



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 18 de junio de 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

ANDERSSON ALVEAR BETANCOURT, con C.C. No. 1083.880.658,

SERGIO ANDRÉS PEÑUELA ARGÜELLO, con C.C. No. 1075.243.397.

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA ALEVINOS TENIENDO EN CUENTA EL PORCENTAJE DE OXÍGENO Y LA TEMPERATURA DEL AGUA EN UN AMBIENTE CONTROLADO presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de INGENIERO ELECTRÓNICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2



EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

ANDERSSON ALVEAR B.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA						
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA ALEVINOS TENIENDO EN CUENTA EL PORCENTAJE DE OXÍGENO Y LA TEMPERATURA DEL AGUA EN UN AMBIENTE CONTROLADO

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Alvear Betancourt	Andersson
Peñuela Argüello	Sergio Andrés

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Quintero Polanco	Jesús David

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Ramírez Gutiérrez	Julián Adolfo
Molina Mosquera	Johan Julián

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Electrónico



FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Electrónica

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2019

NÚMERO DE PÁGINAS: 70

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 4

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una **X**):

Diagramas ☒ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general ☒ Grabados___ Láminas___
 Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros ☒

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: No

MATERIAL ANEXO: No

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser **LAUREADAS** o **Meritoria**):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Acceso remoto</u>	<u>Remote access</u>	6. <u>Oxígeno disuelto</u>	<u>Dissolved oxygen</u>
2. <u>Ingeniería</u>	<u>Engineering</u>	7. <u>Temperatura</u>	<u>Temperature</u>
3. <u>Servidor web</u>	<u>Web server</u>	8. <u>Automatización</u>	<u>Automation</u>
4. <u>Telemetría</u>	<u>Telemetry</u>	9. <u>Alevino</u>	<u>Fry</u>
5. <u>Tolva</u>	<u>Hopper</u>	10. <u>Algoritmo</u>	<u>Algorithm</u>

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Presenta el desarrollo de un sistema integral para la optimización de un dosificador de alimento para alevinos, el cual está inmerso en tres áreas de acción de la ingeniería electrónica: la telemetría, para la medición remota de variables físicas como el porcentaje de oxígeno disuelto y la temperatura del agua; la instrumentación electrónica para el monitoreo (remoto y en tiempo real) del oxígeno disuelto y la temperatura y la automatización, para el control del dosificador de alimento. Mediante el uso de tarjetas Arduino UNO R3, en conjunto con shields XBEE para Arduino, se realizó la medición de parámetros (provenientes de los sensores), adecuación de dichas señales y envío y recepción de datos a un servidor web alojado en un computador personal e instalado en el lugar de implementación del proyecto.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

It presents how to carrying a built-in system out to optimize a fry food dispenser which is deep into three areas of electronics engineering: telemetry for remote measuring of physical variables such as dissolved oxygen percent and temperature of the water; electronic instrumentation for dissolved oxygen and temperature monitoring (remote and real-time), and automation to food dispenser control. Using ARDUINO UNO R3 boards together with XBEE shields for Arduino it was made the parameters measuring (from sensors), adjusting of these signals and data sending and receiving to a web server housed in a personal computer and installed at the project implementation site.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	4 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Jesús David Quintero Polanco

Firma:

Nombre Jurado: Johan Julián Molina Mosquera

Firma:

Nombre Jurado: Julián Adolfo Ramírez Gutiérrez

Firma:

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA
ALEVINOS TENIENDO EN CUENTA EL PORCENTAJE DE OXÍGENO Y LA
TEMPERATURA DEL AGUA EN UN AMBIENTE CONTROLADO



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

ANDERSSON ALVEAR BETANCOURT

SERGIO ANDRÉS PEÑUELA ARGÜELLO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

NEIVA

2019

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DOSIFICADOR DE ALIMENTO PARA
ALEVINOS TENIENDO EN CUENTA EL PORCENTAJE DE OXÍGENO Y LA
TEMPERATURA DEL AGUA EN UN AMBIENTE CONTROLADO

ANDERSSON ALVEAR BETANCOURT

SERGIO ANDRÉS PEÑUELA ARGÜELLO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Electrónico

Director:

MSc. JESÚS DAVID QUINTERO POLANCO

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA


NEIVA

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN



Firma del director



Firma del jurado



Firma del jurado

Neiva, abril de 2019.

DEDICATORIA

Andersson Alvear

A Dios, a mis padres, al cuerpo docente de Ingeniería Electrónica y a mis amigos, quienes brindaron su apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

Sergio Peñuela

A mis padres, abuelos y amigos que estuvieron como compañía en todo este proceso de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al cuerpo docente de Ingeniería Electrónica, a Dios y a nuestros padres. Siempre con la frente en alto y perseverancia.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo general.	16
1.3.2 Objetivos específicos.	16
1.4 ANTECEDENTES.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 TELEMETRÍA	20
2.1.1 Comunicaciones.....	21
2.1.2 Visualización.	24
2.2 INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA.....	27
2.2.1 Adquisición de datos.	28
2.3 AUTOMATIZACIÓN.....	31
2.3.1 Control PWM.....	32
2.3.2 Motores eléctricos.	32
2.3.3 Servomotor.....	33
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	34
3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA	35
3.1.1 Selección de un acuario.	35
3.1.2 Ubicación del acuario.	35
3.1.3 Construcción del módulo de alimentación automático.	36
3.1.4 Construcción del módulo de temperatura.....	39
3.1.5 Módulo de medición de oxígeno disuelto.	40

3.2	DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	41
3.2.1	Desarrollo del programa del módulo emisor.....	42
3.2.2	Desarrollo del programa del módulo receptor.	43
3.2.3	Desarrollo del programa de monitoreo remoto.....	43
4.	RESULTADOS.....	46
4.1	OXÍGENO VS. TEMPERATURA	47
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
6.	CONCLUSIONES.....	59
7.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	60
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
9.	ANEXOS	64

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas ARDUINO.	37
Tabla 2. Especificaciones técnicas MG90-S.	38
Tabla 3. Media aritmética OD (%).	47
Tabla 4. Mediciones del 06 de agosto de 2017.	47
Tabla 5. Mediciones del 07/08/2017	49
Tabla 6. Mediciones del 08/08/2017	49
Tabla 7. Mediciones del 09/08/2017	51
Tabla 8. Mediciones del 10/08/2017	52
Tabla 9. Mediciones del 11/08/2017	53
Tabla 10. Mediciones del 12/08/2017	55

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Símbolo eléctrico del amplificador operacional.	29
Figura 2. Amplificador operacional en modo no inversor.	30
Figura 3. Diagrama de bloques del sistema.	34
Figura 4. Módulo de alimentación automática.	36
Figura 5. Circuito de control de alimentación.	37
Figura 6. Diagrama de bloques módulo de temperatura.	39
Figura 7. Circuito módulo de temperatura.	39
Figura 8. Diagrama de bloques módulo de oxígeno disuelto.	40
Figura 9. Circuito de acondicionamiento de señal de oxígeno disuelto.	40
Figura 10. Interfaz gráfica de aplicación móvil.	43
Figura 11. Interfaz gráfica de aplicación web.	45
Figura 12. Relación OD – T. Datos fabricante interpolados.	46
Figura 13. OD y T respecto al tiempo. 06/08/2017.	48
Figura 14. OD vs. T. 06/08/2017.	48
Figura 15. OD y T respecto al tiempo. 07/08/2017.	49
Figura 16. OD y T respecto al tiempo. 08/08/2017.	50
Figura 17. OD vs. T. 08/08/2017.	50
Figura 18. OD y T respecto al tiempo. 09/08/2017.	51
Figura 19. OD vs T. 09/08/2017.	52
Figura 20. OD y T respecto al tiempo. 10/08/2017.	53
Figura 21. OD vs. T. 10/08/2017.	53
Figura 22. OD y T respecto al tiempo. 11/08/2017.	54
Figura 23. OD vs. T. 11/08/2017.	54
Figura 24. OD y T respecto al tiempo. 12/08/2017.	55
Figura 25. OD vs. T. 12/08/2017.	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Relación temperatura y salinidad.	64
Anexo B. Especificaciones técnicas DO1200T.	65
Anexo C. Especificaciones técnicas DS18B20	66
Anexo D. Especificaciones eléctricas μ A741	67
Anexo E. Especificaciones eléctricas XBee.	67

GLOSARIO

ACCESO REMOTO: acceder desde un dispositivo (computadora, teléfono inteligente, tablet) a otro desde dos ubicaciones diferentes.

ALEVINO: término empleado para referirse a la cría recién nacida de peces.

AMBIENTE CONTROLADO: ambiente cerrado utilizado por productores en el que se pueden alterar las variables físicas, incidentes y determinantes en la producción.

APLICACIÓN MÓVIL: software al que se puede acceder desde un dispositivo como un teléfono inteligente, tablet hasta un laptop.

ARDUINO: placa electrónica programable de software y código abierto, empleada en la creación de sistemas embebidos.

CIRCUITO AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN: es una trayectoria cerrada que incluye una serie de componentes electrónicos con el propósito de tomar una señal eléctrica (corriente, voltaje) para realizar una adecuación de la misma.

DNS: servidor de resolución de nombres de dominio.

INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL: es un conjunto de elementos o dispositivos empleados para la toma, procesamiento y registro de información de variables físicas incidentes en un determinado proceso con el fin de optimizar los recursos.

FIREBASE REALTIME DATABASE: base de datos (de Google) alojada en la nube.

NODEJS: software de diseño y compilación para creación de programas basado en lenguaje JavaScript.

SENSOR: dispositivo que capta variables físicas (luz, temperatura, oxígeno disuelto, pH, humedad..., etc.) del entorno.

SERVIDOR WEB: es un software que permite almacenar y procesar información de un cliente en un equipo denominado servidor; con el cual es posible el acceso y la interacción con los datos.

SERVOMOTOR: motor eléctrico capaz de ubicarse en una determinada posición dentro de su rango de operación y puede ser controlado en velocidad o en posición.

TELEMETRÍA: es la captación y procesamiento de información remota de variables físicas mediante sistemas diseñados explícitamente para estas tareas verificadas por un operador.

TOLVA: dispositivo de forma similar a un embudo empleado para el almacenamiento y la dispersión de materiales granulados o pulverizados.

XBEE: dispositivo electrónico compatible con Arduino, diseñado y empleado para realizar la comunicación inalámbrica entre dos placas de Arduino.

RESUMEN

Se desarrolló un sistema integral para la optimización de un dosificador de alimento para alevinos el cual está inmerso en tres áreas de acción de la ingeniería electrónica: la telemetría, para la medición remota de variables físicas como el porcentaje de oxígeno disuelto y la temperatura del agua; la instrumentación electrónica para el monitoreo (remoto y en tiempo real) del oxígeno disuelto y la temperatura y la automatización, para el control del dosificador de alimento.

Haciendo uso de tarjetas Arduino UNO R3, en conjunto con shields XBEE para Arduino, se realizó la medición de parámetros (provenientes de los sensores), adecuación de dichas señales y envío y recepción de datos a un servidor web alojado en un computador personal e instalado en el lugar de implementación del proyecto. El servidor web envía los datos que recibe a una base de datos Firebase y, a su vez, ejecuta el algoritmo que permite la visualización de estos en una página web y/o en una aplicación móvil. De la misma manera, cuando dicho algoritmo detecta que alguna de las dos variables monitoreadas cambia su setpoint, envía un correo electrónico de manera automática para que el personal correspondiente actúe según el criterio correcto.

Por otro lado, cuando el módulo transmisor (Arduino-XBEE) percibe que los parámetros de medición están en los rangos adecuados para alimentar a los peces, envía una señal de control a un servomotor (MG-90S) para abrir o cerrar, en el momento adecuado y durante un tiempo determinado, un portal de comida de una tolva diseñada bajo especificaciones dadas por el piscicultor.

ABSTRACT

It carried out a built-in system to optimize a fry food dispenser which is deep into three areas of electronics engineering: telemetry for remote measuring of physical variables such as dissolved oxygen percent and temperature of the water; electronic instrumentation for dissolved oxygen and temperature monitoring (remote and real-time), and automation to food dispenser control.

Using ARDUINO UNO R3 boards together with XBEE shields for Arduino it was made the parameters measuring (from sensors), adjusting of these signals and data sending and receiving to a web server housed in a personal computer and installed at the project implementation site. The web server sends received data to a Firebase database and, in turn, executes the algorithm that allows the visualization of them in a web page and/or in a mobile application. In the same way, when it detects some change on a value of a variables it sends an automatic email to the personal in charge for making some appropriate actions.

On the other hand, when the transmitter module (Arduino-XBEE) senses that the measurement parameters are in the proper ranges to feed fishes, sends a control signal to a servomotor (MG-90S) to open or close, in the correct time and for a given time, a food portal of a hopper designed by fish farmer's specifications.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector acuícola ha jugado un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo económico de una región, por lo tanto, es necesario buscar formas, métodos o ayudas (en este caso de ingeniería) que proporcionen herramientas útiles para hacer de estas actividades lo más eficaces posibles.

La piscicultura es una actividad acuícola rentable, por lo que muchas regiones han optado por su implementación, tomándola como su principal ingreso en su economía haciendo que, durante los últimos años, presente un crecimiento vertiginoso en la práctica dentro del contexto mundial.

Colombia es un país que cuenta con una gran riqueza en recursos naturales, lo que hace de esta región un paraíso para la práctica de cualquier actividad económica. Entre las actividades económicas más sobresalientes se encuentran la agricultura, la ganadería y la piscicultura; esta última ha logrado un incremento en su ejercicio que le ha permitido hacer un aporte, bastante significativo, al crecimiento económico. Mencionado lo anterior, es ineludible hallar las falencias en los actuales métodos de producción e interactuar con los diferentes campos del conocimiento para la solución de estas y así, hacer de la piscicultura lo más rentable y eficaz posible.

Una de las falencias está en la forma en la que se suministra el alimento a las semillas de peces (alevinos) debido a que estos requieren ciertas condiciones ambientales de variables como el oxígeno disuelto y la temperatura del agua para que la especie ingiera la cantidad necesaria. De no tener las condiciones normales, el alevino no se alimentará debidamente causando retardos en el crecimiento, contaminación por los residuos de concentrado (comida) y pérdidas económicas por el desperdicio de alimento.

Por lo nombrado anteriormente, se optó por diseñar un dosificador automatizado que suministre alimento teniendo en cuenta ciertos niveles de oxígeno disuelto y temperatura del agua (variables determinantes en la calidad del agua) que pueden variar según la especie de pez en cultivo. Esto con el fin de ayudar al piscicultor de mediana o pequeña escala, teniendo en cuenta que el sistema presentado le permite no solo ahorrar capital, sino que le establece un período menor de tiempo de alimentación de las especies además de aumentar los niveles de producción de estas, realizar una supervisión (remota, local y en tiempo real) para poder estar al tanto de su cultivo y tomar decisiones del mismo.

De la misma manera, recibirá una notificación de alerta en el momento en el que el cambio de alguna de las variables monitoreadas no esté dentro del rango permitido o estipulado (esto, mediante un correo electrónico automático).

