

# UACM

Universidad Autónoma  
de la Ciudad de México

---

*Nada humano me es ajeno*

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE  
TELECOMUNICACIONES

**Estación sumergible para monitoreo de agua dulce**

TRABAJO RECEPCIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADAS EN INGENIERÍA  
EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE TELECOMUNICACIONES

PRESENTAN

**AGUSTINA ARGUELLO TENTLE**  
**GABRIELA ROSARIO LÓPEZ LÓPEZ**

DIRECTOR

M. en C. Agustín González Villanueva

CODIRECTOR

Dr. Julio César Salas Torres

Ciudad de México, febrero de 2018.

## SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

### RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

### DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.



# Dedicatoria

*En memoria de mi padre*

*A mi santa madre querida y adorada*

*A todos mis hermanos*

*A todos mis sobrinos*

*Agustina Arguello Tentle*

*A mis padres Sara y Francisco, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional.*

*A mis hermanos y familia que ha estado en todo momento.*

*Gabriela Rosario López López*



# Agradecimientos

*A mi director de tesis Agustín González Villanueva.*

*A mi Co-asesor Julio Cesar Salas Torres.*

*Por brindar su apoyo incondicional para la realización de este proyecto,  
por sus enseñanzas, por su motivación...*

*Al laboratorio LACECI y LAMAT por brindarnos su espacio y material para desarrollar nuestro  
proyecto.*

*A la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.*

*A mi madre por su gran amor, bondad, sacrificio, apoyo y consejos.*

*Agustina Arguello Tentle*

---

*Es muy gratificante alcanzar las metas y objetivos que nos proponemos, pero es más compartirlos con quien con su esfuerzo lo hicieron posible.*

*Primer y antes que nadie le doy gracias a Dios porque no me ha dejado sola en cada paso que doy, por brindarme fortaleza e iluminar mi camino, y poner en este a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio y de mi vida.*

*Agradezco hoy y siempre a mis padres Sara López Hernández y Francisco Sergio López Gallardo, por mostrarme que todo con perseverancia, dedicación y empeño todo es posible, por ser una guía en mi camino y depositar su confianza en mí. Por todo el cariño incondicional que siempre me han brindado, por haberme formado como un gran ser humano y profesionista. Me falta mucho por alcanzar, sueños que realizar y que no quede duda que los cumpliré. Gracias por siempre estar apoyándome en todo lo que hago, este logro no es solo mío sino de ustedes también.*

*A mis hermanos por el apoyo que siempre me han brindado, por estar siempre presentes cuando los he necesitado, por ser parte importante de mi vida y que han fomentado el deseo de superación y el anhelo de triunfo en mi vida.*

*A mis profesores M. en C. Agustín González Villanueva y Dr. Julio Cesar Salas Torres, por brindarnos todo su apoyo, consejos, conocimientos, además de todo ese tiempo que nos dedicaron para alcanzar nuestro objetivo. Por brindarnos sus conocimientos para llevar a cabo esta tesis, con sus valiosas contribuciones y por el tiempo dedicado para revisarlo y sobre todo su gran paciencia para esperar a que este trabajo pudiera llegar a su fin. También al brindarnos un espacio de trabajo en el Laboratorio Cómputo para la enseñanza de las ciencias (LACECI) y el laboratorio de Matemáticas (LAMAT).*

*Agradezco a mi amiga y compañera Agustina, por brindarme su confianza para realizar esta tesis juntas, la cual es una lección de vida ya que aprendimos a convivir y a trabajar en equipo en los momentos de desesperación, tropiezos, estrés y sobre todo en los momentos de alegría.*

*A ti Arturo por tu comprensión y apoyo que me has brindado, pero sobre todo por la paciencia que has tenido.*

*Y por último y no menos importante agradezco a todos mis amigos y compañeros su apoyo y confianza me permitieron terminar una etapa muy importante en mi vida que estuvo llena de altibajos y que siempre me dieron ánimos para no dejar inconclusa esta etapa en mi carrera profesional y personal.*

*Gabriela Rosario López López*

# Objetivo general

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un sumergible que nos permita la recolección y la transmisión de datos en ambientes de agua dulce. Será un diseño de bajo costo, pero no con ello arriesgándonos a no tener fiabilidad con la recolección de datos. Por lo tanto esto incluirá la búsqueda y la adquisición de los sensores y de los componentes que se crean más adecuados para la medida de los parámetros físicos: temperatura, turbiedad y PH.

La transmisión se llevara acabo con la placa Arduino UNO y la recepción con la placa Raspberry Pi 2B, esto nos conlleva trabajar con cada uno de ellos en sus respectivos programas.

A fin de mostrar los datos se realizará una base de datos, el guardar las muestras suficientes para que nos pueda proporcionar información lo suficientemente válida.

