

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE OXIGENO DISUELTO
EN EL AGUA, EN CULTIVO INTENSIVO DE TILAPIA A TRAVES DE INTERNET**

**YEFFERSON LEONARDO TORRES DELGADO
TANIA KATHERINE MAZABEL ORDOÑEZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2018**

**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE OXIGENO DISUELTO
EN EL AGUA, EN CULTIVO INTENSIVO DE TILAPIA A TRAVES DE INTERNET**

**YEFFERSON LEONARDO TORRES
TANIA KATHERINE MAZABEL ORDOÑEZ**

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

**Director:
JESÚS DAVID QUINTERO POLANCO
Msc. Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA HUILA
2018**

Nota de aceptación:

Firma del director del Proyecto

Firma del Primer Jurado

Firma del Segundo Jurado

Neiva, _____ de 2018

DEDICATORIA

“Primero a Dios que me dio la fortaleza, salud, sabiduría y paciencia para seguir adelante y poder culminar una etapa más en mi vida, a mis padres que siempre me han apoyado, a mi madre Nidia Delgado quien ha sido mi bastión, fortaleza y consejera en los momentos difíciles, a mi padre Jaime Torres, que ha sido mi gran amigo, quien siempre me ha brindado los mejores consejos y siempre ha sido mi ejemplo a seguir, a mi hermano, a cada amigo y a cada una de las personas que hicieron que este logro se pudiera hacer realidad, mil y mil gracias a todos.”

YEFFERSON LEONARDO TORRES DELGADO

“A Dios, por la fortaleza, salud y sabiduría para lograr alcanzar tan importante logro, quien ha sido mi principal guía en este proceso de aprendizaje, a mis padres por el respaldo, confianza y apoyo incondicional, por ser mi ejemplo a seguir, a mis hermanas por su compañía. A mi novio y amigos, por creer en mí y acompañarme a cumplir este sueño.”

TANIA KATHERINE MAZABEL ORDOÑEZ

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Jesús David Quintero director de este proyecto, quien ha puesto su conocimiento en servicio de inquietudes que se tuvieron durante el proceso de realización del proyecto. A los ingenieros Diego Méndez, Gustavo Adolfo Perdomo Y Edwin Ramírez, quienes siempre estuvieron prestos a ayudarnos a resolver las complicaciones que se presentaron durante el desarrollo de este proyecto. A todos nuestros compañeros con los que compartimos clase en el transcurso de la carrera y nos apoyaron incondicionalmente especialmente a nuestro amigo Jaime Bermeo. A todos los ingenieros del programa de electrónica, en especial al ingeniero Neisar Salazar Ramírez, quienes durante nuestra estadía en la universidad nos orientaron y brindaron asesorías con el fin de formarnos con las mejores bases académicas para enfrentarnos a la vida profesional.

A la red Tecnoparque Colombia nodo Angostura del SENA, en cabeza del ingeniero Juan Sebastián Luna, por creer, tener fe en el proyecto y brindarnos toda la asesoría técnica y moral necesaria para la consecución del mismo, al Centro De Formación Agroindustrial La Angostura, a cargo del veterinario Dr. Cándido Herrera Gonzales, por abrirnos las puertas de las instalaciones, brindarnos toda la ayuda logística para la consecución de este este trabajo, que es de ustedes y para ustedes.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de un prototipo para el monitoreo, registro y control de variables físico-químicas más representativas en la piscicultura tales como oxígeno disuelto, temperatura y pH en un cultivo de tilapia, esto con el fin de optimizar las condiciones de vida de esta especie de peces y contrarrestar los efectos negativos como el aumento de la mortalidad en el proceso de producción.

Para ello, el sistema cuenta con un sensor de temperatura tipo sonda de referencia DS18B20, un captador comercial para la medición de PH de referencia sen0161 y un detector de oxígeno disuelto de la empresa Atlas Scientific de nombre Dissolved Oxygen Kit; los cuales se encargarán de obtener los respectivos valores en tiempo real de cada una de las variables físico-químicas. El sistema también posee una etapa de control manejada por un computador de placa simple o comúnmente conocida como Raspberry Pi, que cumple con la tarea de adquirir toda la información.

El prototipo además posee una aplicación local desarrollada en Qt Designer cuyo objetivo es actuar como interfaz gráfica para la visualización y monitoreo constante de las mediciones realizadas por cada uno de los sensores, igualmente cuenta con un servidor que almacena y organiza de manera remota en una página web toda la información obtenida en una base de datos que el usuario puede visualizar con el fin de tener fácil acceso y monitoreo en tiempo real de los tanques o estanques de tilapia, proporcionando así una herramienta de vigilancia y consulta para los cultivadores.

Finalmente, se cuenta con una aplicación móvil para Android en la cual se pueden visualizar los parámetros analizados.

Palabras Clave: Piscicultura, Variables físico – químicas, temperatura, PH, oxígeno disuelto, Instrumentación electrónica.

ABSTRACT

This resume presents the design of a prototype for monitoring, recording and controlling the most representatives physic-chemical variables used in fish farming such as dissolved oxygen, temperature and PH; in order to optimize the conditions of this fish species and prevent the negatives effects like the high mortality rates in the production process.

For this purpose, the system has a sensor, a DS18B20 reference probe type as a temperature sensor, for PH the system has a commercial sensor reference sen0161 and for oxygen a sensor named Dissolved Oxygen Kit from the Atlas Scientific; which will be responsible for obtaining the respective values in real time of each physical-chemical variable. The system also has a control stage managed by a computer commonly known as Raspberry Pi, which fulfills the task of acquiring all the information.

The prototype also has a local application developed in Qt Designer whose objective is to work as a graphical interface for the visualization and constant monitoring of the measurements made by each sensor, also has a server that stores and organizes remotely on a web page the information obtained in a database which can be visualize by the user in order to have easy access and real time monitoring of tilapia tanks or ponds. This tool was design to provide assistance for surveillance and consultation for growers.

Finally, There is a mobile application for Android in which the parameters analyzed can be viewed.

Keywords: Fish culture, physicochemical variables, temperature, pH, dissolved oxygen, electronic instrumentation.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1 PISCICULTURA	3
1.1.1 Piscicultura intensiva	3
1.1.2 Cultivo de tilapia en piscicultura.....	5
1.1.3 Piscicultura en el Huila.....	6
1.2 METODOLOGÍAS ÁGILES (Scrum).....	8
1.2.1Scrum	8
CAPÍTULO 2	11
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA	11
2.1 ETAPA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	11
2.1.1 Alimentación Tanque 2	11
2.1.2 Alimentación Tanque 2	16
2.2 HARDWARE DEL CIRCUITO.....	16
2.2.1 Adecuación de los sensores	19
2.2.2 Raspberry	28
2.2.3 Arduino.....	30
2.2.4 Planta de Oxígeno	32
2.2.5 Compresores	35
2.2.6 Módulo de Relés	36
2.2.7 Diagrama de bloques del hardware.....	37
2.2.8 Implementación Sistema Flotante	37
2.2.8 Diseño de las cajas contenedoras de pantallas	39
2.2.9 costos de koré.....	40
CAPÍTULO 3	41
DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA	41
3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA	41
3.2 SPRINT 1	41

3.2.1 Programación Software para el sensor de oxígeno disuelto	42
3.2.2 Programación Software para el sensor de temperatura	44
3.2.3 Programación Software para la comunicación con Arduino y tomar las medidas del sensor de pH	44
3.2.4 Programación del microcontrolador Atmega 328-p mediante el software de Arduino..	45
3.3 SPRINT 2	45
3.3.1 Interfaz gráfica mediante Qt Designer.....	46
3.3.2 Funciones Específicas.....	48
3.4 SPRINT 3	48
3.4.1 Aplicación Web.	49
3.4.2 Aplicación Móvil.....	50
3.4.3 Modelo Vista Controlador de la app móvil.....	52
3.4.4 Alarma Mail.....	52
CAPÍTULO 4	53
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
4.1 CORROBORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES.....	53
4.1.1 Sensor de oxígeno disuelto.....	53
4.1.2 Sensor de temperatura.....	54
4.1.3 Sensor de PH.....	55
4.1.4 Análisis de datos	56
4.2 REGISTRO DE DATOS TANQUE 1	57
4.2.1 Sin usar el prototipo.....	57
4.2.2 Usando el prototipo.....	64
4.3 REGISTRO DE DATOS TANQUE 2	71
4.3.1 Sin usar el prototipo.....	71
4.4 RESULTADOS FINALES	72
4.4.1 Evaluación de niveles de OD sin el prototipo.	72
4.4.2 Evaluación de niveles de OD con el prototipo.	73
CAPÍTULO 5	74
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75

TRABAJOS FUTUROS	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS	78
ANEXO A: INSTALACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO RASPBAN	78
ANEXO B: ENTORNOS DE DESARROLLO UTILIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA ..	85
ANEXO C: MANUALES DE LOS EQUIPOS USADOS.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Piscicultura intensiva. Represa de Betania	4
Figura 2. Distribución de la producción piscícola por Departamentos.....	6
Figura 3. Municipios con mayor participación en el sector piscícola	7
Figura 4. Especies con mayor producción en el departamento del Huila	8
Figura 5. Diagrama del sistema de monitoreo y control.....	11
Figura 6. Etapa de alimentación del sistema	12
Figura 7. Panel Solar	13
Figura 8. Regulador de carga solar Leo20.....	13
Figura 9. Reguladores de carga solar Leo20 implementados en la unidad.....	15
Figura 10. Banco de Baterías del sistema conectadas en serie.....	15
Figura 11. Diagrama de conexión de Baterías del sistema.....	16
Figura 12. Hardware del Sistema	17
Figura 13. Diagrama de conexiones del sistema embebido.	18
Figura 14. Circuito de adecuación de los sensores	19
Figura 15. Conexión sensor digital de Temperatura.....	19
Figura 16. Sensor de temperatura digital DS18B20	20
Figura 17. Partes sensor de oxígeno disuelto Atlas Scientific	20
Figura 18. Sensor de oxígeno disuelto Atlas Scientific	21
Figura 19. Circuito EZO de oxígeno disuelto	21
Figura 20. Gráfica de mediciones oxígeno disuelto.....	26
Figura 21. Gráfica mediciones de temperatura	26
Figura 22. Sensor de pH	27
Figura 23. Partes Raspberry Pi 3.....	29
Figura 24. Pines de conexión Raspberry Pi 3	30
Figura 25. Partes del Arduino Uno	31
Figura 26. Planta de Oxígeno Speal SP10INT	32
Figura 27. Partes Planta de oxígeno disuelto	33
Figura 28. Diagrama de funcionamiento planta de oxígeno.....	34
Figura 29. Compresor de Aire- Resun MPQ-904A DC	35
Figura 30. Módulo de 2 relés.....	36
Figura 31. Diagrama de bloques del Hardware.....	37
Figura 32. Cuello de forma rectangular	37
Figura 33. Sistema Flotante.....	38
Figura 34. Prueba de flote	38
Figura 35. Cajas contenedoras en acrílico.....	39
Figura 36. Diagrama de flujo del código	43
Figura 37. Visualización Interfaz de parámetros de medición	47
Figura 38. Visualización Interfaz de créditos	47

Figura 39. Interfaz gráfica del aplicativo web.....	50
Figura 40. Interfaz gráfica aplicación móvil.....	51
Figura 41. MVC de la aplicación móvil.....	52
Figura 42. Alarma de niveles indeseados de parámetros.	52
Figura 43. Correlación de mediciones de oxígeno disuelto	53
Figura 44. Gráfico de correlación de mediciones de oxígeno disuelto.....	54
Figura 45. Gráfico de correlación de mediciones de temperatura	55
Figura 46. Gráfico de correlación de mediciones de pH.....	56
Figura 47. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 1	57
Figura 48. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 2.....	58
Figura 49. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 3	59
Figura 50. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 4	60
Figura 51. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 5.....	61
Figura 52. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 6.....	62
Figura 53. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 7	63
Figura 54. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 1	64
Figura 55. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 2.....	65
Figura 56. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 3	66
Figura 57. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 4	67
Figura 58. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 5.....	68
Figura 59. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 6.....	69
Figura 60. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 7	70
Figura 61. Datos de PH, durante los días de medición con el dispositivo	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de Oxígeno Disuelto.....	5
Tabla 2. Ficha técnica panel solar	12
Tabla 3. Ficha técnica del regulador de carga solar Leo20	14
Tabla 4. Características sensor DO Atlas Scientific.....	22
Tabla 5. Valores de concentración de oxígeno disuelto.....	23
Tabla 6. Mediciones de oxígeno disuelto.....	24
Tabla 7. Mediciones Oxígeno Disuelto.....	25
Tabla 8. Tabla de mediciones pH.....	27
Tabla 9. Especificaciones Sensor de pH	28
Tabla 10. Características Raspberry Pi 3	29
Tabla 11. Especificaciones técnicas de Arduino	31
Tabla 12. Especificaciones planta de Oxígeno Speal SP10INT	33
Tabla 13. Ficha Técnica Bomba de Aire- Resun MPQ-904A DC	35
Tabla 14. Costos del prototipo KORÉ	40
Tabla 15. Media aritmética Sensores de Oxígeno Disuelto.....	54
Tabla 16. Media aritmética Sensores de temperatura.....	55
Tabla 17. Media aritmética Sensores de pH	56
Tabla 18. Análisis estadístico primer día T1.....	58
Tabla 19. Análisis estadístico segundo día T1.....	59
Tabla 20. Análisis estadístico tercer día T1.....	60
Tabla 21. Análisis estadístico cuarto día T1	61
Tabla 22. Análisis estadístico quinto día T1	62
Tabla 23. Análisis estadístico sexto día T1	63
Tabla 24. Análisis estadístico séptimo día T1	64
Tabla 25. Análisis estadístico primer día T1.....	65
Tabla 26. Análisis estadístico segundo día T1.....	66
Tabla 27. Análisis estadístico tercer día T1.....	67
Tabla 28. Análisis estadístico cuarto día T1.....	68
Tabla 29. Análisis estadístico quinto día T1	69
Tabla 30. Análisis estadístico sexto día T1	70
Tabla 31. Análisis estadístico séptimo día T1	71

GLOSARIO

HTML: *HyperText Markup Language* (lenguaje de marcas de hipertexto), hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web.

APLICATIVO WEB: es la página que nos sirve para el gestionamiento de las reservas de los auditorios mediante la consulta a la base de datos de la universidad, es accesible por un navegador mediante una URL.

RASPBIAN: es una distribución del sistema operativo GNU/Linux y por lo tanto libre basado en Debian Wheezy para la placa Raspberry Pi, orientado a la enseñanza de informática.

PYTHON: Es un lenguaje de programación abierto y de alto nivel; con característica multiparadigma, es decir orientada a objetos, programación interpretativa y funcional.

GPIO: (Entrada/Salida de Propósito General) es un pin genérico en un chip, cuyo comportamiento (incluyendo si es un pin de entrada o salida) se puede controlar (programar) por el usuario en tiempo de ejecución.

RASPBERRY PI: es un ordenador de placa reducida con múltiples funciones.

AMPERIO: Unidad de intensidad de corriente eléctrica.

AMPERIO – HORA: Cantidad de electricidad transportada en 1 Hora por una corriente de 1 Amperio.

ARDUINO: Es una plataforma electrónica de código abierto basado en hardware y software fácil de usar. Está dirigido a cualquier persona que hace proyectos interactivos.

CORRIENTE DC: Es la corriente cuyas cargas eléctricas o electrones van en una sola dirección en un circuito electrónico cerrado, moviéndose del polo negativo al polo positivo.

ENERGIA FOTOVOLTAICA: Es la energía capaz de convertir la energía luminosa que transporta fotones de luz, en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despididos del material semiconductor a través de un circuito exterior.

HERBIVORO: Especie o ser vivo que se alimenta de hierbas.

MICRO SD: Es un tipo de memoria que almacena información. Hace parte del sistema implementado y es donde se almacenan los datos obtenidos.

RESISTENCIA: Componente electrónico encargado de evitar el paso de la corriente.

SOFTWARE: Es el conjunto de arreglos o programas que le permiten a un sistema realizar una tarea establecida por el programador.

TILAPIA ROJA: Especie de pez que se cultiva en gran cantidad en el departamento del Huila gracias a sus capacidades para resistir condiciones adversas.

pH: Nos indica la acidez o alcalinidad del agua.

VATIOS: Unidad de medición de potencia.

VOLTIOS: Unidad de medición de potencial eléctrico.

WIFI: Tecnología de comunicación inalámbrica con un alcance de hasta 100 metros, dividida según su transmisión en 802.11b que transmite a 11Mb/s., y en 802.11g que transmite a 54Mb/s.

HARDWARE: Conjunto de componentes o materiales que constituyen un circuito electrónico.

MySQL: Es un sistema de administración de bases de datos relacionales muy rápido y robusto. Fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, se han presentado diversos cambios en el medio ambiente a nivel mundial, claramente Colombia no ha estado exento de estas variaciones climáticas, ya que se ha evidenciado un incremento en las temperaturas, con grandes oleadas de calor. Pero adicional a esto, encontramos que indicadores como la pobreza y consecuentemente el hambre siguen teniendo una tendencia creciente. Debido a esto, se hace necesario optimizar los recursos que tenemos en nuestro entorno y alcance, para así garantizar un correcto aprovechamiento de los mismos y lograr favorecer la generación de empleo, el mejoramiento de la salud, y por ende las condiciones de vida.

Se puede observar que en la actualidad existen sectores productivos con alto crecimiento, como la piscicultura y la acuicultura que están desempeñando un papel importante en la disminución de los problemas sociales nombrados anteriormente. Hay que destacar que el principal factor productivo de este sector es el agua, y al ser un recurso vital y que está escaseando por cambios en el medio ambiente, es necesaria su utilización con precaución para su conservación y este sector se desarrolla sin generar grandes afectaciones comparado como las que podría tener una gran proporción de sectores productivos.

De esta manera, y debido al potencial de la piscicultura en el departamento del Huila, esta actividad se ha convertido en una de las principales aportantes a la economía del departamento, ya que la región cuenta con una amplia cobertura de agua. Por esta razón, es necesario lograr una optimización de los procesos que garantizan un mejor aprovechamiento y uso racional de los recursos naturales que se utilizan en esta labor, en la cual gran cantidad de personas ven su sustento diario y el de sus familias.

La producción piscícola es una industria bastante rentable, en este sector se fomenta la reproducción y cría de diversos peces y entre esos se encuentra la Tilapia, la cual es considerada uno de los peces con mayor futuro comercial, debido a que tiene un periodo de crecimiento muy corto, además son peces que se adaptan con facilidad para su reproducción; pero también es una actividad que demanda una gran cantidad de recursos naturales, tales como el agua, y representa una de las cadenas de las cuales se proyecta un gran futuro comercial.

Dado que en la actualidad existen avances tecnológicos que favorecen el aprovechamiento de estos recursos, se hace necesario implementar dicha tecnología en los procesos de producción que se llevan a cabo en la piscicultura,

con lo cual se garantizaría optimizar dichos procesos, a la vez que se ahorran recursos hídricos naturales importantes para el medio ambiente.

Para el cultivo adecuado de tilapia se requiere un proceso de oxigenación del agua que no se da de manera natural en lagos construidos por el hombre, por lo tanto, es necesario aumentar la cantidad de oxígeno en el líquido de manera artificial, para lograr producciones más eficientes; por ende, dicho proceso requiere que la implementación se realice de manera adecuada y para garantizar esto, es necesario que haya un sistema que monitoree, registre y controle en tiempo real el nivel de oxígeno en los lagos, utilizando internet y es lo que se pretende realizar en este trabajo de grado a través del diseño de un prototipo.

La metodología implementada en el proyecto es la Scrum, que busca el desarrollo ágil de software, bajo un marco de trabajo diseñado para lograr la colaboración eficaz de equipos en proyectos, esta metodología está compuesta por cuatro fases: planeación, puesta en escena, desarrollo y entrega. En la planeación se establece la visión, se fijan las expectativas y se asegura el financiamiento. La puesta en escena se identifican más requerimientos y se priorizan para la primera iteración, en la implementación se desarrolla el sistema y en la entrega se hace despliegue de operación.

De esta manera, la estructuración del proyecto se da de la siguiente manera:

En el primer capítulo se contextualiza la situación actual de la piscicultura, además de las características de los diferentes parámetros necesarios para mantener un adecuado hábitat acuático. El segundo capítulo describe el diseño e implementación de los elementos de control del sistema, compuesto por las diferentes estructuras físicas del sistema y circuitería para el acondicionamiento de los sensores y la adquisición de datos. En el tercer capítulo se desarrolla la programación del software del sistema que permite el control y automatización del acondicionamiento del hábitat acuático, además de exponer la aplicación principal que permite visualizar y monitorear los parámetros en tiempo real de cada una de las variables físico-químicas de control.

En el cuarto capítulo se resumen las pruebas y resultados obtenidos correspondientes al funcionamiento del prototipo, y finalmente en el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 PISCICULTURA

Según el número de especies que se cultivan, la piscicultura puede ser un *monocultivo*, cuando es una sola especie o clase de peces, y *policultivo*, cuando se manejan dos o más especies aprovechando los diferentes tipos de alimentación que presentan.

Según la intensidad con la que se practican los cultivos, la piscicultura se puede denominar extensiva e intensiva.

Algunas ventajas son:

- El costo de los peces se reduce, debido a que resulta más costoso llegar a los ríos para capturarlos, establecer métodos para conservarlos y llevarlos a los mercados.
- Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente, también se pueden usar campos de cultivo como los arrozales.
- El piscicultor puede calcular su producción según las necesidades del mercado, mientras que cuando los peces se capturan en el medio natural, es difícil saber cuál será la cantidad de organismos que se obtienen.
- El crecimiento y la engorda de peces pueden controlarse, aumentando o mejorando la dieta.
- En los estanques sólo se desarrollan las especies que se están cultivando y se evita la existencia de depredadores y competidores, por lo que la mortalidad natural debe ser mínima. También, al combatir a los parásitos, la calidad de los peces es mayor.

1.1.1 Piscicultura intensiva

Es hacia dónde va principalmente enfocado el estudio y realización del prototipo, pues consiste en cultivar peces en estanques u otras estructuras como jaulas y corrales, construidos especialmente para los tipos de especies que se trabajan, con un control lo más completo posible de toda la operación.

La piscicultura intensiva requiere de una serie de elementos indispensables como las características de los cuerpos de agua, los cuales pueden ser naturales o artificiales, siendo su unidad de producción el estanque, la jaula, o el corral entre otros y deben tener un suministro de agua conveniente y localizarse en un terreno apropiado.

Asimismo, es indispensable el control que se ejerce sobre la masa de agua. Se tiene que disponer durante todo el año de la cantidad suficiente de agua, y ésta debe llegar a las instalaciones por medios naturales evitando, hasta donde sea posible, el uso de bombas y otros mecanismos para moverla. El vaciado y el llenado deben realizarse fácilmente.

El terreno donde se establece la piscicultura intensiva tiene que caracterizarse por su impermeabilidad, por ser fácil de cavar y por presentar un declive que permita que el agua llegue a las instalaciones por gravedad, debido a que la fuente de abastecimiento se encuentra más arriba que la zona de los estanques.

Lo más recomendable es que se haga piscicultura con las especies locales, por la aceptación que tradicionalmente tienen y por lo adaptadas que se encuentran con el medio; pero en algunos países ha sido necesario llevar especies que presenta ventajas de cultivo sobre las nativas, como es el caso de las carpas y las tilapias, que han tenido gran difusión en México, Centroamérica y América del Sur¹.



Figura 1. Piscicultura intensiva. Represa de Betania

Fuente: <http://www.huila.gov.co/dependencias/secretarias/agricultura-y-mineria/69961-gobernacion-del-huila-fortalece-sector-piscicola>

¹ (Cifuentes Lemus, Torres Garcia, & Frias Mondragon)

1.1.2 Cultivo de tilapia en piscicultura

Por lo menos 14 especies de tilapia han sido cultivadas en todo el mundo, debido a su resistencia, su facilidad de crianza, su rápido crecimiento y la calidad de su carne. Realizando cruza entre diferentes especies también se ha logrado que presenten colores llamativos como los rojos, que son más aceptados por la gente que el negro característico.

Las tilapias son consideradas como peces más o menos herbívoros, aunque algunas de las especies prefieren el plancton y otras llegan a aceptar alimento animal. Son generalmente voraces, por lo que las herbívoras pueden ser utilizadas para el control biológico de malezas acuáticas.² Son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales. Debido a su naturaleza híbrida, se adapta con gran facilidad a estanques, lagunas, reservorios y en general a medios confinados. Para su producción y cultivo, estas especies necesitan de un óptimo rango de las variables fisicoquímicas de gran importancia como lo son el oxígeno disuelto y la temperatura. A mayor cantidad de oxígeno en el agua, mejor calidad de la misma.

Tabla 1. Rangos de Oxígeno Disuelto

Oxígeno (ppm)	Efectos
0 – 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos periodos.
0.3 – 2.0	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 – 4.0	Los peces sobreviven, pero crecen lentamente.
>5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

Fuente: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Basado en la información relacionada anteriormente en donde encontramos que el departamento del Huila es uno de los principales productores de tilapia, y observando las dificultades que tienen los piscicultores en relación con la alta tasa de mortalidad, se decidió realizar un sistema que sea la fase inicial a través del monitoreo de algunas variables fisicoquímicas para que el piscicultor conozca cuales son los puntos críticos en el día de su cultivo, y así ayudar a disminuir dicho índice.

² Cifuentes Lemus, J. L., Torres Garcia, M. d., & Frias Mondragon, M. (s.f.). *EL OCEANO Y SUS RECURSOS XI. Acuicultura. Seccion Piscicultura*. Obtenido de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/090/html/sec_7.html

1.1.3 Piscicultura en el Huila

El cultivo de peces en jaulas en Colombia a nivel empresarial prácticamente es propio del Huila, gracias a la presencia de la represa de Betania, la cual cuenta con litorales en los municipios de Yaguará, Campoalegre y Hobo, esta represa agua de los ríos Magdalena y Yaguará, se encuentra ubicada a 40 Km. de Neiva la capital, está sobre 550 m.s.n.m.³, con temperatura promedio ambiental de 24°C. Este cuerpo de agua es ideal para el cultivo de especies tropicales como es el caso de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y la tilapia nilótica (*var. Chitralada*).⁴

En el Huila el desarrollo de la cadena piscícola ha sido bastante exitoso y ha generado múltiples oportunidades productivas, hoy en día, con base en sus ventajas comparativas y competitivas, el departamento es el primer productor de tilapia a nivel nacional aportando cerca del 51% de la producción total del país.⁵

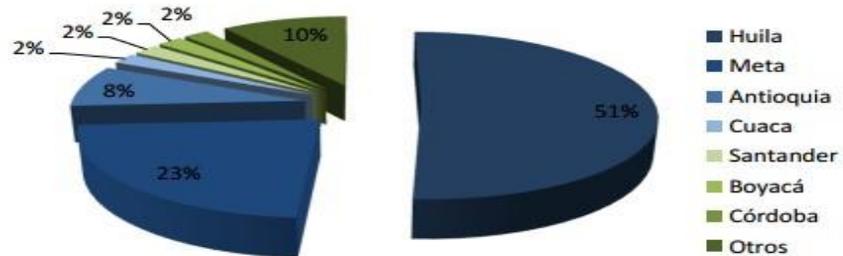


Figura 2. Distribución de la producción piscícola por Departamentos

Fuente: MADR – secretaria técnica nacional cadena de la acuicultura

La piscicultura en el Huila muestra una clara tendencia a la expansión, especialmente en lo que se refiere al cultivo de tilapia. Adicionalmente, dentro del cultivo de esta especie se observa un cambio en la tendencia a compartir el cultivo de tilapia o mojarra roja con el cultivo de la tilapia plateada o *nilótica*, especialmente la *Var chitralada*, debido a que esta última presenta un mejor comportamiento productivo, lo cual resulta especialmente beneficioso para la obtención de filetes de mayor tamaño y más homogéneos, dos condiciones muy importantes para la exportación.

³ Metros sobre el nivel del Mar.

⁴ Huila, G. d. (s.f.). *Informe Cadena piscícola del Huila, p.4.* Obtenido de <http://www.huila.gov.co/documentos/I/INFORMECADENAPISCICOLAHUILA.pdf>

⁵ Huila, G. d. (s.f.). *Informe Cadena piscícola del Huila, p.5.* Obtenido de <http://www.huila.gov.co/documentos/I/INFORMECADENAPISCICOLAHUILA.pdf>

La producción piscícola en el Huila se desarrolla en dos sistemas de producción:

- Estanques en tierra en 31 municipios
- Jaulas flotantes en la represa de Betania

El sistema de estanques representa el 42,8% del total de la producción departamento, y de esta el 42.1% aproximadamente es aportada por el segmento de pequeños y orientada a su seguridad alimentaria, los grandes cultivadores en estanques aportan el 44,2 % y los medianos el 13,7%.⁶

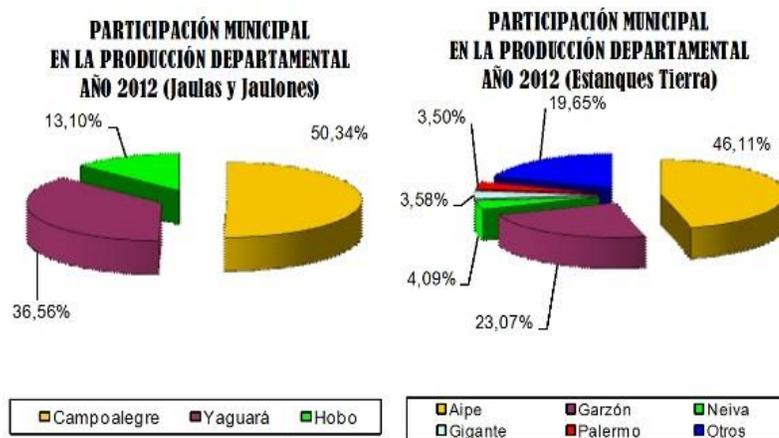


Figura 3. Municipios con mayor participación en el sector piscícola
Fuente: Anuario Estadístico Agropecuario Gobernación del Huila. 2012.

En cuanto a la adopción de nuevas tecnologías, los esfuerzos en investigación con tilapia son todavía muy recientes, sin embargo es importante denotar que la experiencia práctica de los empresarios locales ha sido fundamental para el desarrollo exitoso de este cultivo, teniendo como clave la rentabilidad de la empresa, medida por su “Costo de Producción vs. Costo de Ventas”, objetivo logrado gracias a la experiencia, dedicación, mística y un acertado manejo de las piscícolas, lo cual demanda un gran conocimiento no solo del medio ambiente que rodea al cultivo, sino el ambiente socioeconómico y político en el cual se debe desarrollar.

