimal	temperatura óptima	no	0-100	Nivel de temperatura adecuado para el desarrollo normal del pez
tepmin	decimal	temperatura mínima	no	0-100	Nivel de temperatura bajo que genera estrés en el pez
tepmax	decimal	temperatura máxima	no	0-100	Nivel de temperatura alto que genera estrés en el pez

TABLA ACUARIO					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango valido	Descripción
id	integer		no		
litro	decimal	Litros	no	55	Cantidad de agua en el acuario expresado en litros, con este la electroválvula se cierra
liminp	decimal	Recuperación (%)	si	40	Cantidad de agua a recuperar expresado en un valor porcentual, con éste la electroválvula se activa
liminn	decimal	Recuperación (Litros)	si	30	Cantidad de agua a recuperar expresado en litros, con éste la electroválvula se activa
tgh	smallint unsigned	tiempo almacenamiento (horas)	si	24	El valor le indica al automatizado cada cuantas horas debe almacenar los datos de los sensores

TABLA ACUARIO					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango válido	Descripción
tgm	smallint unsigned	tiempo almacenamiento (minutos)	si	60	El valor le indica al automatizado cada cuantos minutos debe almacenar los datos de los sensores
te	smallint unsigned	tiempo alarma (minutos)	no	60	El valor le indica al automatizado cada cuantos minutos repite el envío de aviso de errores del acuario

TABLA USUARIO					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango válido	Descripción
id	integer		no		
nombreu	varchar(50)	nombre	no		Nombre de la persona responsable del acuario
apellidou	varchar(50)	apellido	no		Apellido de la persona responsable del acuario
codigou	integer unsigned	código	no		Código institucional de la persona
asigu	varchar(50)	asignatura	no		Asignatura de la cual hace parte
correou	varchar(254)	correo electrónico	no		Dirección de correo electrónico de la persona
docuemtoug	integer unsigned	documento de indent	si		Documento de identidad de la persona

TABLA SENSORES					
Nombre columna	Tipo	Nombre descriptivo	Campo vacío	Rango válido	Descripción
id	integer		no		
phs	decimal	pH	no		Valor de pH obtenido por el electrodo de pH
temps	decimal	temperatura	no		Valor de temperatura obtenido por el sensor de temperatura
nivels	decimal	litros	no		Valor de nivel de agua obtenido por el sensor de distancia
fechas	date	fecha	no		Fecha del proceso de almacenamiento
horas	time	hora	no		Hora del proceso de almacenamiento

C. Regulación de nivel de agua

El video anexo muestra la prueba de funcionamiento del nivel de agua en el acuario.