En lo que se refiere a estructura del sistema, se debe construir el sistema completo que sea capaz de aguantar la inmersión, ya que tendrá que estar expuesta a la presión que ejerza el agua sobre ella.



# Objetivos particulares

- Construir una boya para incorporar los sensores de muestreo (turbiedad, temperatura y ph).
- Implementar una interfaz de comunicación inalámbrica.
- Construir una estación de recepción datos.
- Enlazar la boya y la estación por medio de un protocolo RF.



# Introducción

Es importante para medir la potabilidad del agua considerar algunas variables como su turbidez, su grado de acidez (PH) y su temperatura. En este trabajo presentamos un prototipo de aparato sumergible que mide estas variables de manera remota.

Para cumplir de forma adecuada el prototipo consta de las siguientes características:

1. Puede sumergirse en medios líquidos y contiene sensores que miden las variables mencionadas.
2. Cuenta con un control remoto que permite direccionarlo desde el exterior.
3. Envía la información en tiempo real a un servidor en el cual se puede almacenar y consultar los resultados de las mediciones en forma casi simultánea a la que se van tomando las muestras.
4. El sistema está conformado por una red interna y no requiere de ninguna conexión a una red externa para su funcionamiento; así como también cuenta con su propia fuente de alimentación.

Cabe mencionar también que el sumergible está hecho de materiales de venta comercial pero de uso libre. Se consideró también para la elección de estos que fueran económicos y fáciles de usar. El sumergible está gobernado por una placa Arduino y el receptor de la información por una placa Raspberry.

En el primer capítulo presentamos un resumen teórico de los elementos fisico-químicos que se requieren para comprender el uso y las aplicaciones de nuestro prototipo. En el segundo hacemos una descripción general de los materiales informáticos que se pueden utilizar para el armado y en el tercero describimos cuales fueron las elegidas. Finalmente, en el cuarto, describimos el prototipo dando sus especificaciones, incluyendo su configuración, las características de su ensamblado y presentamos los resultados de una simulación piloto.

# Índice general

<b>Dedicatoria</b>	<b>III</b>
<b>1 Aspectos teóricos</b>	<b>1</b>
1.1 Sistema de monitoreo . . . . .	1
1.2 Principio de Arquímedes . . . . .	2
1.3 Turbidez en el agua . . . . .	3
1.4 ¿Qué es el pH? . . . . .	4
1.5 Temperatura . . . . .	5
1.6 Espectro electromagnético . . . . .	5
1.6.1 Protocolo 802.11b . . . . .	6
1.7 Protocolo SPI . . . . .	7
<b>2 Aspectos Técnicos</b>	<b>9</b>
2.1 Arduino UNO . . . . .	9
2.2 Placa Raspberry Pi 2B . . . . .	11
2.3 Sensor de temperatura a prueba de agua (DS18B20) . . . . .	13
2.4 Sensor de turbiedad SHT-161 . . . . .	15
2.5 Sensor de PH . . . . .	15
2.6 Módulo de comunicación inalámbrica NRF24L01 . . . . .	16
2.7 Micro Servo SG90 9g . . . . .	18
2.8 Módulo DS3231, reloj . . . . .	19
2.9 Chip MCP3008 SPI ADC . . . . .	20
2.10 Módulo Joystick . . . . .	21
2.11 Batería de plomo . . . . .	22
2.11.1 Capacidad de las pilas recargables . . . . .	23
2.11.2 Batería de 12V 3Ah, de plomo ácido sellada AGM . . . . .	23
2.12 Motor de DC . . . . .	23
<b>3 Desarrollo del proyecto</b>	<b>25</b>
3.1 Metodología de la investigación y técnicas a utilizar . . . . .	25
3.2 Antecedentes de sistemas de monitoreo para la calidad de agua . . . . .	25
3.3 Diseño del proyecto . . . . .	26
3.4 Razones para utilizar los componentes . . . . .	26
3.5 Requerimientos del Hardware . . . . .	28
3.6 Requerimientos del Software . . . . .	29
3.7 Implementación del proyecto . . . . .	29

3.8	Implementación del modelo a escala . . . . .	31
3.8.1	Diseño PCB . . . . .	33
3.8.2	Ensamble del sumergible . . . . .	34
3.9	Implementación de la estación base . . . . .	38
3.9.1	Configuración del servidor . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Conclusiones y perspectivas</b>	<b>45</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>48</b>