⁶ Huila, G. d. (s.f.). *Informe Cadena piscícola del Huila, p.5*. Obtenido de <http://www.huila.gov.co/documentos/I/INFORMECADENAPISCICOLAHUILA.pdf>

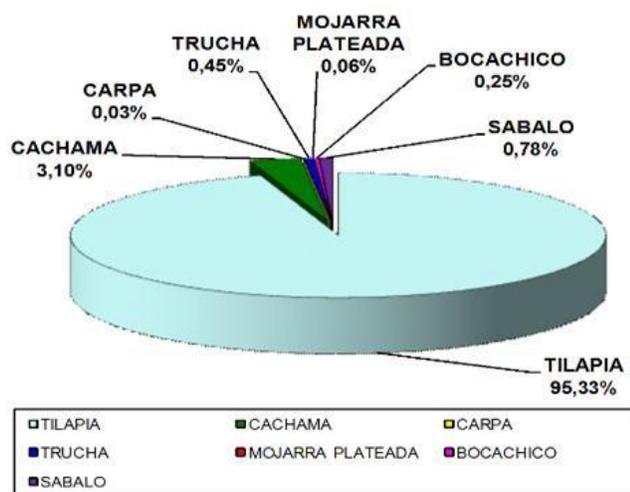


Figura 4. Especies con mayor producción en el departamento del Huila

Fuente: Anuario Estadístico Agropecuario Gobernación del Huila. 2012

1.2 METODOLOGÍAS ÁGILES (Scrum)

Las metodologías ágiles son flexibles, pueden ser modificadas para que se ajusten a la realidad de cada equipo y proyecto. Los proyectos ágiles se subdividen en proyectos más pequeños mediante una lista ordenadas de características. Cada proyecto es tratado de manera independiente y desarrolla un subconjunto de características durante un periodo de tiempo corto. La comunicación con el cliente es constante. Los proyectos son altamente colaborativos y se adaptan mejor a los cambios, generan entregas constantes al cliente y se origina poca documentación.⁷

La metodología que se utilizó para el desarrollo de este proyecto es Scrum.

1.2.1 Scrum

La metodología Scrum para el desarrollo ágil de software es un marco de trabajo diseñado para lograr la colaboración eficaz de equipos en proyectos, que emplean un conjunto de reglas y artefactos y define roles que generan la estructura necesaria para su correcto funcionamiento.

⁷ NAVARRA CADAVID, Andrés, FERNANDEZ MARTINEZ, Juan Daniel, MORALES VELÉZ, Jonathan. Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *En:* Revista PROSPECTIVA: Una nueva visión para la ingeniería. Vol 11, No 2 (Julio- Diciembre, 2013); p.

Scrum utiliza un enfoque incremental que tiene como fundamento la teoría del control empírico de procesos. Esta teoría se fundamenta en la transparencia, inspección y adaptación.

Los llamados equipos Scrum son auto-gestionados, multifuncionales y trabajan en iteraciones. La auto-gestión les permite elegir la mejor forma de hacer el trabajo. Los integrantes del equipo tienen todos los conocimientos necesarios (por ser multifuncionales) para llevar a cabo el trabajo. La entrega del trabajo se hace en iteraciones, cada iteración crea nuevas funcionalidades o modifica las que el dueño del producto requiera.

Scrum define tres roles: el Scrum master, el dueño del producto y el equipo de desarrollo. El Scrum master tienen como función asegurar que el equipo está adoptando la metodología, sus prácticas, valores y normas; es el líder del equipo, pero no gestiona el desarrollo. El dueño del producto es una sola persona y representa a los interesados, tienen entre sus funciones gestionar la lista ordenada de funcionalidades requeridas o el Product Backlog. El equipo de desarrollo tiene la responsabilidad de convertir lo que el cliente quiere, el Product Backlog, en iteraciones funcionales del producto.

Scrum define un evento principal o Sprint que corresponde a una ventana de tiempo donde se crea una versión utilizable del producto, cada sprint se considera un proyecto independiente. Su duración máxima es de un mes. Un Sprint se compone de los siguientes elementos: reunión de planeación del Sprint, Daily Scrum, trabajo de desarrollo, revisión del Sprint y retrospectiva del Sprint.

En la reunión de planeación del Sprint se define su plan de trabajo, el diseño del sistema y la estimación de la cantidad de trabajo. Esta actividad dura 8 horas para un Sprint de un mes, si tiene una duración menor, se asigna el tiempo de manera proporcional.

El Daily Scrum es un evento del equipo de desarrollo de 15 minutos, que se realiza cada día con el fin de explicar lo que se ha alcanzado desde la última reunión.

Revisión del Sprint ocurre al final del Sprint, en esta etapa el dueño del proyecto revisa lo que se hizo, identifica lo que no se hizo y discute acerca del Product Backlog; el equipo de desarrollo cuenta los problemas que encontró y la manera en que fueron resueltos, y muestra el producto y su funcionamiento.

La Retrospectiva del Sprint es una reunión del equipo Scrum en la que se analiza cómo fue la comunicación, el proceso y las herramientas; que estuvo bien, que no y se crea un plan de mejoras para el siguiente Sprint.

Los Artefactos son subproductos de las actividades del marco de trabajo que le brindan dirección y transparencia al equipo. Los artefactos de Scrum son: Product Backlog, Sprint Backlog, Monitoreo de Progreso e Incremento.

El Product Backlog es una lista ordenada por valor riesgo prioridad y necesidad de los requerimientos que el dueño del producto define actualiza y ordena. La lista tiene como característica particular que nunca está terminada, pues evoluciona durante el desarrollo del proyecto.

El Sprint Backlog es un subconjunto de ítems del Product Backlog y el plan para realizar en el incremento del producto. Es construido con los requerimientos más prioritarios del Product Backlog y con aquellos que quedaron por resolver en el Sprint anterior.

El monitoreo de Progreso consiste en la suma del trabajo que falta por realizar en el Sprint, le permite al dueño del producto evaluar el progreso del desarrollo.

El incremento es la suma de todos los ítems terminados en el Sprint Backlog, se considera que un ítem está terminado si es funcional. La suma de ítems terminados es el producto a entregar.

El ciclo de trabajo de este marco de trabajo está compuesto de cuatro fases: planeación, puesta en escena, desarrollo y entrega. En la planeación se establece la visión, se fijan las expectativas y se asegura el financiamiento. La puesta en escena se identifican más requerimientos y se priorizan para la primera iteración, en la implementación se desarrolla el sistema y en la entrega se hace despliegue de operación.

CAPÍTULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA

A continuación, se mostrarán las diferentes etapas del sistema de monitoreo y control gráficamente y posteriormente se explicarán cada una de las mismas.

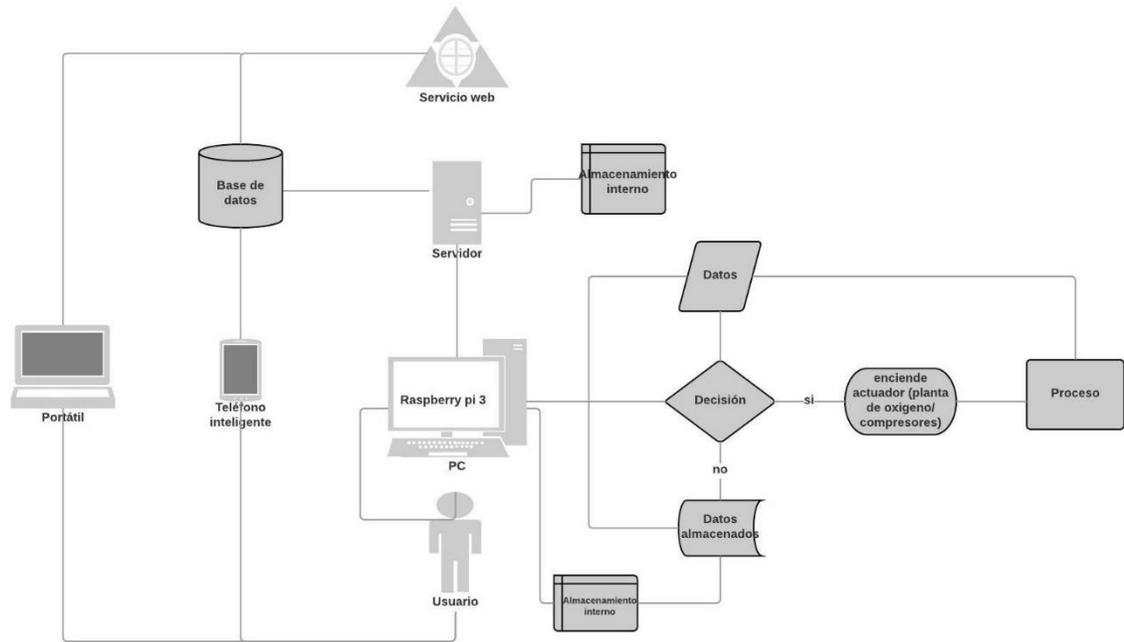


Figura 5. Diagrama del sistema de monitoreo y control
Fuente: *Autores*

2.1 ETAPA DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

2.1.1 Alimentación Tanque 2

En la etapa de alimentación se implementan dos sistemas, el primero será alimentado a través de un panel solar de 20 W (tanque 2), el cual contara con un controlador de voltaje DC – DC de 24 V que estará conectado a un banco de baterías de 12 V a 7.5 A-h conectadas en serie para aumentar su voltaje a 24 V y así referenciar el nivel de tensión con el que trabajara dicho sistema; este voltaje alimentara al circuito, y este a su vez, se encarga de regular los voltajes a 5V, a -5V y a 3.3V que necesita para su funcionamiento.

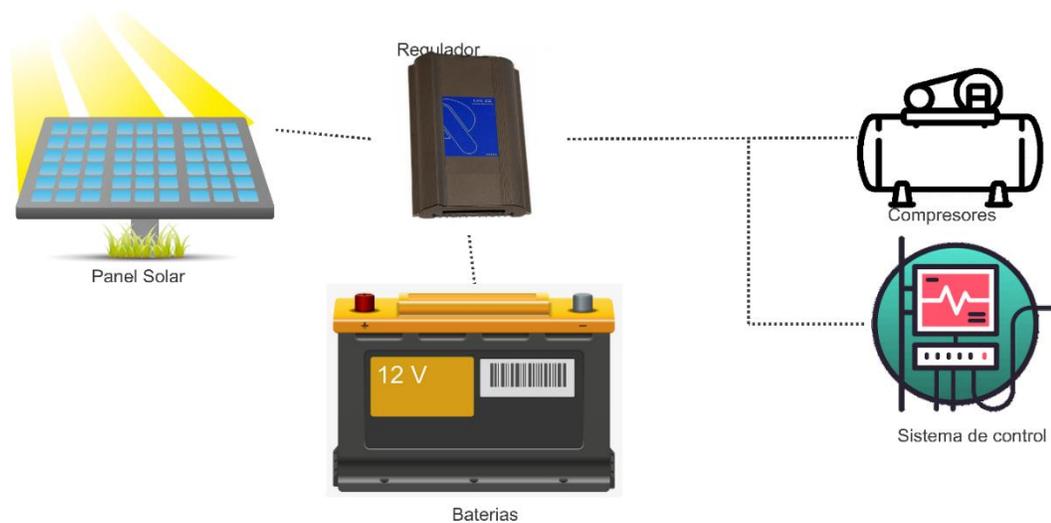


Figura 6. Etapa de alimentación del sistema
Fuente: Autores

2.1.1.1 Panel Solar Fotovoltaico

Este panel es el encargado de obtener la energía solar y transformarla en energía eléctrica a través de sus células fotovoltaicas construidas de silicio, que dependen del efecto fotovoltaico donde la energía lumínica produce dos cargas una positiva y otra negativa en dos semiconductores cercanos de diferente tipo, lo que produce un campo eléctrico capaz de inducir una corriente. Las siguientes son las especificaciones técnicas del panel utilizado:

Tabla 2. Ficha técnica panel solar

Dimensiones (L / A / G)	1650mm / 990mm / 40mm
Peso	19.1 Kg
Corriente	8.24 A
Voltaje Máximo	30.4 V
Potencia	250 watts

Fuente: Autores



Figura 7. Panel Solar

Fuente: <https://d1819pwkf4ncw.cloudfront.net/files/documents/2013yge60lr-80911.pdf>

2.1.1.2 Regulador de carga solar

Los reguladores solares fotovoltaicos son equipos compuestos por paneles solares que vigilan y regulan la carga de los acumuladores, evitando con ello que el sistema de acumulación sufra cualquier tipo de sobre descarga o sobrecarga que afecte a su vida útil.

Para controlar la corriente proveniente del panel, es necesario utilizar dos reguladores de carga solar. Esta corriente llega a los dos reguladores Steca y Leo 20, el cual garantiza que el voltaje que llega del panel a las baterías y al circuito, sea el requerido, esto con el fin de que las baterías no se descarguen y que el sistema funcione sin interrupciones.



Figura 8. Regulador de carga solar Leo20

Fuente: <http://www.atersa.com/Common/pdf/atersa/manuales-usuario/regulacion-control/Ficha-Tecnica-LEO-20.pdf>

Este cargador (figura 8.) fue el utilizado en el sistema implementado, y sus características se pueden observar en el cuadro 3.

Tabla 3. Ficha técnica del regulador de carga solar Leo20

LEO 20	MODELOS				
	BÁSICO	MAESTRO		ESCLAVO	
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
Tensión Nominal (V)	12/24	12/24	48	12/24	48
Tensión máxima Trabajo (V)	45	45	90	45	90
Consumo medio Regulador (mA)	10	10	12	10	12
Corriente máx. Paneles / Consumo constante (A) IN(*)	50/50			50/*	
Corriente máx. Paneles / Consumo 1 minuto (A) 1,2 x IN	60/60			60/*	
Corriente de Cortocircuito de Paneles / consumo (A)	50/300			50/*	
Tiempo de detección de Cortocircuito	<500 μ s				
Rango de Temperatura de funcionamiento	-20... +40 °C				
Rango de Temperatura de Almacenamiento	-20... +75 °C				
Precisión Medida de Tensión	2% FS + 2 dígitos				
Precisión Medida de Corriente	3% FS + 4 dígitos				
Resolución interna de la Tensión	0,1 V				
Resolución interna de la Corriente	0,01 A				
Entrada externa de Shunt	150 A / 60 mV			NO	
Entrada externa Tensión Batería	NO	SI		NO	
Rango sonda externa Temperatura	NO	-20...+80 °C		NO	
3 Relés de alarma	NO	30 Vdc / 0.1 A		NO	
Teclado 4 teclas y Display LCD bajo consumo	SI			NO	
Humedad Relativa (sin condensaciones)	-90%				
Máxima sección admisible en las bornas (mm ²)	25				
Altura máx. de trabajo	2500 m				

IN(*) Corriente nominal a 40°C. Reducción corriente por temperatura: a 45°C la corriente es 45A, a 50°C la corriente es 35A.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
Envolvente	Aluminio
Peso	2 Kg
Dimensiones (H x W x L)	300x200x63 mm
Grado protección	IP 20

Fuente: https://autosolar.es/pdf/LEO_20_Basico.pdf



Figura 9. Reguladores de carga solar Leo20 implementados en la unidad

Fuente: Autores

2.1.1.3 Banco de Baterías

Las baterías tendrán la función de alimentar el circuito y suministrar la corriente necesaria para que el sistema tenga un óptimo rendimiento en su funcionamiento con el fin de que tenga la autonomía requerida las 24 horas.

Para la implementación de la alimentación, se usaron 8 baterías de 12 voltios, en pares conectadas en serie para formar 24 voltios, en total, el sistema tiene una capacidad de 60 A/H.



Figura 10. Banco de Baterías del sistema conectadas en serie

Fuente: Autores

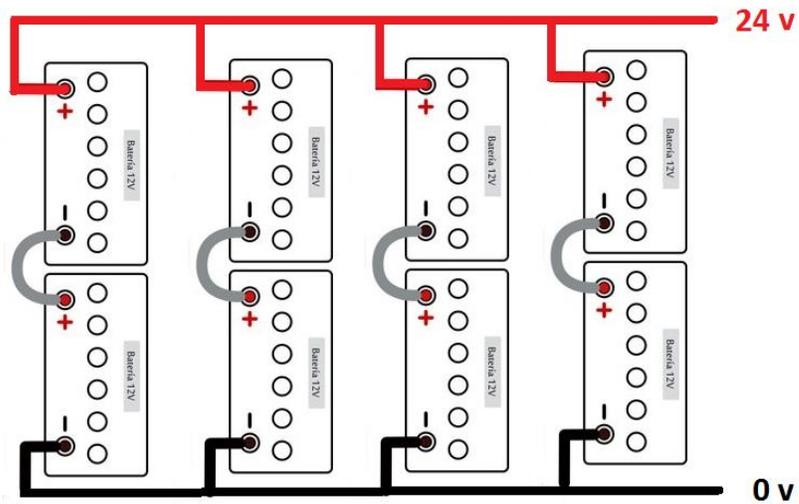


Figura 11. Diagrama de conexión de Baterías del sistema
Fuente: Autores

2.1.2 Alimentación Tanque 2

El tanque 2 es alimentado a través de la red de energía eléctrica convencional.

2.2 HARDWARE DEL CIRCUITO

El circuito es alimentado por los 110V AC provenientes del inversor en el tanque 1 y la red eléctrica convencional que también nos proporciona 110V AC en el tanque 2, el cual se encargará de regular y distribuir los diferentes niveles de voltaje que requiere el sistema.

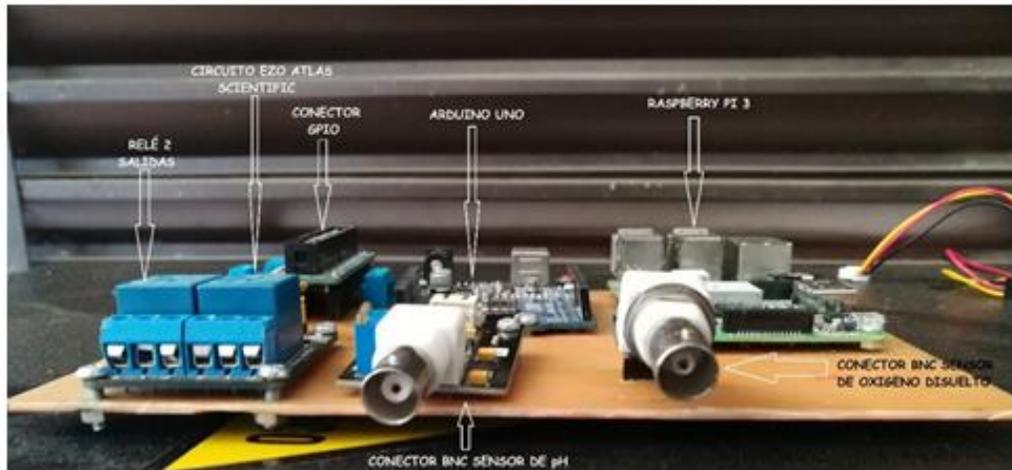
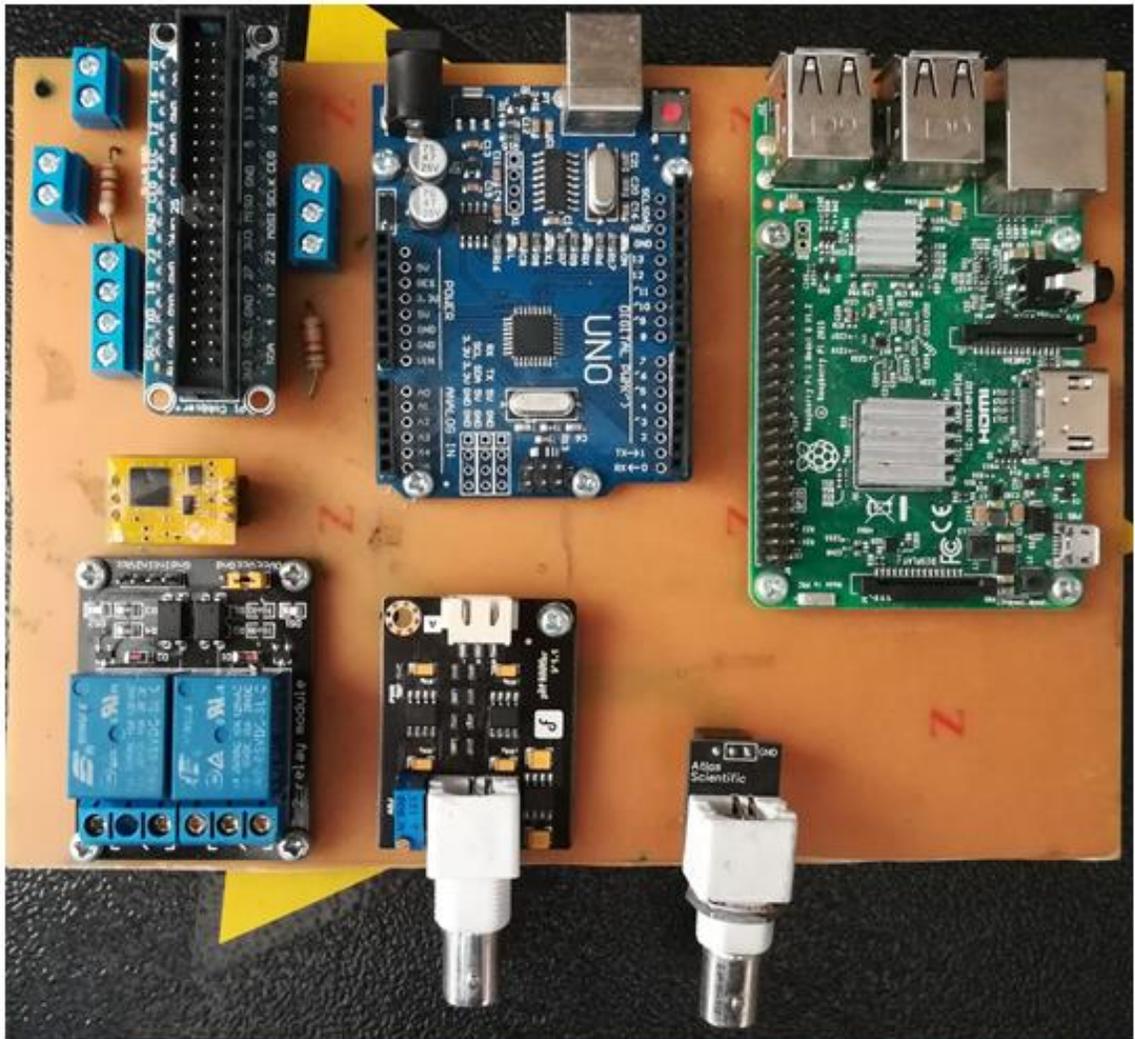


Figura 12. Hardware del Sistema
Fuente: Autores

El hardware del circuito consta de un nivel (ver figura 11) donde se encuentra el circuito encargado adecuar la señal proveniente de los sensores y el procesamiento el cual se lleva a cabo en la Raspberry, KORÉ es el nombre que elegimos para dispositivo.

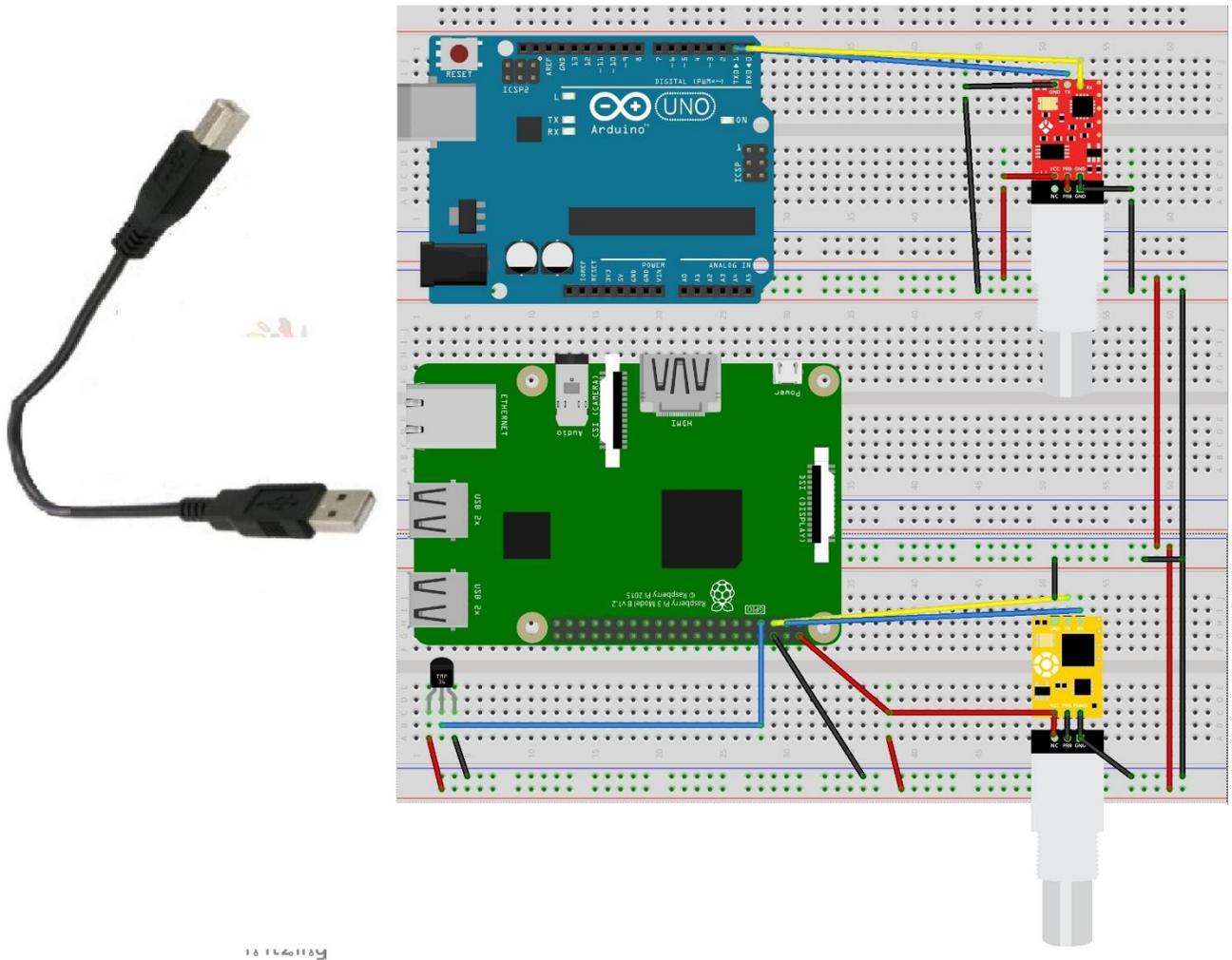


Figura 13. Diagrama de conexiones del sistema embebido.
Fuente: Autores

2.2.1 Adecuación de los sensores

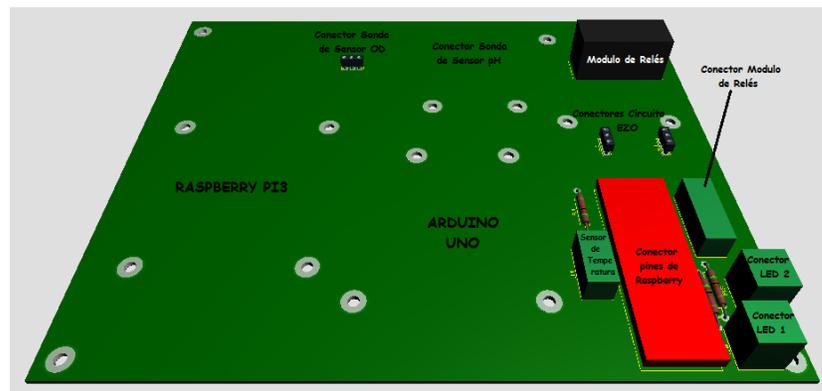


Figura 14. Circuito de adecuación de los sensores

Fuente: Autores

No hubo necesidad de adecuación de los sensores mediante componentes electrónicos, esto debido a que la Raspberry trabaja a 5 voltios DC, los puertos GPIO a 3.3v, y los sensores usados trabajan en un rango de voltaje de 3 a 5 voltios DC, lo cual facilito bastante el proceso.

2.2.1.1 Sensor de temperatura

Para Monitorear la temperatura del sistema, se utilizó el sensor DS18B20, el cual es un termómetro digital de alta precisión ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) que cuenta con tres terminales, dos para alimentación (rojo y negro), y un terminal DATA (Amarillo)

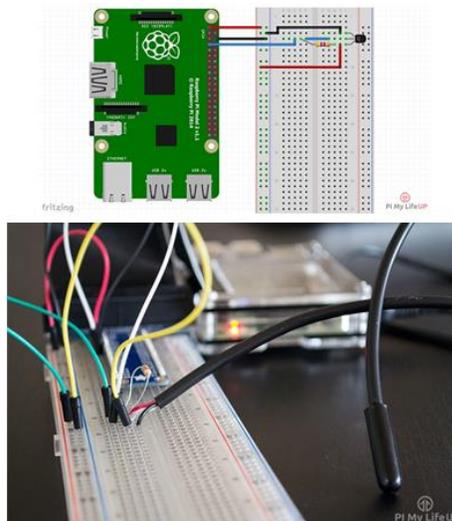


Figura 15. Conexión sensor digital de Temperatura

Fuente: <https://pymylifeup.com/raspberry-pi-temperature-sensor/>

El terminal negro del sensor digital va conectado a GND, el terminal amarillo va al pin 7 de la Raspberry el cual corresponde al GPIO 4, no sin antes estar conectado por una resistencia R1 de 5.1K la cual también va conectada al terminal rojo del sensor que va hacia la alimentación.



Figura 16. Sensor de temperatura digital DS18B20

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-ds18b20-tipo-sonda/>

2.2.1.2 Sensor de oxígeno disuelto

Para monitorear el oxígeno disuelto en los estanques, se utilizó el sensor Atlas Scientific el cual puede enviar la información por medio de comunicación USB, I2CM UARD, está conformado por un electrodo polarográfico que mide la concentración del oxígeno disuelto en agua y soluciones acuosas. Un cátodo platino y un ánodo de referencia de plata/cloruro de plata en un electrolito de KCl, está separados de la muestra por una membrana plástica permeable al gas.