1.2 JUSTIFICACIÓN

En el sector económico es primordial mantener un ritmo de crecimiento industrializado que haga los procesos productivos eficaces, a fin de alcanzar una rentabilidad ideal que los posea en el dinámico sector comercial.

Debido al incremento en la oferta y demanda de la piscicultura, se requiere un nivel de productividad óptimo en cada una de las etapas que componen esta actividad. Partiendo de un punto más específico, la producción de alevinos, donde la necesidad de optimizar este proceso con el fin de mejorar la calidad del producto resultante, incentiva la búsqueda de las nuevas tecnologías para utilizarlas en el desarrollo durante la crianza, ya que durante esta etapa se deben tener en cuenta variables físicas, como lo son el porcentaje de oxígeno y la temperatura del agua, inversamente relacionadas entre sí y, a su vez, directamente relacionadas con la calidad de las especies.

Por tal motivo, se va a automatizar un sistema dosificador de alimento de alevinos, teniendo en cuenta las variables nombradas anteriormente, así como el factor costo-beneficio del producto a implementar; éste último tópico es muy importante a la hora de industrializar un determinado proceso.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Automatizar un sistema dosificador de alimento para alevinos, teniendo en cuenta el porcentaje de oxígeno y la temperatura del agua en un ambiente controlado.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar los parámetros y características ambientales del entorno en donde se realizará el desarrollo del proyecto.

- Determinar la relación entre alimento y las condiciones ambientales óptimas para la crianza de alevinos.
- Identificar los respectivos rangos de operación permisibles de las variables físicas temperatura y oxígeno.
- Diseñar e implementar el hardware adecuado para la adquisición y el tratamiento de las señales.
- Realizar la adquisición y digitalización de la información proveniente del banco de sensores empleados para el desarrollo del respectivo proceso.
- Diseñar el paquete de software necesario para el monitoreo y análisis de los datos remotamente.
- Implementar un sistema de comunicación que permita la transferencia de datos a un servidor web.

1.4 ANTECEDENTES

En la Universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva, Erika Álvarez¹ desarrolló un prototipo como proyecto de grado, el cual consistía en automatizar un dosificador de alimento con su respectivo método de dispersión, además del monitoreo en tiempo real de la temperatura del estanque.

Para el monitoreo de la temperatura presente en el agua, se realizó la adquisición de los datos por medio de un sensor de temperatura (LM35), seguidamente la digitalización de esta información se hizo mediante un microcontrolador (PIC) para poder realizar la respectiva visualización a través de una pantalla LCD. La siguiente etapa consistía en crear la comunicación entre el PIC y un ordenador; para que este último la creara, los registros de la información a fin de crear una base de datos, en la cual el personal pueda acceder a ella.

El dosificador poseía un motor DC que se encargaba de la dispersión del alimento. Debido a las características eléctricas de este dispositivo fue necesario hacer una etapa de potencia que adecuara la señal de control proveniente del PIC para su funcionamiento. Los parámetros de funcionamiento del sistema,

¹ ÁLVAREZ, E. R. Sistema electrónico dosificador de alimento para la producción de alevinos aplicado a la piscicultura. Trabajo de grado de ingeniería Electrónica. Neiva: Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería, 2005.

como los tiempos de ejecución de la rutina, la periodicidad de la acción de control; podían ser modificados mediante un teclado matricial ubicado cerca al LCD.

Los objetivos del proyecto se cumplieron a cabalidad, se implementó satisfactoriamente el sistema en su totalidad y consigo se obtuvieron importantes resultados como la innovación, el acceso y la familiarización con las nuevas tecnologías. Se marcó una pauta en cuanto a la forma tradicional de realizar la alimentación evidenciando un mejoramiento en el trabajo para el piscicultor y una producción más óptima.

Para monitoreo Vega y Gil², realizaron el monitoreo del nivel de oxígeno disuelto y temperatura en un cultivo piscícola, para ello utilizaron la relación existente entre las dos variables en el agua; partiendo de ahí, emplearon solamente un sensor de temperatura para desarrollar su propuesta. La transmisión de la información se realizó de manera inalámbrica empleando tecnología ZigBee, para ser procesada y almacenada por un ordenador, ubicado cerca al lugar la implementación del proyecto.

En el año 2013 se elaboró un instrumento para el monitoreo de variables físicas en el agua por parte de Álvaro Navarro y colaboradores³, donde mostraron:

La construcción de un sistema electrónico para la medición de algunas de las variables físicas como son la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto que intervienen en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. Se construyó un estanque artificial de tamaño mediano en donde se realizaron las pruebas de los sensores que intervienen en el proceso de la piscicultura, en el cual se pueden simular condiciones artificiales de estanque. Se seleccionaron y caracterizaron los sensores para medir temperatura del agua, pH y oxígeno disuelto en el agua, obteniéndose las funciones de transferencia de cada sensor. Se elaboraron tarjetas electrónicas para la adquisición y el procesamiento de la información usando tecnología basada en datalogger y puerto de comunicaciones USB. Se desarrolló un sistema electrónico el cual permitió almacenar los valores de la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto, en un sistema ordenador para su posterior análisis. Se elaboró una herramienta de visualización de las variables medidas en el software C++ Builder. Finalmente, proponemos el sistema de medida desarrollado en este trabajo, como una herramienta tecnológica para

² VEGA, D. F. y GIL E, F. A. (2009). Sistema soportado en software para el monitoreo del nivel de oxígeno disuelto en un cultivo piscícola. Trabajo de grado ingeniería de sistemas y telecomunicaciones. Pereira: Universidad Católica Popular de Risaralda. Facultad de ingeniería. 2009.

³ NAVARRO, A. PADILLA, J. y PRÍAS, J. 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. En: Scientia et Technica. 2013. vol. 18, no. 2, 407 p.

contribuir al fortalecimiento de los cultivos de trucha en el Departamento del Quindío.

Dentro del ámbito internacional, en Ecuador, Diana Rivera y Eddy Yepes⁴, desarrollaron un instrumento para medir la calidad del agua y controlar la oxigenación remotamente.

El prototipo se desarrolla en base a una placa electrónica programable de la marca Arduino que es de Open Hardware y servirá de controlador de la parte electrónica, la misma se encarga de recibir las mediciones desde los sensores de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura, los mismos se encuentran sumergidos en el estanque y controla una bomba de oxigenación y un servomotor para la alimentación de los peces. La placa Arduino trabaja en conjunto con un shield para comunicaciones GSM a través del cual se enviará información a la base de datos que se encuentra alojada en un servidor en internet.

El sistema prototipo cuenta con un servidor Linux, distribución Centos 5, en dicho servidor se habilitan servicios web y de base de datos siendo esta MySQL. Se desarrolla un aplicativo web que permiten la visualización de los datos medidos desde el estanque a través del conjunto de Hardware construido con Arduino y los sensores de pH, Oxígeno Disuelto y Temperatura.

El aplicativo web se codifica utilizando el lenguaje PHP permitiendo visualizar la información en las páginas web de forma dinámica. En la aplicación web se pueden visualizar los últimos valores medidos de cada estanque y realizar reportes por cada parámetro físico-químico de cada estanque.

⁴ RIVERA H., D. I. y YEPEZ A., E. A. Diseño e implementación de un prototipo para la medición de la calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola. Trabajo de grado ingeniería Electrónica e ingeniería de sistemas. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de ingeniería. 2015.

2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente proyecto, fue necesario dividir e identificar el sistema general en etapas; las cuales son: instrumentación electrónica, telemetría, automatización. El objetivo, realizar una adecuada selección de cada uno de los componentes eléctricos y electrónicos que faciliten la ejecución de este proyecto.

Para la etapa de instrumentación se optó por la confiabilidad y versatilidad que ofrecen las tarjetas Arduino, debido a las características de fácil programación y al acoplamiento de señales proveniente del banco de sensores; para así obtener una mejor obtención de datos de temperatura y oxígeno disuelto.

Posterior a esta etapa se incorpora la telemetría al diseño, en esta parte se procedió a procesar las señales, realizar la comunicación inalámbrica entre el dispositivo que las adquiere (ubicado en el ambiente controlado) y otro empleado como receptor con conexión a un computador en el cual se procede a almacenarlas en un servidor, desde ahí es posible monitorearlas y visualizarlas remotamente (página web, aplicación móvil). Por las características que el fabricante (Arduino) ofrece como la compatibilidad, el rango de operación, el bajo consumo de energía eléctrica y el protocolo de comunicación (ZigBee) que emplea, se incluyeron los XBEE shield como dispositivos encargados de realizar la comunicación.

En la última fase (automatización), según los requerimientos de eficiencia en dispositivos y métodos de control, se seleccionó el control por PWM (Pulse Modulation Width).

2.1 TELEMETRÍA

Es un proceso en el cual se realiza la adquisición, procesamiento y monitoreo de una o varias variables físicas o químicas (presión, temperatura, humedad, caudal, pH, RedOx, oxígeno disuelto DO...) de forma remota, empleando para ello formas de comunicación (alámbrica o inalámbrica) para su transmisión hacia un punto de supervisión.

“Este tipo de sistema normalmente consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o

las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos.”⁵

2.1.1 Comunicaciones.

2.1.1.1 Arduino. Es una placa programable de desarrollo de hardware, compuesta por un microcontrolador, elementos pasivos, activos, puertos análogos, digitales de entrada/salida, además de puerto USB para establecer una comunicación ya sea de datos o de energía un computador, plug para conexión a un adaptador DC, entre otros elementos. Además, es posible adicionar y conectar placas de expansión (shields), que amplían la funcionalidad de la tarjeta. El fabricante proporciona un software libre en cual se pueden realizar la programación de la placa llamado Arduino IDE.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar una variedad de placas Arduino con determinadas características; entre estos se encuentran:

- Arduino Leonardo.
 - Arduino mega 256/(ADK).
 - Arduino MINI.
 - Arduino NANO.
 - Arduino YÚN.
 - Arduino DUE.
 - Arduino FIO.
 - Arduino UNO R3.
- **Arduino IDE.** Es un software particular para programar tarjetas Arduino. Es un compilador de código basado en lenguaje JavaScript y procesamiento, en el cual se pueden ejecutar las rutinas de algoritmos de programación. Este

⁵ RUESCA, P. Telemetría-Aplicaciones de medida a distancia [en línea], 25 de septiembre de 2016 [revisado 18 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/telemetria/>

software se puede utilizar en cualquier tipo de Arduino y ofrece una gran facilidad a la hora de ejecutarlo en el sistema operativo y al subirlo a la tarjeta.⁶

- **Shields.** Además de la tarjeta Arduino, existen otras placas electrónicas denominadas shields que pueden ser acopladas para cumplir otras funciones adicionales específicas. Dichos shields son dispositivos electrónicos compuestos por diferentes elementos eléctricos y electrónicos (sensores, antenas, diodos, foto-resistencias, etc.); con funcionalidades específicas, complementarias y compatibles con Arduino. Existen en el mercado una variedad considerable de shields según el requerimiento del diseñador. Algunos de estos son:

- Arduino XBEE shield.
- Arduino moto shield.
- Arduino WiFi shield.
- Arduino Ethernet shield.
- Arduino GSM shield.
- Arduino 4 relay shield.
- Arduino Yun shield.
- Arduino proto shield.

- **Arduino XBEE shield.** Ésta es una plataforma electrónica que permite el envío y recepción de datos de forma inalámbrica. La comunicación la realiza mediante el protocolo ZIGBEE. Permite enlaces de señales de 30 metros en interiores y hasta 100 metros en exteriores con línea de vista.

2.1.1.2 ZigBee. Es un estándar de comunicaciones inalámbricas diseñado por ZigBee Alliance. Es un conjunto estandarizado de soluciones que pueden ser implementadas por cualquier fabricante.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4-2003 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN) y tiene como objetivo

⁶ ARDUINO USER GROUP. ¿Qué es Arduino? [en línea], s.f. [revisado 18 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>

las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.⁷

Utiliza la banda ISM y por lo general, adopta la banda 2.4GHz para comunicarse con el resto de dispositivos ya que esta se adopta en todo el mundo.

Su funcionamiento es a través de 16 canales situados en el rango de frecuencias de 2.4GHz y con un ancho de banda para cada uno de 5MHz. El protocolo CSMA/CA se utiliza para evitar colisiones durante la transmisión.⁸

- **Coordinador ZigBee.** Es el primer y más importante elemento ya que ha de existir obligatoriamente en una red.

Es el nodo más completo y se encarga de controlar toda la red y los caminos para su comunicación. Por debajo tenemos el Router ZigBee que interconecta los nodos para poder ejecutar código del usuario, es decir, ofrece un nivel de aplicación dentro de la torre de protocolos. Por último, el dispositivo final ZigBee sólo recibe información y se comunica únicamente con el nodo padre. La ventaja de este dispositivo es que puede permanecer dormido y ‘despertarse’ en ciertos momentos para alargar la duración de batería.⁸

- **Topología de red.** Es “el mapa físico de las conexiones red. Una red configurada con los protocolos de comunicación ZigBee puede tener tres tipos distintos de topologías: árbol, estrella y malla. La más empleada es la configuración en malla”.⁸
- **Topología de red en estrella.** Es una configuración que se “caracteriza por la conexión de los dispositivos están interconectados a través de un solo nodo principal desde el cual se comunican entre ellos; es decir que deben acceder al nodo principal para comunicarse entre ellos.”⁸

La mayor desventaja radica en el gran tráfico de datos que debe soportar en el caso en que la red sea de un tamaño considerable o cuando se quieran agregar más nodos. Esto la hace poco recomendable para redes grandes.

⁷ GLEN, M. y MORENO, J. ZigBee [en línea], 23 de mayo 2012 [revisado 20 09 2017]. Disponible en Internet: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

⁸ GUTIERREZ, M. Todo sobre ZigBee la tecnología ultrabarata para comunicación inalámbrica [en línea], 10 de agosto de 2015 [revisado 21 09 2017]. Disponible en Internet: <https://elandroidelibre.lespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>

2.1.2 Visualización.

2.1.2.1 Servidor. Un servidor, como la misma palabra indica, es “un ordenador o máquina informática que está al ‘servicio’ de otras máquinas, ordenadores o personas llamadas clientes y que le suministran a estos, todo tipo de información”⁹ que se encuentra alojado en el dispositivo. La siguiente lista muestra algunos de los tipos de servidores más conocidos.

- Servidor de correo.
 - Servidor FTP.
 - Servidor Web.
 - Servidor Proxy.
 - Servidor Base de datos.
 - Servidor Audio/Video.
 - Servidor Chat.
 - Servidor Groupware.
 - Clúster de Servidores.
- **Servidor Web:** Es un dispositivo en el que se encuentra almacenada información (texto, imágenes, video...) provenientes de las páginas web. Los clientes acceden o solicitan los datos desde los navegadores a través de la red siguiendo los protocolos HTTP.

2.1.2.2 Protocolo HTTP.

Es el protocolo de comunicaciones usado en la Web para intercambiar documentos HTML, archivos CSS, JavaScript, imágenes y otros recursos similares.