# Índice de figuras

Figura 1.2.1	Principio de Arquímedes. . . . .	2
Figura 1.3.1	Muestras de turbidez en el agua. . . . .	4
Figura 1.4.1	Tabla de PH. . . . .	4
Figura 1.7.1	Ejemplo de un diseño de red SPI con un maestro y un circuito esclavo. . . . .	7
Figura 1.7.2	Ejemplo de un diseño de red SPI con un maestro y varios circuitos esclavo. . . . .	7
Figura 2.1.1	Placa Arduino UNO. . . . .	9
Figura 2.2.1	Placa Raspberry Pi. . . . .	11
Figura 2.3.1	Sensor de temperatura DS18B20. . . . .	13
Figura 2.4.1	Sensor de turbiedad. . . . .	15
Figura 2.5.1	Sensor de PH. . . . .	16
Figura 2.6.1	Modulo de comunicación NRF24L01. . . . .	17
Figura 2.7.1	Micro Servo SG90 9g. . . . .	19
Figura 2.8.1	El módulo DS3231, reloj. . . . .	19
Figura 2.9.1	El chip MCP3008 SPI ADC. . . . .	20
Figura 2.10.1	Joystick o palanca de mando. . . . .	21
Figura 2.11.1	Batería de 12V 3Ah, de plomo ácido. . . . .	22
Figura 2.12.1	Motor de DC de 12V. . . . .	23
Figura 3.2.1	Sistemas de monitoreo de YSI . . . . .	25
Figura 3.3.1	Diagrama eléctrico del sumergible. . . . .	26
Figura 3.7.1	Diagrama de bloques del sistema a implementar. . . . .	29
Figura 3.7.2	Diagrama de bloques del transmisor. . . . .	30
Figura 3.7.3	Diagrama de bloques del receptor. . . . .	31
Figura 3.8.1	Calibración de sensores. . . . .	32
Figura 3.8.2	Captura de las muestras obtenidas de los sensores. . . . .	32
Figura 3.8.3	Servos para plataforma Arduino UNO y conexión del NRF24L01. . . . .	33
Figura 3.8.4	Diagrama eléctrico para la fuente de alimentación . . . . .	34
Figura 3.8.5	Diagrama eléctrico para la fuente de alimentación en 3D . . . . .	34

Figura 3.8.6 Ensamble de la parte interna del sumergible . . . . .	35
Figura 3.8.7 Ensamble del prototipo del sumergible. . . . .	35
Figura 3.8.8 Ensamble externo del sumergible . . . . .	36
Figura 3.8.9 Ensamble de los timones y hélice . . . . .	37
Figura 3.8.10 Ensamble de los timones y hélice . . . . .	37
Figura 3.9.1 Componentes del hardware de la estación base. . . . .	38
Figura 3.9.2 Menú de herramientas de configuración. . . . .	38
Figura 3.9.3 Comandos de activación para la movilidad del sumergible. . . . .	40
Figura 3.9.4 Página de prueba del servidor Apache. . . . .	41
Figura 3.9.5 Página inicial de phpMyAdmin. . . . .	41
Figura 3.9.6 visualización de la tabla "val2" desde mysql. . . . .	42
Figura 3.9.7 Visualización de las muestras recibidas. . . . .	43
Figura 3.9.8 visualización de la tabla "val2" desde el servidor. . . . .	43
Figura 3.9.9 Implementación de la estación base. . . . .	44

## Índice de cuadros

Cuadro 1.5.1 Tabla de escalas de medición . . . . .	5
Cuadro 2.1.1 Tabla de especificaciones técnicas del arduino . . . . .	11
Cuadro 2.2.1 Tabla de especificaciones técnicas del Raspberry Pi . . . . .	13
Cuadro 3.5.1 Tabla de hardware requerido. . . . .	28
Cuadro 3.6.1 Tabla de Software requerido. . . . .	29
Cuadro 3.8.1 Consumo de potencia. . . . .	33
Cuadro 3.9.1 Consumo de potencia para la estación base. . . . .	44

# Capítulo 1

## Aspectos teóricos

Los temas que abordamos en este capítulo nos ayudan a comprender y facilitar el desarrollo del proyecto; como en el caso del principio de Arquímedes, el cual es base fundamental para la comprensión del efecto que tiene un cuerpo al ser sumergido ya que uno de los objetivos es que la estación transmisora sea sumergible.

Los conceptos de turbidez, pH y temperatura nos proporcionan la teoría básica que se aplica en el funcionamiento de los sensores de muestreo, los cuales serán incorporados en la estación transmisora sumergible.

Para llevar a cabo el protocolo de comunicación es necesario contar con la definición de espectro electromagnético y el protocolo SPI, ya que el medio de transmisión es inalámbrico por lo que hay que tener en cuenta dichos conceptos.

## Sistema de monitoreo

Un sistema de monitoreo provee datos de nivel y calidad que pueden ser utilizados para responder diversas preguntas acerca de los recursos hídricos subterráneos. El análisis de datos de nivel y datos de calidad proveen información fundamental para entender la disponibilidad de agua relativa a los factores naturales y humanos.