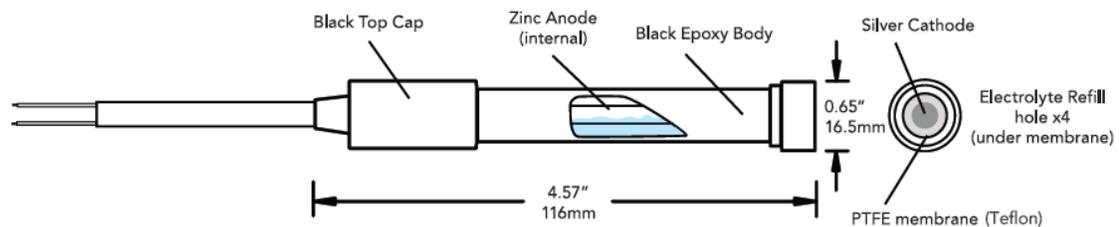
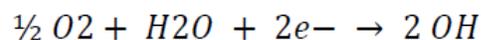
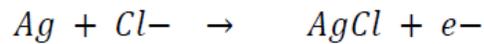


Figura 17. Partes sensor de oxígeno disuelto Atlas Scientific

Un voltaje fijo se aplica al electrodo de platino. Como el oxígeno se difunde por la membrana al cátodo, se reduce:



La oxidación se produce en el electrodo de referencia (ánodo)



Corriente se convierte en voltaje proporcional, que se amplifica y se lee por cualquier interfaz de Vernier.

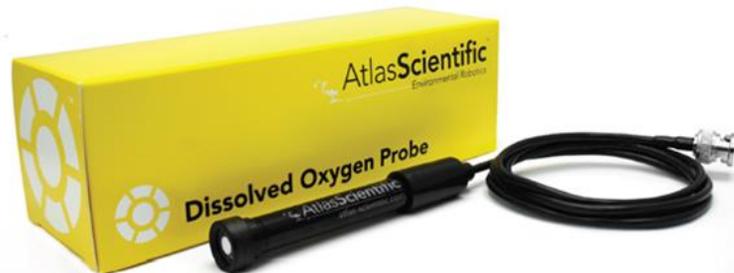


Figura 18. Sensor de oxígeno disuelto Atlas Scientific

Fuente: https://www.atlas-scientific.com/product_pages/probes/do_probe.html

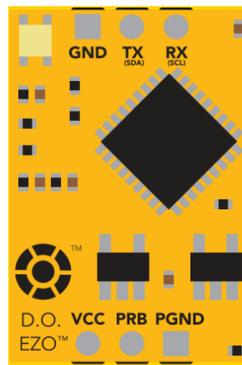


Figura 19. Circuito EZO de oxígeno disuelto

Fuente: https://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_circuit/DO_EZO_Datasheet.pdf

GND: conectado a la tierra de la fuente de alimentación.

SDA: conectado al pin 3 (SDA) de la Raspberry correspondiente al modo i2c.

SCL: conectado al pin 5 (SCL) de la Raspberry correspondiente al modo i2c.

VCC: conectado a la fuente de alimentación 2.5 v 5.5v

PRB: conexión sonda - BNC

PGND: conexión tierra de la sonda – BNC

El sistema de monitoreo de oxígeno que provee la compañía "Atlas Scientific", puede ser acoplado a cualquier sonda o sensor de oxígeno disuelto galvánica (HDPE). Las lecturas son presentadas directamente en Mg/L y tienen una capacidad de compensar las variaciones de temperatura y salinidad.

Tabla 4. Características sensor DO Atlas Scientific

D.O. Stamp	Características
Lecturas	En el rango de +/- 0.1. De forma individual o en modo continuo.
Calibración	En 5 segundos. (De ser necesaria; a través de 8 comandos simples)
Temperatura	Lecturas dependientes o independientes de la temperatura.
Conductividad	Lecturas dependientes o independientes de la conductividad del medio acuoso.
Medio de uso	Agua dulce, salada y salobre.
Conectividad	RS-232 (oscilación de voltaje 0-VCC); y conector BNC macho.
Voltaje	2.5 V a 5.5 V
Consumo	1.6 mA (modo activo) y 0.7 mA (modo de reposo).
Indicador	Led de depuración.

Fuente: Autores

A) Pruebas sobre el módulo de control de oxígeno: Estas pruebas se desarrollan en torno a los sensores que componen el sistema y que se utilizan para capturar los datos que serán enviados a la interfaz diseñada en Qt, estas pruebas constan en calibrar los sensores con patrones definidos, en nuestro caso a través de un sensor de la compañía HANNA, el cual es usado para realizar pruebas de oxígeno disuelto en la unidad de piscicultura del Sena nodo Angostura, en el caso del sensor de oxígeno Atlas Scientific el circuito EZO se encarga de hacer las compensaciones, pero es necesario calibrarlo en la atmósfera como lo especifica el manual.

B) Calibración del sensor de oxígeno disuelto: Después de calibrar el módulo con los parámetros establecidos en el manual utilizando el oxígeno de la atmósfera para realizar este proceso, es necesario calibrar el sensor de oxígeno con un parámetro definido u otro sensor que su calibración se haya realizado poco tiempo después de la calibración del sensor o con una solución con 0% de oxígeno disuelto que viene con la sonda comprada, los pasos para realizar esta calibración son:

1. Conectar el módulo D.O. y la sonda con el microcontrolador o conexión i2c para poder visualizarlo.

2. Sincronizar el i2c o el micro controlador al computador para visualizar y poder enviar comandos al módulo la comunicación debe ser 38400 bits por segundo, 8 bits de datos, paridad Ninguno, bits de parada 1, control de flujo ninguno.
3. Sumergir la sonda en la solución de 0% oxígeno.
4. Dejar la sonda sumergida hasta que el oxígeno llegue a 0.
5. Después de 5 minutos, con el código proporcionado por el fabricante para el software Python, procedemos a la calibración.

Ingresar el comando: “cal,0” de calibrar, el LED se encenderá Cian durante la calibración, después de 1.3 segundos el D.O. Stamp transmitirá “1” indicando que la orden ha sido procesada correctamente.

La realización de la prueba de acondicionamiento se ejerce en horas de la madrugada tomando mediciones cada cinco minutos con el sensor de oxígeno disuelto “Atlas Scientific” en este caso se toman mediciones durante 4 horas, (48 mediciones), midiendo también la temperatura para hacer una comparación con la tabla 5 que ofrece los valores teóricos de la concentración de oxígeno disuelto. En la tabla 6 se encuentran los valores prácticos obtenidos durante la prueba de medición del sensor para su posterior calibración.

Tabla 5. Valores de concentración de oxígeno disuelto

Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
0	14.6	16	9.9
1	14.2	17	9.7
2	13.8	18	9.6
3	13.5	19	9.3
4	13.1	20	9.1
5	12.8	21	8.9
6	12.5	22	8.7
7	12.1	23	8.6
8	11.8	24	8.4
9	11.6	25	8.3
10	11.3	26	8.1
11	11.0	27	8.0
12	10.8	28	7.8
13	10.5	29	7.7
14	10.3	30	7.6
15	10.1	31	7.5

Fuente: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf

Tabla 6. Mediciones de oxígeno disuelto

MEDICIONES DE OXIGENO DISUELTO			
HORA 1			
Medicion	Temperatura	O M mg/L	O T mg/L
1	24.5	8.29	8,320
2	24.4	8.31	8,336
3	24.5	8.30	8,320
4	24.5	8.34	8,320
5	24.6	8.36	8,304
6	24.6	8.36	8,304
7	24.6	8.38	8,304
8	24.6	8.39	8,304
9	24.6	8.35	8,304
10	24.6	8.36	8,304
11	24.6	8.39	8,304
12	24.6	8.38	8,304
HORA 2			
	Temperatura	O M mg/L	O T mg/L
13	24.3	8.45	8,352
14	24.3	8.45	8,352
15	24.3	8.49	8,352
16	24.3	8.47	8,352
17	24.3	8.45	8,352
18	24.3	8.48	8,352
19	24.3	8.49	8,352
20	24.3	8.47	8,352
21	24.3	8.49	8,352
22	24.3	8.48	8,352
23	24.3	8.46	8,352
24	24.2	8.49	8,368
HORA 3			
	Temperatura	O M mg/L	O T mg/L
25	24.1	8.44	8,384
26	24.1	8.49	8,384
27	24.1	8.50	8,384
28	24.1	8.51	8,384
29	24.1	8.49	8,384
30	24.1	8.50	8,384
31	24.1	8.49	8,384
32	24.1	8.49	8,384
33	24.1	8.50	8,384

34	24.1	8.52	8,384
35	24.1	8.54	8,384
36	24.1	8.50	8,384
	HORA 4		
	Temperatura	O M mg/L	O T mg/L
37	23.9	8.51	8,416
38	23.9	8.51	8,416
39	23.9	8.49	8,416
40	23.9	8.51	8,416
41	23.9	8.49	8,416
42	23.9	8.51	8,416
43	23.9	8.49	8,416
44	23.9	8.50	8,416
45	23.9	8.52	8,416
46	23.9	8.49	8,416
47	23.9	8.48	8,416
48	23.9	8.49	8,416
O M : Oxígeno Medido		O T : Oxígeno Teorico	

Fuente: Autores

Tabla 7. Mediciones Oxígeno Disuelto

Promedio Oxígeno Disuelto medido (mg/L)	8.46
Promedio Oxígeno Disuelto teórico (mg/L)	8.366
Desviación Estándar Oxígeno Disuelto medido	0.06569
Desviación Estándar Oxígeno Disuelto teórico	0.03969
Error Relativo (%)	1.06%

Fuente: Autores

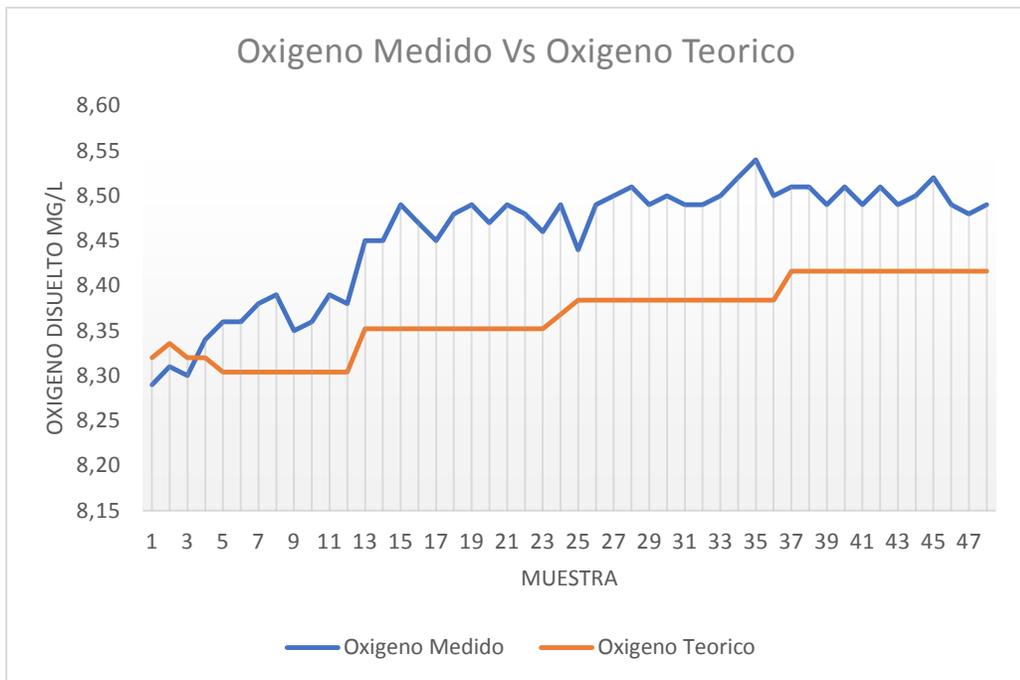


Figura 20. Gráfica de mediciones oxígeno disuelto
Fuente: Autores

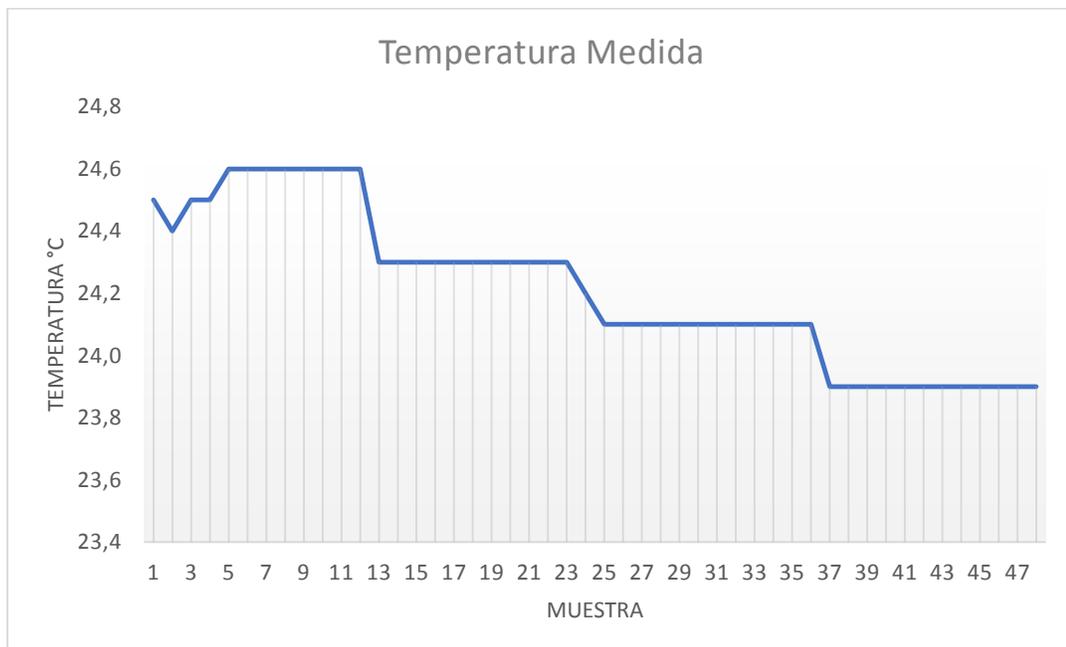


Figura 21. Gráfica mediciones de temperatura
Fuente: Autores

2.2.1.3 Sensor de pH

El sensor de pH sen0161 es un medidor de pH analógico, especialmente diseñado para los controladores Arduino, viene un LED que funciona como el indicador de alimentación, un conector BNC y la interfaz del sensor PH2.0. Para usarlo, simplemente conecte el sensor de pH con el conector BNC y conecte la interfaz PH2.0 al puerto de entrada analógica de cualquier controlador Arduino.

Debido a que este sensor es netamente analógico y para poder conectarlo al microcontrolador es necesario que la señal pase de low a high(apagado a encendido o de 0 a 1) para eso necesito convertir la señal análoga a digital.

Atención: Para garantizar la precisión de la sonda de pH, es necesario utilizar la solución estándar para calibrarla regularmente. Generalmente, el período es de aproximadamente medio año. Si usted meaura la solución acuosa sucia, usted necesita aumentar la frecuencia de la calibración.

La salida del electrodo del pH es milivoltios, y el valor de pH de la relación se muestra como sigue (25 °C):

Tabla 8. Tabla de mediciones pH

Voltaje (mV)	Valor de pH	Voltaje (mV)	Valor de pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Fuente: Autores



Figura 22. Sensor de pH

Fuente: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_%5C_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_%5C_SEN0161))

Tabla 9. Especificaciones Sensor de pH

Especificación	
Potencia del módulo	5.00V
Tamaño del módulo	43mm × 32mm
Rango de medición	014PH
Medición de la temperatura	060 °C
Precisión	± 0.1pH (25 °C)
Tiempo de respuesta	: ≤ 1min
Sensor de pH con conector BNC	
Interfaz PH2.0 (parche de 3 pies)	
Potenciómetro de ajuste de ganancia	
Indicador de encendido LED	
Longitud del cable desde el sensor al conector BNC	660mm

Fuente: Autores

2.2.2 Raspberry

La Raspberry pi es un computador de un tamaño reducido, además de ser versátil y de muy bajo costo desarrollada por la fundación Raspberry pi en Reino Unido, el cual se le atribuyen funciones como las de cualquier computador de mesa, integrando solamente componentes necesarios de un ordenador común. Posee varios puertos y entradas de USB, Ethernet y salida HDMI permitiendo así conectar la tarjeta con otros dispositivos tales como pantallas y teclados.

Este dispositivo se lanza con el fin de fomentar la enseñanza de la informática en escuelas.

Raspberry Pi ofrece una experiencia integral para que **sea el usuario quien decida qué quiere hacer con su ordenador, embarcándose en proyectos de la más diversa índole**, como media centers de casa, domótica, ordenador secundario, cámaras de vigilancia, o cualquier otra aplicación que precise de un procesamiento más o menos elevado.

Entre las características más relevantes que posee esta tarjeta están en que posee un hardware más potente que el de sus antecesoras, con un procesador **Broadcom BCM2837, un chip ARM11**, 4 núcleos, una gráfica **VideoCore IV** capaz de reproducir vídeo **HD 1080p**, y una **RAM de 1 Gb** en su modelo actual.

Tabla 10. Características Raspberry Pi 3

Procesador	Broadcom BCM2837
CPU	1.2 GHz
Núcleos	4
Micro arquitectura	Cortex A-53
GPU	VideoCore IV
RAM	1Gb
USB 2.0	4 puertos
Interfaz de cámara	CSI
Interfaz de pantalla	DSI
Video	1 Puerto Jack/HDMI
Audio	1 Puerto Jack/HDMI
Ranura tarjeta	MicroSD
Red	Ethernet 10/100, WiFi 802.11n, Bluetooth 4.1
Consumo	2.5A/ 12.5W / 5V
Alimentación	MicroUSB / GPIO
Sistema Operativo	GNU/Linux ARM(Debian, fedora, Arch, Linux), RISC OS ²
GPIO	40 pines

Fuente: Autores

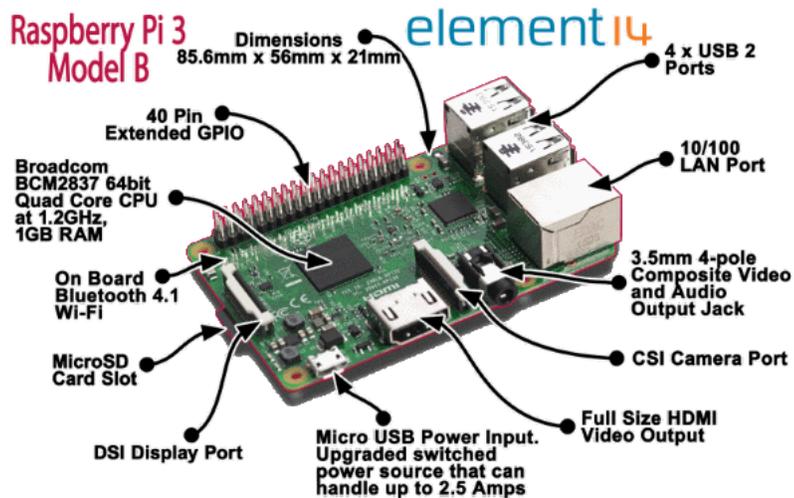


Figura 23. Partes Raspberry Pi 3

Fuente: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-80899/l/raspberry-pi-3-model-b-technical-specifications#>

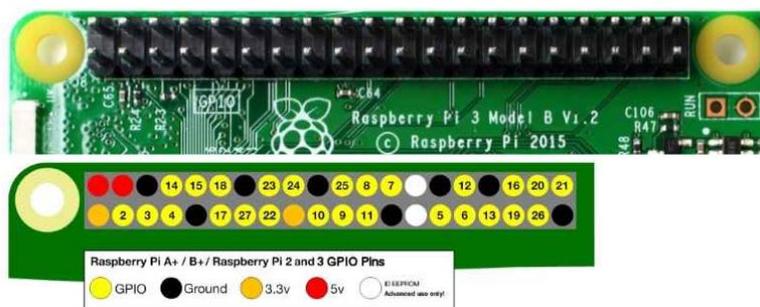


Figura 24. Pines de conexión Raspberry Pi 3
Fuente: <https://cucopc.es/el-entorno-en-tus-manos-capitulo-2>

GPIO (General Purpose Input/Output): Son una serie de conexiones que se pueden usar como entradas o salidas para usos múltiples, está conformado por 26 pines en 2 filas de 13 y cada uno de los pines disponen de una función ya sea específica o general. Los pines no disponen de Buffers de protección así que se debe ser cuidadoso a la hora de realizar la alimentación y así evitar daños en la placa. Esta dispone de 2 pines de +5V, 2 pines de +3.3V, 5 pines de GROUND y los pines restantes corresponden a GPIO normales y especiales dentro de los cuales se encuentran: interfaz UART, con conexiones TXD y RXD que sirven para comunicaciones en serie, también podemos ver otros como SDA, SCL, MOSI, MISO, SCLK, CE0, CE1, etc.

2.2.3 Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre que gracias a su bajo costo y fácil manejo para la creación de proyectos ya que posee un entorno de desarrollo propio, lo hace sin duda la más popular del mercado con una amplia comunidad que hace de esta solución la más apropiada para iniciarse en este mundo.

El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). La tarjeta está basada en un procesador ATmega 328 que cuenta con 14 entradas/salidas digitales (de las cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un reloj de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reset. Posee una capacidad de memoria de 32 KB.⁸ La placa Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa, ya sea desde

⁸ Disponible en la web: <https://adquisiciondedatos.wordpress.com/2014/03/14/arduino/>

un ordenador o un cable de corriente eléctrica, también se puede alimentar a través del Pin denominado Vin.

Tabla 11. Especificaciones técnicas de Arduino

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I/O	14 (6 como salida PWM)
PWM digital pines I/O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por Pin I/O	20mA
Corriente DC para Pin 3.3V	60mA
Memoria flash	32KB ATmega328P
SRAM	2KB ATmega328P
EEPROM	1KB ATmega328P
Velocidad de reloj	16 Hz

Fuente:

<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ralvgon/files/2013/05/Caracter%C3%ADsticas-Arduino.pdf>

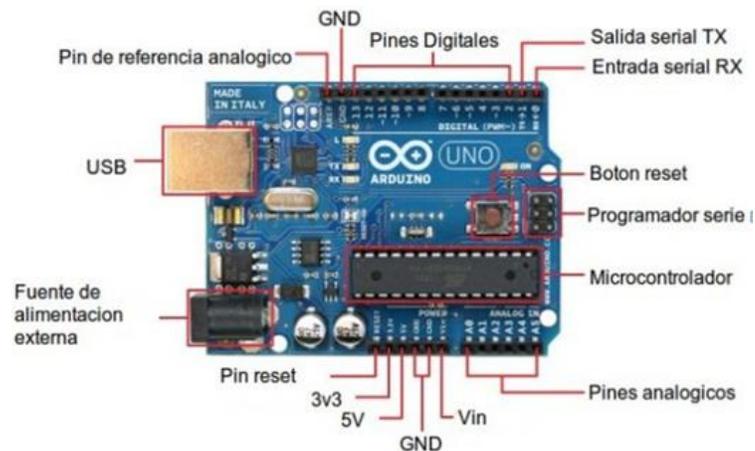


Figura 25. Partes del Arduino Uno

Fuente: <http://hola-geek.com/blog/arduino-uno-ya-lo-conocias/arduino-partes11/>

2.2.4 Planta de Oxígeno



Figura 26. Planta de Oxígeno Speal SP10INT
Fuente: Autores

Es un sistema de producción y concentración de oxígeno integrado en una unidad ligera y compacta que se puede instalar con espacios, adecuaciones y logísticas mínima para aplicaciones en industrias acuícolas. Para su funcionamiento se toma el agua para inyectarle oxígeno y dejarlo totalmente disuelto en el líquido. Este equipo cuenta con sistema de control de flujo y de presión, sistema de alarmas por irregularidades de presión, temperatura y pureza. Todo esto para un control fiable de la operación.

El equipo requiere un flujo de agua constante tomado de un estanque o laguna donde está el cultivo acuícola, el agua debe ser impulsada por una electrobomba que garantice el caudal requerido en el proceso de saturación de oxígeno.

El generador integrado no requiere obras civiles, debe ser instalado en una superficie firme y preferiblemente con una cubierta que lo resguarde de condiciones climáticas. Los proyectos piscícolas con tecnología de punta son sustentables, rentables y permiten un impacto socio económico considerable en mediano y a largo plazo.⁹

⁹ Disponible en la web: <http://speal-intl.com/inicio/generadores-de-oxigeno-disuelto/>

2.2.4.1 Especificaciones técnicas de la planta de oxígeno

La Planta Generadora de Oxígeno SP10 INT, es un sistema integrado que toma el aire lo comprime, luego a través de un sistema de filtro y tamiz molecular obtiene oxígeno gaseoso. Es una unidad compacta y ligera con una cabina resistente a condiciones de campo abierto.

Tabla 12. Especificaciones planta de Oxígeno Speal SP10INT

MODELO	SP10 INT
Flujo L/m	5 lpm
FLUJO m ³ /d	7.2
Largo	39 cm
Ancho	42 cm
Alto	73 cm
Pureza de Oxígeno	90%+/- 3
Presión	7 – 8 psi
Energía	120V, 60Hz, 220-240V, 50Hz
Consumo de Energía	0.5 Kw
Sonido	45 dB
Peso	28 Kg

Fuente: Autores

2.2.4.2 Operación y Funcionamiento de la planta de oxígeno



Figura 27. Partes Planta de oxígeno disuelto

Fuente: <http://speal-intl.com/inicio/generadores-de-oxigeno-disuelto/>

La unidad cuenta con un sistema de control simple que permite verificar variables como presión, horas, reset en caso de que la planta no encienda u opere correctamente. Esta planta está diseñada para trabajar 24 horas, se recomienda realizar los mantenimiento adecuados o preventivos.

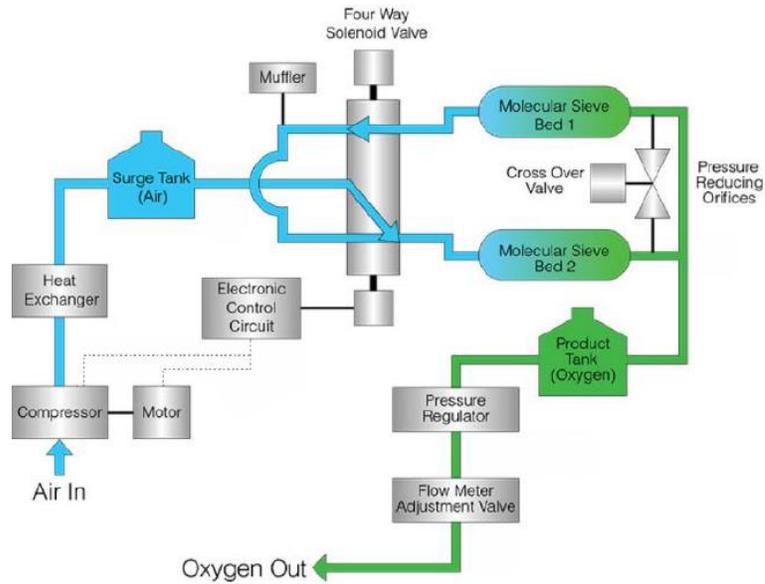


Figura 28. Diagrama de funcionamiento planta de oxígeno
Fuente: <http://speal-intl.com/inicio/generadores-de-oxigeno-disuelto/>

2.2.4.3 Uso y Mantenimiento de la Unidad

Use el cable de poder proporcionado y verifique que el voltaje del tomacorriente usado cumpla con las características eléctricas del equipo. No utilice cable de extensión o un tomacorriente múltiple porque pueden crear chispas y en consecuencia es un riesgo de incendio. No utilice la unidad en un ambiente específicamente magnetizado (MRI, etc.). La SP10 INT tiene una alarma audible para avisar al usuario de cualquier problema. El usuario debe determinar la distancia máxima lejos de la SP10 INT basado en los niveles de sonido del ambiente, para asegurar que la alarma siempre este audible.

Los mantenimientos preventivos se determinan así:

- Filtro de admisión: Cada seis meses o 5000 horas.
- Torres de filtración: Cada año y medio
- Mantenimiento General (Overhaul): Cada 3 años

2.2.5 Compresores

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Los compresores también desplazan fluidos y son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.



Figura 29. Compresor de Aire- Resun MPQ-904A DC

Fuente: Autores

Tabla 13. Ficha Técnica Bomba de Aire- Resun MPQ-904A DC

Voltaje	24 V
Corriente	3 A
Potencia	60 Watt
Presión	0.080MPa
Salida	4800L/Hr - 1268GPH
Diámetro de salida	10 mm
Peso	2.35 kg/pcs
Dimensión (L x A x G)	250 x 120 x 160mm

Fuente: Autores

2.2.6 Módulo de Relés



Figura 30. Módulo de 2 relés

Fuente: <https://www.geekfactory.mx/tienda/relevadores-y-switches/modulo-de-2-relevadores-con-optoacoplador/>

El Módulo de 2 Relevadores con Optoacoplador (relés) es un dispositivo electrónico ideal para conmutación de cargas de potencia. Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar cargas de hasta 10 A y 250VAC (30VDC). Las entradas de control se encuentran aisladas con optoacopladores para minimizar el ruido percibido por el circuito de control mientras se realiza la conmutación de la carga.

2.2.6.1. Características del módulo de 2 relés con Optoacoplador

Módulo de 2 Relevadores con Optoacoplador (reles) para conmutación de cargas de potencia. Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar cargas de hasta 10 A y 250VAC (30VDC), aunque recomendamos dejar un margen hacia abajo de estos límites. Las entradas de control se encuentran aisladas con optoacopladores para minimizar el ruido percibido por el circuito de control mientras se realiza la conmutación de la carga. La señal de control puede provenir de cualquier circuito de control TTL o CMOS como un micro controlador, principales características:

- 2 canales independientes protegidos con optoacopladores
- 2 Relevadores (Relays) de 1 polo 2 tiros
- El voltaje de la bobina del relé es de 5 VDC
- Led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina del relé esta activa)

- Activado mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 mA
- Puede controlado directamente por circuito lógicos
- Terminales de conexión de tornillo (clemas)
- Terminales de entrada de señal lógica con headers macho de 0.1"

2.2.7 Diagrama de bloques del hardware

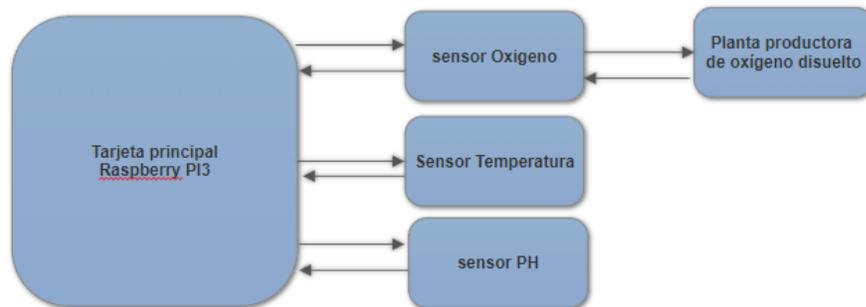


Figura 31. Diagrama de bloques del Hardware
Fuente: Autores

2.2.8 Implementación Sistema Flotante

Una vez terminada la implementación del hardware del circuito, se procede a diseñar e implementar un sistema flotante capaz de soportar el peso de los sensores que posee el sistema.