⁹ G42RORAM. Qué es un servidor y cuáles son los tipos de servidores [en línea], s.f. [revisado 20 09 2017]. Disponible en Internet: https://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=542:que-es-un-servidor-y-cuales-son-los-principales-tipos-de-servidores-proxydns-webftppop3-y-smtp-dhcp&catid=57&Itemid=179

El protocolo HTTP sigue un esquema petición-respuesta en donde (1) un navegador web, el cliente del protocolo, envía un mensaje de petición a un servidor web y, en consecuencia (2) el servidor retorna un mensaje de respuesta.

En HTTP, cada mensaje de petición y de respuesta se compone de un conjunto de líneas de texto. Por ejemplo, el mensaje de petición incluye una primera línea de texto que incluye la operación (conocida como método o verbo) que desea ejecutar el cliente, un conjunto de líneas adicionales con campos de encabezado, una línea vacía que representa el final del encabezado y, opcionalmente, el texto del mensaje. Esta simplicidad en el formato de los mensajes ha facilitado el desarrollo de una gran variedad de clientes y servidores web.¹⁰

2.1.2.3 Página web. Es una página electrónica creada mediante compiladores de código en formato HTML (HyperText transfer Makeup Language); que contiene información como imágenes, videos, texto, enlaces, animaciones entre otras, a las que se acceden mediante los navegadores por medio del protocolo HTTP.

- **JavaScript.** Es un lenguaje de programación sencillo con el que se pueden agregar efectos a las páginas web. A diferencia del lenguaje Java en el cual es posible compilar y realizar cualquier tipo de aplicaciones, el lenguaje JavaScript solo ejecuta sus rutinas de código (llamadas script) dentro del navegador; estos scripts son útiles a la hora de agregar o llamar funciones desde el HTML.¹¹
- **HTML.** Es el lenguaje con el que se escriben las páginas web. Las páginas web pueden ser vistas por el usuario mediante un tipo de aplicación llamada navegador. “Podemos decir por lo tanto que el HTML es el lenguaje usado por los navegadores para mostrar las páginas webs al usuario, siendo hoy en día la interface más extendida en la red.”¹²

¹⁰ PROFESORES VIRTUALES UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Protocolo HTTP [en línea], s.f., [revisado 23 09 2017]. Disponible en Internet: <https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis3710/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=temas:html-p-guia.pdf>

¹¹ NAVARRETE, T. El lenguaje JavaScript [en línea], Julio de 2006 [revisado 22 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.dtic.upf.edu/~tnavarrete/fcsig/javascript.pdf>

¹² UNAM. Manual de HTML [en línea], [revisado 23 09 2017]. Disponible en Internet: <http://profesores.fi-b.unam.mx/cintia/Manualhtml.pdf>

2.1.2.4 Base de datos. “Una base de datos, en su definición más sencilla, es una colección de archivos relacionados” (Gilfillan, Ian. 2003 P. 40).¹³ En otras palabras es un conjunto de información ordenada y almacenada estructuralmente para acceder la y/o modificar la posteriormente.

Debido a la necesidad de implementar bases de datos con alto contenido de información y a la transición hacia el almacenamiento digitalizado, se han diseñado e incorporado diferentes sistemas, protocolos y lenguajes de programación que permiten la creación y el procesamiento de los datos requeridos. El más claro ejemplo es MySQL el cual se describe a continuación.

- **MySQL.** Para Gilfillan,

MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacional (RDBMS). Se trata de un programa capaz de almacenar una enorme cantidad de datos de gran variedad y de distribuirlos para cubrir las necesidades de cualquier tipo de organización, desde pequeños establecimientos comerciales a grandes empresas y organismos administrativos. MySQL compete con sistemas RDBMS propietarios conocidos, como Oracle, SQL Server y DB2.

MySQL incluye todos los elementos necesarios para instalar el programa, preparar diferentes niveles de acceso de usuario, administrar el sistema y proteger y hacer volcados de datos. Puede desarrollar sus propias aplicaciones de base de datos en la mayor parte de los lenguajes de programación utilizados en la actualidad y ejecutarlos en casi todos los sistemas operativos, incluyendo algunos de los que probablemente no ha oído nunca hablar. MySQL utiliza el lenguaje de consulta estructurado (SQL). Se trata del lenguaje utilizado por todas las bases de relacionales.... Este lenguaje permite crear bases de datos, así como agregar, manipular y recuperar datos en función de criterios específicos.

2.1.2.5 Aplicación móvil. Es un software para dispositivos móviles desarrollado mediante compiladores de código que manejan lenguajes de programación diversos (C, C++, Java, CSS, C#, HTML5...).

Dependiendo el tipo de sistema operativo con el que cuente el dispositivo, se elige el compilador. Actualmente el más empleado por los fabricantes de equipos móviles y por ser un sistema operativo (SO) de fuente abierta es el Android, lo

¹³ GILFILLAN, I. La Biblia de MySQL. Madrid: Anaya Multimedia. 2003. p. 40-41. ISBN 9788441515581.

que lo ha catapultado a acaparar o de lograr que la mayor cantidad de aplicaciones se diseñen y se implementen en este SO. Uno de los compiladores más utilizados en la elaboración de este tipo de software es el Android Studio.

- **Android Studio.** Es un software compilador y simulador de código para desarrollar aplicaciones móviles, es de fuente abierta, una de las características en comparación a otros compiladores es poder ejecutar y simular simultáneamente rutinas o algoritmos de programación todo en tiempo real.

“Android Studio está basado en IntelliJ IDEA. Este IDE es multiplataforma permitiendo su instalación de forma sencilla tanto en Windows como en Linux o Mac” (España, Ministerio de Educación Cultura y deporte. P. 9).¹⁴

Una de las grandes desventajas de este software es el gran recurso de máquina que requiere para que este funcione correctamente, aunque esta situación no opaca la versatilidad que posee y los innumerables beneficios que ofrece.

- **Firebase.** Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones web y móviles en donde Google (desarrollador) brinda un conjunto de servicios que sirven para administrar, de forma rápida, la infraestructura del usuario, permitiendo así, escalar las diferentes aplicaciones desarrolladas. De esta manera, Firebase facilita implementar modificaciones de la aplicación sin necesidad de generar un archivo (versión) nuevo; lo que indica versatilidad y agilidad en el desarrollo.

2.2 INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

“La instrumentación trata el grupo de elementos que conforman los sistemas integrados cuya finalidad es medir magnitudes físicas de un medio, sistema o proceso, elaborar la información asociada a ella y presentarla a un operador”¹⁵; dicho de otra forma, son los dispositivos utilizados para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los

¹⁴ MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE ESPAÑA. Desarrollo de aplicaciones para Android [en línea], s.f. [revisado 22 09 2017]. Disponible en Internet: <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP18117.pdf&area=E>

¹⁵ DRAKE, J. Instrumentación electrónica de computadores [en línea], 2005 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/IEC_1.pdf

equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

Para realizar la correcta adquisición y medición de las variables físicas o químicas de los diferentes procesos en los que se requiere su adecuación, manipulación, monitoreo y control, desde el escenario o ámbito en el cual intervienen, es necesario diseñar e implementar métodos que permitan la obtención y procesamiento de la información en cuestión.

2.2.1 Adquisición de datos.

2.2.1.1 Sensor. “Es un dispositivo, que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida”¹⁶.

Como lo menciona Pallás, un sensor se diferencia de un transductor ya que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

2.2.1.2 Transductor.

Es un dispositivo capaz de absorber energía del medio en el cual se encuentra la variable (física o química) a medir y procesar, para dar una indicación en respuesta a la variación de la misma. En síntesis, los transductores reciben una señal de entrada en función de una o más cantidades físicas y las convierten modificada o no a una señal de salida.¹⁷

¹⁶ PALLÁS, R. Sensores y acondicionamiento de señal. Barcelona: Marcombo. 1993. 3 p.

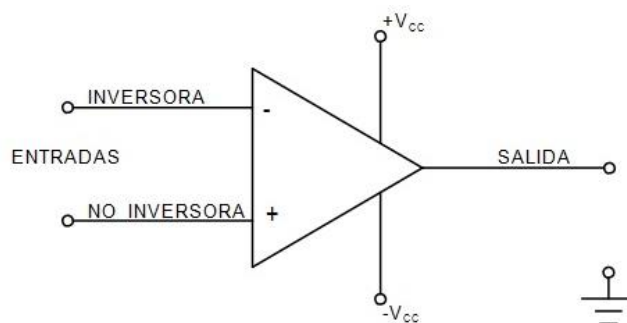
¹⁷ CREUS, A. Instrumentación Industrial. Santa Fé de Bogotá: AlfaOmega. 1999. p. 13-14. ISBN 970-15-0246-9.

2.2.1.3 Amplificador Operacional. “Es un circuito electrónico diseñado para realizar numerosas aplicaciones como operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación, división, derivación, integración, etc.)”¹⁸. Sus características de versatilidad, como circuito integrado, convierten al mismo en un elemento electrónico capaz de intervenir en la conformación de circuitos analógicos de mayor complejidad.

Los OAs (OPERATIONAL AMPLIFIER) integrados están constituidos por muy diversas y complejas configuraciones que dependen de sus prestaciones y de la habilidad del diseñador a la hora de combinarlas. Tradicionalmente, un OA está formado por cuatro bloques bien diferenciados conectados en cascada: amplificador diferencial de entrada, etapa amplificadora, adaptador y desplazamiento de nivel y etapa de salida. Estos bloques están polarizados con fuentes de corrientes, circuitos estabilizadores, adaptadores y desplazadores de nivel. La etapa diferencial presenta las siguientes características: tiene dos entradas (inversora y no inversora), su relación de rechazo en modo común es muy alto, las señales van directamente acopladas a las entradas y presentan una deriva de tensión de salida muy pequeña. El amplificador intermedio proporciona la ganancia de tensión suplementaria. Suele ser un EC con carga activa y está acoplada al amplificador diferencial a través de un seguidor de emisor de muy alta impedancia de entrada para minimizar su efecto de carga. El adaptador permite acoplar la etapa intermedia con la etapa de salida que generalmente es una clase AB. [4]

Como se observa en la figura 1, el amplificador operacional posee dos entradas: una INVERSORA (-) y otra NO INVERSORA (+) y una salida referida a masa.

Figura 1. Símbolo eléctrico del amplificador operacional.



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/amplificadores-operacionales/amplificador-operacional-introduccion.htm>

¹⁸ RUIZ, G. A. Electrónica Básica para ingenieros. Santander: Editorial Universidad de Cantabria. 2001. p. 137-145. ISBN 84-607-1933-2.

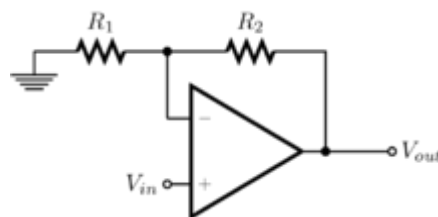
Existen dos tipos de funcionamiento básico: sin realimentación o en lazo abierto y con realimentación o en lazo cerrado.

Normalmente se usa en lazo cerrado. La red de realimentación determina la función que realiza el montaje, permitiendo la construcción de amplificadores asimétricos, osciladores, integradores, diferenciadores, sumadores, restadores, comparadores, filtros, etc.

Las aplicaciones más comunes en las que se emplea el amplificador operacional son el amplificador inversor, el no inversor y el comparador. Para el diseño del presente proyecto fue necesario diseñar e implementar la configuración que se describe a continuación.

- **Amplificador operacional No Inversor.**

Figura 2. Amplificador operacional en modo no inversor.



Fuente: <https://elecanalogica.wordpress.com/amplificador-operacional/>

La ecuación 1 muestra la ganancia para esta configuración:

$$V_{out} = A_{OL}(V_+ - V_-) \quad (1)$$

Sin embargo, en este circuito V_- es una función de V_{out} debido a la realimentación negativa a través de la red constituida por R_1 y R_2 , donde R_1 y R_2 forman un divisor de tensión, y como V_- es una entrada de alta impedancia, no hay efecto de carga. Por consiguiente:

$$V_- = \beta V_{out}$$

donde:

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Sustituyendo esto en la ecuación de ganancia, se obtiene:

$$V_{out} = A_{OL} (V_{in} - \beta \cdot V_{out})$$

Resolviendo para:

$$V_{out} = \frac{1}{\beta + 1/A_{OL}}$$

Si A_{OL} es muy grande, se simplifica a

$$V_{out} \approx \frac{V_{in}}{\beta} = \frac{V_{in}}{R_1/(R_1 + R_2)} = V_{in} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

- **Divisor de tensión.** El divisor de tensión o divisor de voltaje, es un circuito eléctrico empleado para realizar la segmentación (división) del voltaje mediante resistencias conectadas en serie. Es utilizado ampliamente para acoplar voltajes de entrada. Los valores del voltaje dependen del valor de las resistencias.

2.3 AUTOMATIZACIÓN

Es un conjunto de elementos tecnológicos que conforman un sistema, el cual está diseñado específicamente para realizar tareas habitualmente desarrolladas por operarios, a fin de incrementar al máximo la eficiencia de la actividad productiva y hacerla lo más rentable posible.

Un sistema automatizado se compone por dos partes fundamentales: la parte de operativa y la parte de mando.

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera...

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas

electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.¹⁹

2.3.1 Control PWM. Es un método que consiste en aprovechar las características y los beneficios que ofrece la modulación por ancho de pulso (PWM) y, además, en realizar diferentes acciones de control. “Esta acción tiene en cuenta la modificación del proceso de trabajo de una señal de tipo periódico”. (Manzano, Juan. 2014)²⁰, la amplitud del ciclo de trabajo de la señal depende de las necesidades o requerimientos del controlador.

2.3.2 Motores eléctricos. Según Videla Andrés (s.f.)²¹, un motor eléctrico es una máquina diseñada con el propósito aprovechar las propiedades y características del electromagnetismo para transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Existen diferentes tipos de motores eléctricos y se clasifican por fuente de alimentación eléctrica, de la siguiente manera:

- Motores AC.
- Motores DC.
- Motores universales (AC/DC).

¹⁹ Curso básico de Autómatas programables. Autómatas Programables [en línea], diciembre de 2001 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

²⁰ MANZANO, J. Función PWM [en línea], 2014 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <https://www.ibertronica.es/blog/tutoriales/funcion-pwm/>

²¹ VIDELA, A. Manual de motores eléctricos [en línea], s.f. [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://kimerius.com/app/download/5783169262/Manual+de+motores+eléctricos.pdf>

2.3.2.1 Motores DC. Son dispositivos que utilizan una fuente de energía que no varía en el tiempo. La producción de este tipo de motor tiene un costo elevado, pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión.

2.3.2.2 Motores AC. Son motores que debido a su fabricación permiten una robustez y una potencia considerable; son de bajo costo en cuanto a producción y mantenimiento, lo que los hace los más empleados en la industria. Los más representativos son:

- **Motor síncrono:** Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).
- **Motor de inducción:** Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje.

2.3.2.3 Motores Universales. Emplean cualquiera de las dos formas de energía eléctrica. Las velocidades varían según el tipo de alimentación que se suministre, alcanzando una mayor velocidad con corriente alterna en comparación con una fuente de corriente de continua.

2.3.3 Servomotor. Es un dispositivo compuesto de un motor, un reductor de velocidad y un multiplicador de fuerza, además de un controlador del sistema. El ángulo de giro es de 180° en la mayoría, pero es posible modificar el giro por medio de programación de modo que gire 360°. Es de alta utilidad en "...el control de precisión de velocidad torque y posición" (Cobo Raúl, 2010)²².