Para que los distintos ecosistemas se mantengan dentro de unos parámetros de seguridad y no haya consecuencias negativas para la salud y la productividad, es necesario establecer sistemas de monitoreo ambiental.

La función de un plan de monitoreo ambiental es controlar, supervisar y analizar el impacto de cualquier elemento en un ecosistema determinado. El establecimiento de estrategias o planes de monitoreo ambiental tiene efectos en el medio ambiente. La calidad del agua resulta clave en cualquier ecosistema acuático, por lo que es preciso establecer mecanismos de control para garantizar unos niveles de calidad adecuados.

La ausencia o deficiencia de un plan de monitoreo ambiental puede tener consecuencias negativas, sobre todo en los sistemas de producción, aunque también en la seguridad y en la salud. La mayoría de proyectos de monitoreo ambiental se fundamentan en tres niveles. En primer lugar, la recolección de muestras (en el agua, el aire o el suelo). En segundo lugar, el análisis de las muestras en los laboratorios. Finalmente, los datos recabados se introducen en modelos matemáticos para conocer el impacto en un hábitat determinado. (Serna Guarín, 2015)

## Principio de Arquímedes

Iniciaremos este capítulo teórico recordando el principio de Arquímedes y la relación que se establece entre el peso, la densidad y la capacidad de flotación. Cuando se tiene un cuerpo sumergido en cualquier fluido y en particular en el agua estos ejercen una fuerza en dirección a la superficie sobre el objeto, denominada fuerza de flotación o fuerza de empuje que denotaremos con la letra ( $E$ ), esta fuerza es la que hace que un objeto parezca más ligero.

Al sumergir un objeto dentro de un líquido, el volumen del cuerpo sumergido es igual al volumen del fluido desplazado. Por lo tanto, la fuerza de empuje se expresa de la siguiente manera:

$$E = \rho \cdot V \cdot g \quad (1.1)$$

Donde:

$E$  = Empuje,

$\rho$  = Densidad,

$V$  = Volumen y

$g$  = Gravedad.

El empuje que reciben los cuerpos al ser introducidos en un líquido, fue estudiado por el griego Arquímedes, y su principio se expresa como:

**“Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido (líquido o gas) recibe un empuje ascendente, igual al peso del fluido desalojado por el objeto.”** (Smits, 2003)

En la figura 1.2.1 se muestra una descripción gráfica del principio de Arquímedes.

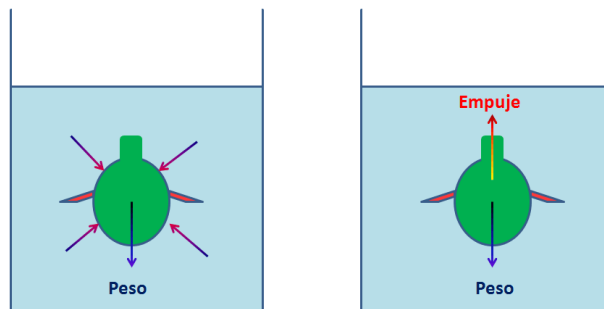


Figura 1.2.1: Principio de Arquímedes.

Es importante hacer notar que la fuerza de empuje no depende del peso del objeto sumergido, sino solamente del peso del fluido desalojado, es decir, si tenemos diferentes materiales (acero, aluminio, bronce), todos de igual volumen, todos experimentan la misma fuerza de empuje.

Si un recipiente sellado de un litro está sumergido en agua hasta la mitad, desplazará medio litro de agua y la fuerza de empuje (o flotación) será igual al peso de medio litro de agua, sin importar que contenga el recipiente. Si el recipiente está sumergido completamente, la fuerza de flotación será igual al peso de un litro de agua a cualquier profundidad, siempre que el recipiente no se comprima. Esto es porque a cualquier profundidad el recipiente no puede desplazar un volumen de agua mayor a su propio volumen.

El que un objeto flote o se hunda en un líquido depende de cómo es la fuerza de flotación comparada con el peso del objeto. El peso a su vez depende de la densidad del objeto. De acuerdo a la magnitud de estas dos fuerzas se tienen los siguientes casos:

1. Si el peso del objeto sumergido es mayor que la fuerza de empuje, el objeto se hundirá.
2. Si el peso del cuerpo es igual a la fuerza de empuje que recibe, el objeto permanecerá flotando en equilibrio (una parte dentro del líquido y otra parte fuera de él).
3. Si el peso del objeto sumergido es menor que la fuerza de empuje que recibe, el objeto flotará en la superficie del líquido.

El principio de Arquímedes se aplica a objetos de cualquier densidad. En caso de conocer la densidad del objeto, su comportamiento al estar sumergido dentro de un fluido puede ser:

1. Si el objeto es más denso que el fluido en el cual está sumergido, el objeto se hundirá.
2. Si la densidad del objeto es igual a la del fluido en el cual está sumergido, el objeto no se hundirá ni flotará.
3. Si el objeto es menos denso que el fluido en el cual está sumergido, el objeto flotará en la superficie del fluido.