Lo primero fue armar un cuello de forma rectangular en tubo PVC de 1" para probar su flotabilidad.



Figura 32. Cuello de forma rectangular
Fuente: Autores

Una vez terminadas las pruebas de flotabilidad, se instala una superficie de acrílico de 5 mm de espesor, sobre el cuello rectangular de PVC para que soporte los sensores del sistema, las medidas de precaución y los logotipos de los actores involucrados en este proyecto.



Figura 33. Sistema Flotante

Fuente: Autores

Posteriormente se sujeta la tabla de acrílico y el tubo con unos tornillos, los cuales evitan que la tabla se desbalancee, por último, se procede a forrar el panel de flotación con papel especial para humedad de color blanco y naranja para hacerlo reflectivo dentro del lago, debido a que el sistema queda con un peso considerable, es necesario instalar en la parte inferior del panel trozos rectangulares de icopor forrados con contac especial, para así evitar que los peces logren correrlo y de esta manera asegurar la flotabilidad del sistema.



Figura 34. Prueba de flote

Fuente: Autores

2.2.8 Diseño de las cajas contenedoras de pantallas

Ya con el sistema flotante diseñado y flotando de manera confiable, se realiza el diseño de las cajas contenedoras de las pantallas y el circuito a través del software Solidworks, debido a que estas cajas van a estar expuestas al aire libre, se decide hacerlas en acrílico de 5 mm, con esto aseguramos la total resistencia ante las condiciones climáticas, se logra tener un buen resultado gracias al apoyo de la empresa “Acrílicos del Huila” en donde cuentan con cortadoras especializadas para el material del cual están hechas las cajas, facilitando la construcción y el diseño de estos recipientes.

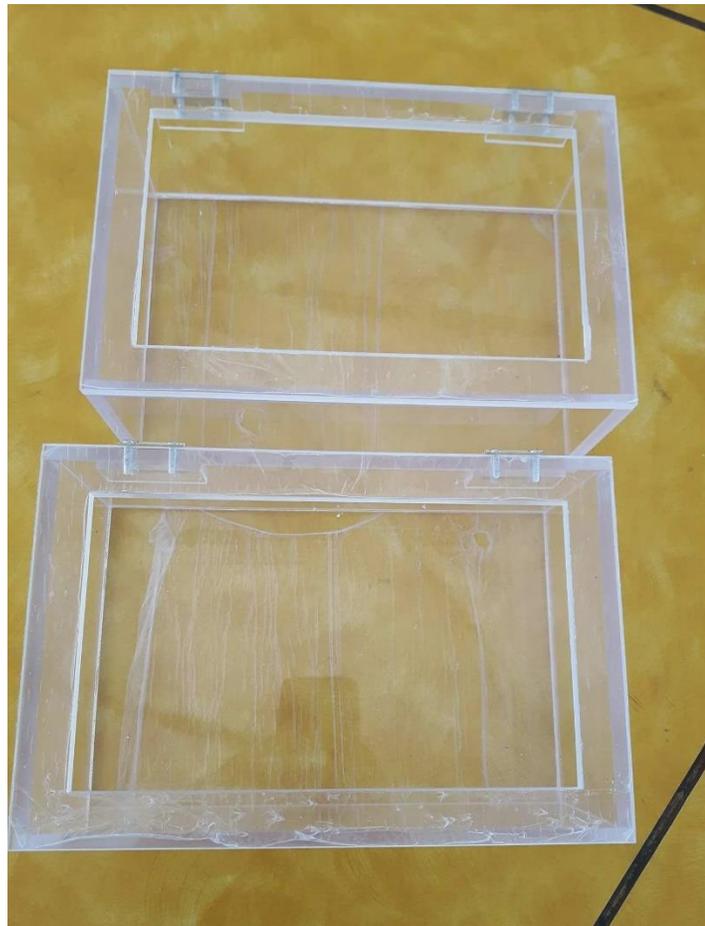


Figura 35. Cajas contenedoras en acrílico
Fuente: Autores

A continuación, se ensamblan las pantallas en cada caja correspondiente, al igual que cada circuito.

2.2.9 costos de koré

Debido a que es un dispositivo cuyo impacto en la comunidad piscicultora es bastante importante, se deben evaluar los costos del hardware, para esto no se tendrá en cuenta las plantas actuadoras, ya que el piscicultor puede hacer elegir la que mejor se adapte a sus necesidades, se debe tener en cuenta, que este costo se debe asumir por cada estanque al que se quiera hacer monitoreo y control.

Tabla 14. Costos del prototipo KORÉ

Cantidad	Articulo	Precio (\$)
1	Kit Sensor de Oxígeno Disuelto Atlas Scientific	1.200.000
1	Sensor de temperatura DS18B20	20.000
1	Sensor de pH	160.000
1	Raspberry pi 3 modelo B	165.000
1	Pantalla para Raspberry pi 3 – 7”	300.000
1	Conversor A/D	5.000
1	Relé de doble canal	20.000
2	Extensiones de cable BNC	100.000
1	Extensión de cable compatible con sensor DS18B20	30.000
	Fabricación y diseño PCB **	50.000
	Otros componentes electrónicos	50.000
Total		2.100.000

** El diseño de la PCB de KORÉ se podrá encontrar en el CD, en el cual se encuentra guardado este proyecto de grado.

Fuente: Autores

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

3.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el desarrollo del proyecto se ha elegido la metodología SCRUM que permite desarrollar proyectos de manera rápida y organizada, esta metodología, requiere una planeación bien definida, deberá establecerse un equipo de trabajo, unos objetivos y estos objetivos serán divididos en ciclos (iteraciones) de máximo 20 días, realizando reuniones cortas de 10 minutos cada día, para verificar el avance, analizar los problemas y determinar rápidamente un plan de acción para solucionarlos.

El equipo SCRUM está conformado por:

- **Product Owner:** Es el dueño del producto, determina los objetivos del producto, este rol será desempeñado por Cándido Herrera, subdirector del Sena Nodo Angostura
- **SCRUM Master:** Es el encargado de verificar que las etapas de SCRUM se lleven a cabo, el ing. Gustavo fue el encargado de desempeñar este rol.
- **Development Team:** El equipo de desarrollo se encargó de realizar todo el proceso de creación del producto, este papel fue desempeñado por Tania Katherine Mazabel y Yefferson Leonardo Torres, estudiantes de la Universidad Surcolombiana.

Para el correcto desarrollo de esta metodología de trabajo fue necesaria la asesoría del Ingeniero Gustavo Adolfo Perdomo, asesor de la línea de ingeniería y diseño, quien fue el orientador en el proceso de ejecución del proyecto en la Unidad Piscícola del Sena. Se inició con una reunión que permitió hablar acerca de lo que se quería lograr con este proyecto, entablar los objetivos y establecer el tiempo estimado para la realización de este, y con esto fue posible organizar la cantidad de sprints que eran necesarias para cumplir a cabalidad con los lineamientos del proyecto.

3.2 SPRINT 1

En este primer sprint, la actividad que se llevó a cabo fue el de Programar la Tarjeta Raspberry mediante software de Python, a pesar de que esta metodología de trabajo era nueva para nosotros, pudimos acoplarnos y trabajar en los objetivos requeridos de este primer sprint, a pesar que demoramos un poco más del tiempo estimado, ya que el desarrollo de esta parte correspondía a uno de los más

importantes del proyecto, fue posible alcanzar avances importantes y adecuarnos a esta nueva metodología.

El Product BackLog que se estableció fue:

- Lectura de variables (oxígeno disuelto, temperatura)
- Control de oxígeno disuelto
- Programación tarjeta
- Open source.
- Tiempo de desarrollo

Seguido a esto se estableció un sprint backlog donde especificamos los elementos que se requerían para llevar a cabo el proyecto en este primer sprint, estos fueron:

- Lectura de variables (oxígeno, temperatura)
- Control de oxígeno
- Uso Raspberry
- Uso Arduino
- Comunicación serial arduino-raspberry
- Desarrollo en Python.

El tiempo de ejecución estimado para el desarrollo de este primer ítem fue de 8 semanas, esto debido a que era en esta etapa donde se llevaría a cabo la parte más importante de nuestro trabajo de grado, la adecuación y lectura de los sensores.

Desarrollo Explícito:

3.2.1 Programación Software para el sensor de oxígeno disuelto

Para la programación de la adquisición de datos del sensor de oxígeno disuelto, es usado el software Python en la versión 3.6, la cual es una plataforma que usa un lenguaje de programación propio basado en C, usado en plataformas importantes como Google.

Diagrama de flujo del código:

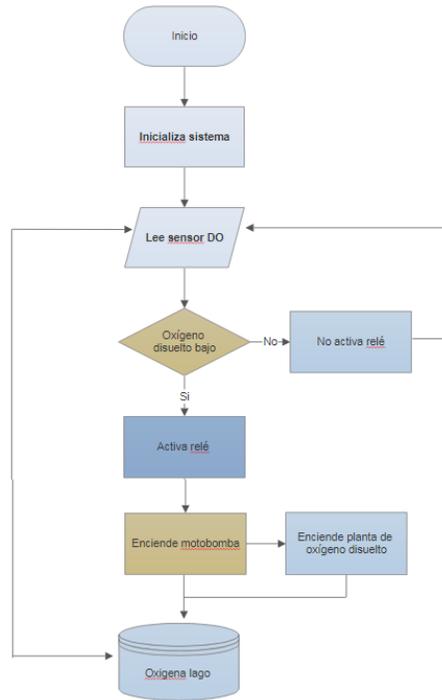


Figura 36. Diagrama de flujo del código

Fuente: Autores

Explicamos las partes más básicas del código:

Librerías

- Librería *io*
Esta librería se encarga de crear flujos de archivos, necesaria para la extracción de los datos provenientes del sensor.
- Librería *fcntl*
Esta librería es utilizada para acceder a parámetros I2C como direcciones, debido a que el sensor de oxígeno disuelto Atlas Scientific, se conecta por vía I2C, es necesario que Python interprete la dirección a la cual está conectado el sensor.
- Librería *time*
Debido a que son necesarios los retardos y las marcas de tiempo, para adquirir los datos provenientes del sensor, se usa esta librería.

Cuerpo del código

Se genera la clase “AtlasI2C” que tiene como función principal controlar todo el código, en el cual replicamos la dirección I2C, donde se encuentra conectado el sensor, seguido a esto usamos la librería Time para determinar el tiempo medición del sensor, luego recogemos esta medición, la convertimos a datos tipo String, y le pedimos al software que muestre el nivel de oxígeno disuelto. Por último, cerramos la clase “AtlasI2C” con el comando ‘__main__’.

3.2.2 Programación Software para el sensor de temperatura

Para la programación de este sensor, al igual que el de oxígeno disuelto usamos el software Python, y explicamos las partes básicas del código:

Librerías

- Librería os
- Librería glob
- Librería time

Esta librería se utiliza para el retardo de sueño y marcas de tiempo, necesaria para proporcionarle el intervalo de medición al sensor.

Cuerpo del Código

Debido a que el sensor necesita una dirección donde debe guardar los datos obtenidos, se procede a decirle donde se encuentra la carpeta donde guarda los datos, como en este código no utilizamos clases, solamente funciones, se programan las funciones de guardado y lectura de datos, por último, la función que muestre el resultado y el ciclo con el intervalo de tiempo de medición.

3.2.3 Programación Software para la comunicación con Arduino y tomar las medidas del sensor de pH

Este código es igualmente programado en el software Python 3.6, pero debido a que el sensor es analógico y la Raspberry Pi 3 no posee pines de adquisición de señales análogas, se opta por usar un Arduino y hacer la comunicación serial entre el Arduino y la Raspberry, para esta última, ingresamos algunos comandos para la comunicación serial, a través de la librería “Serial” el cual permite la

comunicación por Tx y Rx y por último se imprime en la consola el valor entregado por el código.

3.2.4 Programación del microcontrolador Atmega 328-p mediante el software de Arduino

Para programar el microcontrolador *Atmega 328-P* (ARDUINO UNO) es usado el software de Arduino, el cual es una plataforma que usa un lenguaje de programación propio basado en un lenguaje de alto nivel llamado *Processing* que es similar a C++. Explicamos las partes más importantes del código:

Librerías

Las librerías¹⁰ que se emplearon para que la programación funcionara correctamente fueron las siguientes:

- Librería *Time*

Esta librería es la encargada de llevar un registro del tiempo con o sin hardware externo, en este caso contamos con un Reloj RTC el cual va a sincronizar el tiempo de registro de la librería *Time*. Además, cuenta con un estándar de lenguaje C *time_t* que permite calcular y operar el tiempo.

- Librería *Serial*

Esta librería es la encargada de hacer la comunicación con el software programador de la tarjeta Arduino y el microcontrolador *Atmega 328-P*, también permite la comunicación con otras tarjetas de desarrollo como Raspberry Pi.

Evento serial

La comunicación se hace de forma directa de TX a RX y de RX a TX, por medio del cable de conexión normal desde el Arduino hacia la Raspberry Pi 3, en esta última se encuentra un código desarrollado en Python 3, que permite la conexión de forma serial y eliminar los caracteres que no se necesitan, hacer el procesamiento y así visualizar solamente el valor de pH. Gracias a la función *void Serial.begin* el programa va a detectar cuando ocurre el evento serial, en otras palabras, el envío de datos, toma el valor analógico de la sonda de pH, va tomando cada *char*, y almacenando en un *string* y comienza el envío de forma serial hacia la Raspberry Pi 3 para su posterior visualización en la interfaz gráfica.

3.3 SPRINT 2

Para la ejecución del segundo sprint y gracias a la experiencia que adquirimos en la ejecución del primero, nos fue más fácil desarrollar esta segunda actividad, y

¹⁰ Disponible Web: www.Arduino.com/librerias

aunque quedaron actividades pendientes del sprint anterior, acá sí se logró cumplir con el tiempo establecido de las actividades propuestas.

Se establecieron de la siguiente forma los ítems del producto:

Product backlog

- Visualizar parámetros
- Interfaz amigable con el usuario
- Open source
- Tiempo desarrollo

El Sprint backlog para esta segunda etapa:

- Programación python
- Uso de Qt designer

El tiempo requerido fue de 4 semanas, cumpliendo con los objetivos que se establecieron para llevar a cabo el segundo lineamiento del proyecto.

Desarrollo Explícito:

3.3.1 Interfaz gráfica mediante Qt Designer

El desarrollo de la interfaz se decidió realizar en la herramienta Qt Designer de PyQt, la cual es muy similar a java por su diseño, esta herramienta es muy útil ya que permite transformarla y utilizarla como motor de la interfaz Python a través de la librería Pyqt5, después de tener todo el programa se genera un archivo .ui el cual permite la transformación al lenguaje Python por medio del comando:

Pyuic5 Archivo.ui -o Archivo.py

Es de suma importancia instalar Python3, Pyqt Designer y las librerías correspondientes que permiten la comunicación entre las dos herramientas, para que la interfaz funcione satisfactoriamente, la razón porque se escogió Python para desarrollar la interfaz, fue la fácil implementación con los protocolos de comunicación, la compatibilidad con todos los sistemas operativos especialmente el utilizado en este proyecto, Rasbian y por su licenciamiento GNU que permite desarrollos a muy bajo costo y facilidad.

Las múltiples funciones que tiene la interfaz las dividimos en dos sub programas: monitoreo de parámetros e interfaz para créditos.

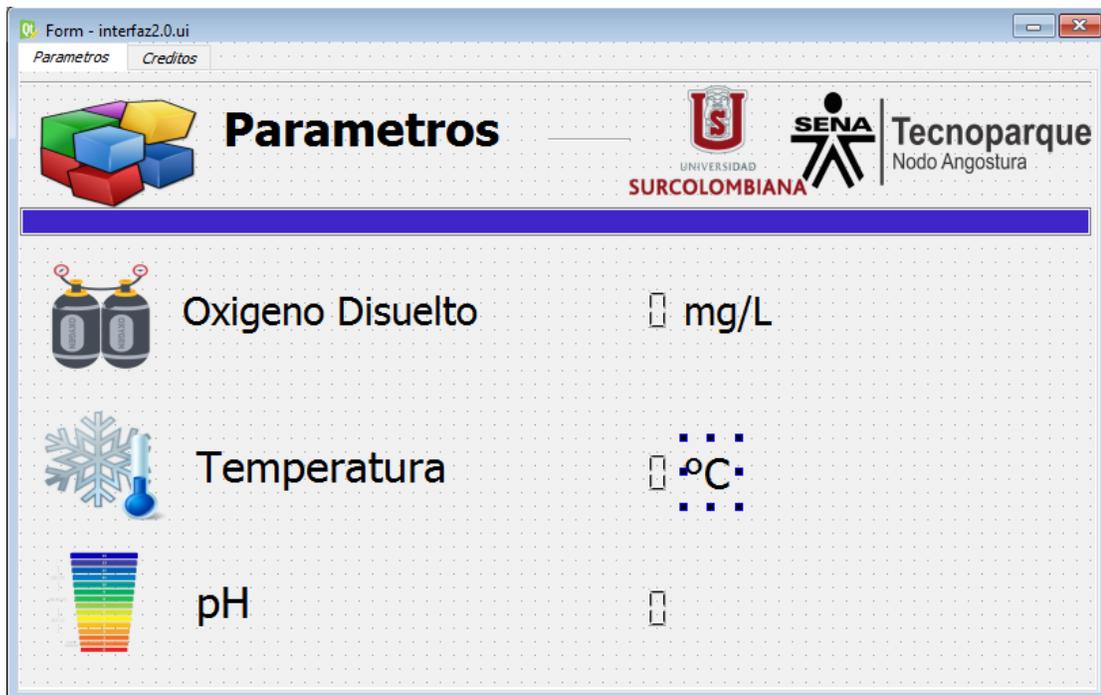


Figura 37. Visualización Interfaz de parámetros de medición
Fuente: Autores



Figura 38. Visualización Interfaz de créditos
Fuente: Autores

3.3.2 Funciones Específicas

Para el uso adecuado de todas las funciones de la interfaz de Python por medio de Pyqt, es necesario descargar una serie de librerías como por ejemplo para la comunicación serial, i2c, GPIO, time y una gran cantidad de códigos.

Como función principal está el de almacenar datos de oxígeno, pH y temperatura del cultivo, visualizar en una interfaz gráfica el oxígeno disuelto, pH y temperatura que se encuentra en ese instante de tiempo, advertir al usuario sobre posible descenso del oxígeno por medio de un mensaje, proporcionar una herramienta de consulta y monitoreo para el usuario.

3.3.2.1 Sub-programa Parámetros

Este programa se encarga de recibir la información proveniente de la Raspberry pi 3, específicamente de temperatura, oxígeno y pH, con el objetivo de almacenar todas las variables medidas, se comunica con una base de datos ubicada en un servidor, las cuales las guarda cada minuto, con el fin de ser analizadas por el semillero de investigación, también con la configuración de la alerta de oxígeno establece un aviso que permite enviar al sistema de control un bit de activación, el cual envía la señal a una planta de oxígeno disuelto en el tanque 1, y a unos compresores en el tanque 2, los cuales al ver la carencia de oxígeno se activan tratando de suplir esta falencia.

3.3.2.2 Sub-programa Créditos

Este programa se encarga de resaltar los autores y colaboradores del proyecto, además las instituciones que participan en el mismo.

3.4 SPRINT 3

La ejecución de la etapa final, el tercer Sprint se llevó a cabo sin mucha novedad, se presentaron pequeños cambios a las actividades planeadas, pero gracias a la experiencia que se adquirió en el transcurso del desarrollo, se lograron resolver sin inconvenientes para el resultado final de la iteración y como resultado se produjo una buena ejecución del sprint.

En el product Backlog se estableció lo siguiente:

- My SQL
- Amigable con el usuario
- Open source
- Almacenamiento datos
- Módulo enlazado página web Sena
- Tiempo de desarrollo

Spring backlog

- My sql
- Plataforma Sicefa
- Modelo vista-controlador
- Resultado aplicación web
- Alarma

Para esta última etapa, el tiempo de ejecución establecido fue también de 4 semanas y se logró llevar a cabo sin ninguna novedad importante. Se puede decir que los tres sprint se lograron concluir sin tener mayor inconveniente, logrando así un gran porcentaje de cumplimiento en la implementación de la metodología y en los tiempos de entrega establecidos. Todo se cumplió según lo establecido en la reunión y como resultado se obtuvo el sistema de control y monitoreo de las variables establecidas del lago piscícola.

Desarrollo Explícito:

3.4.1 Aplicación Web.

La aplicación web para la visualización de los parámetros físico químicos de los tanques 1 y 2, se incluyó dentro de la aplicación del Centro De Formación Agroindustrial, llamada CICEFA, el cual es un portal donde se tiene acceso a diferentes aplicaciones del CEFA, entre estas aplicaciones hay una llamada TECNOPARQUE, en esa última se encuentra varios módulos, entre ellos el módulo de consultas, que es donde anidamos nuestra aplicación, donde podemos observar el registro de las variables a través de una gráfica.

Esta aplicación en desarrollada en PHP, integrada con una base de datos del MySQL, utilizando el patrón de diseño MVC (Modelo Vista Controlador), para la generación de graficas se usa la librería JChar.

Lo que se hace es que la Raspberry pi 3, o cualquier dispositivo con conexión a internet, envía o hace una petición al servidor, el cual usamos el local, con la dirección <http://www.sicefa.com/tecnoparque/reportes/piscicola>, en la petición anteriormente mencionada podemos encontrar los datos, los cuales son registrados en la base de datos, y cuando ya tenemos estos datos registrados, solamente se hace es consultar, en dicha consulta, se hace el requerimiento de

los parámetros físico-químicos registrados en la última petición, para tener mayor control se decidió almacenar los datos de los parámetros cada minuto, pero en la aplicación podemos observarlos cada minuto, cada diez, cada hora, o cada 24 horas, según la comodidad del usuario.

En las gráficas podemos consultar la variación de los parámetros en un rango de fecha establecida por el usuario a su deseo, esto, para hacer los diferentes comparativos por días, meses o años. En cuanto al desarrollo de la aplicación web, no represento mayor trabajo, debido a que la plataforma del CICEFA está hecha tipo framework, donde lo único que se hace es crear las vistas, métodos y las sentencias SQL, y posteriormente acomodarlas de acuerdo a los requerimientos del sistema, el acceso para los reportes se dejaron de carácter público, es decir que cualquier persona desde cualquier parte del mundo puede consultar los parámetros que se están midiendo, pero si se encuentra restringido en cuanto al registro de los datos, para no correr el riesgo de algún tipo de hackeo, o que cualquier persona pueda distorsionar los datos que estamos almacenando.

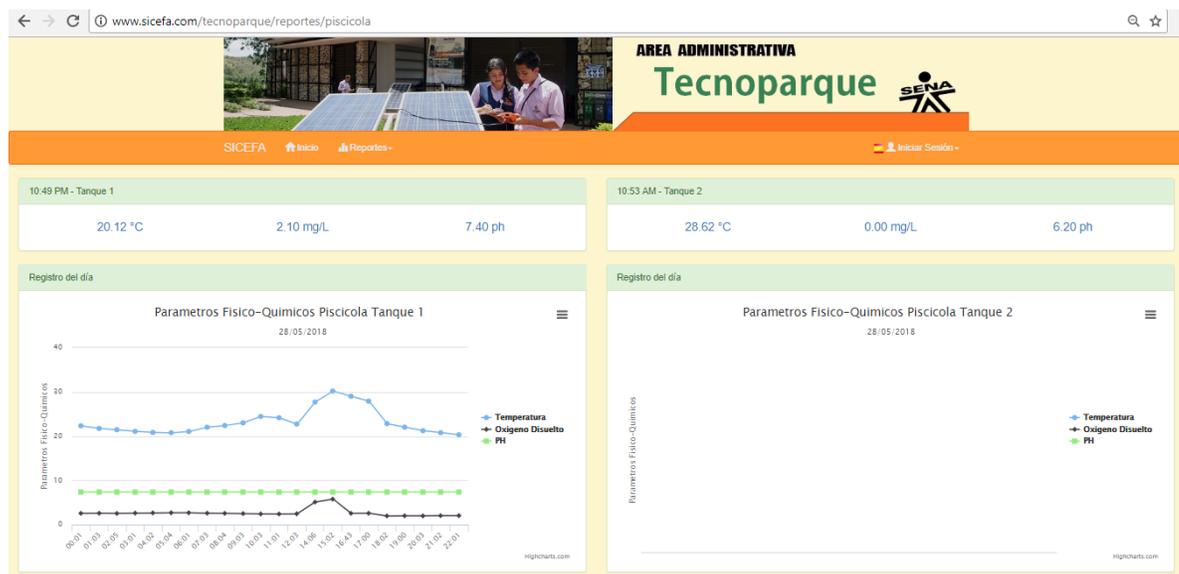


Figura 39. Interfaz gráfica del aplicativo web

Fuente: Autores

3.4.2 Aplicación Móvil

Una aplicación móvil es un software informático diseñado para ser ejecutado en dispositivos móviles tales como tablets, smartphome, smartTvs, Smartwatch, entre otros, con el fin de dar versatilidad y fácil manejo por parte de los usuarios. Es por esta razón que se decidió realizar una aplicación móvil que, a través de

comunicación de internet, que tomara los datos almacenados en la aplicación web del proyecto, para que el usuario los visualice y este informado del comportamiento de su cultivo.

Para desarrollar la aplicación móvil empleamos el software *Android Studio* el cual es un entorno de desarrollo integrado que se utiliza para crear aplicaciones en la plataforma *Android*. Elegimos este entorno grafico por ser software libre, que además de permitir un desarrollo por medio de código Java, la aplicación fue creada con un entorno visual agradable para el usuario, teniendo en cuenta la facilidad, el usuario solamente debe elegir el tanque que quiere monitorear y simplemente se abrirá una nueva ventana mostrándole los parámetros físico químicos medidos, la aplicación toma el último valor almacenado en la base de datos de la aplicación web, envía el requerimiento a través de la librería Volley y los muestra en un TextView, es una aplicación muy liviana en cuanto a uso de memoria, además está diseñada para operar en Smartphone con sistema operativo mayor a 4.0.



Figura 40. Interfaz gráfica aplicación móvil
Fuente: Autores

3.4.3 Modelo Vista Controlador de la app móvil

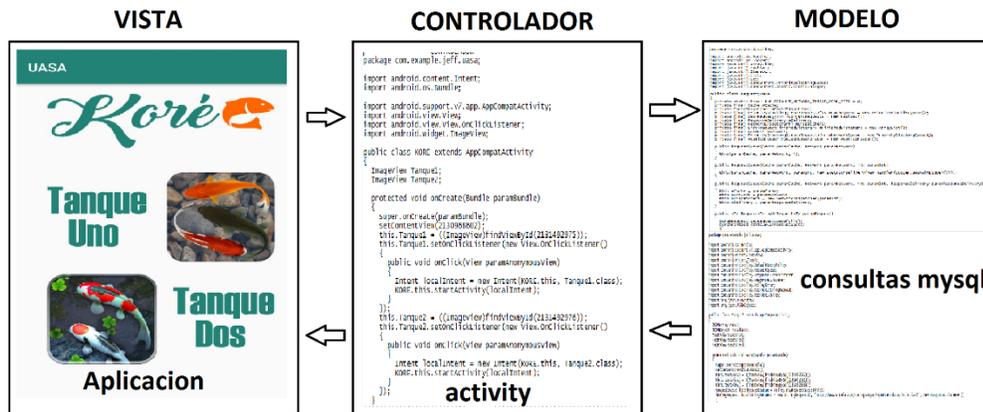


Figura 41. MVC de la aplicación móvil

Fuente: Autores

****En los anexos se entrega los códigos de la aplicación móvil y su APK

3.4.4 Alarma Mail

Debido a que era necesario tener mayor control del sistema, se decidió implementar una alarma a través de correos Gmail, cuando el oxígeno, temperatura y pH, se encuentre en niveles críticos, el sistema tenga la capacidad de avisarle al operario que está sucediendo y que este tome medidas si el prototipo no logra llegar a los parámetros deseados, en el caso del oxígeno que es la variable que estamos controlando.



Figura 42. Alarma de niveles indeseados de parámetros.

Fuente: Autores

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 CORROBORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES

4.1.1 Sensor de oxígeno disuelto

Para corroborar la calidad de las mediciones obtenidas se tomó como patrón el Medidor portátil Impermeable de Oxígeno Disuelto HI 98193 de la compañía HANNA INSTRUMENTS, y este a su vez corroborado la calidad de las mediciones con el LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA del SENA ANGOSTURA.

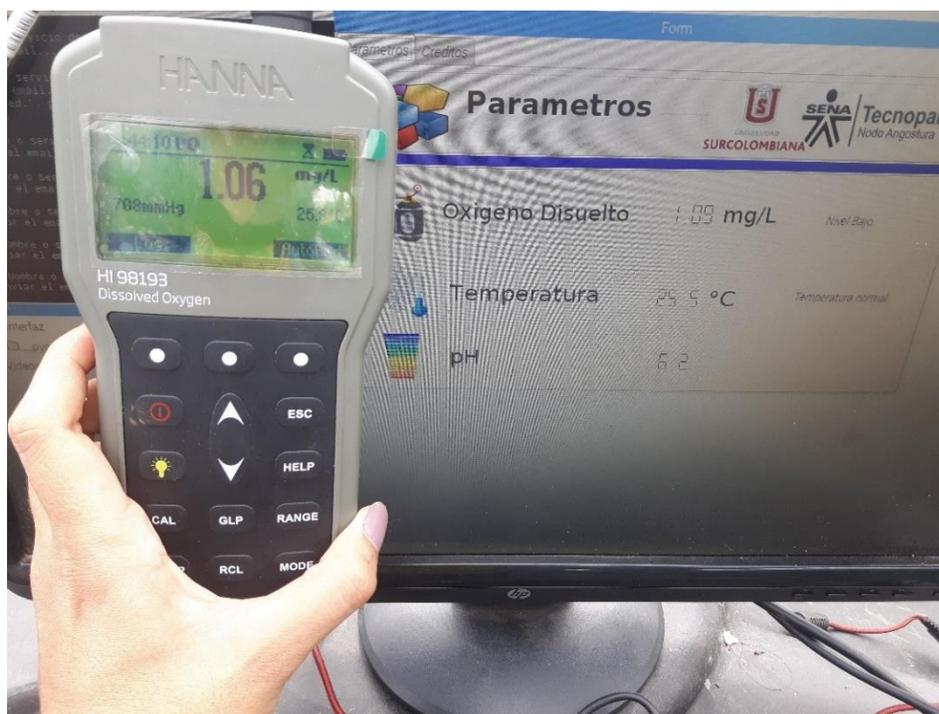


Figura 43. Correlación de mediciones de oxígeno disuelto
Fuente: Autores

Una vez tomados los datos de oxígeno disuelto, tomamos 40 muestras cada 5 minutos, con el sensor Atlas Instruments, y el Hanna, además este sensor toma muestras de temperatura, con lo cual corroboraremos con el sensor digital Ds18b20 que está diseñado para medir con precisión las temperaturas en ambientes húmedos, de esta manera se pudo validar la información comparando datos.