²² COBO, Raúl. El ABC de la automatización [en línea], 2010 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/Servomotores.pdf>

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

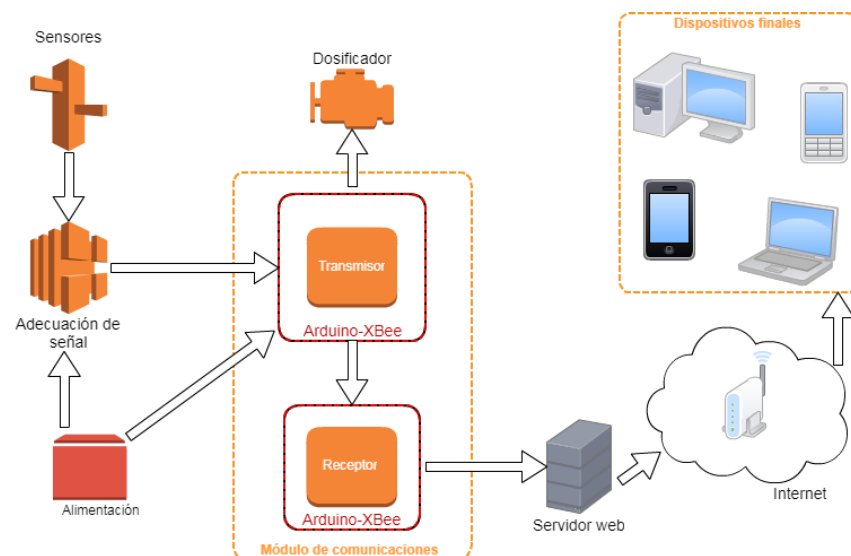
La finalidad de este proyecto surgió de la necesidad de los piscicultores de la región, puesto que la gran mayoría de ellos, debido a razones como capital económico, desconocimiento del tema, desconfianza a la investigación, entre otros, realiza el proceso de alimentación de las especies, de manera manual y/o rudimentaria.

Procesos como este (alimentación) que pueden ser optimizados -con la ayuda de las nuevas tecnologías como el internet de las cosas, la instrumentación electrónica y la telemetría- al no serlos, generan muchas pérdidas cuando se habla financieramente.

Por esto, se tomó la decisión de automatizar un sistema dosificador para minimizar pérdidas y así, poder monitorear (entre otras tareas) variables como oxígeno disuelto y temperatura, que hacen de la calidad del agua del ambiente controlado, un tema muy importante en la producción de peces.

La Figura 3 muestra el diagrama de bloques del sistema dosificador automatizado.

Figura 3. Diagrama de bloques del sistema.



Fuente: Propia.

3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA

Uno de los propósitos de este proyecto es seleccionar un ambiente controlado para que las especies acuáticas tengan un correcto desarrollo durante su producción. Por lo cual, es necesario brindar a los peces un espacio adecuado que tenga una estructura adaptable a cualquier tipo de tecnología, además de brindarles una suficiente protección. Para ello, se deben considerar los materiales de fabricación además de los parámetros de espacios internos y externos de medidas.

3.1.1 Selección de un acuario. Para seleccionar un acuario se deben tener en cuenta factores como la población de peces, el sitio donde será instalado y el tamaño del mismo.

En el comercio piscícola se puede encontrar una gran variedad de acuarios, además de su correcto equipamiento.

Debido a la necesidad e intereses del proyecto, se eligió uno prefabricado en estos sitios.

3.1.2 Ubicación del acuario. La idea de brindar a los peces un ambiente controlado y armónico requiere de los siguientes criterios:

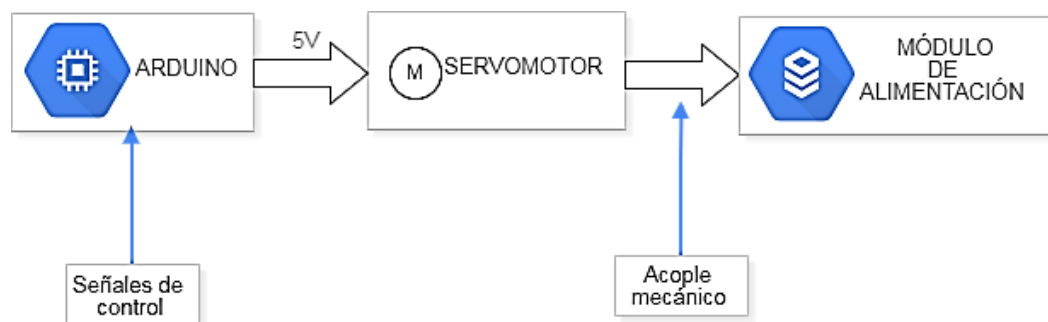
- Evitar ubicaciones cerca de ventanas, tubos de calefacción, aire acondicionado o electrodomésticos ya que se alterarían las condiciones ambientales.
- Brindar un espacio superior suficiente para realizar el mantenimiento necesario.
- Evitar una instalación (soporte, base) que sea vulnerable a vibraciones.
- Tener cerca una instalación eléctrica adecuada.

Teniendo en cuenta los criterios, se instaló el acuario en un sitio donde se encuentra alejado de fuentes emisoras de calor o ausencia de este y con una firmeza prudente y superficie adecuada.

3.1.3 Construcción del módulo de alimentación automático. El sistema desarrollado proporciona, de manera automática, el alimento a los peces. Para esto, se utilizó una tolva (diseñada bajo especificaciones propias), un servomotor y un disco acoplado a su eje; controlado por una señal digital de un controlador ARDUINO UNO.

3.1.3.1 Funcionamiento de módulo de alimentación automático. El diagrama de bloques de la Figura 4 muestra el funcionamiento del módulo de alimentación automática.

Figura 4. Módulo de alimentación automática.

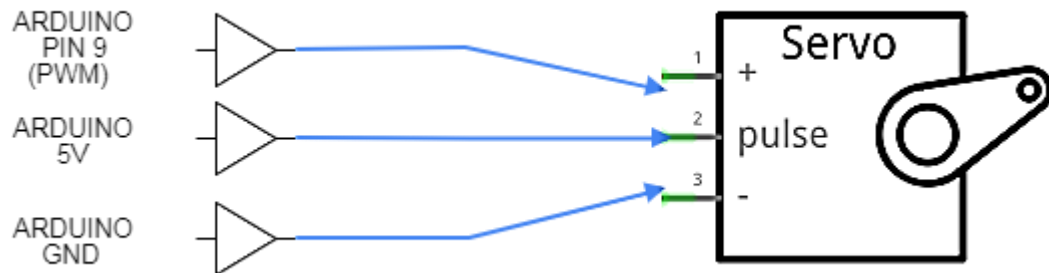


Fuente: Propia.

La tarea de alimentación se ejecuta 6 veces al día, según el requerimiento del piscicultor. Mientras se activa la señal de alimentación, el motor se activa para abrir el dosificador (lo hace durante un tiempo determinado). Luego, se vuelve a activar para cerrar el dosificador (motor a posición cero).

3.1.3.2 Diseño de circuito de control de alimentación. El control de alimentación se realiza mediante una señal PWM enviada a través del pin 9 de la placa ARDUINO. La Figura 5 muestra el circuito de control de alimentación.

Figura 5. Circuito de control de alimentación.



Fuente: Propia.

La placa ARDUINO en sus pines PWM brinda una corriente máxima de 20 mA, en su pin de voltaje de alimentación suministra 5 V mientras que el servomotor, con 5 V de alimentación, tiene un torque máximo de 1,8 Kg^f*cm lo cual indica que, a 5 V, soporta (máximo) 1,8 Kg en su movimiento.

Las tablas 1 y 2 muestran las especificaciones técnicas del ARDUINO UNO y del servomotor MG90-S.

Tabla 1. Especificaciones técnicas ARDUINO.

Característica	
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines digitales de E/S	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines digitales PWM de E/S	6
Pines analógicos de entrada	6
Corriente DC por pin de E/S	20 mA
Corriente DC por pin a 3,3 V	50 mA
Memoria FLASH	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB son usados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328P)
EEPROM	1 KB (ATmega 328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	68,6 mm
Ancho	53,4 mm
Peso	25 g

Tabla 2. Especificaciones técnicas MG90-S.

Característica	
Peso	9 g
Dimensiones	22,2x11,8x31 mm aproximadamente
Torque	1,8 Kgf*cm
Velocidad de operación	0,1 s/60°
Voltaje de operación	4,8 V (~5 V)
Ancho de banda muerto	10 μs
Temperatura de operación	0 °C hasta 55 °C

3.1.3.3 Estructura de dosificación (TOLVA). Para el diseño de la tolva se tuvo en cuenta el área superficial superior del acuario, el disco acoplado al servomotor y el peso máximo de alimento permitido.

Datos que se tuvieron en cuenta:

$$\beta = \alpha + 15^\circ$$

Donde por las características físicas $\alpha = 31^\circ$ y β es el ángulo de inclinación de la tolva.

$$m = 1,8 \text{ Kg}$$

m es el peso máximo del alimento permitido.

$$A_{s_acum} = 0,16 \text{ m}^2$$

A_{s_acum} es el área superficial del acuario.

- Datos que el ornamentador solicitó para la fabricación:

$$h = 0,2 \text{ m}$$

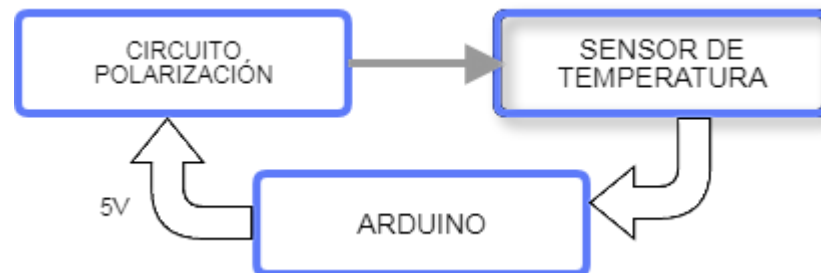
h es la altura de la tolva.

$$A_{boq} = 0,003 \text{ m}^2$$

A_{boq} es el área de la boquilla de salida de la tolva.

3.1.4 Construcción del módulo de temperatura. El sistema automático de dosificación de alimento sensa la temperatura del agua para poder desarrollar las actividades establecidas en los objetivos del proyecto. La figura 6 muestra el diagrama de bloques del módulo de temperatura utilizado.

Figura 6. Diagrama de bloques módulo de temperatura.

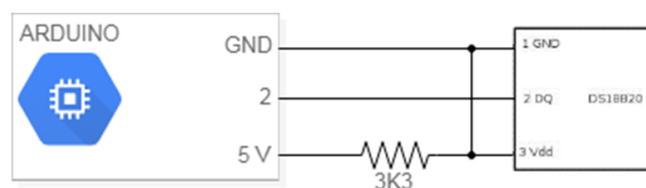


Fuente: Propia.

3.1.4.1 Diseño del circuito del módulo de temperatura.

El sensor de temperatura utilizado en el proyecto fue el DS18B20. Dallas Semiconductor es el fabricante y sugiere un circuito para su correcto funcionamiento. La Figura 7 muestra el circuito implementado.

Figura 7. Circuito módulo de temperatura.



Fuente: Propia.

3.1.4.2 Sistema de medición de temperatura. El sensor DS18B20 tipo sonda es sumergible en agua, por lo que, para realizar la medición de temperatura, se introduce en el acuario a cierta profundidad (0,1 m).

3.1.5 Módulo de medición de oxígeno disuelto. En los siguientes incisos se muestra el sistema de medición de oxígeno disuelto, así como la adecuación de señal para la correcta adquisición de datos.

3.1.5.1 Medición de oxígeno disuelto. El siguiente diagrama de bloques (figura 8) muestra el módulo de oxígeno disuelto.

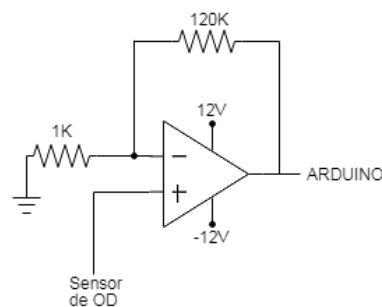
Figura 8. Diagrama de bloques módulo de oxígeno disuelto.



Fuente: Propia.

3.1.5.2 Adecuación de señal de oxígeno disuelto. La figura 9 muestra el circuito de acondicionamiento de la señal de voltaje que proviene del sensor de oxígeno disuelto, cuyo fabricante es Sensorex.

Figura 9. Circuito de acondicionamiento de señal de oxígeno disuelto.



Fuente: Propia.

El anterior circuito funciona para cualquier sensor de oxígeno disuelto de tipo galvánico (HDPE) y sus lecturas están dadas en porcentaje.

Debido a la naturaleza de la señal (lectura en mV) se vió la necesidad de realizar la adecuación del nivel de tensión ya que estos datos son manipulados por la placa ARDUINO para su debido procesamiento.

3.1.5.3 Diseño de circuito de adecuación de señal de oxígeno disuelto. Por necesidades del proyecto, se optó por hacer funcionar el amplificador operacional en modo No Inversor, cuya ganancia de tensión es de 119 y fue calculada mediante la ecuación 1.

$$V_o = 5 \text{ V} \quad V_i = 42 \text{ mV} = 0,042 \text{ V} \quad A_v = 1 + R_f/R_i$$

$$5 = 0,042 A_v$$

$$A_v = \frac{5}{0,042} \cong 119$$

Ahora, el cálculo de las resistencias R_f y R_i se presenta a continuación:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$119 = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad 118 = \frac{R_f}{R_i}$$

$$R_f = 118 R_i$$

$$R_i = 1 \text{ K}\Omega \quad R_f = 118 \text{ K}\Omega \approx 120 \text{ K}\Omega$$

Por conveniencia y facilidad, se eligió $R_i = 1 \text{ K}\Omega$. Por otro lado, debido a que $118 \text{ K}\Omega$ no es un valor comercial de resistencia eléctrica, se optó por elegir a $R_f = 120 \text{ K}\Omega$.

3.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

Para el cumplimiento a cabalidad de las etapas que componen este proyecto, se realiza el diseño del software necesario; el cual permite la interacción entre el

sistema y el usuario, teniendo este último el control sobre ciertos tópicos del sistema.

La adquisición de datos, digitalización, adecuación de señales y el envío y recepción de los mismos, se desarrolla utilizando el código abierto (open-source) del entorno ARDUINO, basado en C++ y asociado al sistema operativo UNIX. Se debe tener en cuenta que, a través del bootloader²³ (integrado), es posible cargar y depurar el código del programa desarrollado en el hardware utilizado, sin necesidad de requerir programas externos.

Por otro lado, la visualización y manipulación de los datos remotamente, se desarrolla mediante el código JavaScript y sobre la plataforma NodeJS que fue desarrollada para construir aplicaciones rápidas, escalables y que manejen grandes cantidades de datos en tiempo real.

La descripción en detalle del software desarrollado se describe a continuación.