Algunas de las aplicaciones del principio de Arquímedes son: la flotación de los barcos, la flotación de los submarinos, los salvavidas, los globos aerostáticos, los flotadores de las cajas de los inodoros, los peces, entre otros. Los barcos flotan porque su parte sumergida desaloja un volumen de agua cuyo peso es mayor que el peso del barco; los materiales con los que está construido un barco son más densos que el agua, pero como el barco está hueco por dentro, contiene una gran cantidad de aire, debido a ello la densidad promedio del barco es menor que la del agua.

Los submarinos son ejemplos de cuerpos sumergidos por completo en un fluido. Es importante que ese tipo de objetos permanezcan con una orientación específica a pesar de la acción de las corrientes, vientos o fuerzas de maniobra. La condición de estabilidad para los cuerpos sumergidos por completo en un fluido es que su centro de gravedad esté por debajo de su centro de flotabilidad. El centro de flotabilidad de un cuerpo se encuentra en el centroide del volumen desplazado de fluido, y es a través de dicho punto que la fuerza de flotación actúa en dirección vertical. El peso del cuerpo actúa verticalmente hacia abajo a través del centro de gravedad. Para un submarino es más fácil variar su peso que su volumen para lograr la densidad deseada, para ello se deja entrar o salir agua de los tanques de lastre. (Mott, 2006)

## Turbidez en el agua

Turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que origina que al pasar un haz de luz a través de ella, la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta. La turbidez mide el efecto de dispersión que los sólidos suspendidos tienen sobre la luz; cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez. Los materiales que causan que el agua sea turbia son, entre otros: arcilla, materia orgánica e inorgánica, compuestos orgánicos coloreados solubles, plancton y organismos microscópicos. El agua turbia se ve como nublada u opaca. Por ejemplo, las lluvias intensas pueden provocar escorrentías que fluyan hacia los ríos o arroyos, dándoles una apariencia oscura o fangosa. Asimismo, en la medida en que el agua se mueva rápidamente y su volumen aumente, esto puede remover más escombros del cauce, aumentando la turbidez del agua. (Hiriondo, 2009)

El principal impacto de una alta turbidez es meramente estético a casi nadie le gusta el aspecto del agua sucia. Pero además, es esencial eliminar la turbidez para desinfectar efectivamente el agua que se desea ser bebida. Esto añade

costes extra para el tratamiento de las aguas superficiales. Las partículas suspendidas también ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

La turbidez se mide aplicando una luz a través del agua. La dispersión de la luz puede expresarse por una medida conocida como una unidad de turbidez nefelométrica (NTU) por su nombre en inglés. Las muestras de agua con una medida de menos de 10 NTUs se consideran de turbidez baja. Mientras que este es un valor bajo para las fuentes de agua superficiales; en el agua potable, una turbidez baja está en el rango de entre 1 y 5 NTUs. Los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud indican que los suministros de agua potable deben tener una turbidez de 5 NTUs o menor. (Lapeña, 1990)

En la figura 1.3.1 se observan cinco tipos de muestras con diferentes niveles de turbidez.

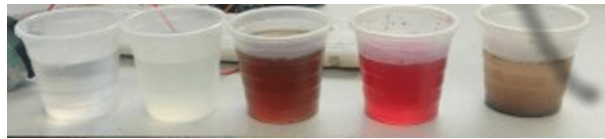


Figura 1.3.1: Muestras de turbidez en el agua.

## ¿Qué es el pH?

En 1909, el químico danés Sorensen definió el potencial Hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno. Esto es:  $pH = -\log[H^+]$ . Desde entonces, el término pH ha sido universalmente adoptado por la facilidad de su uso, evitando así el manejo de cifras largas y complejas. Por ejemplo, una concentración de  $[H^+] = 1 \cdot 10^{-8} M$  (0.00000001) es simplemente un pH de 8 ya que:  $pH = -\log[10^{-8}] = 8$ . (Whitten et al., 1992)

La escala de pH se establece en una recta numérica que va desde el 0 hasta el 14, (ver figura 1.4.1). El número 7 corresponde a las soluciones neutras. El sector izquierdo de la recta numérica indica acidez, que va aumentando en intensidad cuando más lejos se está del 7. Por ejemplo una solución que tiene el pH 1 es más ácida o más fuerte que aquella que tiene un pH 6. De la misma manera, hacia la derecha del 7 las soluciones son básicas y son más fuertes o más básicas cuanto más se alejan del 7. Por ejemplo, una base que tenga PH 14 es más fuerte que una que tenga PH 8.