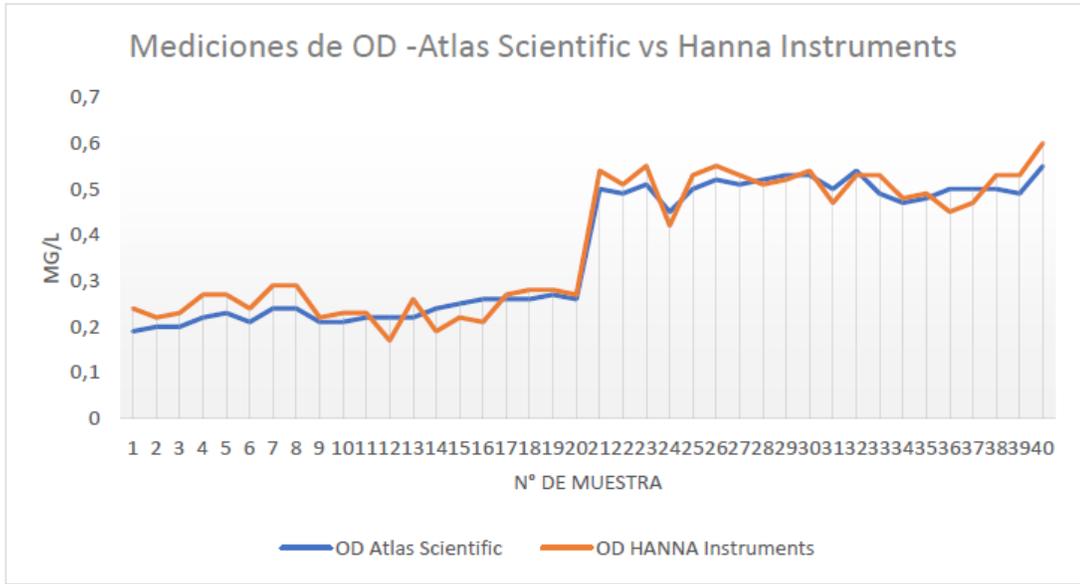


Figura 44. Gráfico de correlación de mediciones de oxígeno disuelto
Fuente: Autores

Tabla 15. Media aritmética Sensores de Oxígeno Disuelto

Atlas Scientific	0,367
Hanna Instruments	0,380

Fuente: Autores

$$Error\ Relativo = \frac{Media\ sensor\ Sistema - Media\ Sensor\ Referencia}{Media\ Sensor\ Referencia} * 100 \quad Ecuación\ 1$$

$$Error\ Relativo = \frac{0.367 - 0.380}{0.380} * 100\% = 3.42\%$$

4.1.2 Sensor de temperatura

Como lo habíamos mencionado en la sección 4.1.1. tomaremos como patrón el Medidor portátil Impermeable de Oxígeno Disuelto HI 98193 de la compañía HANNA INSTRUMENTS, se toman los datos del sensor de temperatura Ds18b20 y al mismo tiempo los del HANNA, dichas mediciones están expresadas en la siguiente figura.

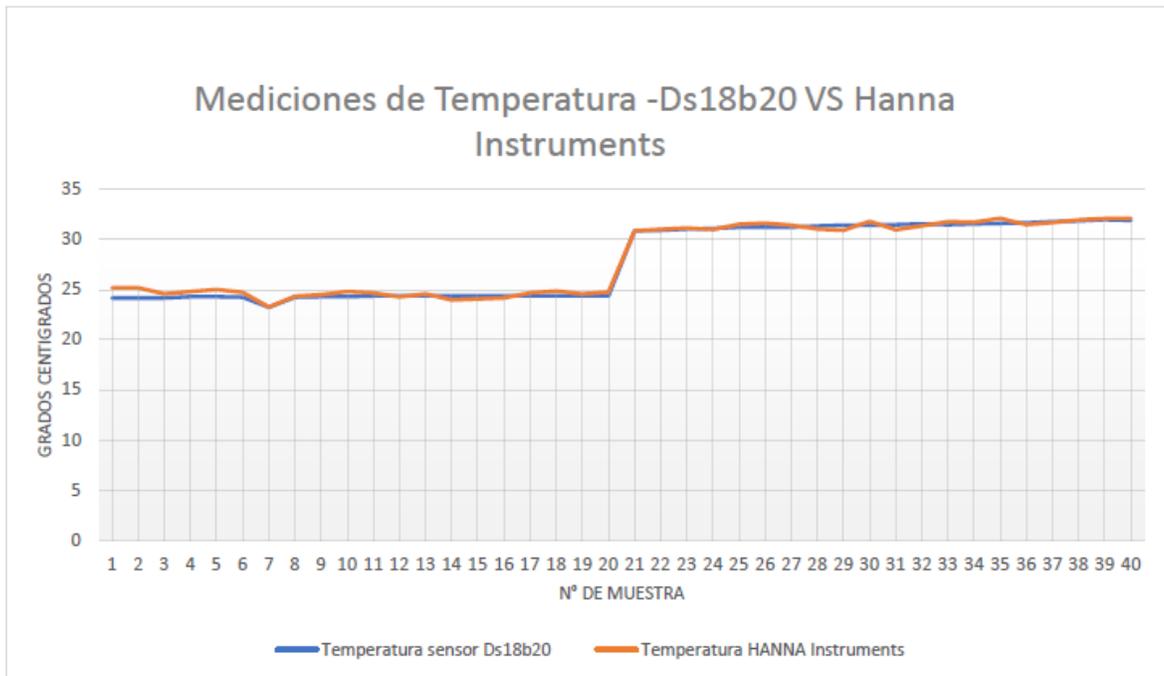


Figura 45. Gráfico de correlación de mediciones de temperatura
Fuente: Autores

Tabla 16. Media aritmética Sensores de temperatura

Ds18b20	27,859
Hanna Instruments	27,985

Fuente: Autores

$$Error\ Relativo = \frac{27,859 - 27,985}{27,985} * 100\% = 0.45\%$$

4.1.3 Sensor de PH

Para corroborar la calidad de las mediciones obtenidas en las mediciones de pH, se tomó como patrón un peachimetro Digital, el cual esta calibrado en el LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA del SENA ANGOSTURA, corroborando datos obtuvimos la siguiente figura.

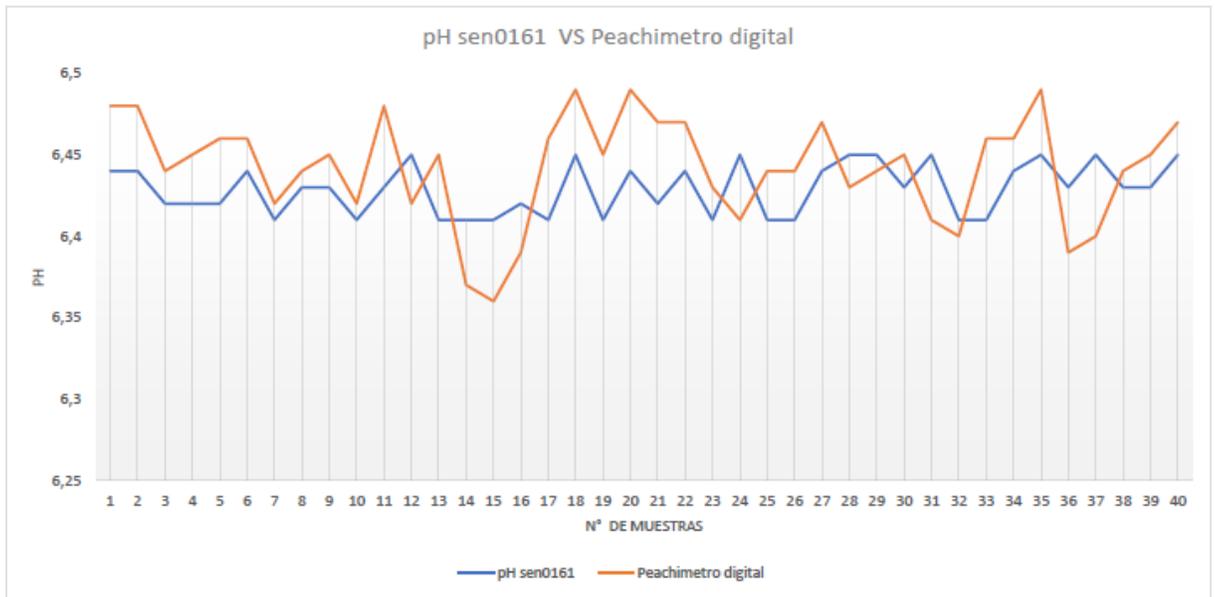


Figura 46. Gráfico de correlación de mediciones de pH
Fuente: Autores

Tabla 17. Media aritmética Sensores de pH

pH sen0161	6,429
Peachimetro digital	6,594

Fuente: Autores

$$Error\ Relativo = \frac{6.429 - 6.594}{6.594} * 100\% = 2.5\%$$

4.1.4 Análisis de datos

Sabiendo que los datos obtenidos son confiables; se procedió a realizar en los estanques las mediciones a través del prototipo durante dos meses, de los cuales se escogieron 14 días para estudio sin el uso del controlador y 14 días con el uso del controlador, para evidenciar las posibles mejoras entregadas por el dispositivo.

De estos datos obtenidos durante el tiempo establecido, se decidió tomar muestras de cada cinco minutos de los días seleccionados que nos mostraran cual es el comportamiento de las variables fisicoquímicas censadas en los estanques. Además de encontrar la temperatura y el oxígeno disuelto promedio

de las muestras cada media hora en la aplicación web y una actualización cada cinco minutos en la aplicación móvil.

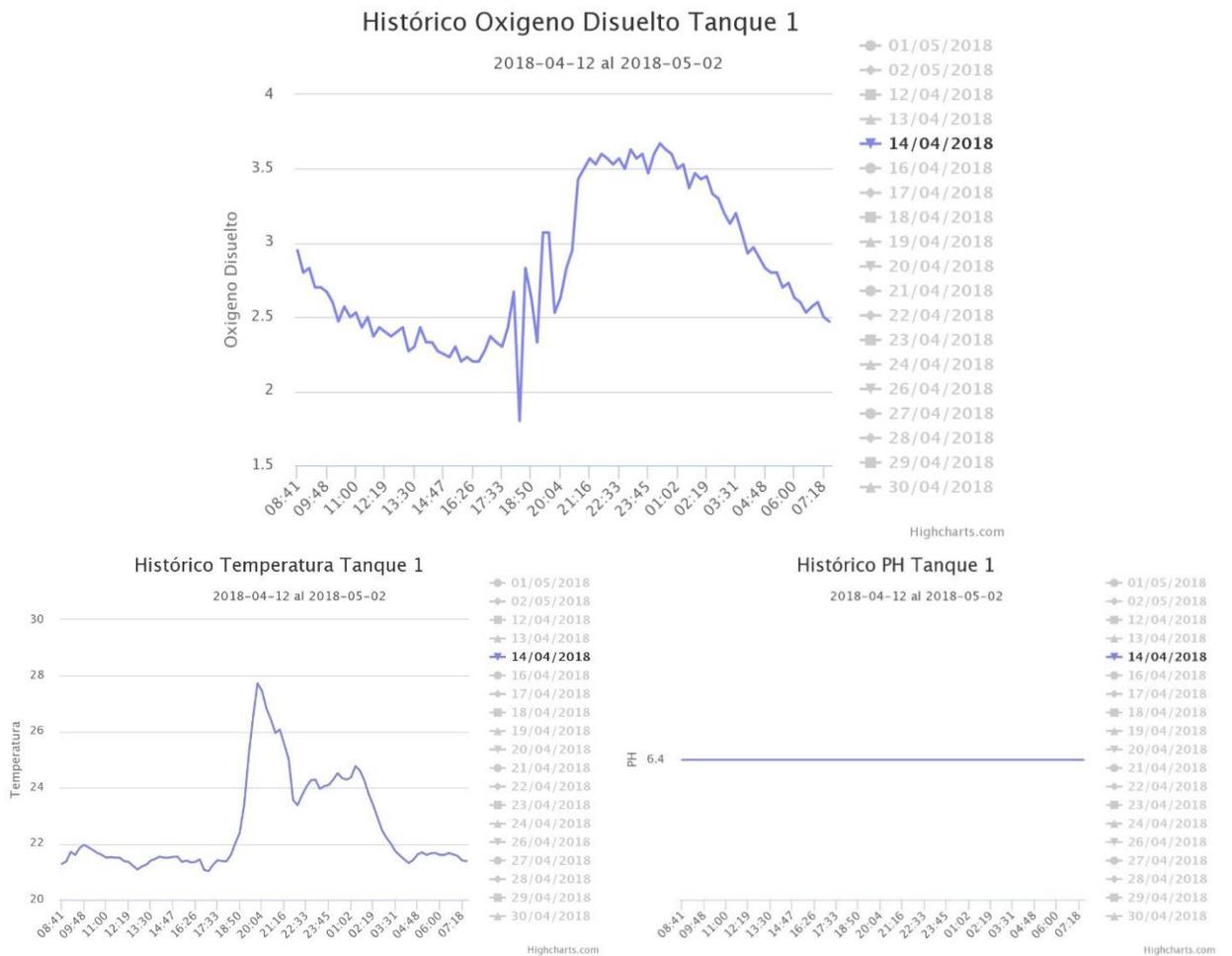
4.2 REGISTRO DE DATOS TANQUE 1

4.2.1 Sin usar el prototipo

Variaciones de Oxígeno vs Temperatura vs pH

- Registro de datos día 1.

Figura 47. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 1



Fuente: Autores

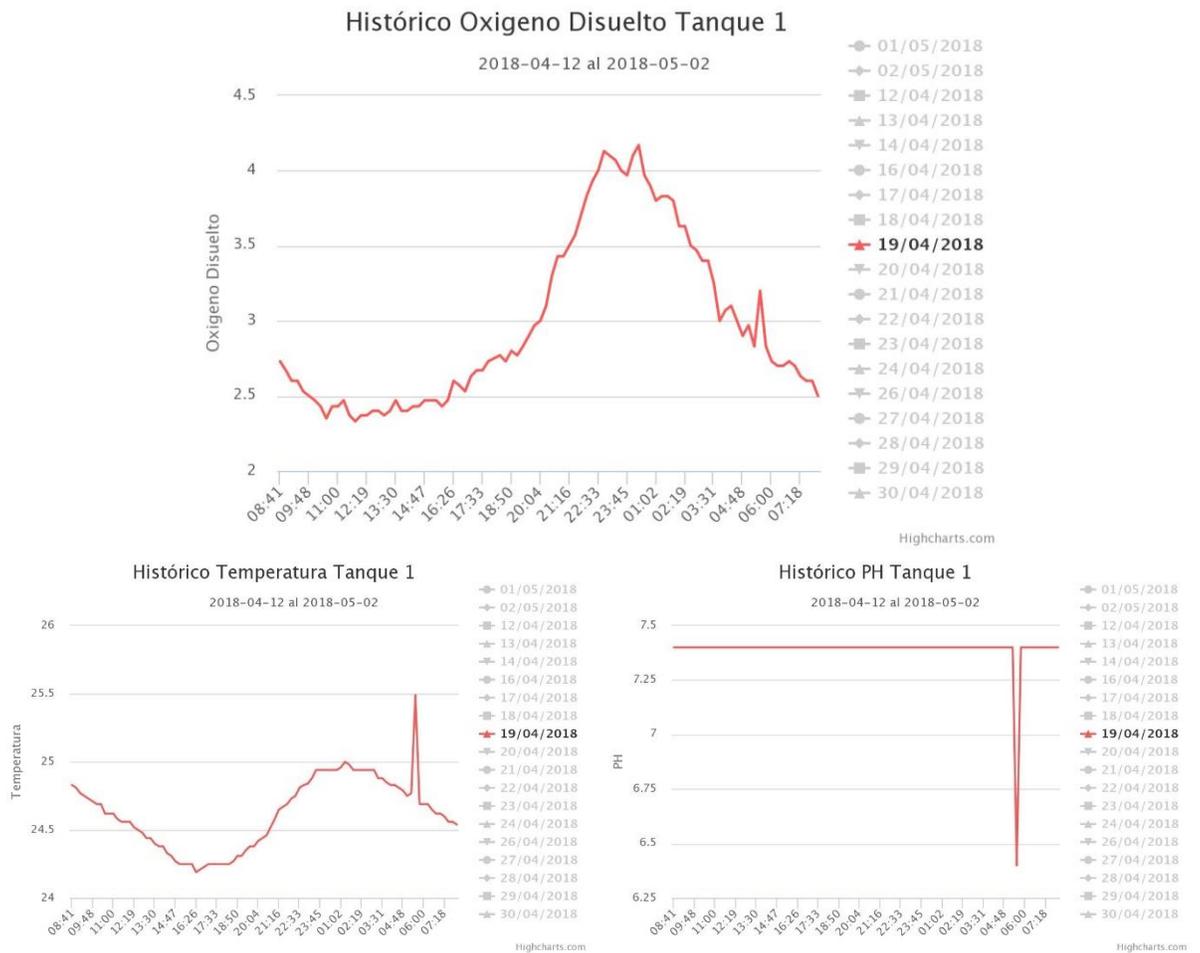
Tabla 18. Análisis estadístico primer día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	22,6342481	1,695801808	7,49219413
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,82894737	0,505468605	17,8671274
pH	6,4	2,58057E-14	4,0321E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 2.

Figura 48. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 2



Fuente: Autores

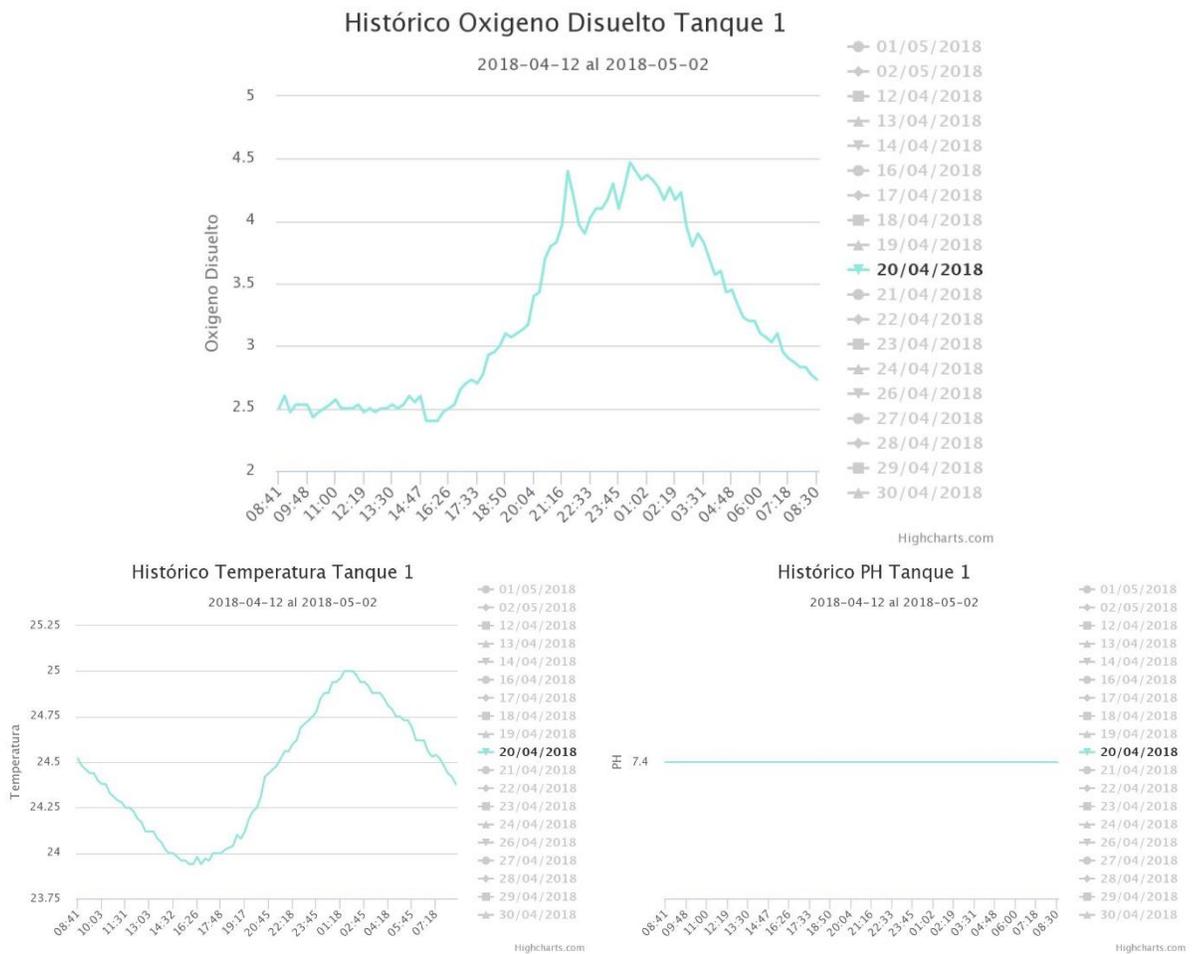
Tabla 19. Análisis estadístico segundo día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,6051538	0,243866014	0,99111761
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,98076923	0,574771555	19,2826586
pH	7,4	3,38159E-14	4,5697E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 3.

Figura 49. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 3



Fuente: Autores

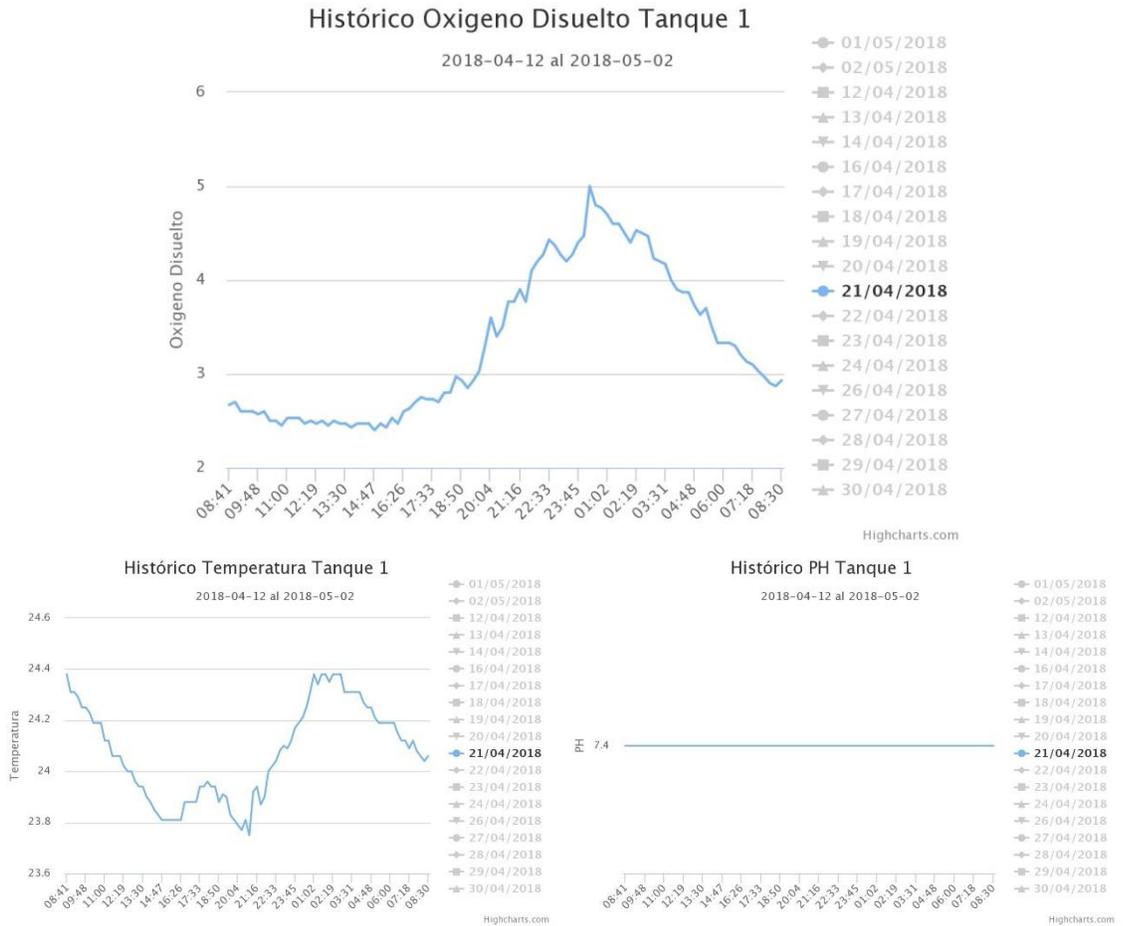
Tabla 20. Análisis estadístico tercer día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,4432258	0,332256817	1,3593002
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,19964158	0,68700676	21,4713662
pH	7,4	3,64808E-14	4,9298E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 4.

Figura 50. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 4



Fuente: Autores

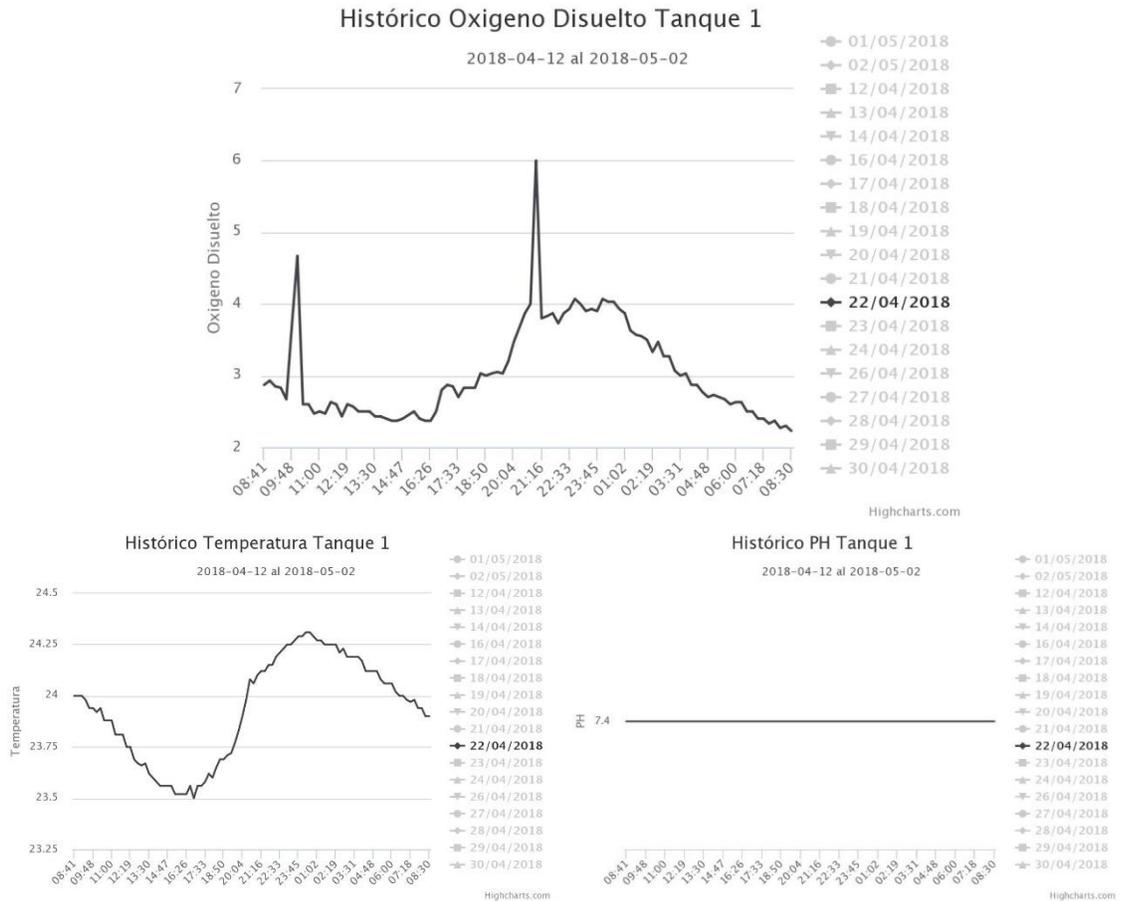
Tabla 21. Análisis estadístico cuarto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,0776449	0,187117554	0,77714226
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,30942029	0,788313521	23,8202903
pH	7,4	3,73713E-14	5,0502E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 5.

Figura 51. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 5



Fuente: Autores

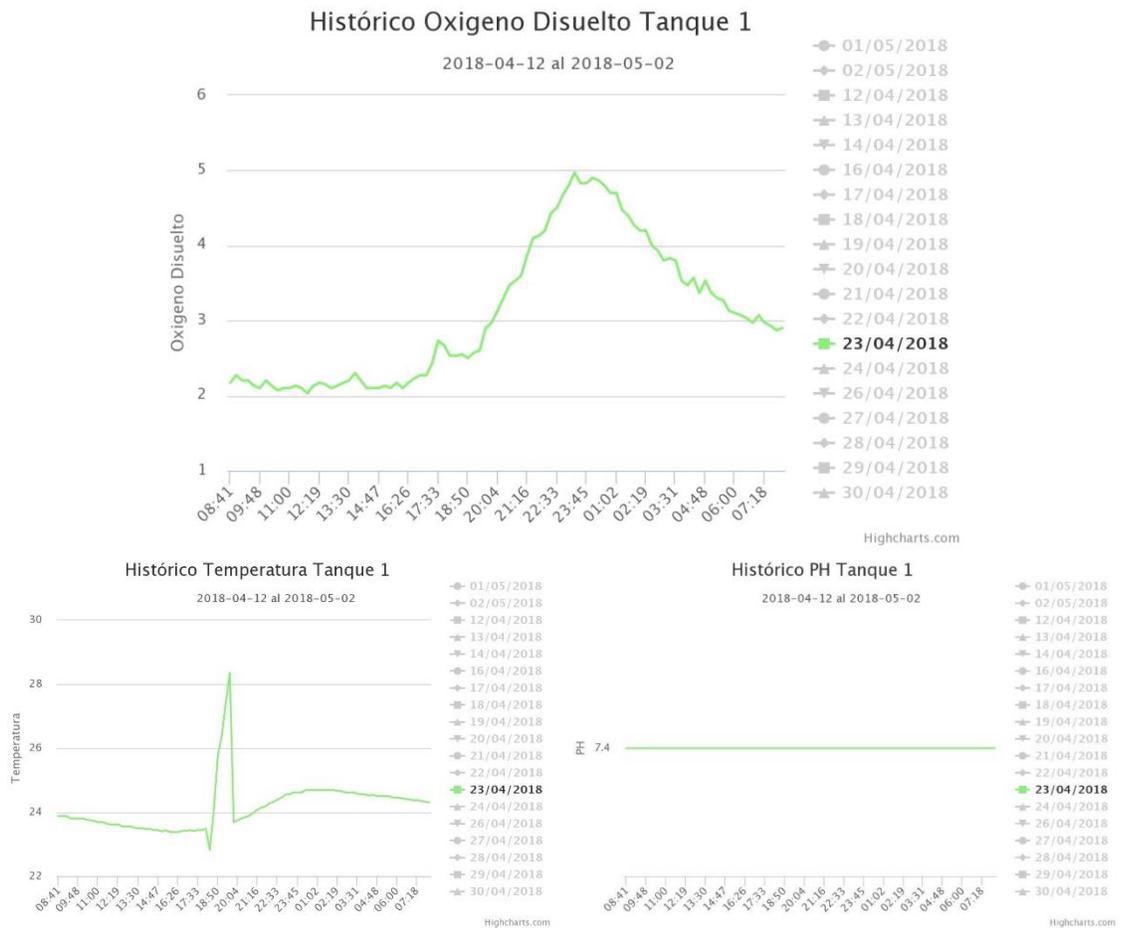
Tabla 22. Análisis estadístico quinto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	23,9391697	0,25212078	1,05317262
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,03898917	0,750987073	24,711739
pH	7,4	3,64812E-14	4,9299E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 6.