3.2.1 Desarrollo del programa del módulo emisor. Dentro del módulo emisor del sistema de automatización del dosificador de alimento para alevines, las acciones que realiza la tarjeta controladora ARDUINO, a través del microcontrolador ATMEGA 328P, son las siguientes:

- Tomar medidas de temperatura y oxígeno disuelto en el agua del acuario, de forma continua y a través del respectivo módulo de tratamiento y acondicionamiento de señal, para tomar acciones de compensación.
- Controlar un servomotor para realizar la respectiva alimentación de las especies, en el tiempo determinado y en función de los valores de las variables monitoreadas.
- Realizar el adecuado empaquetamiento de los datos para enviarlos al módulo receptor, mediante una shield XBEE y una antena ZIGBEE.

Se debe aclarar que antes del inicio de todos los procesos, se maneja el botón de encendido/apagado de todo el sistema. Una vez que éste se encuentre en la posición de encendido (ON), el sistema comienza a incluir librerías, definir pines y declarar variables.

²³ Bootlader: Programa de menor complejidad que viene cargado de fábrica en las placas ARDUINO y se encarga de preparar todas las configuraciones necesarias para el cargar y ejecutar el código del programa desarrollado.

3.2.2 Desarrollo del programa del módulo receptor. En el módulo receptor, las tareas que ejecuta el microcontrolador ATMEGA 328P de la tarjeta ARDUINO, son las enunciadas posteriormente:

- Recibir los datos provenientes del módulo emisor, de manera inalámbrica, por medio de la antena ZIGBEE. Para el reconocimiento de los datos en la placa ARDUINO, es necesario adaptarle una shield XBEE a la tarjeta ARDUINO.
- Desempaquetar los datos para su posterior tratamiento.
- Enviar los datos al puerto serial del computador en el que se encuentra alojado el servidor correspondiente.

Se debe tener en cuenta que el módulo receptor se comunica con el computador mediante un cable USB.

3.2.3 Desarrollo del programa de monitoreo remoto. Esta etapa del proyecto se divide en dos partes, una es la sub-etapa de aplicación móvil y, la otra, la sub-etapa de aplicación web. Ambas aplicaciones son interfaces para la interacción del piscicultor con su cultivo.

3.2.3.1 Etapa de aplicación móvil. Se diseñó una aplicación móvil que, a través de la comunicación web, toma los datos (del circuito) almacenados en una base de datos en la nube para que el personal idóneo los visualice y esté al tanto del comportamiento de su cultivo.

Para desarrollar la aplicación móvil, se utilizó la plataforma Android Studio²⁴ debido a que es de código libre y que tiene una gran versatilidad a la hora de interacción con el desarrollador. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que la aplicación está diseñada para que se almacenen los datos en la memoria RAM del dispositivo móvil para su mayor eficacia y eficiencia a la hora de graficar los datos (función integrada).

Figura 10. Interfaz gráfica de aplicación móvil.

²⁴ Android Studio: Entorno de desarrollo para aplicaciones Android. Basado en IntelliJ IDEA.



Fuente: Propia.

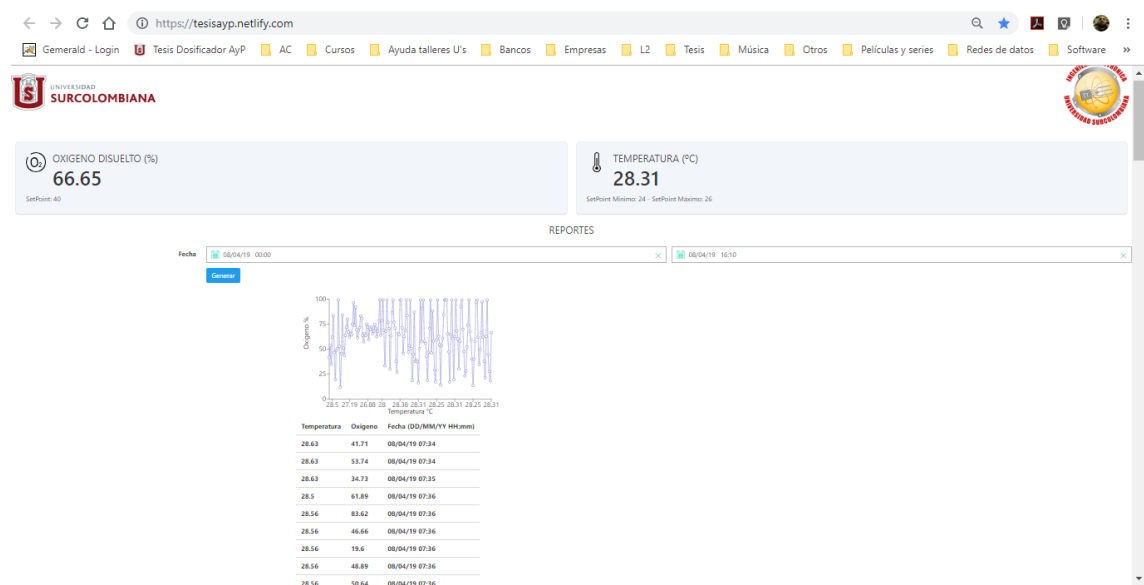
El personal encargado del monitoreo remoto del sistema, podrá visualizar gráficamente el comportamiento de las variables tratadas; esto con el fin de un mejor y detallado análisis del cultivo. Además, se da la opción de comunicación con el personal de soporte de la aplicación y, a su vez, una serie de recomendaciones a tener en cuenta para las buenas prácticas de ingeniería y adquisición de datos.

3.2.3.2 Etapa de aplicación web. La aplicación web diseñada lee los datos del puerto serial del computador en el que se encuentra alojado el servidor web, con el fin de permitir la visualización remota de los datos. Adicional a ello, se permite la definición de los setpoints de oxígeno disuelto y temperatura del agua del acuario; esto con el objetivo de notificar (mediante email automático) la variación de los valores de las variables en su determinado caso. De la misma manera que en la aplicación móvil, se pueden visualizar los datos (historial) de forma cuantitativa.

Por otro lado, los datos se pueden visualizar de manera remota y en tiempo real, debido a la comunicación mediante protocolos web y la debida configuración de puertos, mediante el uso de una de las tecnologías desarrolladas por Google (Firebase).

Esta aplicación se desarrolló por medio de la plataforma NodeJS y el editor de texto Sublime, debido a su amena interfaz y fácil adaptación al proyecto.

Figura 11. Interfaz gráfica de aplicación web.

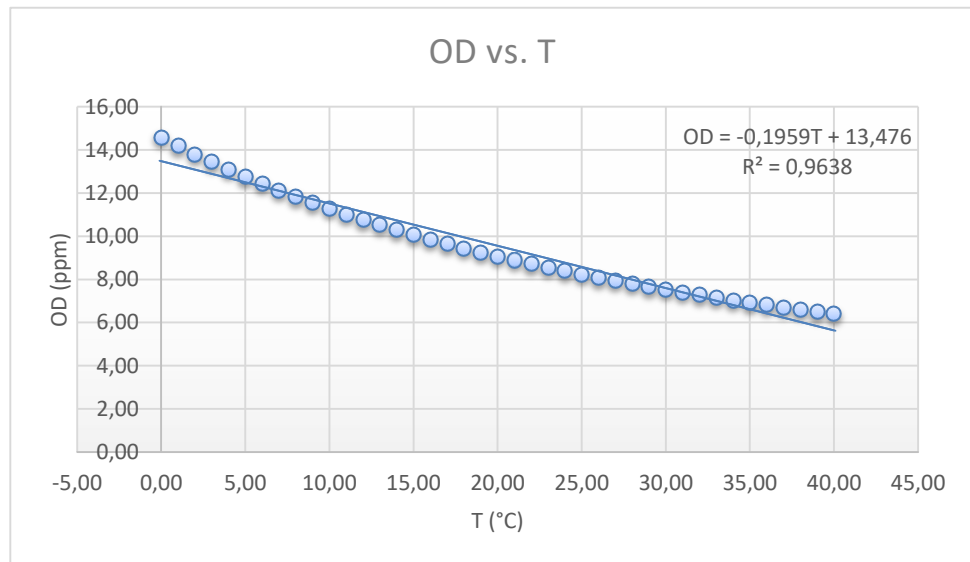


Fuente: Propia.

4. RESULTADOS

En esta sección se muestran los niveles de oxígeno disuelto y temperatura obtenidos mediante el sensado continuo y elegidos en un periodo de 7 días, así como la respectiva gráfica de dispersión en la que se evidencia el comportamiento y la relación existente entre las variables. Igualmente, se ilustran los datos calculados de forma teórica a partir de la temperatura medida. La ecuación que se empleó para el cálculo teórico se obtuvo al graficar los datos aportados por el fabricante SENSOREX para el sensor DO1200T (solubilidad de oxígeno a diferentes temperaturas, ver Anexo A). La siguiente gráfica muestra la información suministrada por el fabricante en las hojas de especificaciones:

Figura 12. Relación OD – T. Datos fabricante interpolados.



Fuente: Propia.

De esto se obtiene:

$$OD = -0,1959T + 13,476 \quad (4)$$

donde:

OD: Oxígeno Disuelto

T: Temperatura

Por otro lado, para encontrar la confiabilidad del sensor de oxígeno disuelto, se tuvieron en cuenta los valores registrados por este y los interpolados (tomados como teóricos). La Tabla 3 muestra la media aritmética de estos valores.

Tabla 3. Media aritmética OD (%).

	Datos medidos	Datos teóricos
Media OD (%)	58,43	56,81

Estos valores postulados en la anterior tabla, sirven para el cálculo del error porcentual de la medición del DO1200T, lo cual nos indica el nivel de confiabilidad del este. Dicho cálculo se realiza con ayuda la ecuación 5.

$$e = \pm \frac{|D_{medidos} - D_{teóricos}|}{D_{teóricos}} * 100 \quad (5)$$

De esta manera, el error porcentual de las mediciones nombradas, es:

$$e = \pm \frac{|58,43 - 56,81|}{56,81} * 100 = \pm 2,85 \%$$

Este valor es pequeño, índice que indica que el nivel es confiabilidad del DO1200T es alto.

4.1 OXÍGENO VS. TEMPERATURA

Los datos se tomaron del registro en un intervalo de 7 días donde se extrajo el dato obtenido de cada hora. La información se consignó en una tabla donde se muestran las variables temperatura y oxígeno disuelto con la respectiva fecha y hora. La parte grafica se realizó a partir de las tablas construidas.

La tabla 4 muestra los datos obtenidos el 06 de agosto de 2017.

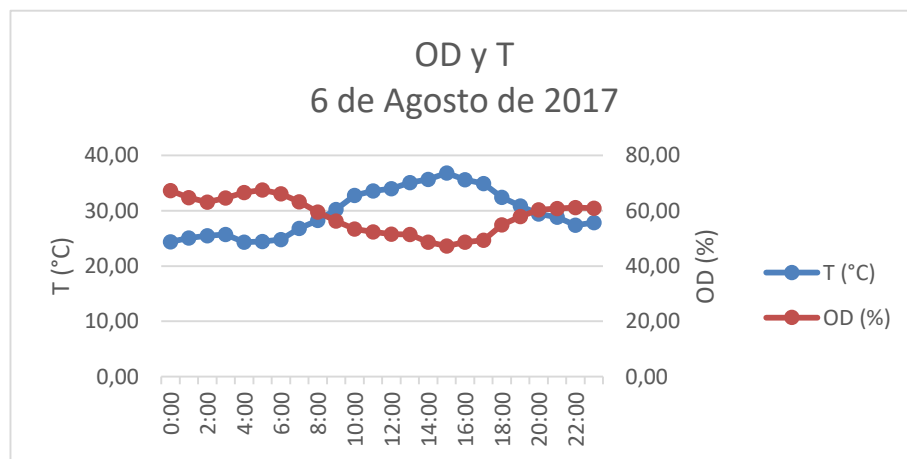
Tabla 4. Mediciones del 06 de agosto de 2017.

Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	24,35	67,20	12:00	33,99	51,56
1:00	25,08	64,65	13:00	35,04	51,45
2:00	25,45	63,05	14:00	35,67	48,65
3:00	25,68	64,62	15:00	36,78	47,28
4:00	24,33	66,55	16:00	35,58	48,58
5:00	24,40	67,50	17:00	34,89	49,35

6:00	24,76	66,05	18:00	32,43	54,82
7:00	26,79	63,20	19:00	30,87	57,84
8:00	28,23	59,53	20:00	29,38	60,25
9:00	30,19	56,23	21:00	28,81	60,81
10:00	32,77	53,34	22:00	27,38	61,15
11:00	33,59	52,33	23:00	27,86	60,85

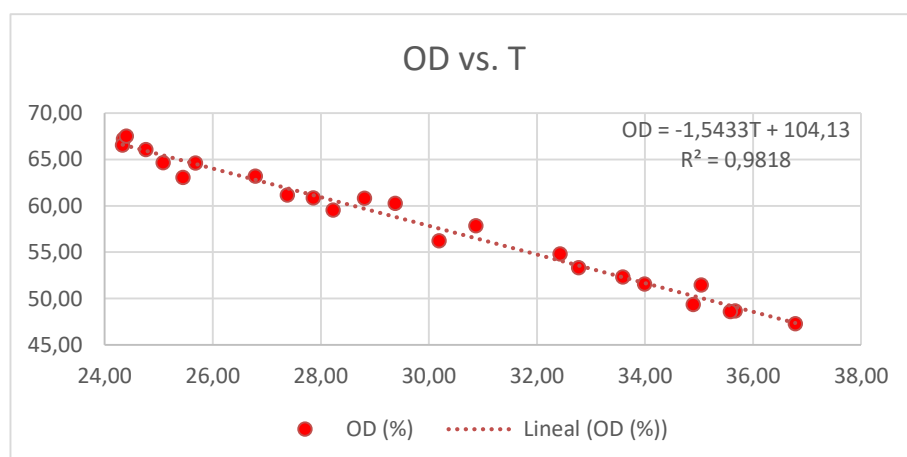
Ahora, las siguientes figuras muestran el comportamiento de las dos variables monitoreadas, de manera gráfica.

Figura 13. OD y T respecto al tiempo. 06/08/2017.



Fuente: Propia.

Figura 14. OD vs. T. 06/08/2017.



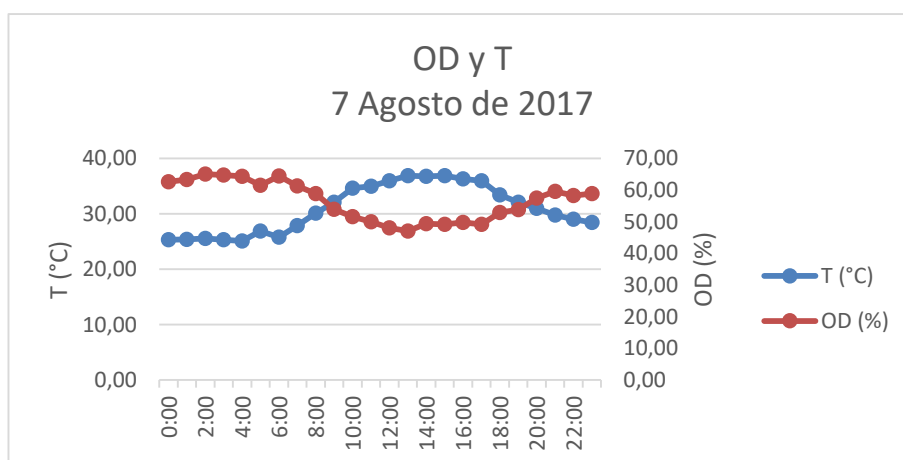
Fuente: Propia.