Los ácidos y las bases tienen una característica que nos deja poder medirlos, esta es la concentración de los iones de hidrógeno. Los ácidos fuertes tienen altas concentraciones de iones de hidrógeno y los ácidos débiles tienen concentraciones bajas. El pH entonces es un valor numérico que expresa la concentración de iones de hidrógeno. Los números a partir del 0 al 7 en la escala indican las soluciones ácidas, y 7 a 14 indican soluciones alcalinas. Cuanto más ácida es una sustancia, más cercano su pH estará a 0; cuanto más alcalina es una sustancia, más cercano su pH estará a 14. (Sole)

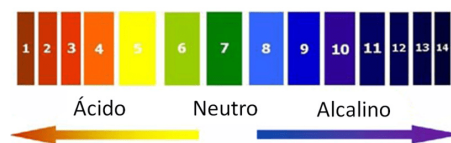


Figura 1.4.1: Tabla de PH.

## Temperatura

La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas, y cuantifica la actividad de las moléculas de la materia: a mayor energía sensible, mayor temperatura. El estado, la solubilidad de la materia y el volumen, entre otras cuestiones, dependen de la temperatura. En el caso del agua a presión atmosférica normal, si se encuentra a una temperatura inferior a los  $0^{\circ}C$ , se mostrará en estado sólido (congelada); si aparece a una temperatura de entre  $1^{\circ}C$  y  $99^{\circ}C$ , se encontrará en estado ideal; si la temperatura es de  $100^{\circ}C$  o superior, por último, el agua presentará un estado gaseoso (vapor). (Muñoz, 2005)

### Escalas

Se utilizan tres escalas para medir la temperatura, la escala Celsius la cual es la que utilizamos habitualmente, la Fahrenheit se usa en los países anglosajones y la escala Kelvin de uso científico.

Nombre	Símbolo	Temperaturas de referencia	Equivalencia
Escala Celsius	$^{\circ}C$	Puntos de congelación ( $0^{\circ}C$ ) y ebullición del agua ( $100^{\circ}C$ )	
Escala Fahrenheit	$^{\circ}F$	Punto de congelación de una mezcla anticongelante de agua y sal y temperatura del cuerpo humano.	$^{\circ}F = 1.8^{\circ}C + 32$
Escala Kelvin	$K$	Cero absoluto (temperatura más baja posible) y punto triple del agua.	$K = ^{\circ}C + 273$

Cuadro 1.5.1: Tabla de escalas de medición

## Espectro electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas, aunque esta división es inexacta. (Tomasi, 2003)

1. **Las ondas de radiofrecuencia** Sus frecuencias van de 0 a 109Hz, se usan en los sistemas de radio y televisión y se generan mediante circuitos oscilantes.

Las ondas de radiofrecuencia y las microondas son especialmente útiles por que en esta pequeña región del espectro las señales producidas pueden penetrar las nubes, la niebla y las paredes.

Estas son las frecuencias que se usan para las comunicaciones vía satélite y entre teléfonos móviles. Organizaciones internacionales y los gobiernos elaboran normas para decidir que intervalos de frecuencias se deben usar para distintas actividades: entretenimiento, servicios públicos, defensa, entre otros.

2. **Rango del espectro**

El espectro cubre la energía de ondas electromagnéticas de diferentes longitudes. La energía electromagnética en una longitud de onda particular  $\lambda$  (en el vacío) tiene una frecuencia asociada  $f$  y una energía fotónica  $E$ .

Así, el espectro electromagnético puede expresarse en términos de cualquiera de estas tres variables, que están relacionadas mediante las ecuaciones siguientes:

$$\lambda = c/f \quad (1.2)$$

$$E = hf \quad (1.3)$$

Donde:

$c = 2 \cdot 10^8 m/s$  (velocidad de la luz),

$h =$  Constante de Planck ( $h \approx 6,626069 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ )

Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y mucha energía mientras que las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitudes de onda y poca energía.

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican basándose en su longitud de la onda en ondas de radio, microondas, infrarrojos, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

### 3. Radiofrecuencia

Radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia, ondas de radio o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3Hz y unos 300GHz. El hercio es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas, y corresponde a un ciclo por segundo.

Las ondas de radio suelen ser utilizadas mediante antenas del tamaño apropiado (según el principio de resonancia), con longitudes de onda en los límites de cientos de metros a aproximadamente un milímetro. Se usan para la transmisión de datos, a través de la modulación.

Las ondas de radio pueden transportar información variando la combinación de amplitud, frecuencia y fase de la onda dentro de una banda de frecuencia. El uso del espectro de radio está regulado por muchos gobiernos mediante la asignación de frecuencias.

### 4. Banda ISM

A mediados de los años 80, el FCC (Federal Communications Commission) asignó las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928MHz, 2.4-2.4835GHz, 5.725-5.85GHz a las redes inalámbricas.