Figura 52. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 6



Fuente: Autores

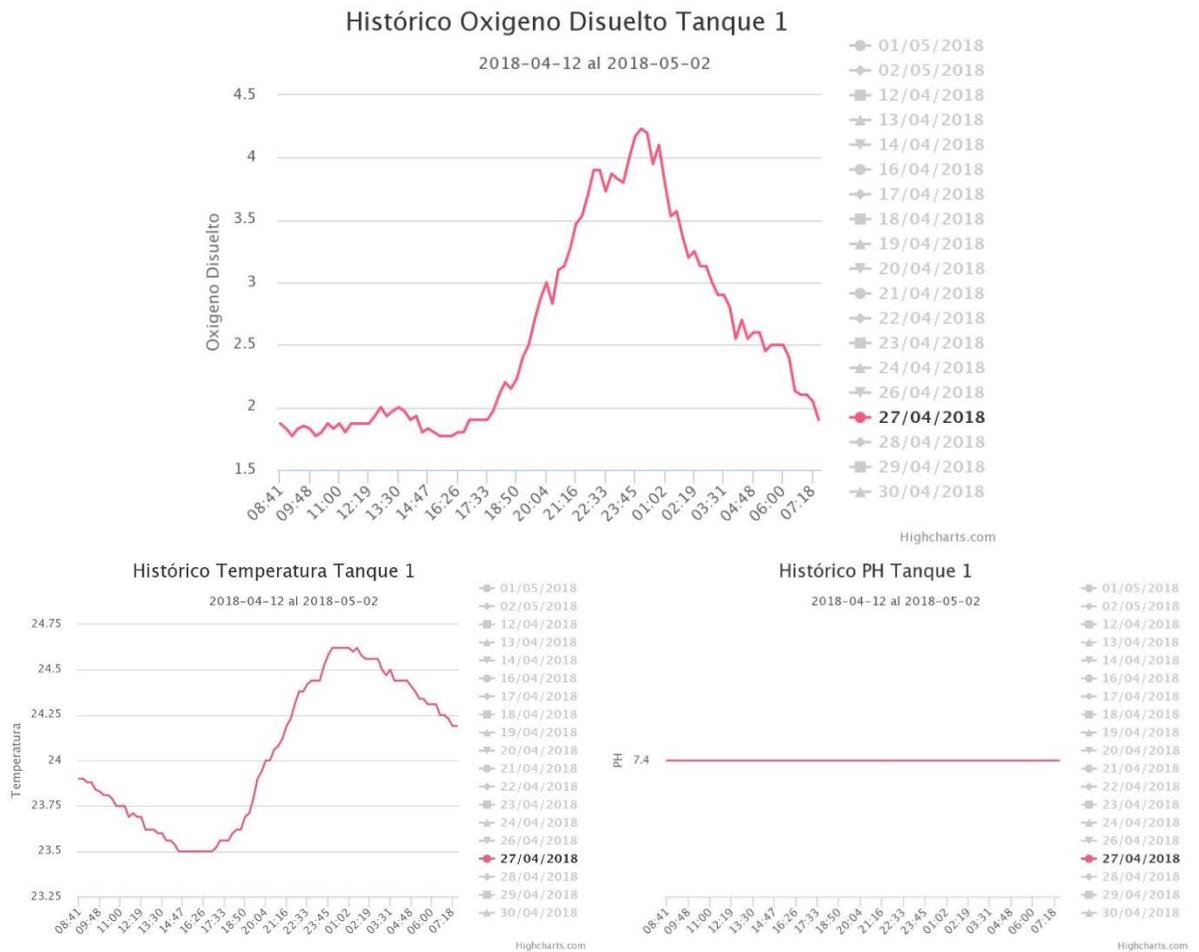
Tabla 23. Análisis estadístico sexto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,1535926	0,780332155	3,23070844
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,05962963	0,918439688	30,0180022
pH	7,4	3,55931E-14	4,8099E-13

Fuente: Autores

- Registro de datos día 7.

Figura 53. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 7



Fuente: Autores

Tabla 24. Análisis estadístico séptimo día T1

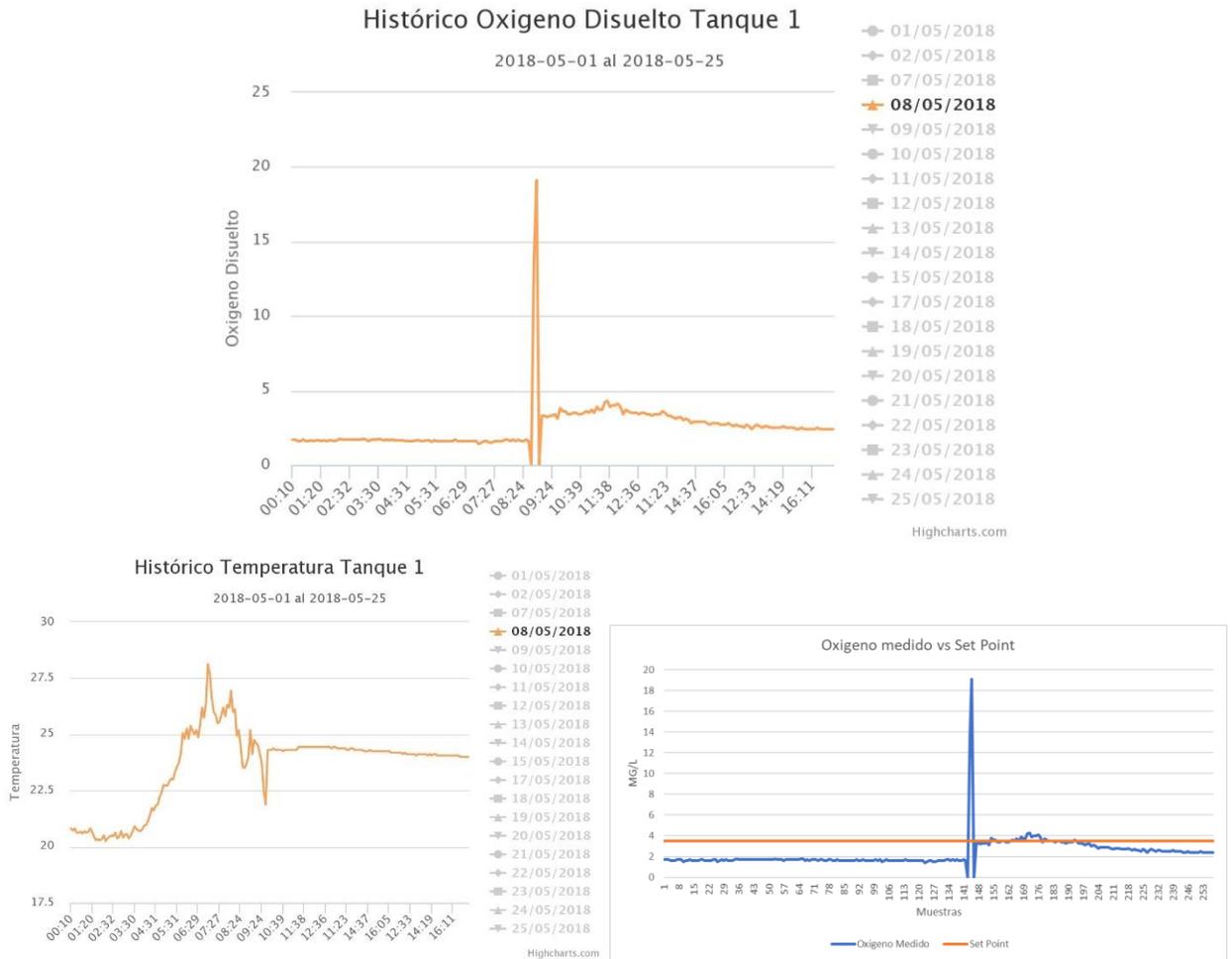
Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,002827	0,399374542	1,6638646
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,52742616	0,790332825	31,2702637
pH	7,4	2,84819E-14	3,8489E-13

Fuente: Autores

4.2.2 Usando el prototipo Variaciones de Oxígeno vs Temperatura

- Registro de datos día 1.

Figura 54. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 1



Fuente: Autores

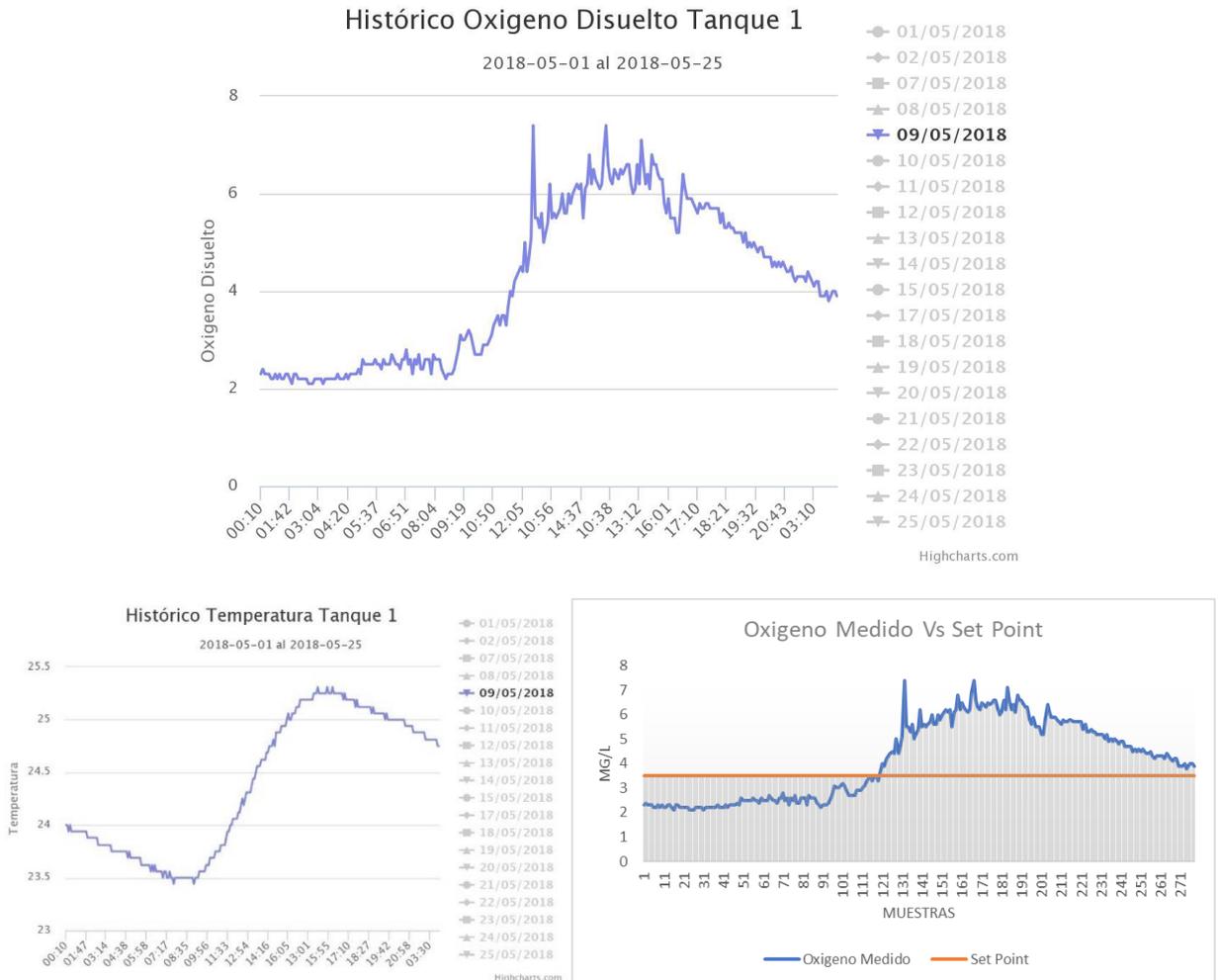
Tabla 25. Análisis estadístico primer día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	23,0114286	1,890320728	8,21470393
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,34671815	1,494498704	63,6846273
pH	7,37142857	3,38164E-14	4,5875E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	49%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 2.

Figura 55. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 2



Fuente: Autores

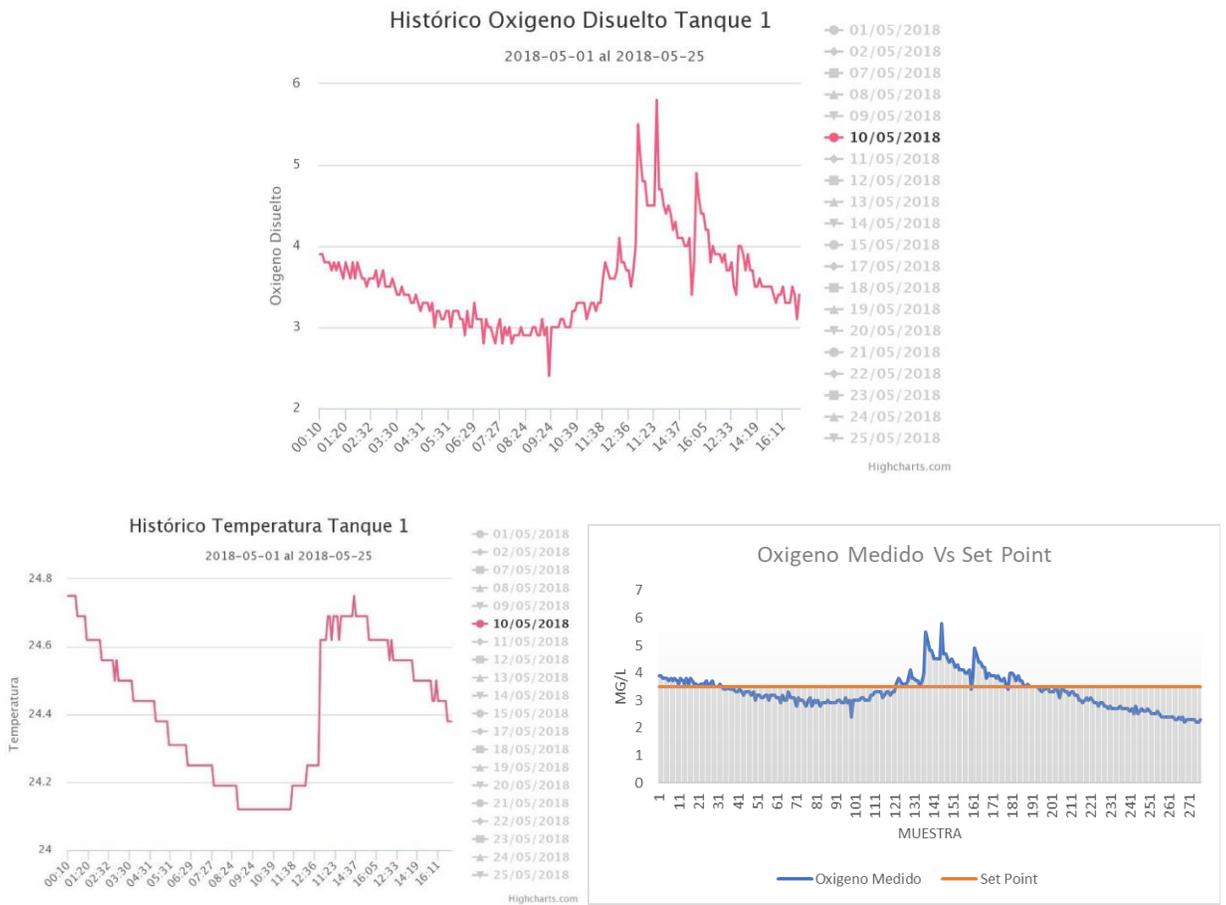
Tabla 26. Análisis estadístico segundo día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,2998208	0,660676732	2,71885434
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4,14444444	1,591959358	38,411888
pH	7,3734767	3,6481E-14	4,9476E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	16%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 3.

Figura 56. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 3



Fuente: Autores

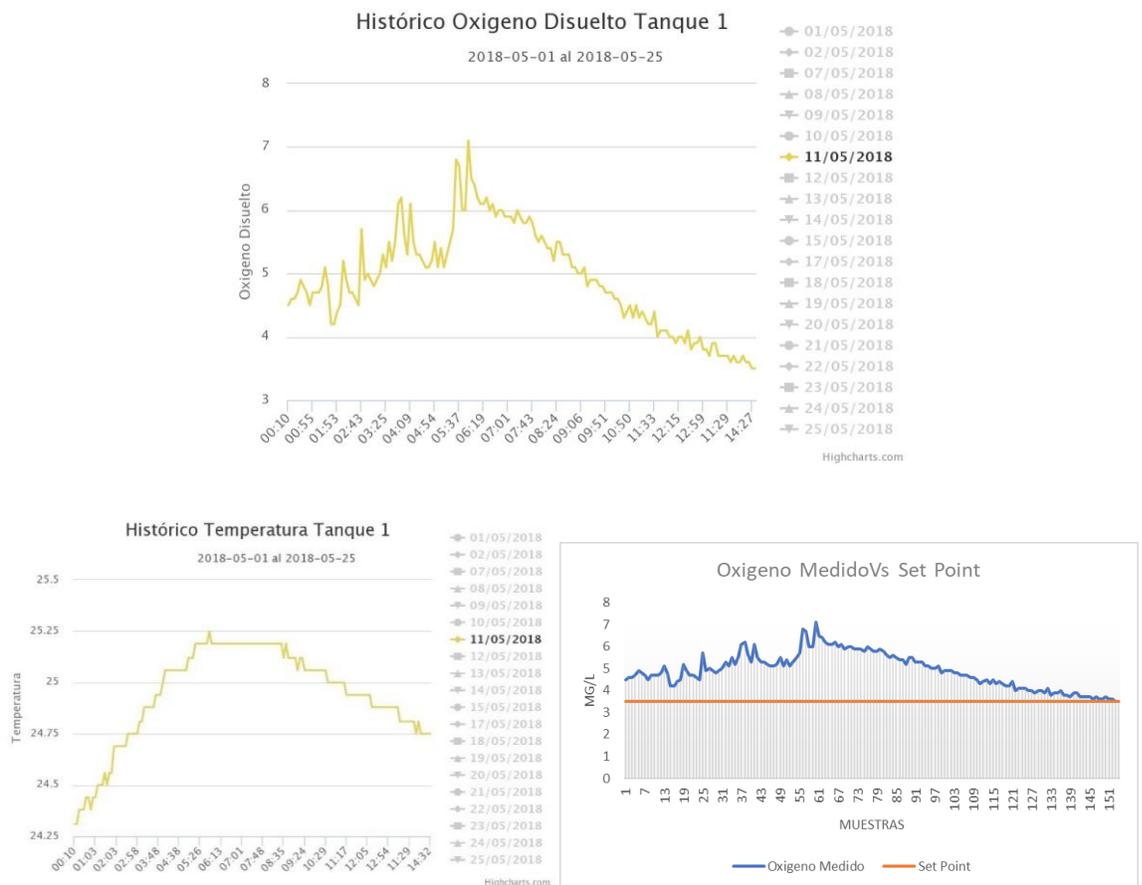
Tabla 27. Análisis estadístico tercer día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,2435971	0,238726642	0,98469976
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,30683453	0,607269914	18,3640853
pH	7,37338129	3,64812E-14	4,9477E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	5%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 4.

Figura 57. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 4



Fuente: Autores

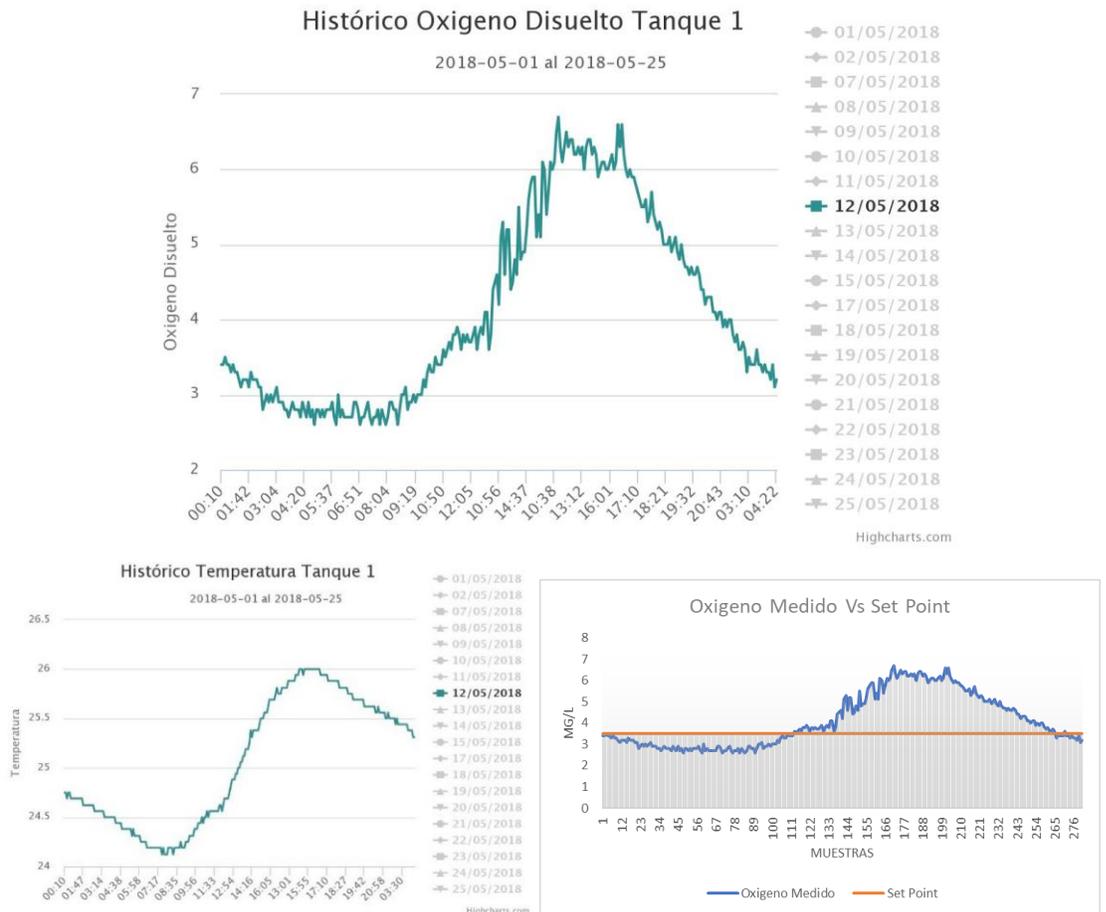
Tabla 28. Análisis estadístico cuarto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,7820645	0,234640957	0,94681764
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4,88645161	0,808569668	16,5471744
pH	7,35225806	5,34646E-15	7,2719E-14
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	29%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 5.

Figura 58. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 5



Fuente: Autores

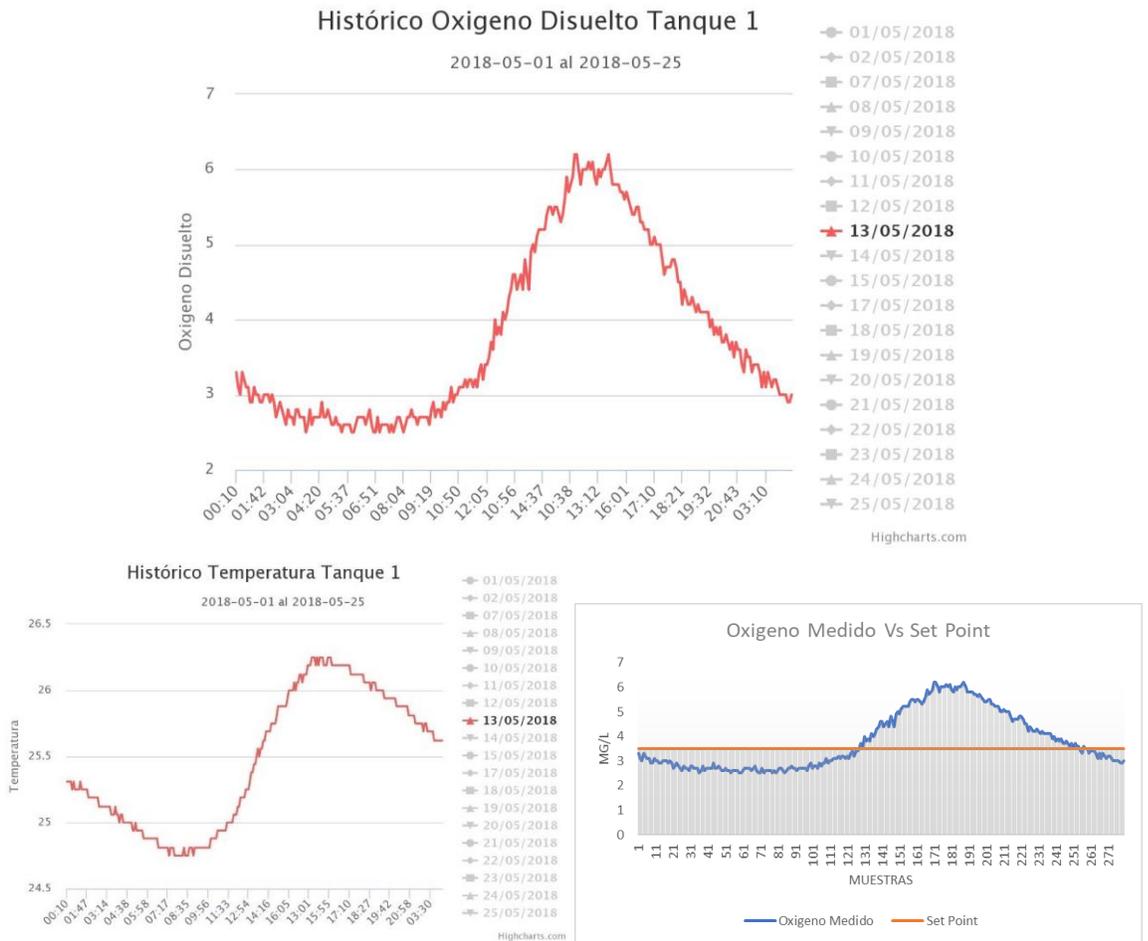
Tabla 29. Análisis estadístico quinto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,9735816	0,646860566	2,5901794
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4,08758865	1,251197596	30,6096749
pH	7,37375887	3,737E-14	5,068E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	15%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 6.

Figura 59. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 6



Fuente: Autores

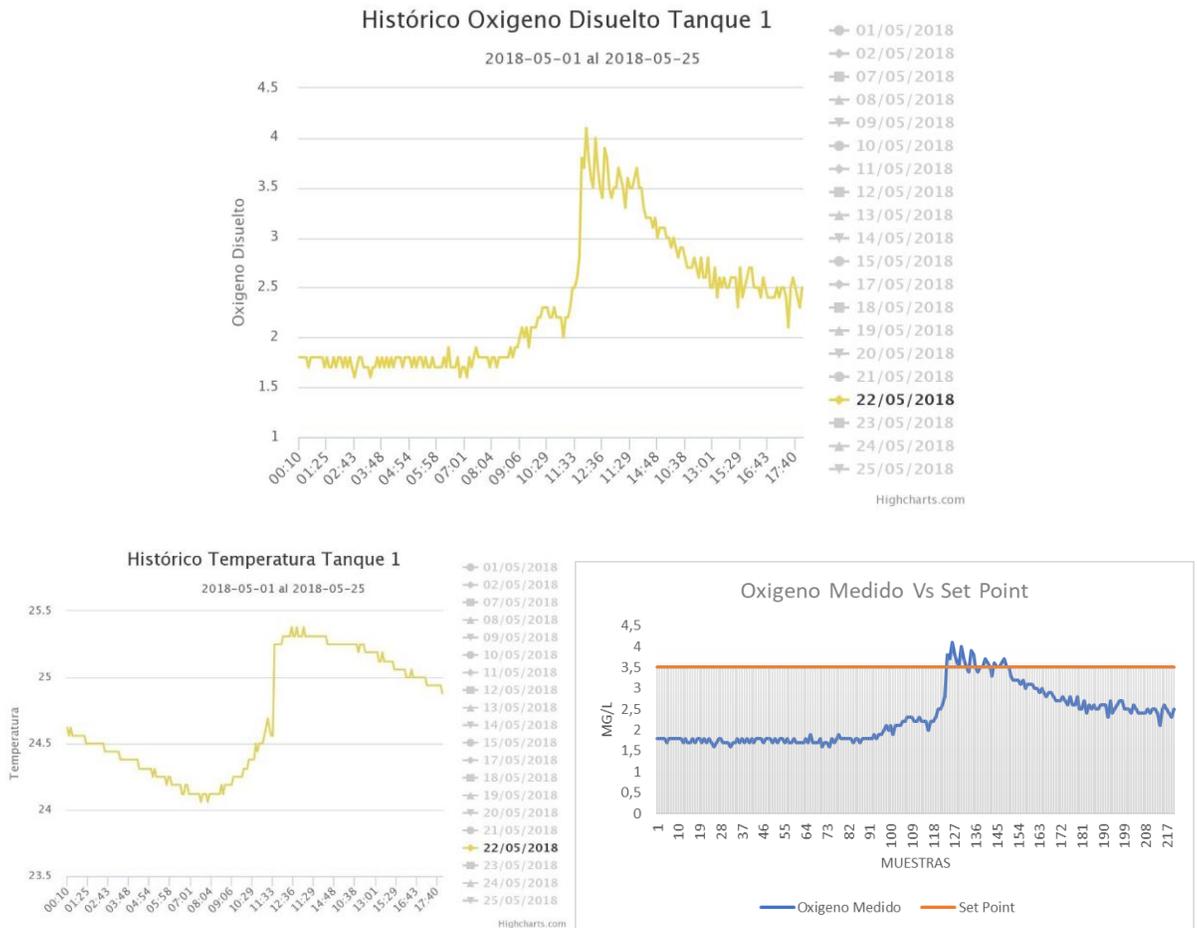
Tabla 30. Análisis estadístico sexto día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	25,3862989	0,515852357	2,03201088
Oxígeno Disuelto (mg/L)	3,77615658	1,160274291	30,7263289
pH	7,37366548	3,73703E-14	5,0681E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	8%		

Fuente: Autores

- Registro de datos día 7.