La Tabla 5 muestra los datos obtenidos el 07 de agosto de 2017.

Tabla 5. Mediciones del 07/08/2017

Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	25,34	62,69	12:00	35,96	48,06
1:00	25,39	63,38	13:00	36,88	47,09
2:00	25,56	65,04	14:00	36,80	49,42
3:00	25,34	64,73	15:00	36,91	49,16
4:00	25,10	64,36	16:00	36,32	49,83
5:00	26,89	61,53	17:00	35,97	49,22
6:00	25,79	64,43	18:00	33,45	52,95
7:00	27,89	61,35	19:00	32,11	53,83
8:00	30,11	58,87	20:00	31,01	57,52
9:00	32,09	53,90	21:00	29,76	59,66
10:00	34,67	51,60	22:00	29,01	58,31
11:00	34,98	50,04	23:00	28,43	58,88

Figura 15. OD y T respecto al tiempo. 07/08/2017.



Fuente: Propia.

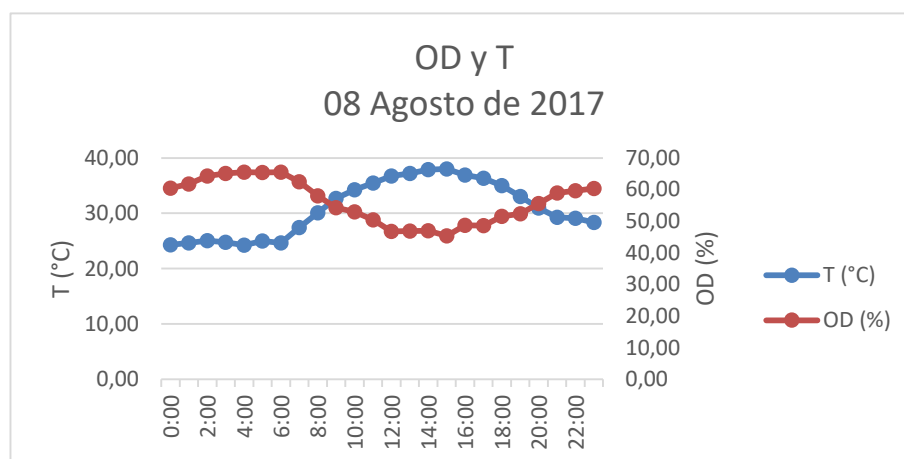
La Tabla 6 muestra los datos obtenidos el 08 de agosto de 2017.

Tabla 6. Mediciones del 08/08/2017

Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	24,32	60,42	12:00	36,75	46,81
1:00	24,67	61,73	13:00	37,22	46,89

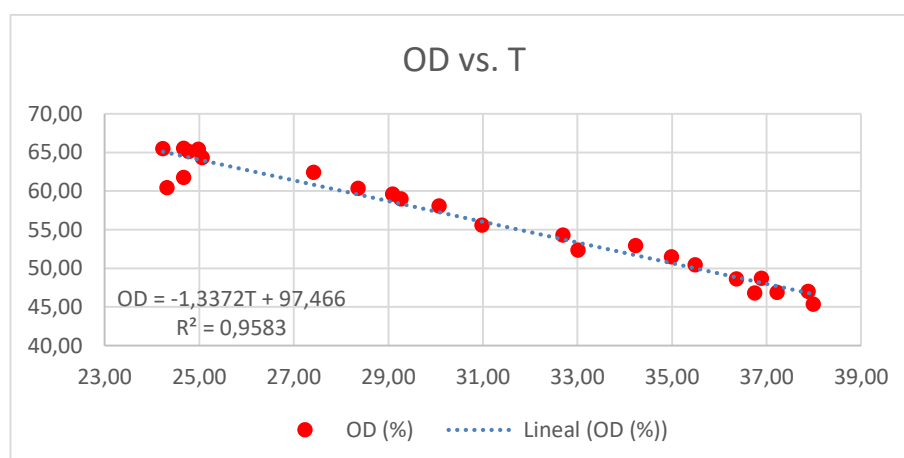
2:00	25,06	64,33	14:00	37,88	46,99
3:00	24,78	65,10	15:00	37,99	45,35
4:00	24,23	65,48	16:00	36,89	48,71
5:00	24,98	65,38	17:00	36,36	48,60
6:00	24,67	65,52	18:00	34,99	51,49
7:00	27,42	62,43	19:00	33,01	52,35
8:00	30,07	58,06	20:00	30,98	55,59
9:00	32,69	54,29	21:00	29,27	58,97
10:00	34,23	52,92	22:00	29,09	59,60
11:00	35,49	50,45	23:00	28,36	60,34

Figura 16. OD y T respecto al tiempo. 08/08/2017.



Fuente: Propia.

Figura 17. OD vs. T. 08/08/2017.



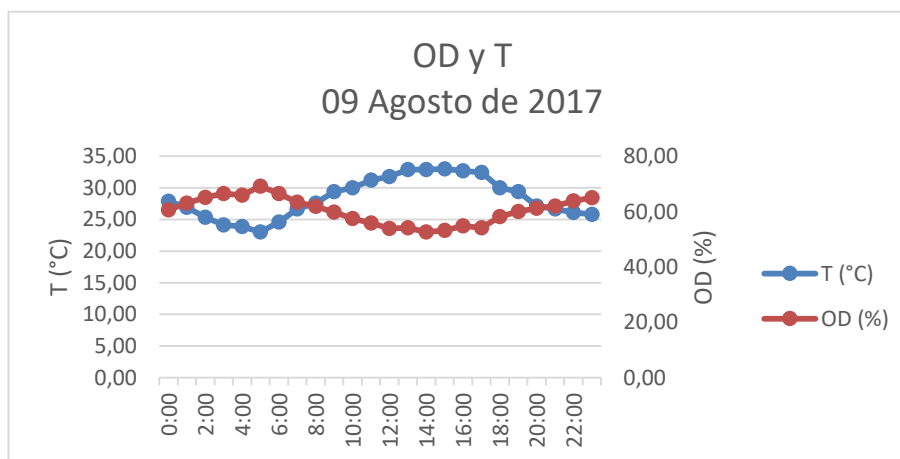
Fuente: Propia.

La Tabla 7 muestra los datos obtenidos el 09 de agosto de 2017.

Tabla 7. Mediciones del 09/08/2017

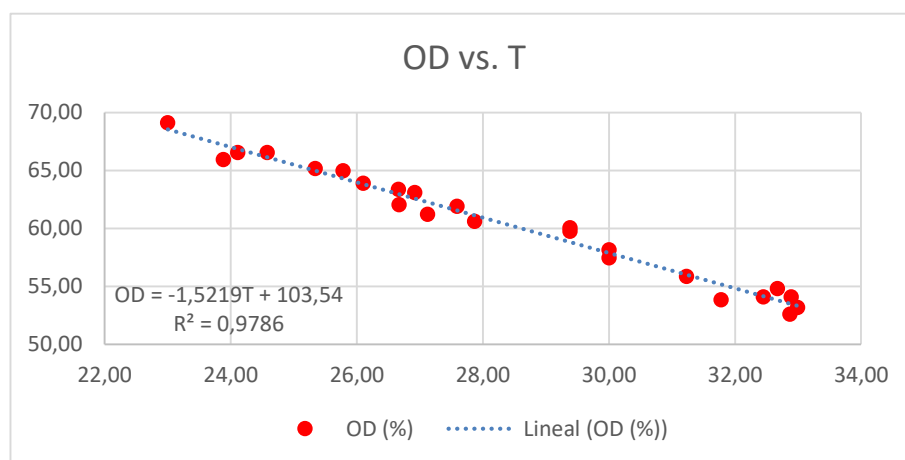
Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	27,87	60,60	12:00	31,78	53,84
1:00	26,92	63,08	13:00	32,89	54,08
2:00	25,34	65,15	14:00	32,87	52,60
3:00	24,11	66,55	15:00	32,99	53,16
4:00	23,88	65,92	16:00	32,67	54,80
5:00	23,00	69,11	17:00	32,45	54,07
6:00	24,58	66,53	18:00	30,00	58,14
7:00	26,66	63,37	19:00	29,38	60,05
8:00	27,59	61,90	20:00	27,12	61,22
9:00	29,38	59,74	21:00	26,67	62,04
10:00	30,00	57,46	22:00	26,10	63,88
11:00	31,23	55,86	23:00	25,78	64,97

Figura 18. OD y T respecto al tiempo. 09/08/2017.



Fuente: Propia.

Figura 19. OD vs T. 09/08/2017.



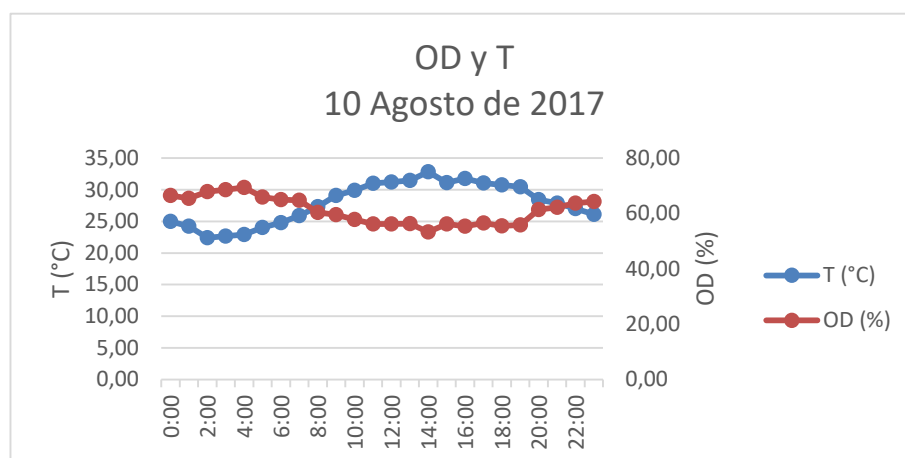
Fuente: Propia.

La Tabla 8 muestra los datos obtenidos el 10 de agosto de 2017.

Tabla 8. Mediciones del 10/08/2017

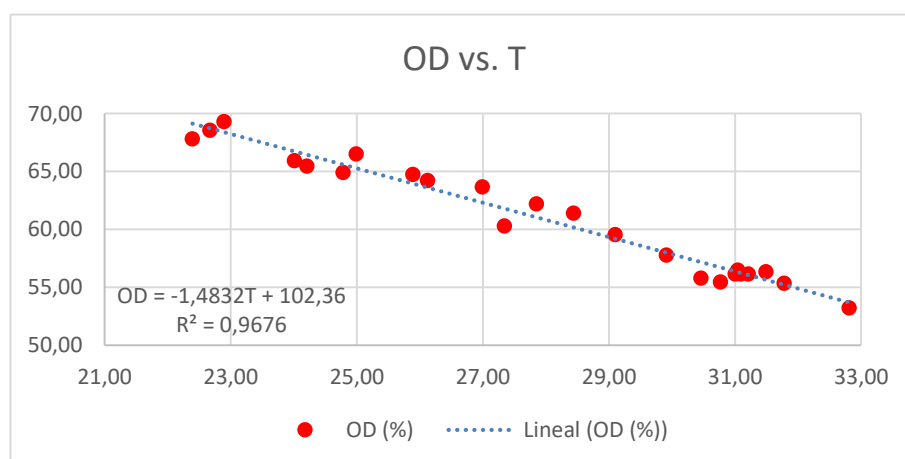
Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	24,99	66,54	12:00	31,21	56,18
1:00	24,21	65,49	13:00	31,49	56,36
2:00	22,39	67,83	14:00	32,81	53,25
3:00	22,67	68,58	15:00	31,09	56,17
4:00	22,89	69,33	16:00	31,78	55,38
5:00	24,01	65,96	17:00	31,04	56,50
6:00	24,78	64,94	18:00	30,77	55,48
7:00	25,89	64,75	19:00	30,46	55,81
8:00	27,34	60,31	20:00	28,44	61,41
9:00	29,10	59,56	21:00	27,85	62,21
10:00	29,91	57,79	22:00	26,99	63,68
11:00	31,00	56,17	23:00	26,12	64,24

Figura 20. OD y T respecto al tiempo. 10/08/2017.



Fuente: Autores.

Figura 21. OD vs. T. 10/08/2017.



Fuente: Propia.

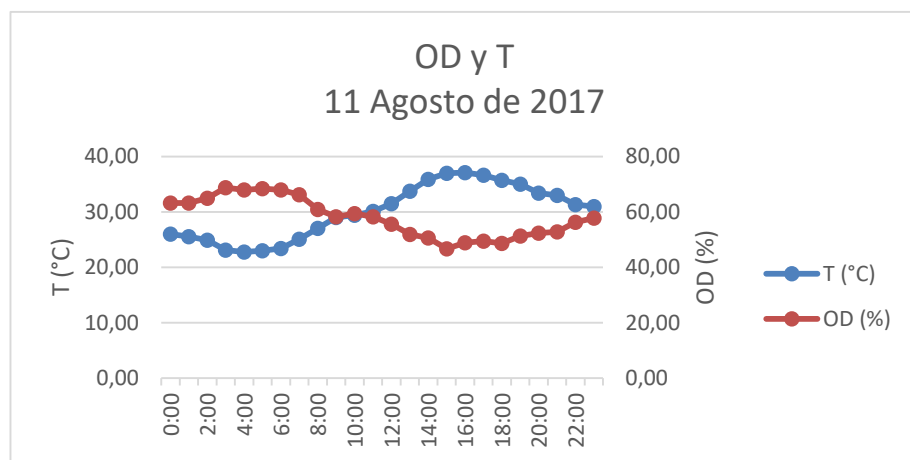
La Tabla 9 muestra los datos obtenidos el 11 de agosto de 2017.

Tabla 9. Mediciones del 11/08/2017

Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	26,00	63,16	12:00	31,48	55,55
1:00	25,55	63,26	13:00	33,76	51,88
2:00	24,91	64,90	14:00	35,89	50,60

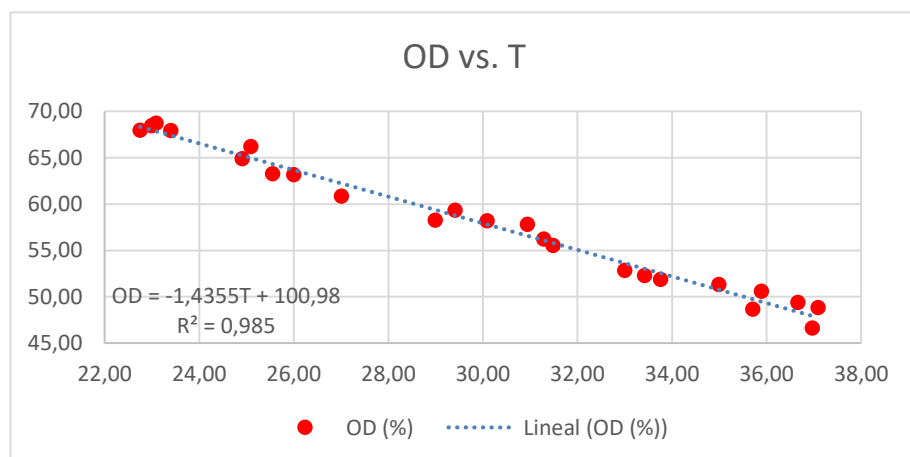
3:00	23,09	68,71	15:00	36,97	46,62
4:00	22,75	67,98	16:00	37,09	48,84
5:00	22,99	68,44	17:00	36,66	49,39
6:00	23,40	67,92	18:00	35,71	48,67
7:00	25,09	66,19	19:00	34,99	51,34
8:00	27,01	60,87	20:00	33,42	52,29
9:00	28,99	58,27	21:00	33,00	52,85
10:00	29,41	59,35	22:00	31,29	56,22
11:00	30,09	58,18	23:00	30,94	57,82

Figura 22. OD y T respecto al tiempo. 11/08/2017.