Las bandas ISM son bandas de radiofrecuencia electromagnética reservadas internacionalmente para uso comercial en áreas de trabajo industriales, científicas y médicas. Estas bandas pueden utilizarse sin necesidad de licencia siempre que se respeten unos determinados límites de potencia.

Fueron definidas por la ITU (International Telecommunications Union) en el artículo 5 de las Regulaciones de Radio (RR 5.138, 5.150 y 5.280) y todo aparato que trabaje con ellas debe ser tolerante a errores y utilizar mecanismos de protección contra interferencias.

## Protocolo 802.11b

El 802.11b es una extensión del estándar internacional 802.11 (ISO 8802-11) que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN), surgió como la necesidad de conseguir una tasa de transmisión mayor en la banda de los 2.4 GHz, "Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band", también se le conoce como

802.11 de alta tasa o Wireless Fidelity (Wi-Fi). Es capaz de operar a velocidades de hasta 11 Mbps, soportando también 5.5, 2 y 1 Mbps, este contiene todos los aspectos incluidos en el estándar de la 802.11, permitiendo una funcionalidad comparable a Ethernet en una red inalámbrica. Este estándar utiliza exclusivamente la modulación DSSS con el sistema de codificación CCK (Complementary Code Keying) que sólo funciona con este tipo de modulación. Esto le permite ofrecer hasta 11 Mbps, mientras que su antecesora, la 802.11, estaba limitada a 2 Mbps como máximo.

## Protocolo SPI

El protocolo SPI (Serial Peripheral Interface) fue desarrollado por Motorola en 1980, posteriormente fue utilizado por otros fabricantes. Este es un enlace de datos en serie, síncrono, y que opera en modo full dúplex, es decir, las señales de datos viajan en ambas direcciones en forma simultánea. Los dispositivos SPI se comunican entre sí utilizando un bus de 4 señales (MOSI, MISO, SCK, SS) y un esquema maestro/esclavo, en el cual el maestro inicia el protocolo de transmisión de los datos como se muestra en la siguiente figura (1.7.1).

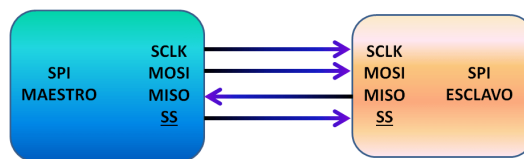


Figura 1.7.1: Ejemplo de un diseño de red SPI con un maestro y un circuito esclavo.

Las señales denominadas MOSI y MISO son portadoras de los datos en ambas direcciones mientras la señal SCK es la señal de reloj la cual sincroniza la recepción de los datos. Por cada pulso de reloj, un bit de información ingresa al dispositivo maestro ó al esclavo. De tal manera que se requieren 8 pulsos para transferir 1 byte.

La señal SS (Slave Select) habilita el esclavo correspondiente. También, añadiendo varias líneas SS, por ejemplo SS1 y SS2 y SS3, se puede implementar una red de varios circuitos SPI, controlados por el mismo dispositivo maestro, como se puede observar en la figura (1.7.2).

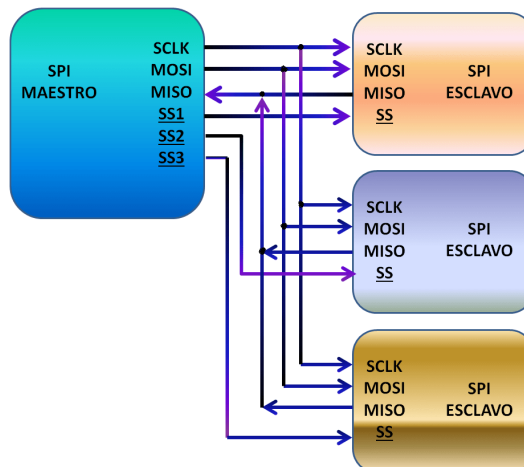


Figura 1.7.2: Ejemplo de un diseño de red SPI con un maestro y varios circuitos esclavo.

Cuando el maestro selecciona un dispositivo esclavo y genera una señal de reloj (SCK), los datos pueden fluir en ambas direcciones simultáneamente (full dúplex), ya que el mismo reloj funciona para los 2 dispositivos, maestro y esclavo.

SPI no especifica un protocolo de alto nivel para el diálogo maestro-esclavo, y no cuenta con un mecanismo de hardware para la confirmación (acknowledge) ó validación de la recepción de los datos. Por ejemplo, sin un protocolo adecuado en el firmware, el dispositivo SPI maestro no tendría conocimiento de si existe un esclavo conectado y listo para la transferencia de datos.