Figura 60. Oxígeno vs Temperatura vs pH T1 - día 7



Fuente: Autores

Tabla 31. Análisis estadístico séptimo día T1

Variable	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Temperatura (°C)	24,6022624	0,445027926	1,80889025
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,3239819	0,647501184	27,8617137
pH	7,36651584	2,31453E-14	3,142E-13
Error Relativo, Oxígeno Disuelto VS Setpoint	50%		

Fuente: Autores

- Registro de datos de PH, durante los días de medición con él prototipo.

Figura 61. Datos de PH, durante los días de medición con el dispositivo



Fuente: Autores

4.3 REGISTRO DE DATOS TANQUE 2

4.3.1 Sin usar el prototipo

Debido a que el cultivo de peces en el tanque 2 cumplió su ciclo en el mes de marzo del presente año, el SENA ANGOSTURA decidió no volver a hacer siembra de alevinos, ya que se le harían reparaciones al dique de suministro de agua de la unidad acuícola, por consiguiente, no fue posible poner en funcionamiento el dispositivo y poner a prueba los compresores de oxigenación, sin embargo, el prototipo se implementó y está instalado en la unidad a la espera de una nueva siembra.

4.4 RESULTADOS FINALES

4.4.1 Evaluación de niveles de OD sin el prototipo.

- Teniendo en cuenta los promedios de los días elegidos para las muestras, se puede observar que durante todos los días se presentaron unos valores sumamente bajos de oxígeno disuelto en ambos tanques, mientras que la temperatura tuvo un rango aceptable, teniendo en cuenta los rangos óptimos establecidos en la sección 4.5.3.
- Observando las figuras mostradas en la sección 4.2.1 que corresponde al lago 1, se puede determinar que los niveles de oxígeno en este cultivo disminuyen de forma alarmante en las madrugadas desde las 00:00 horas hasta las 8:00, Esto debido a que los peces y otros microorganismos presentes en el lago aumentan el consumo de oxígeno, sin embargo, podemos evidenciar que en la tarde-noche, de 17:00 a 00:00 los niveles de oxígeno aumentan levemente.
- Los niveles de oxígeno del tanque 1 durante el día se mantienen estables, pero críticamente bajos, lo cual es debido a que el tanque no posee una recirculación adecuada, ya que estos estanques son artificiales, no permiten el crecimiento de algas y plantas acuáticas que ayudarían a la producción de oxígeno mediante el proceso de fotosíntesis.
- Analizando las figuras de la sección 4.2.1. se observa que las temperaturas entre las 00:00 y 04:00 la mayoría de los días tiene una tendencia a ser las más altas del día, sin embargo, se mantiene dentro de los niveles óptimos para el cultivo.
- La temperatura más baja en el lago 1, se presentan mayormente desde las 16:30 a las 19:30, sin embargo, esta dentro del rango óptimo, esto debido a que a esta hora comienza a caer la noche y el sol comienza a opacarse.
- Teniendo en cuenta el análisis estadístico y en especial el coeficiente de variación de la muestra, se puede observar que la temperatura tiene porcentaje de variación bastante bajo y que los tanques no tienen problema para el cultivo de tilapia por este parámetro, esto debido a que el Huila está ubicado en una zona geográfica privilegiada y propensa para la cría de esta especie; por el contrario el oxígeno disuelto si tiene un alto porcentaje de variación, además que no cumple con ni siquiera al nivel mínimo óptimo para el cultivo de tilapia, esto debido a la falta de recirculación, microorganismos y algas productores de oxígeno.
- Los niveles de pH se mantienen constantes, esto debido a que, en un estanque de este tipo, el pH puede tardar de uno a tres meses en cambiar solamente una unidad.

4.4.2 Evaluación de niveles de OD con el prototipo.

- Los niveles de pH se mantienen constantes.
- Observando las figuras mostradas en la sección 4.2.2 que corresponde al lago 1, se puede determinar que los niveles de oxígeno siguen disminuyendo en niveles críticos en horas de la madrugada, sin embargo, ya no se evidencian caídas tan súbitas como cuando no se contaba con el prototipo funcionando
- Conforme se enciende el dispositivo, de inmediato se nota levemente la mejoría en los niveles de oxígeno, como se evidencia en la figura 49, que después de un error del sensor, de inmediato el oxígeno se establece en niveles más favorables a comparación de unas horas anteriores sin ejercer control durante el mismo día.
- Se evidencia la total mejoría de los niveles de oxígeno durante los días posteriores a la implementación del con control, disminuyendo notablemente el error relativo con relación al Set Point establecido en un principio en 3.5 mg/L.
- Se observa que, debido al aumento de la temperatura durante las horas del mediodía, el nivel de oxígeno disuelto aumenta de manera considerable y gracias a este fenómeno, no es necesario que el actuador entre a tratar de mantener el Set Point.
- Se presentaron algunas fallas en el servicio de conexión a internet y fluido eléctrico, por esta razón se vuelve a encender el dispositivo hasta el día 22/05/2018, se puede observar en la figura 55 cuando se prende el prototipo a media mañana, inmediatamente se evidencia una mejoría en los niveles de oxígeno del tanque.
- Observando las figuras, se puede determinar que las oscilaciones de los niveles de temperatura en promedio son mínimas, esto es algo positivo, ya que, al haber pocas variaciones de temperatura en el hábitat, el pez no padece de estrés y por consiguiente no suprime las necesidades básicas, favoreciendo su crecimiento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un prototipo de monitoreo de temperatura, oxígeno disuelto y pH, además se logró controlar la cantidad de oxígeno disuelto presente en el estanque, obteniendo un registro con un porcentaje de error bajo.

Se creó una aplicación móvil a través de un software gratuito (Android Studio), en donde el piscicultor puede visualizar de forma inalámbrica, los niveles de temperatura, concentración de oxígeno y pH del estanque.

Se creó una aplicación Web a través del lenguaje de programación PHP, en donde el piscicultor puede visualizar a través de internet, los niveles de temperatura, concentración de oxígeno y pH del estanque, además de un histórico del comportamiento de su cultivo.

Se recomienda el uso de la planta de oxigenación Speal SP10INT, debido a su correcto funcionamiento y excelente eficiencia para estanques pequeños como el que se desarrolló este proyecto.

Este es un sistema moderno, ya que se encuentra alimentado a través de un sistema fotovoltaico que aprovecha el uso de las energías renovables, contribuyendo a la solución del problema climático, pero también usa de energía convencional, con esto aseguramos el correcto uso del prototipo.

A través de los datos obtenidos por el prototipo y la validación de los mismos, se concluye que el nivel de oxígeno es el parámetro al que hay que prestarle mayor atención, pero con la inclusión del sistema de control se ayudó mantener un rango óptimo para el correcto desarrollo del cultivo.

El Huila es una zona privilegiada para el cultivo de tilapia, como se puede evidenciar en los resultados, no se tienen problemas de temperatura, lo cual ofrece un ambiente óptimo para el correcto desarrollo de la vida de los peces.

Todas las etapas de desarrollo de implementación del sistema funcionaron de manera adecuada, obteniendo un prototipo funcional y novedoso para el sector piscícola que demuestra la disminución de los niveles de mortalidad lo cual es nocivo para el cultivo, con esto aseguramos una mayor productividad.

Debido a que la región Surcolombiana es potencia en producción de tilapia, es una buena opción ofrecer este prototipo a pequeños piscicultores, debido a que es de

bajo costo, eficiente y fácil de implementar, de esta manera traducir en mayor rentabilidad la producción piscícola en nuestro departamento.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al usuario hacer buen uso de las pantallas, debido a que son bastante frágiles, no tratar de usarlas con las manos mojadas o sucias, ni ejercer presión sobre ellas.
- Realizar hacer una calibración de los sensores de Oxígeno Disuelto cada seis meses, debido a que el uso constante de este puede distorsionar las medidas.
- Realizar calibración del sensor de pH mínimo cada año, llevándolos al laboratorio y comparándolos con un patrón de medición.
- Cambiar cada seis meses sensor de temperatura digital DS18B20, debido a la baja calidad, genera malas lecturas con el pasar el tiempo, además su bajo costo permite este cambio periódico.
- Realizar un mantenimiento preventivo a todo el sistema de alimentación de energía fotovoltaica cada 2 meses, ya que, por estar en condiciones ambientales críticas, podría funcionar de manera inadecuada, teniendo en cuenta el tiempo de duración de las baterías, revisar si se están cargando a través del panel solar y los contactos de los compresores están funcionando a la perfección.
- Se recomienda acatar la programación de mantenimiento del fabricante de la planta de oxigenación Speal SP10INT.
- Debido a que los sensores son delicados y costosos, solo permitir sacarlos del agua a personal capacitado, además inculcar a los estudiantes a leer y acatar las recomendaciones prescritas en el panel de flotación.
- Se recomienda la instalación de cámaras de seguridad para evitar el robo de la planta de oxígeno disuelto, así como los sensores.

TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros es de suma importancia tener en cuenta parámetros como concentración de amonio, salinidad del agua, entre otros, además sería muy interesante poder medir la cantidad de peces con base al volumen que contiene el estanque por el principio de Arquímedes, con esto, se tendría un sistema más integral.

Para tener una piscícola completamente automatizada, sería interesante controlar los parámetros de temperatura y pH, además adicionar comederos automáticos, esta última propuesta ya se ha visto en otros proyectos de grado, pero aun sin integrarla a una piscícola totalmente controlada.

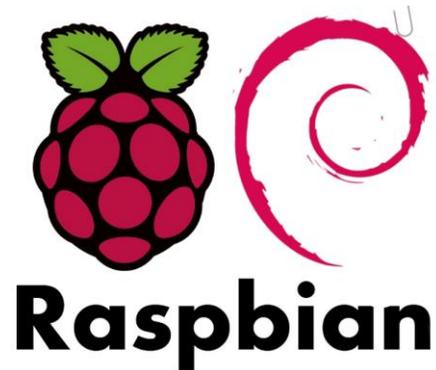
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carrillo, E. A., Echavarría Marín, J. S., & Muñoz Restrepo, J. D. (2009). SISTEMA ROBÓTICO PARA LA ALIMENTACIÓN DE PECES. Medellín.
- [2] Dussan T. Sergio Andres, Vanegas M. Oscar, presentan el DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PARAMETROS FISICO-QUIMICOS EN CULTIVO DE ALEVINOS A TRAVÉS DE APLICACIÓN MOVIL PARA DISMINUIR TASA DE MORTALIDAD. Neiva (2015)
- [3] Gobernación del Huila, "Informe cadena piscícolas del Huila", 2013.
- [4] NICOVITA, "Manual de crianza Tilapia", 2010.
- [5] Peña A., Rodríguez J., CREACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UNA GRANJA PISCÍCOLA PRODUCTORA DE TILAPIA ROJA EN EL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá (2011), 122 pp.
- [6] Polania N. E., PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA PROCESO PISCÍCOLA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Programa de Especialización en informática y automática industrial. Bogotá.
- [7] Ramírez V. Luis, Gutiérrez Elkin David, presentan el SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO Y ALIMENTACIÓN PARA TILAPIA. (2015)
- [8] Sistema de control moderno, RICHARD C. DORF, Décima Edición.
- [9] SISTEMA INTGRAL DE ALERTAS TEMPRANAS, Alfredo Valderrama, Francisco Rujana, Mónica Avilés, Artículo Científico. 2010. Proyecto de investigación. Colciencias en conjunto con ACUAPEZ. <http://sistemaintegraldealertastempranas.blogspot.com/>
- [10] SISTEMA SOPORTADO EN SOFTWARE PARA EL MONITOREO DEL NIVEL DE OXIGENO DISUELTO EN UN CULTIVO PISCICOLA, Diego Vega, Freddy Gil, Proyecto de grado. 2009. Tesis (Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones). Universidad Católica Superior de Risaralda. <http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/424/completo.pdf?sequence=1>
- [11] SISTEMAS DE BASES DE DATOS, UN ENFOQUE PRACTICO PARA DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN-Thomas M. Connolly, Carolyn E. Begg- cuarta Edición.
- [12] Vega D., Gil F., SISTEMA SOPORTADO EN SOFTWARE PARA EL MONITOREO DEL NIVEL DE OXIGENO DISUELTO EN UN CULTIVO PISCICOLA. Universidad Católica Popular del Risaralda. Bogotá (2009), 108pp.

- [13]** Rodríguez-Aguilera A. García-Araya A. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DEL CAMARÓN DE RÍO DEL SUR (*SAMASTACUS SPINIFRONS*, PHILLIPI: 1992) EN SU ETAPA JOVEN. Escuela de Acuicultura, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile.

ANEXOS

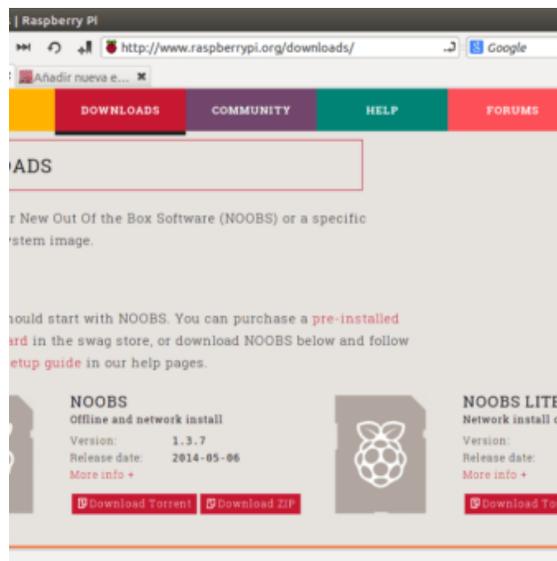
ANEXO A: INSTALACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO RASPBIAN



NOOBS paso a paso. Instalar el sistema operativo en la Raspberry Pi

Hay 2 opciones:

- **NOOBS Offline** and network install
- **NOOBS LITE** Network install only

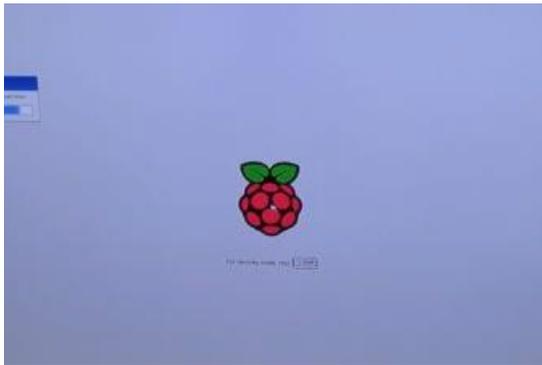


La primera es más pesada (más megas), pero luego necesitará menos la conexión a Internet para terminar de instalarse. La segunda es más ligera, pero necesitará Internet para instalarse desde el principio. En cualquiera de los casos se necesita una tarjeta SD de **al menos 8GB**.

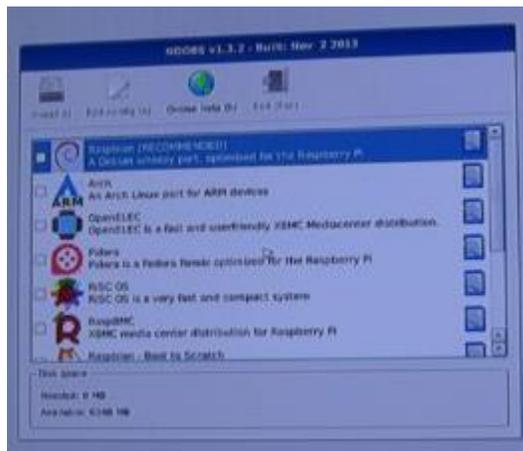
Los pasos a dar serán:

1. **Descargar NOOBS** en nuestro PC
2. Insertar o **conectar la tarjeta SD en ese mismo PC**
3. Formatear la tarjeta SD
4. **Descomprimir** NOOBS que descargamos como fichero **zip en esa SD**
5. Una vez **termina de copiarse** todo sacamos la tarjeta SD y **la insertamos en la Raspberry Pi**
6. Conectamos el cable HDMI, teclado, ratón y cable de red. **OJO todavía no funcionará con Wi-Fi**
7. **Conectamos el cable de alimentación eléctrica** y empezará a arrancar la Raspberry Pi

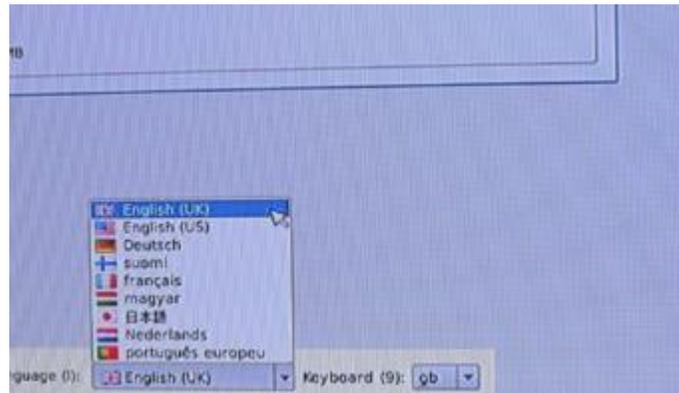
Al arrancarse por primera vez crea las particiones necesarias



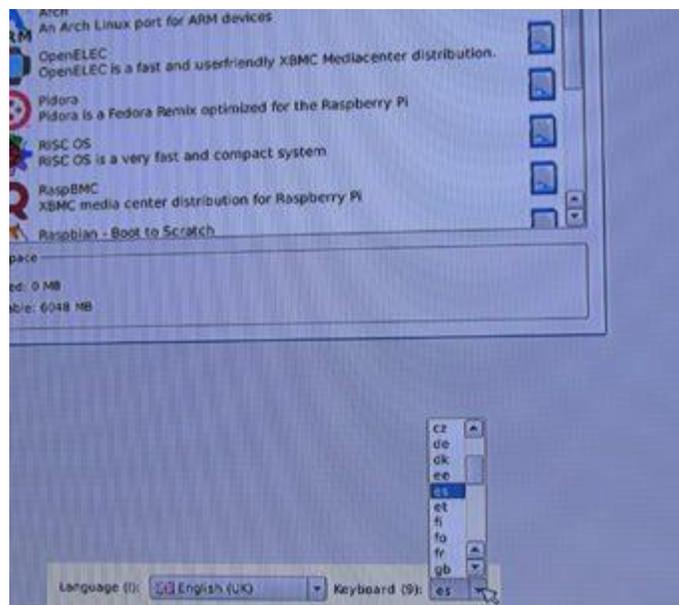
Después nos aparece el menú con los sistemas operativos disponibles para instalar



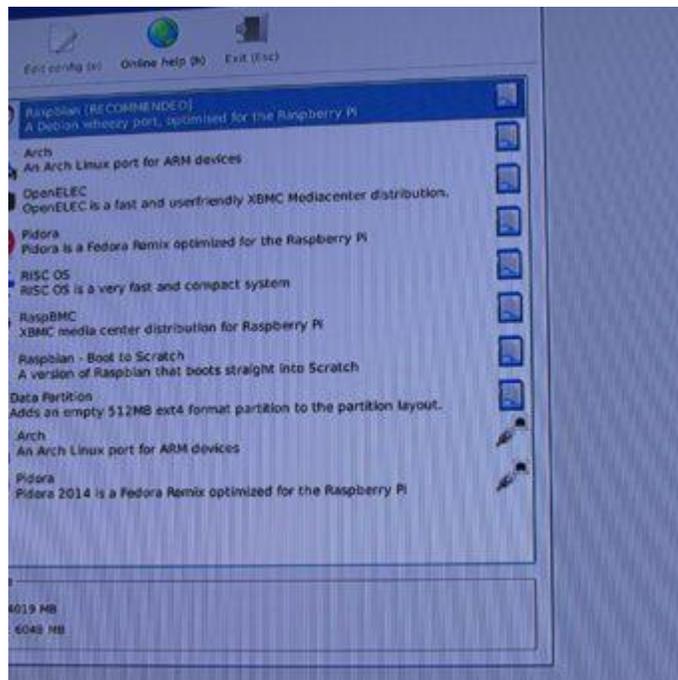
En la parte de abajo podemos elegir el idioma del instalador, “no hay español”



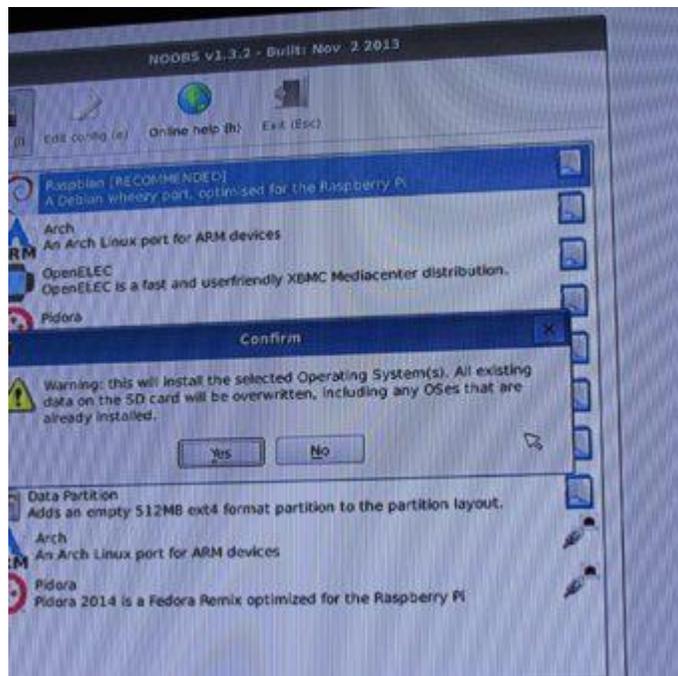
El idioma del Keyboard / Teclado aquí elegimos “es” de español



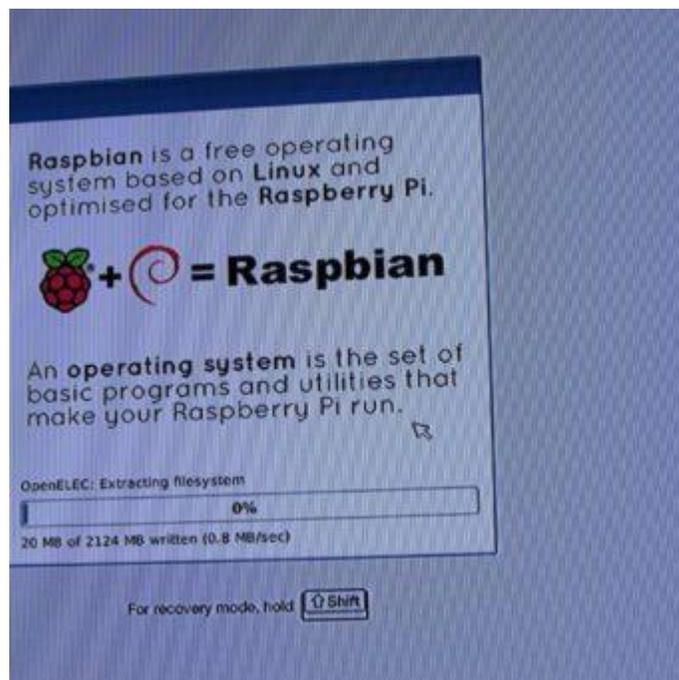
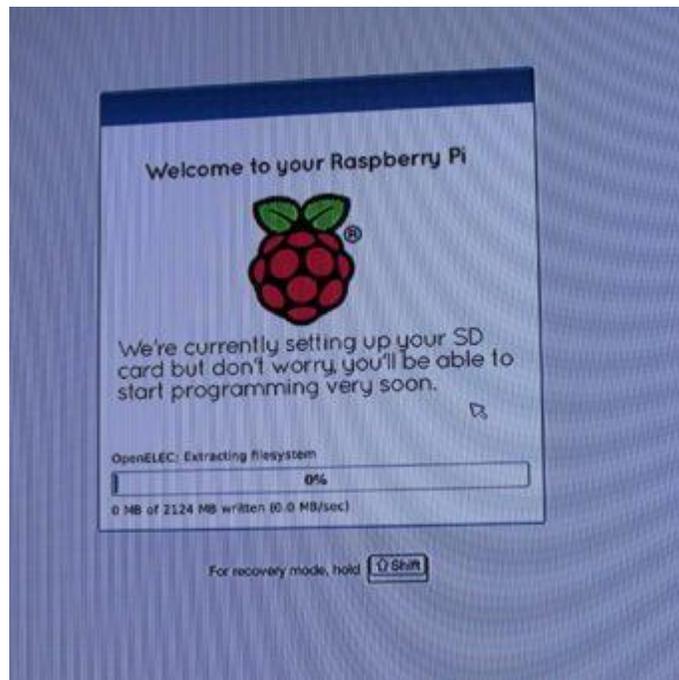
Seleccionamos los sistemas a instalar de forma simultánea en la SD, abajo informa del espacio disponible según lo seleccionado. La opción “Data partition” crea una partición que se verá desde todos los sistemas instalados y servirá para tener información de uso compartido

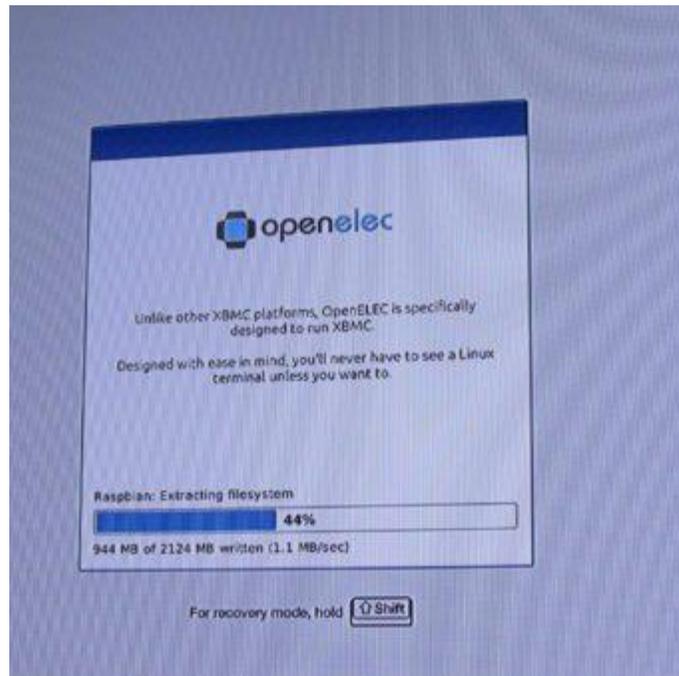
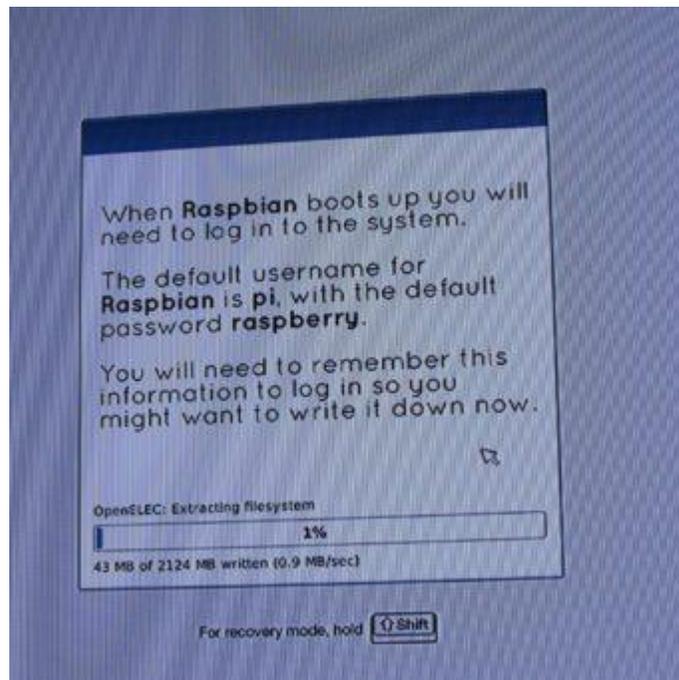


Al darle al botón de arriba "Install" nos informa que se borrará la SD. Le damos a "Yes"

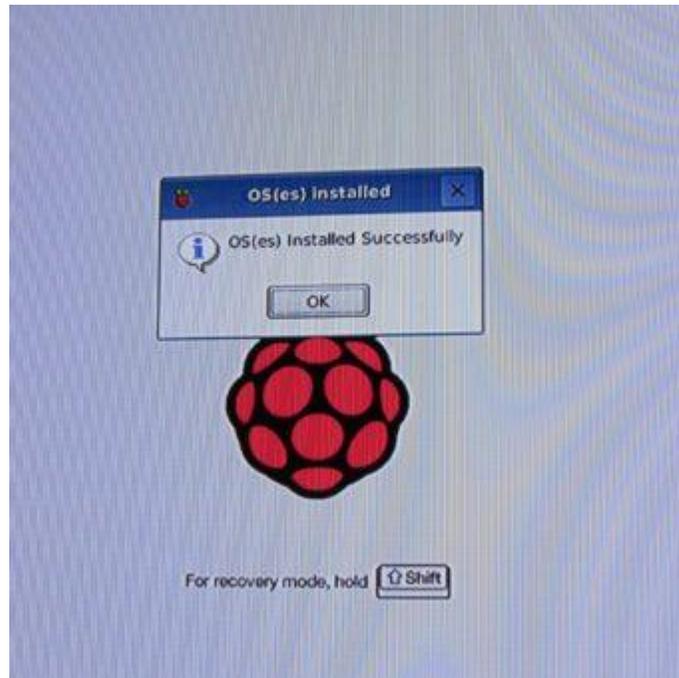


Comienza el proceso

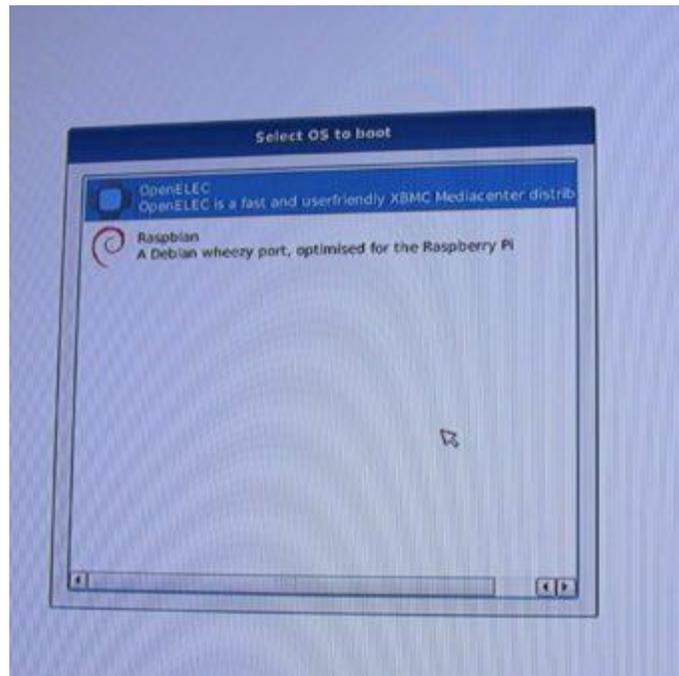




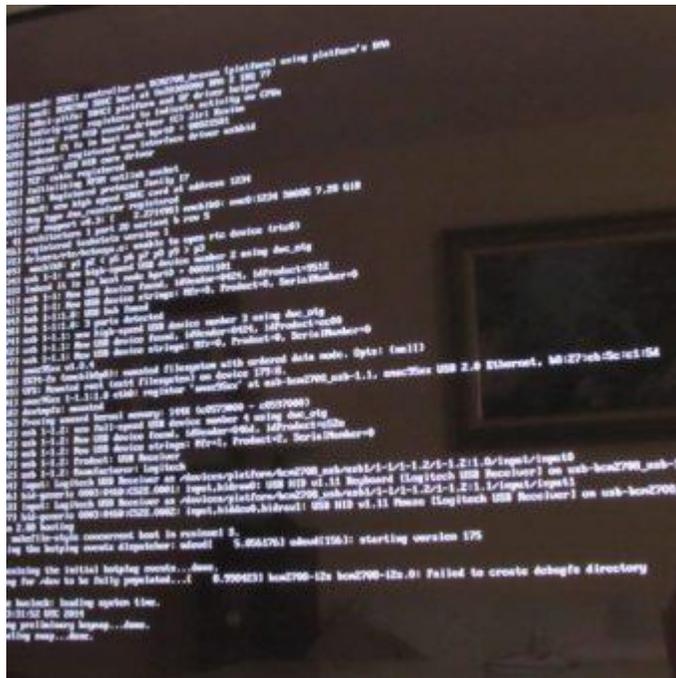
Al terminar muestra este mensaje, le damos a “OK”



Y ya tenemos el menú de arranque por defecto de nuestra "Raspberry Pi"



Primer arranque



ANEXO B: ENTORNOS DE DESARROLLO UTILIZADOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

Se utilizaron tres plataformas de programación para la realización del software.