Fuente: Propia.

Figura 23. OD vs. T. 11/08/2017.



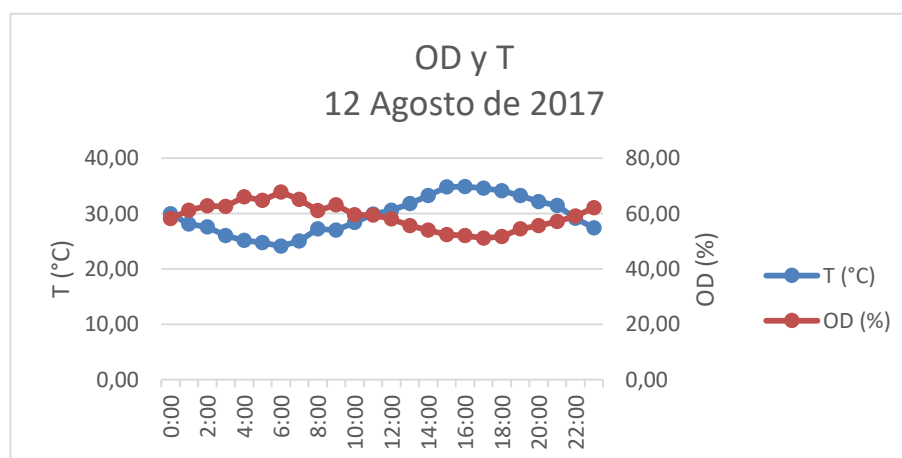
Fuente: Propia.

La Tabla 10 muestra los datos obtenidos el 12 de agosto de 2017.

Tabla 10. Mediciones del 12/08/2017

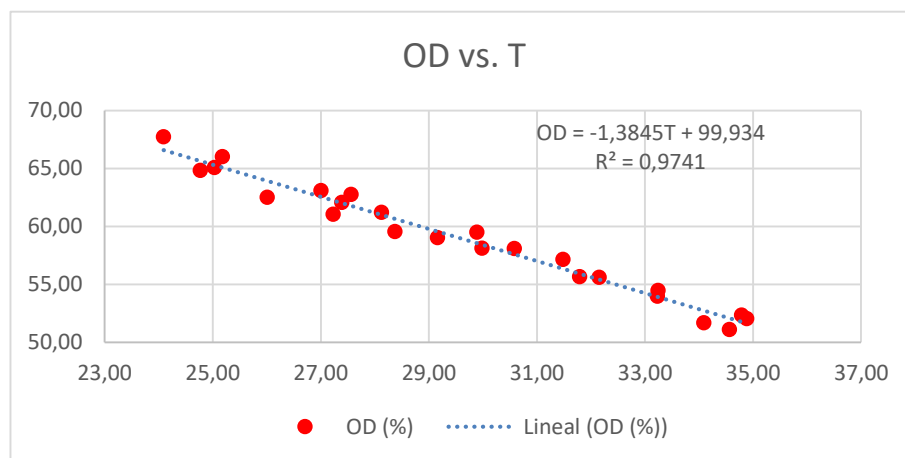
Hora	T (°C)	OD (%)	Hora	T (°C)	OD (%)
0:00	29,98	58,12	12:00	30,58	58,08
1:00	28,12	61,20	13:00	31,79	55,67
2:00	27,56	62,76	14:00	33,23	53,98
3:00	26,01	62,51	15:00	34,79	52,35
4:00	25,18	66,01	16:00	34,88	52,04
5:00	24,77	64,82	17:00	34,56	51,11
6:00	24,09	67,72	18:00	34,09	51,68
7:00	25,03	65,07	19:00	33,24	54,48
8:00	27,23	61,05	20:00	32,15	55,60
9:00	27,00	63,10	21:00	31,48	57,16
10:00	28,37	59,54	22:00	29,16	59,04
11:00	29,89	59,50	23:00	27,39	62,06

Figura 24. OD y T respecto al tiempo. 12/08/2017.



Fuente: Propia.

Figura 25. OD vs. T. 12/08/2017.



Fuente: Propia.

Después de realizar los gráficos de dispersión y desarrollar el procesamiento pertinente, se hace evidente por medio del coeficiente de correlación (R^2) que los obtenidos y tabulados de oxígeno disuelto vs temperatura tienen una tendencia lineal y se puede describir como inversamente proporcional.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según Goyenola²⁵, otra variable fundamental de la que dependen los niveles de oxígeno disuelto en el agua, es la profundidad. Debido a que el nivel de oxígeno disuelto que se percibe incrementando la profundidad es mayor, es posible argumentarla en la relación inversa que existe entre la temperatura y el oxígeno disuelto (p.1). Para explicarlo, partimos de un incremento de la temperatura en el ambiente por la radiación solar (en el lugar donde se sitúe el cultivo de peces). Al aumentar la temperatura, se nota una disminución en el oxígeno disuelto; esta correlación se hace más evidente si se toman datos en la superficie del agua, donde el agua tiene contacto directo con la radiación, la temperatura del agua incrementa y el oxígeno disuelto disminuye. Como la radiación solar pierde incidencia a medida que la profundidad aumenta, la temperatura disminuye, los niveles de oxígeno crecen. Esta situación indica que, a mayor profundidad, habrá mayor cantidad de oxígeno disuelto.

Desde la adquisición y el posterior procesamiento de los niveles de temperatura y oxígeno disuelto, se evidencia el comportamiento y la relación inversa que hay entre las variables mencionadas. Al determinar la correlación, es posible determinar los instantes adecuados en los que se puede realizar o no el suministro de alimento a las especies (las horas según los datos), para evitar alteraciones o contaminación en el agua por el exceso de alimento, así como la reducción en los costos de insumos piscícolas.

La temperatura es uno de los factores más influyentes y determinantes en el metabolismo de las especies acuícolas (peces, plantas, camarones...), tanto así, que exceder los rangos permisibles por especie puede ocasionar disminución en las actividades funcionales y metabólicas de los especímenes y alterar el crecimiento.

Por otro lado, durante el día, la temperatura del acuario no es la adecuada para la vida de los peces, pues es muy elevada ya que los niveles de temperatura en el lugar donde está instalado el proyecto, así se registran en su historial. Esta afirmación sucede porque no se tiene un compensador de dicha variable. El control de la temperatura en un sistema como el estudiado, es de gran importancia para el proceso de producción de las especies. Mientras que, en

²⁵ GOYENOLA, G. Oxígeno Disuelto. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras [en línea], 2009 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

promedio, desde las 00:00 hasta las 07:00, se registran niveles de temperatura óptimos para un correcto crecimiento y desarrollo de esta especie.

6. CONCLUSIONES

La instalación de cada uno de los dispositivos empleados en cada una de las etapas, implicó la adecuación eléctrica, mecánica y electrónica para el procesamiento de la información, consiguiendo de esta manera un sistema autónomo monitoreado en tiempo real.

- Mediante el sistema de monitoreo del dosificador implementado, se comprobó el comportamiento inversamente proporcional entre las dos variables fisicoquímicas estudiadas. Por lo tanto y debido a las altas temperaturas que se presentan en Neiva, lugar donde está ubicado el proyecto, se debe tener mucha atención en el cultivo puesto que al tener bajos niveles de oxígeno (sinónimo de altas temperaturas), el metabolismo de las especies disminuye, ocasionando un retardo en su crecimiento, al igual que se afecta su producción.
- Según expertos locales en piscicultura y el análisis de los parámetros ambientales de la región, se exige que la cantidad de alimento diario de los alevines esté entre el 5% y 6% de la biomasa total; ya que de no tener en cuenta estos datos, su producción se vería afectada por exceso o defecto.
- Teniendo en cuenta las condiciones ambientales del lugar de instalación del proyecto y la opinión de los expertos, se establecieron los rangos de operación permisibles entre 24°C y 26°C para la temperatura y un valor mayor o igual a 40% para el oxígeno disuelto en el agua del acuario; rangos que optimizan la variable costo-beneficio en el proceso de producción de las especies estudiadas.
- La posibilidad de monitorear remotamente el cultivo, además de estar notificado (en tiempo real) en caso de una variación no permitida de los setpoints establecidos, son de gran importancia para el piscicultor ya que le permite tomar acciones inmediatamente; procedimiento que ayuda a mejorar el proceso de producción de los peces.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El proyecto podría optimizarse si, inicialmente, se utiliza un banco de baterías abastecido por paneles solares; también sería apropiado utilizar una tarjeta RPi en lugar de ARDUINO, ya que la RPi es más robusta y tiene la característica de conectarse a una red de internet. Así se eliminaría el uso del computador personal y del módulo receptor, lo que equivale a costos y consumo eléctrico.

Por otro lado, se podría agregar el uso de aireadores (y su correspondiente control) para que los niveles de oxígeno disuelto y temperatura se regulen cuando sea necesario. De la misma manera, se recomienda la inclusión de nuevos parámetros (variables monitoreadas) junto con su respectivo compensador para que el sistema sea más robusto y completo y, así, se ayude a mejorar la calidad del sector piscícola en el Huila.

Por último, se recomienda mejorar el diseño de la tolva y del dosificador, según la necesidad del piscicultor.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ, E. R. Sistema electrónico dosificador de alimento para la producción de alevinos aplicado a la piscicultura. Trabajo de grado ingeniería Electrónica. Neiva: Universidad Surcolombiana. Facultad de ingeniería. 2005.

ARDUINO USER GROUP. ¿Qué es Arduino? [en línea], s.f. [revisado 18 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>

COBO, Raúl. El ABC de la automatización [en línea], 2010 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/Servomotores.pdf>

CREUS, A. Instrumentación Industrial. Santa Fé de Bogotá: AlfaOmega. 1999. p. 13-14. ISBN 970-15-0246-9.

Curso básico de Autómatas programables. Autómatas Programables [en línea], diciembre de 2001 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

DRAKE, J. Instrumentación electrónica de computadores [en línea], 2005 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/IEC_1.pdf

GOYENOLA, G. Oxígeno Disuelto. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras [en línea], 2009 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

G42RORAM. Qué es un servidor y cuáles son los tipos de servidores [en línea], s.f. [revisado 20 09 2017]. Disponible en Internet: https://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=542:que-es-un-servidor-y-cuales-son-los-principales-tipos-de-servidores-proxydns-webftppop3-y-smtp-dhcp&catid=57&Itemid=179

GILFILLAN, I. La Biblia de MySQL. Madrid: Anaya Multimedia. 2003. p. 40-41. ISBN 9788441515581.

GLEN, M. y MORENO, J. ZigBee [en línea], 23 de mayo 2012 [revisado 20 09 2017]. Disponible en Internet: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

GUTIERREZ, M. Todo sobre ZigBee la tecnología ultrabarata para comunicación inalámbrica [en línea], 10 de agosto de 2015 [revisado 21 09 2017]. Disponible

en Internet: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>

MANZANO, J. Función PWM [en línea], 2014 [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <https://www.ibertronica.es/blog/tutoriales/funcion-pwm/>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN CULTURA Y DEPORTE ESPAÑA. Desarrollo de aplicaciones para Android [en línea], s.f. [revisado 22 09 2017]. Disponible en Internet:

<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP18117.pdf&area=E>

NAVARRETE, T. El lenguaje JavaScript [en línea], Julio de 2006 [revisado 22 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.dtic.upf.edu/~tnavarrete/fcsig/javascript.pdf>

NAVARRO, A. PADILLA, J. y PRÍAS, J. 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. En: Scientia et Technica. 2013. vol. 18, no. 2, 407 p.

PALLÁS, R. Sensores y acondicionamiento de señal. Barcelona: Marcombo. 3 p. 1993.

PROFESORES VIRTUALES UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Protocolo HTTP [en línea], s.f., [revisado 23 09 2017]. Disponible en Internet: <https://profesores.virtual.uniandes.edu.co/~isis3710/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=temas:http-guia.pdf>

RIVERA H., D. I. y YEPEZ A., E. A. Diseño e implementación de un prototipo para la medición de la calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola. Trabajo de grado ingeniería Electrónica e ingeniería de sistemas. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de ingeniería. 2015.

RUESCA, P. Telemetría-Aplicaciones de medida a distancia [en línea], 25 de septiembre de 2016 [revisado 18 09 2017]. Disponible en Internet: <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/telemetria/>

RUIZ, G. A. Electrónica Básica para ingenieros. Santander: Editorial Universidad de Cantabria. 2001. p. 137-145. ISBN 84-607-1933-2.

UNAM. Manual de HTML [en línea], [revisado 23 09 2017]. Disponible en Internet: <http://profesores.fi-b.unam.mx/cintia/Manualhtml.pdf>

VEGA, D. F. y GIL E, F. A. (2009). Sistema soportado en software para el monitoreo del nivel de oxígeno disuelto en un cultivo piscícola. Trabajo de grado

ingeniería de sistema y telecomunicaciones. Pereira: Universidad Católica Popular de Risaralda. Facultad de ingeniería. 2009.

VIDELA, A. Manual de motores eléctricos [en línea], s.f. [revisado 25 09 2017]. Disponible en Internet: <http://kimerius.com/app/download/5783169262/Manual+de+motores+eléctricos.pdf>


9. ANEXOS

Anexo A. Relación temperatura y salinidad.

TEMPERATURE			SALINITY - in parts per thousand (ppt)							
deg C	deg F	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	32	14.6	14.11	13.64	13.18	12.74	12.31	11.9	11.5	11.11
1	33.8	14.2	13.73	13.27	12.83	12.4	11.98	11.58	11.2	10.83
2	35.6	13.81	13.36	12.91	12.49	12.07	11.67	11.29	10.91	10.55
3	37.4	13.45	13	12.58	12.16	11.76	11.38	11	10.64	10.29
4	39.2	13.09	12.67	12.25	11.85	11.47	11.09	10.73	10.38	10.04
5	41	12.76	12.34	11.94	11.56	11.18	10.82	10.47	10.13	9.8
6	42.8	12.44	12.04	11.65	11.27	10.91	10.56	10.22	9.89	9.57
7	44.6	12.13	11.74	11.37	11	10.65	10.31	9.98	9.66	9.35
8	46.4	11.83	11.46	11.09	10.74	10.4	10.07	9.75	9.44	9.14
9	48.2	11.55	11.19	10.83	10.49	10.16	9.84	9.53	9.23	8.94
10	50	11.28	10.92	10.58	10.25	9.93	9.62	9.32	9.03	8.75
11	51.8	11.02	10.67	10.34	10.02	9.71	9.41	9.12	8.83	8.56
12	53.6	10.77	10.43	10.11	9.8	9.5	9.21	8.92	8.55	8.3
13	55.4	10.53	10.2	9.89	9.59	9.3	9.01	8.74	8.47	8.21
14	57.2	10.29	9.98	9.68	9.38	9.1	8.82	8.55	8.3	8.04
15	59	10.07	9.77	9.47	9.19	8.91	8.64	8.38	8.13	7.88
16	60.8	9.86	9.56	9.28	9	8.73	8.47	8.21	7.97	7.73
17	62.6	9.65	9.36	9.09	8.82	8.55	8.3	8.05	7.81	7.58
18	64.4	9.45	9.17	8.9	8.64	8.39	8.14	7.9	7.66	7.44
19	66.2	9.26	8.99	8.73	8.47	8.22	7.98	7.75	7.52	7.3
20	68	9.08	8.81	8.56	8.31	8.07	7.83	7.6	7.38	7.17
21	69.8	8.9	8.64	8.39	8.15	7.91	7.69	7.46	7.25	7.04
22	71.6	8.73	8.48	8.23	8	7.77	7.54	7.33	7.12	6.91
23	73.4	8.56	8.32	8.08	7.85	7.63	7.41	7.2	6.99	6.79
24	75.2	8.4	8.16	7.93	7.71	7.49	7.28	7.07	6.87	6.68
25	77	8.24	8.01	7.79	7.57	7.36	7.15	6.95	6.75	6.56
26	78.8	8.09	7.87	7.65	7.44	7.23	7.03	6.83	6.64	6.46
27	80.6	7.95	7.73	7.51	7.31	7.1	6.91	6.72	6.53	6.35
28	82.4	7.81	7.59	7.38	7.18	6.98	6.79	6.61	6.42	6.25
29	84.2	7.67	7.46	7.26	7.06	6.87	6.68	6.5	6.32	6.15
30	86	7.54	7.33	7.14	6.94	6.75	6.57	6.39	6.22	6.05
31	87.8	7.41	7.21	7.02	6.83	6.65	6.47	6.29	6.12	5.96
32	89.6	7.29	7.09	6.9	6.72	6.54	6.36	6.19	6.03	5.87
33	91.4	7.17	6.98	6.79	6.61	6.44	6.26	6.1	5.94	5.78
34	93.2	7.05	6.86	6.68	6.51	6.33	6.17	6.01	5.85	5.69
35	95	6.93	6.75	6.58	6.4	6.24	6.07	5.92	5.76	5.61
36	96.8	6.82	6.65	6.47	6.31	6.14	5.98	5.83	5.68	5.53
37	98.6	6.72	6.54	6.37	6.21	6.05	5.89	5.74	5.59	5.45
38	100.4	6.61	6.44	6.28	6.12	5.96	5.81	5.66	5.51	5.37
39	102.2	6.51	6.34	6.18	6.03	5.87	5.72	5.58	5.44	5.3
40	104	6.41	6.25	6.09	5.94	5.79	5.64	5.5	5.36	5.22


Se usó la columna de salinidad 0 porque el acuario es de agua dulce.

Anexo B. Especificaciones técnicas DO1200T.



PRODUCT SPECIFICATION SHEET

DO1200 and DO1200TC Dissolved Oxygen Sensors



Reliable galvanic sensing technology

Compact 12mm design

For portable, laboratory or on-line use

Optional integral ATC element

Easy to use pre-membraned replacement caps


The DO1200 and DO1200TC feature dependable galvanic technology. No warm up period is required. Sensors are supplied with fast responding HDPE membrane caps for portable or lab use. Optional PTFE membrane caps are available for on-line or heavy UV exposure applications. Fill solution is replaceable when required.

The DO1200 is supplied without internal temperature compensation. The DO1200TC can be supplied with a variety of user defined ATC elements. Standard cable length is 2.5 feet with a tinned lead termination. Longer cable lengths and connectors are available for an additional charge. For on-line use, our FC75P 3/4 inch in-line fitting may be ordered to provide for mounting into 3/4 inch FNPT threaded tees.

Specifications

Range	0-20 mg/L
Body Material	Epoxy and Noryl
Max Temperature	50 Degrees C
Saturation Output	HDPE = 47mV +/- 5mV, PTFE = 33mV +/- 5mV
Pressure	0-100 psig (7.5 Bar)
Calibration	Single point in air
Response Time	After Equilibration, HDPE 1 minute for 2mV, PTFE 2 minutes for 2mV

Parts covered by this product data sheet includes:
DO1200H, DO1200T, DO1200TCM, DO1200TC/T,
971596, 971598TC



Form: SpecDO1200 (Rev. 2012-05-11)
©2011 Sensorex Corporation

Page 1 of 2

Anexo C. Especificaciones técnicas DS18B20

DS18B20

Programmable Resolution
1-Wire Digital Thermometer

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground -0.5V to +6.0V
Operating Temperature Range..... -55°C to +125°C

Storage Temperature Range..... -55°C to +125°C
Solder Temperature..... Refer to the IPC/JEDEC
J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC Electrical Characteristics

(-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite power	+3.0		+5.5	V
		Local power (Notes 1, 2)	+3.0		V_{DD}	
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C
		-55°C to +125°C (Note 3)			±2	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	V_{IH}	Local power	+2.2	The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$		V
		Parasite power (Notes 1,6)	+3.0			
Sink Current	I_L	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA
Standby Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$ (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		μA
Drift		(Note 11)		±0.2		°C

Anexo D. Especificaciones eléctricas μ A741



μ A741

SLOS094F – NOVEMBER 1970 – REVISED MAY 2017

www.ti.com

6.4 Electrical Characteristics μ A741C

at specified virtual junction temperature, $V_{CC+} = \pm 15$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽¹⁾	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{IO} Input offset voltage	$V_O = 0$ 25°C		1	6	mV
	Full range			7.5	
$\Delta V_{IO(adj)}$ Offset voltage adjust range	$V_O = 0$ 25°C		± 15		mV
I_{IO} Input offset current	$V_O = 0$ 25°C		20	200	nA
	Full range			300	
I_{IB} Input bias current	$V_O = 0$ 25°C		80	500	nA
	Full range			800	
V_{ICR} Common-mode input voltage range	25°C	± 12	± 13		V
	Full range	± 12			
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10$ k Ω 25°C	± 12	± 14		V
	$R_L \geq 10$ k Ω Full range	± 12			
	$R_L = 2$ k Ω 25°C	± 10			
	$R_L \geq 2$ k Ω Full range	± 10			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2$ k Ω 25°C	20	200		V/mV
	$V_O = \pm 10$ V Full range	15			
r_i Input resistance	25°C	0.3	2		M Ω
r_o Output resistance	$V_O = 0$; see ⁽²⁾ 25°C		75		Ω
C_i Input capacitance	25°C		1.4		pF
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}$ 25°C	70	90		dB
	Full range	70			
k_{SVS} Supply voltage sensitivity ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$)	$V_{CC} = \pm 9$ V to ± 15 V 25°C		30	150	μ V/V
	Full range			150	
I_{OS} Short-circuit output current	25°C	± 25	± 40		mA
I_{CC} Supply current	$V_O = 0$; no load 25°C		1.7	2.8	mA
	Full range			3.3	
P_D Total power dissipation	$V_O = 0$; no load 25°C		50	85	mW
	Full range			100	

Anexo E. Especificaciones eléctricas XBee.

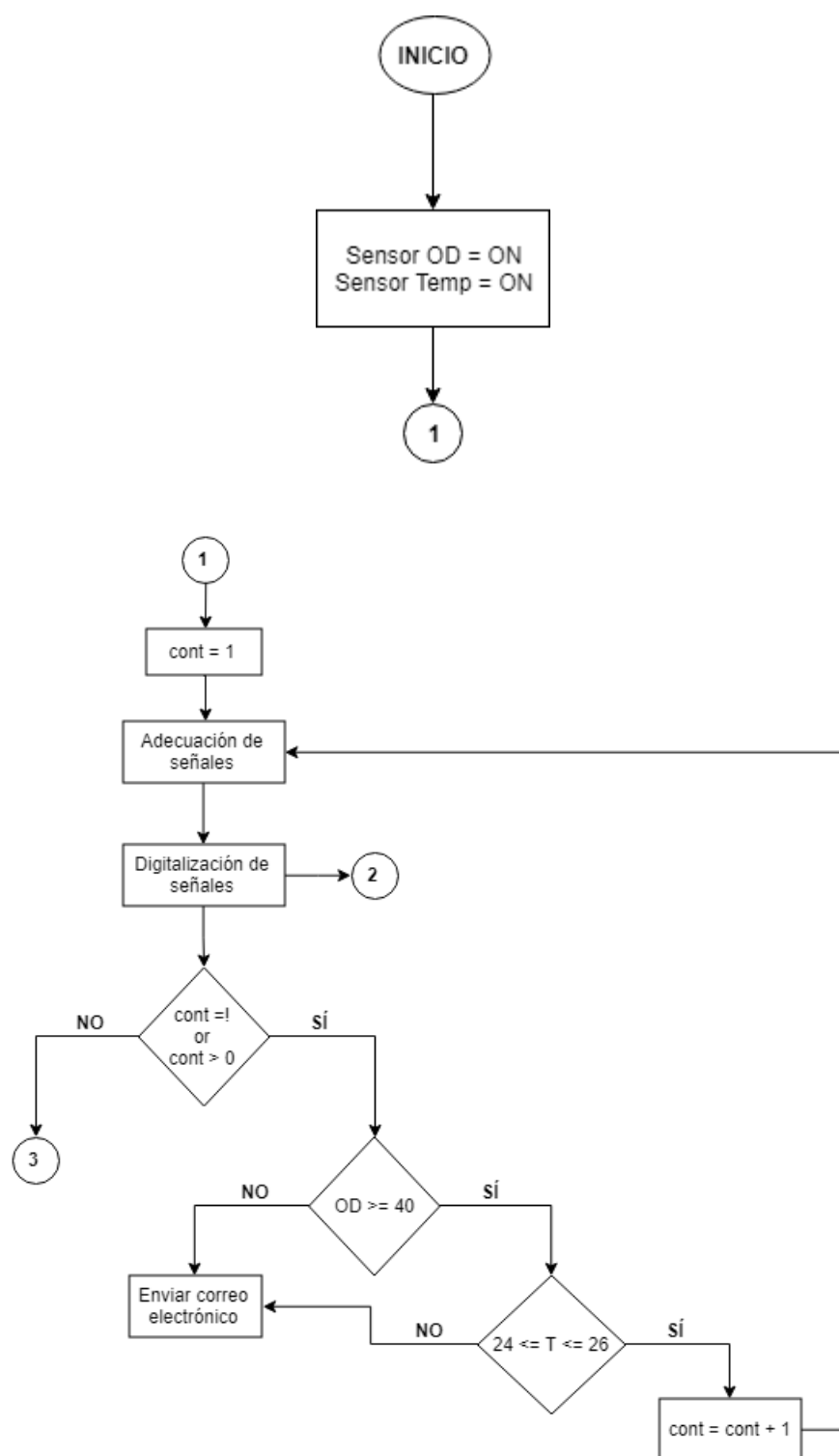
XBee®/XBee-PRO® RF Modules - 802.15.4 - v1.xEx [2009.09.23]

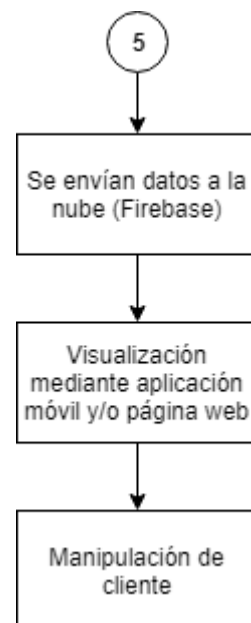
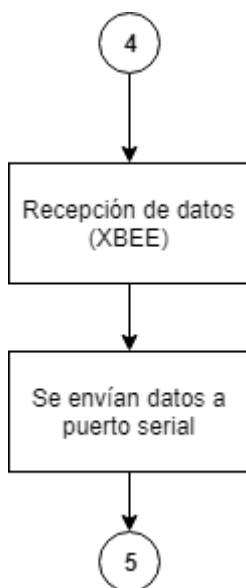
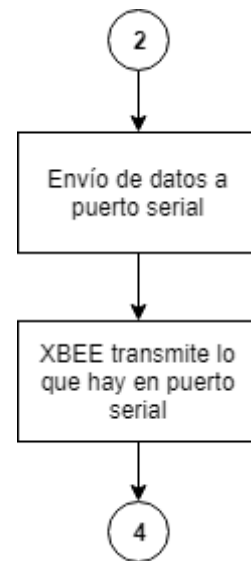
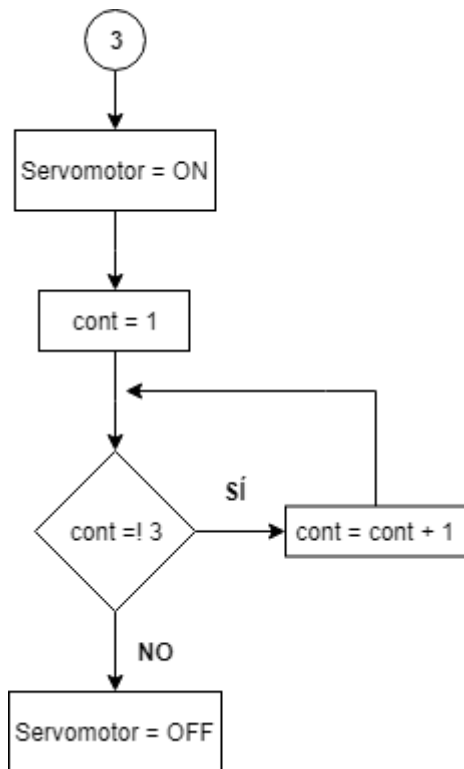
Electrical Characteristics

Table 1-03. DC Characteristics ($V_{CC} = 2.8 - 3.4$ VDC)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V_{IL}	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	$0.35 \cdot V_{CC}$	V
V_{IH}	Input High Voltage	All Digital Inputs	$0.7 \cdot V_{CC}$	-	-	V
V_{OL}	Output Low Voltage	$I_{OL} = 2$ mA, $V_{CC} \geq 2.7$ V	-	-	0.5	V
V_{OH}	Output High Voltage	$I_{OH} = -2$ mA, $V_{CC} \geq 2.7$ V	$V_{CC} - 0.5$	-	-	V
I_{IN}	Input Leakage Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	μ A
I_{IOZ}	High Impedance Leakage Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	μ A
TX	Transmit Current	$V_{CC} = 3.3$ V	-	45 (XBee)	215, 140 (PRO, Int)	mA
RX	Receive Current	$V_{CC} = 3.3$ V	-	50 (XBee)	55 (PRO)	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	μ A

Anexo F. Diagrama de flujo.





Anexo G. Modelo de conexión Cliente-Servidor.