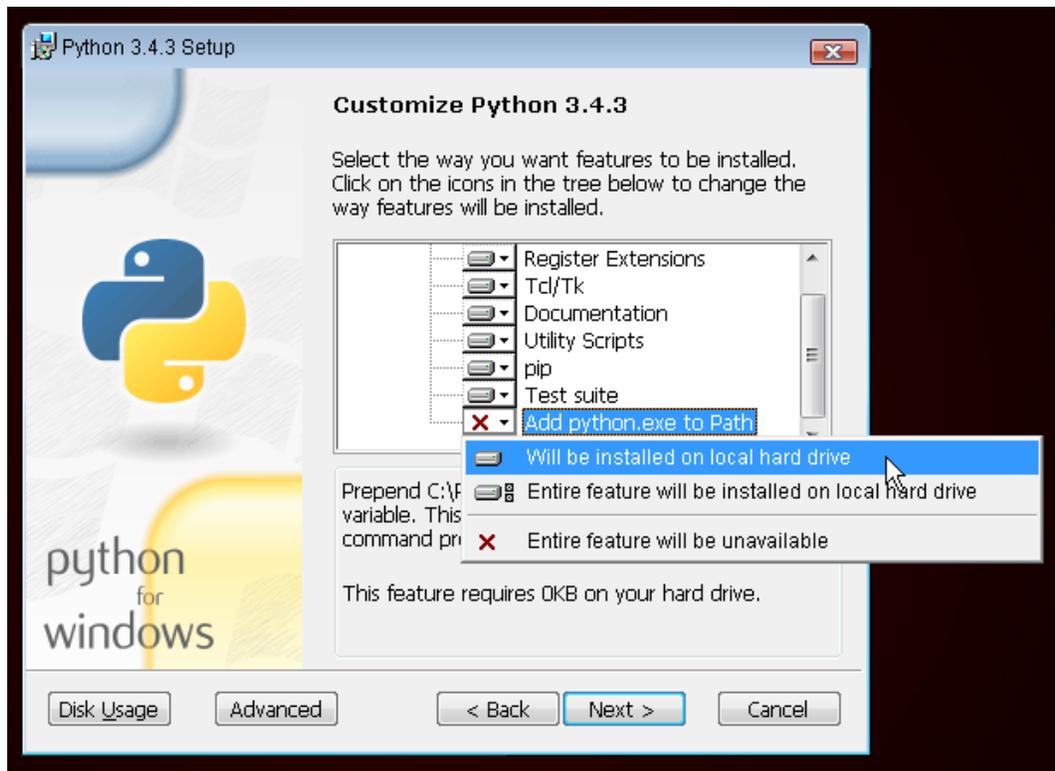
- Python

Instalación de Python

Windows

Puedes descargar Python para Windows desde el sitio web <https://www.python.org/downloads/release/python-343/>. Después de descargar el archivo *.msi, debes ejecutarlo (haz doble click en el archivo) y sigue las instrucciones. Es importante recordar la ruta (el directorio) donde se ha instalado Python. ¡Será necesario más adelante!

Algo para tener en cuenta: en la segunda pantalla del asistente de instalación, llamada "Customize", asegúrate de ir hacia abajo y elegir la opción "Add python.exe to the Path", como en



Linux

Es muy posible que ya tengas Python instalado. Para verificar que ya lo tienes instalado (y qué versión es), abre una consola y tipea el siguiente comando:

```
$ python3 --version
```

Python 3.4.2

Si no tienes Python instalado o si quieres una versión diferente, puedes instalarlo como sigue:

Ubuntu

Tipea este comando en tu consola:

```
sudo apt install python3.4
```

Fedora

Usa este comando en tu consola:

```
sudo dnf install python3.4
```

openSUSE

Usa este comando en tu consola:

```
sudo zypper install python3
```

OS X

Debes ir al sitio web <https://www.python.org/downloads/release/python-342/> y descargar el instalador de Python:

- descarga el archivo *DMG Mac OS X 64-bit/32-bit installer*,
- haz doble click para abrirlo,
- doble click en *Python.mpkg* para ejecutar al instalador.

Verifica que la instalación fue exitosa abriendo la *Terminal* y ejecutando el comando python3:

```
$ python3 --version
```

```
Python 3.4.2
```

Tomado de: https://tutorial.djangogirls.org/es/python_installation/

- **ARDUINO**

INSTALACIÓN DEL IDE ARDUINO

Descargar la última versión del IDE de Arduino desde: <http://arduino.cc/en/Main/Software>

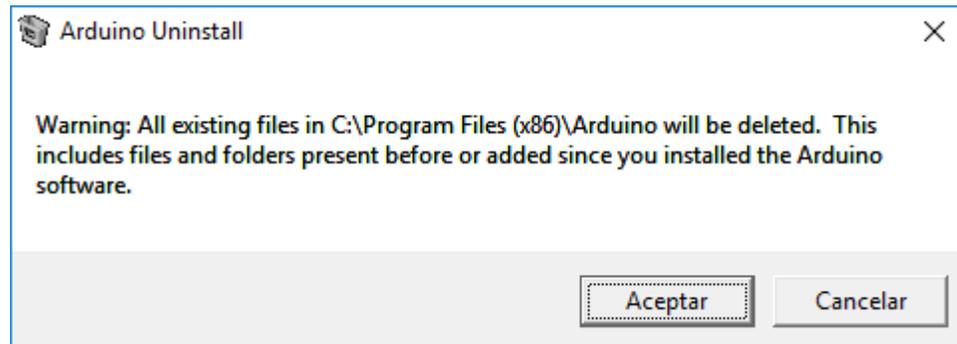
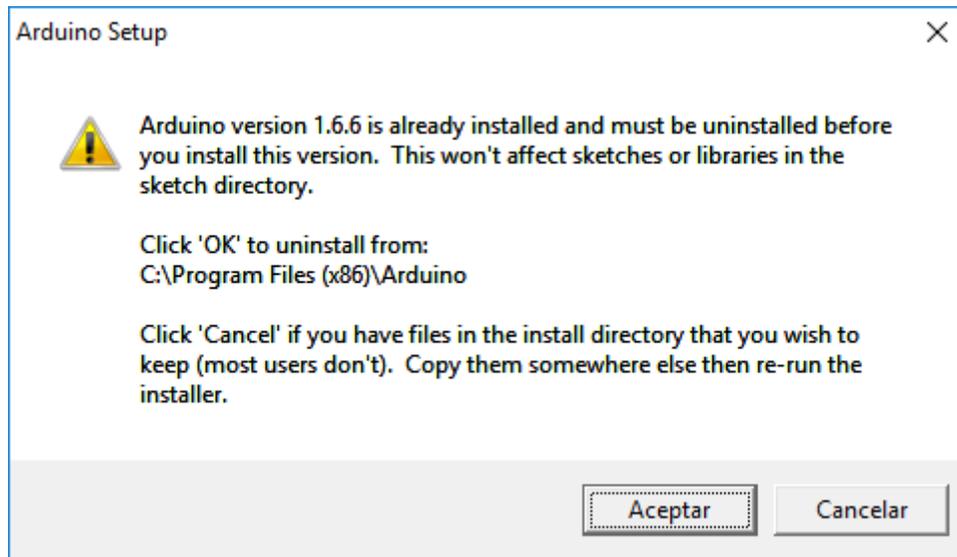
Elegir la opción de Windows Installer, aunque también es posible descargar la versión comprimida en zip y se puede decir que es una versión portable o para aquellos que no tengan privilegios suficientes para instalar aplicaciones o simplemente se quiera hacer una instalación manual.

Para actualizar una versión anterior del IDE de Arduino, el procedimiento es el mismo que el de una instalación inicial, puesto que el instalador detecta una versión anterior y la desinstala manteniendo todas nuestras configuraciones, librerías y sketches anteriores.

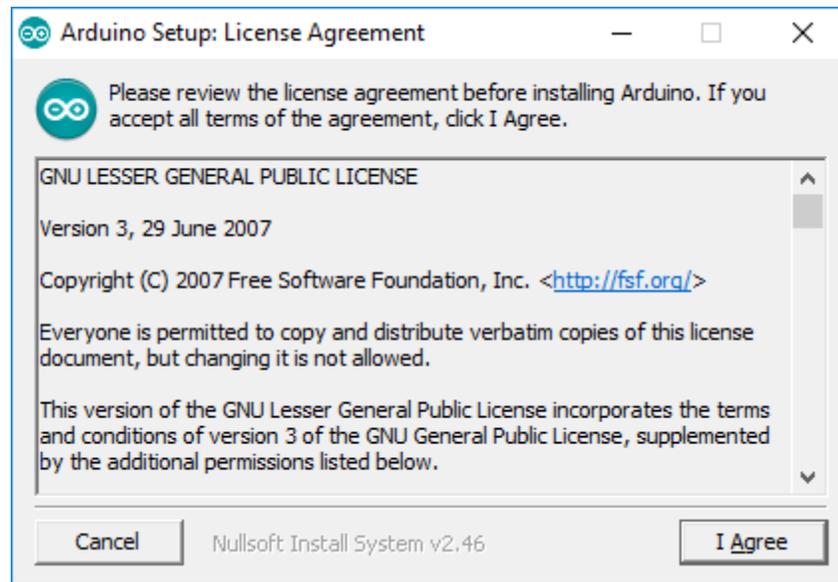
En caso de que queramos mantener varias versiones del IDE en el mismo ordenador, simplemente hacemos la instalación manual en directorios diferentes y

las configuraciones, librerías y sketches son compartidas por las diferentes versiones del IDE instaladas.

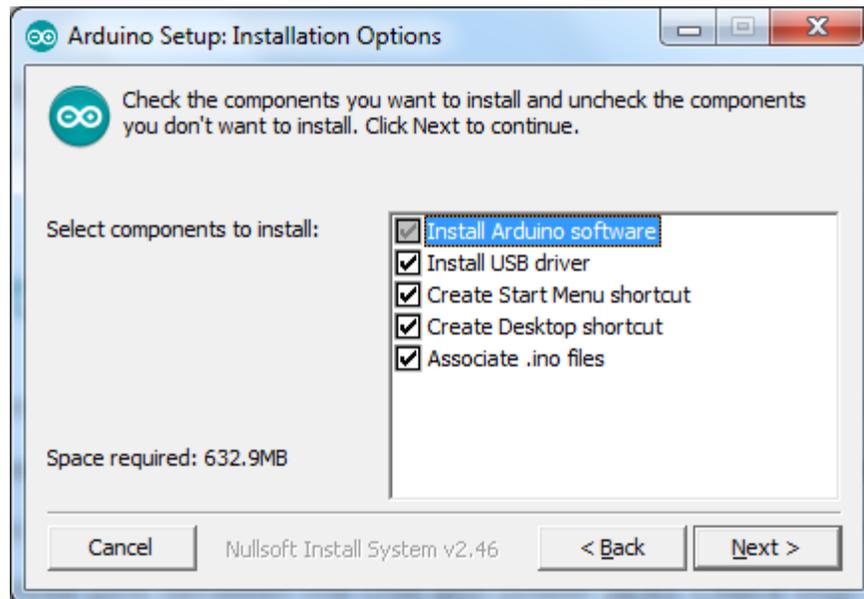
Ejecutar el instalador descargado. Si existe una versión anterior el instalador nos avisa y nos desinstala. En el caso que hayamos hecho modificaciones en el directorio de instalación las perderemos.



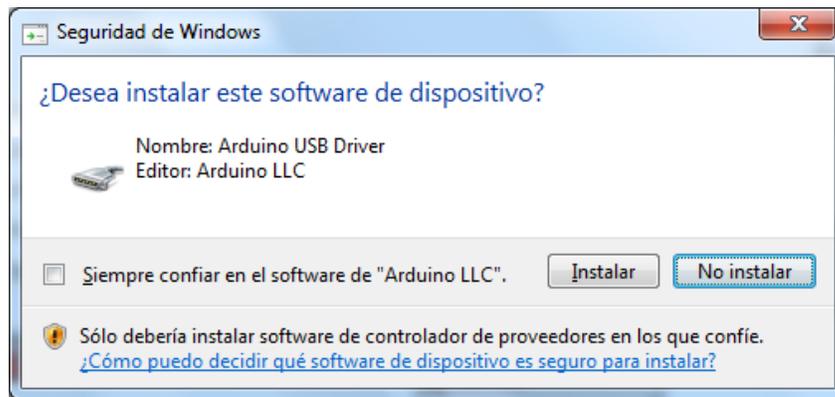
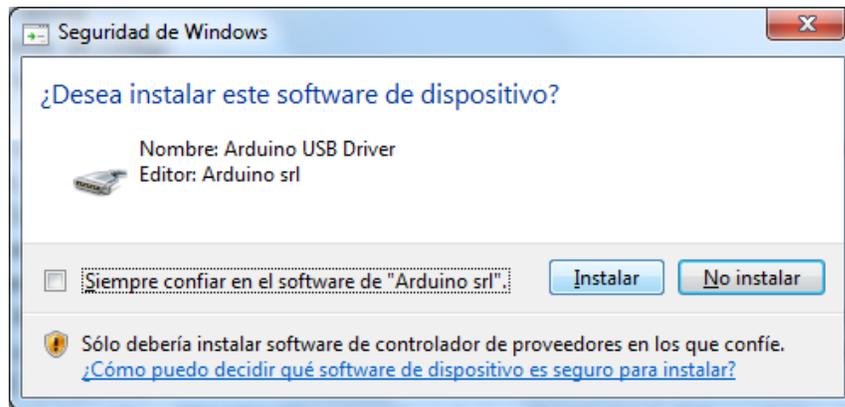
Durante la instalación aceptamos el acuerdo de licencia.



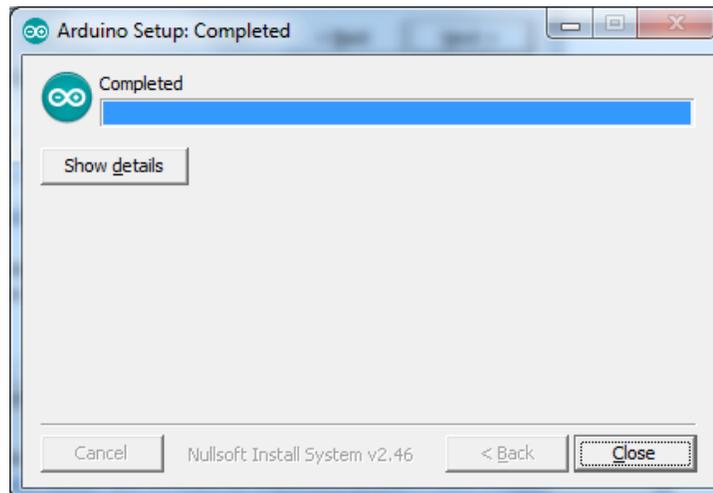
Marcar todas las opciones y elegir directorio de instalación, generalmente C:\Program Files (x86)\Arduino\:



Permitir instalar los drivers (si lo solicita):

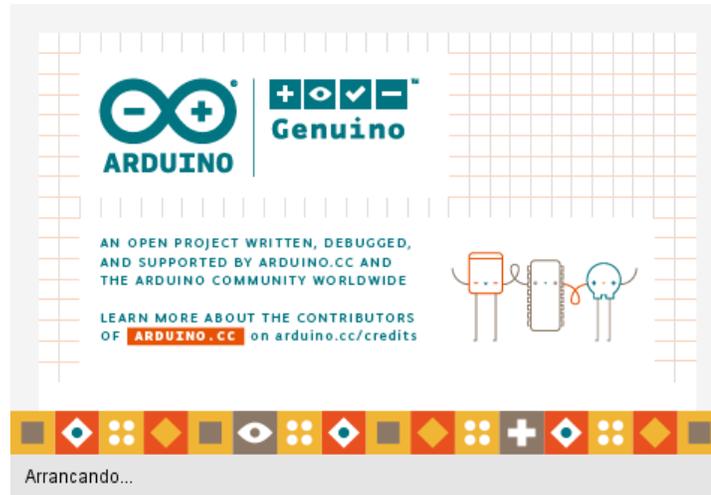


Y ya está instalado:

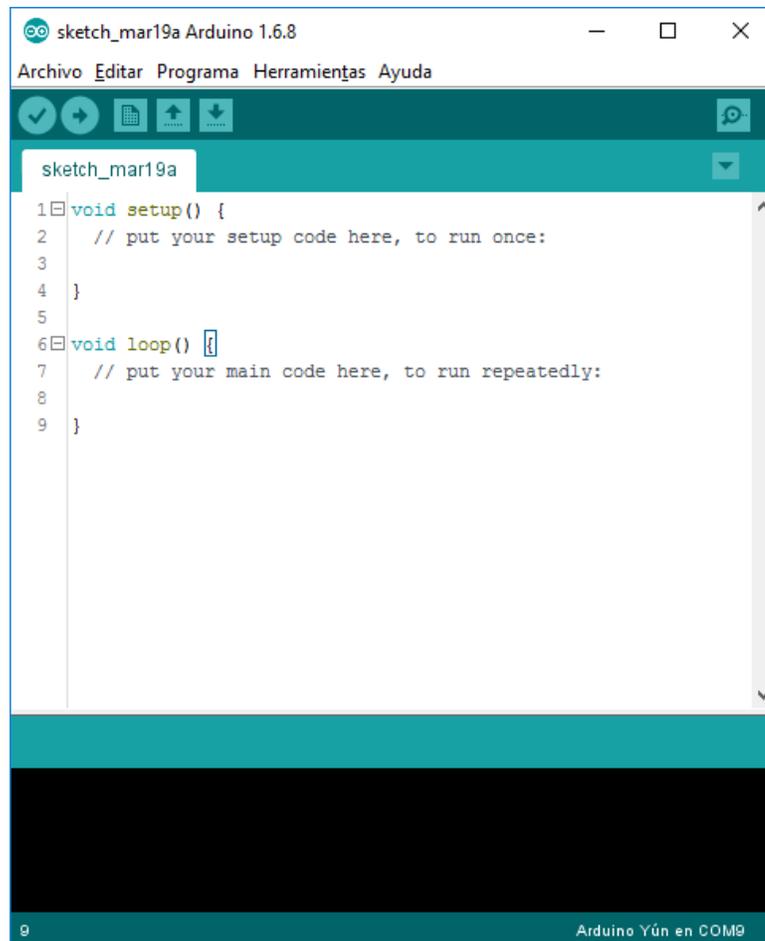


En este momento ya tenemos instalado el IDE en nuestro ordenador. Con las nuevas versiones del IDE de Arduino no es necesario instalar los drivers en Windows al venir integrados en el IDE y estos tienen las firmas correspondientes.

Ejecutar la aplicación:



Y este es el aspecto del IDE:



El IDE de Arduino es multiplataforma y en caso de instalar el IDE Arduino en otros sistemas operativos estas son las instrucciones:

- Windows: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>
- Mac OSX: <http://arduino.cc/en/Guide/MacOSX>
- Linux: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Linux> y <http://playground.arduino.cc/Learning/Linux>

Tomado de: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/30/instalacion-del-ide-arduino/>

- **NetBeans**

Manual de instalación de Netbeans 7.4 para Windows

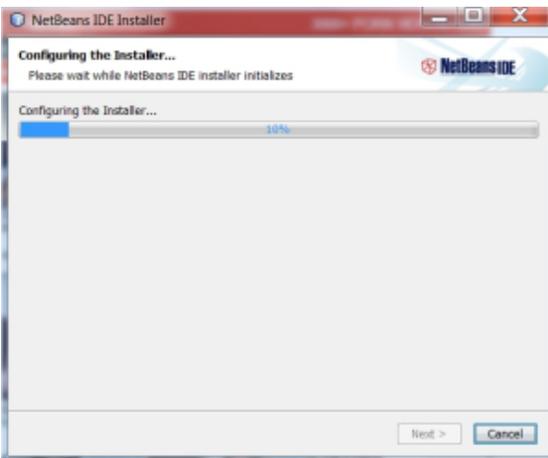


En primer lugar, nos dirigimos a la página oficial de descarga de NetBeans haciendo click en el siguiente enlace y seleccionamos la última casilla de descarga.

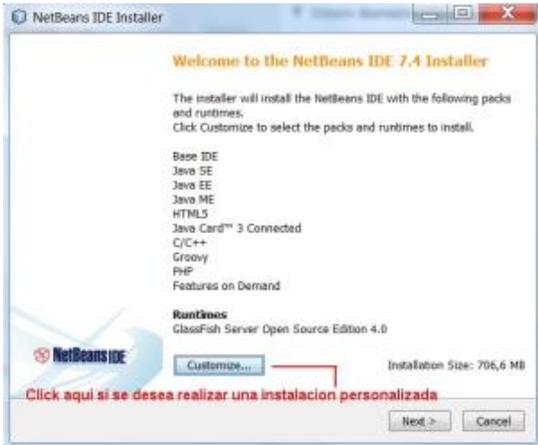


Tras la descarga abrimos el ejecutable y comenzará la instalación

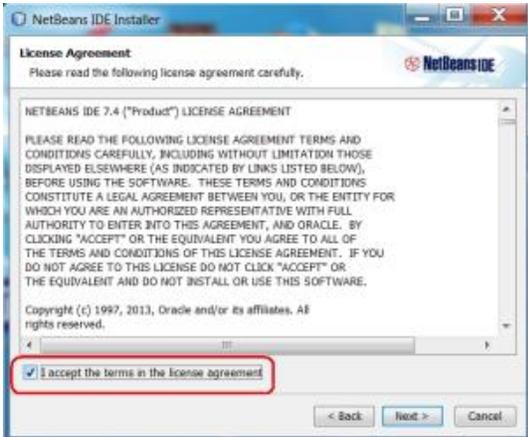


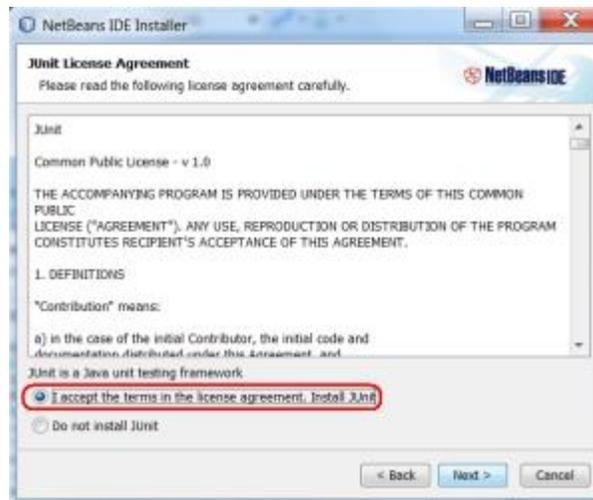


Tras la autoconfiguración se abrirá la interfaz de instalación personalizada de paquetes.

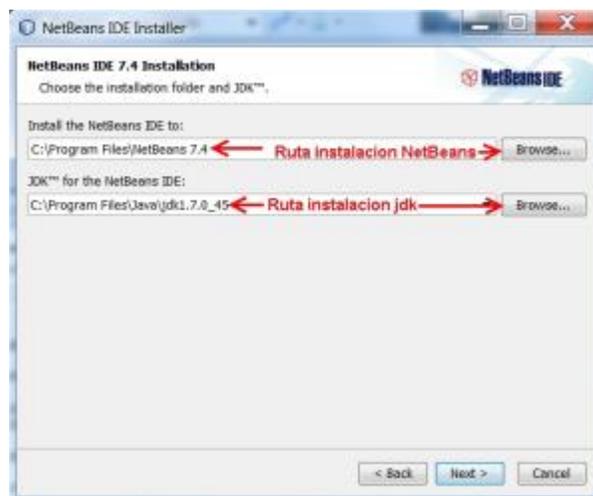


Aceptamos los términos de licencia y pulsamos siguiente.

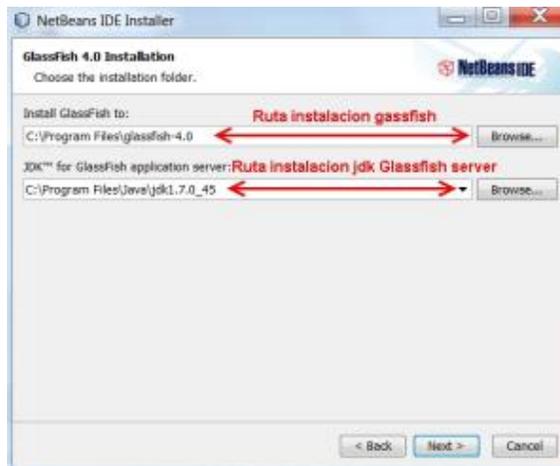




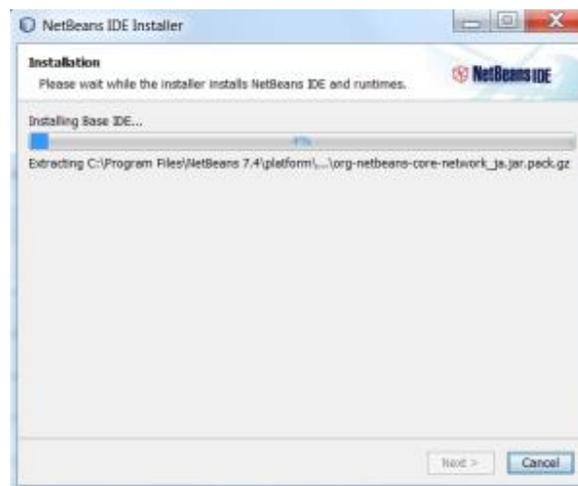
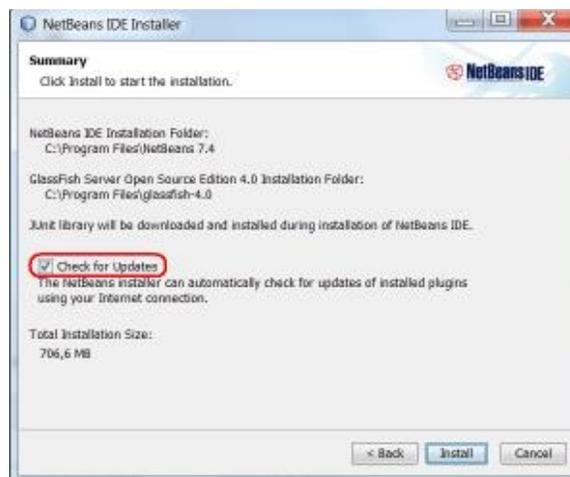
En la siguiente ventana se nos da la opción de cambiar la ruta de instalación tanto de NetBeans como del paquete JDK . Nota: Se recomienda que la version del jdk sea la última actualmente, para ello consultar el siguiente [enlace](#) . En este caso instalaremos las versiones de NetBeans 7.4 y JDK 7.0_45



También se da la opción de cambiar la ruta por defecto tanto del paquete Glassfish como su jdk server correspondiente.



Por último, dejamos activada la opción de chequeo de actualizaciones y pulsamos install



Y por último desmarcamos la casilla de contribución al proyecto haciendo uso anónimo de datos, pulsamos finish.



Tomado de: <https://sisqo21.wordpress.com/2013/10/28/manual-de-instalacion-de-netbeans-7-4-para-windows/>

ANEXO C: MANUALES DE LOS EQUIPOS USADOS

Los manuales de los equipos usados en este proyecto, y se podrán encontrar en el CD que ha sido suministrado en una carpeta llamada “Anexos”, en el interior de esta misma, otra carpeta llamada “Anexo C”

ANEXO D: ESTUDIO ESTADISTICO.

El estudio estadístico realizado en la sección 4.2.1 y 4.2.2, se podrán encontrar en el CD, que ha sido suministrado en una carpeta llamada “Anexos”, en el interior de esta misma, otra carpeta llamada “Anexo D”

ANEXO E: CODIGOS USADOS

Los códigos usados en la aplicación móvil, web y Python, se podrán encontrar en el CD, que ha sido suministrado en una carpeta llamada “Anexos”, en el interior de esta misma, otra carpeta llamada “Anexo E”