Tratándose de un canal de transmisión síncrono, la velocidad de transmisión de SPI depende de la frecuencia de generación del reloj (señal SCK), por lo que puede tomar cualquier valor. No existen velocidades estándar de transmisión. La velocidad máxima típica de SPI puede llegar a 10 Mbps. (SPI)

## Capítulo 2

# Aspectos Técnicos

En este capítulo se tratan todos los aspectos técnicos de cada uno de los elementos utilizados para la realización del prototipo, se verán también las definiciones de cada uno de los componentes, y modo de operación. Todo esto es de gran importancia ya que es la base del proyecto a realizar.

### Arduino UNO

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar (2.1.1 (Rev3)). Fue hecho para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede “sentir” el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el “*Arduino Programming Language*” (basado en Wiring) y el “*Arduino Development Environment*” (basado en Processing). Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que son libres para su adaptación.

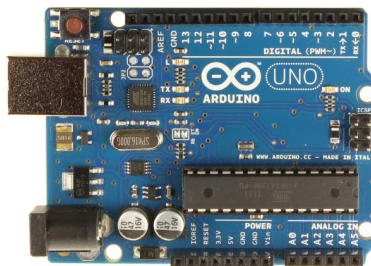


Figura 2.1.1: Placa Arduino UNO.

### Alimentación

El Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con un suministro de energía externo. La fuente de energía se selecciona mediante el jumper PWR-SEL. La alimentación externa puede provenir o desde un adaptador AC-a-DC (wall-wart) o desde una batería. La placa puede operar con un suministro externo de 6 a 20 volts. Si usa

más de 12V, el regulador de tensión puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. Los pines de alimentación son los siguientes:

- **Vin:** La entrada de tensión a la placa Arduino cuando está usando una fuente de alimentación externa (al contrario de los 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Se Puede suministrar tensión a través de este pin.
- **5V:** El suministro regulado de energía usado para alimentar al microcontrolador y otros componentes de la placa. Este puede venir o desde Vin a través de un regulador en la placa, o ser suministrado por USB u otro suministro regulado de 5V.
- **3.3V:** Un suministro de 3.3V generado por el chip FTDI de la placa. La corriente máxima es de 50mA.
- **GND:** Pines de Tierra.

### Memoria

El ATmega168 tiene 16KB de memoria Flash para almacenar código (de los cuales 2KB se usa para el “bootloader”). Tiene 1KB de SRAM y 512 bytes de EEPROM (que puede ser leída y escrita con la librería EEPROM).

### Entrada y Salida

Cada uno de los 14 pines digitales del Arduino puede ser usado como entrada o salida, usando funciones `pinMode()`, `digitalWrite()` y `digitalRead()`, operan a 5 volts, cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40mA y tiene una resistencia interna “pull-up” (desconectada por defecto) de 20-50 KOhms. Además, algunos pines tienen funciones especiales:

- **Serial:** 0 (Rx) y 1 (Tx), usados para recibir (Rx) y transmitir (Tx) datos TTL en serie. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del chip FTDI USB-a-TTL Serie.
- **Interruptores externos:** 2 y 3; estos pines pueden ser configurados para disparar un interruptor en un valor bajo, un margen creciente o decreciente, o un cambio de valor.
- **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10 y 11 proporcionan salida PWM de 8 bits con la función `analogWrite()`
- **SPI:** 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK); estos pines soportan comunicación SPI, la cual, aunque proporcionada por el hardware subyacente, no está actualmente incluida en el lenguaje Arduino.

El Arduino tiene 6 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (por ejemplo 1024 valores diferentes). Por defecto miden 5 volts desde tierra, aunque es posible cambiar el valor más alto de su rango usando el pin AREF y algún código de bajo nivel. Además, algunos pines tienen funcionalidad especializada:

- **I<sup>2</sup>C:** 4 (SDA) y 5 (SCL). Soportan comunicación I<sup>2</sup>C (TWI) usando la librería `Wire5`.
- **AREF:** Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado la función `analogReference()`.
- **Reset:** Pone esta línea a LOW para resetear el microcontrolador. Típicamente usada para añadir un botón de reset a dispositivos que bloquean a la placa principal.

### Comunicación

El Arduino UNO tiene un número de infraestructuras para comunicarse con una computadora, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega168 provee comunicación serie UART TTL (5V), la cual está disponible en los pines digitales 0 (Rx) y 1 (Tx). Un FTDI FT232RL en la placa canaliza esta comunicación serie al USB y los drivers FTDI (incluidos con el software Arduino) proporcionan un puerto de comunicación virtual al software del ordenador. El software Arduino incluye un monitor serie que permite a datos de texto simple ser enviados a y

desde la placa Arduino. Una librería SoftwareSerial permite comunicación serie en cualquiera de los pines digitales del Arduino. El ATmega168 también soporta comunicación  $I^2C$  (TWI) y SPI. El software Arduino incluye una biblioteca Wire para simplificar el uso del bus  $I^2C$ .

### Protección de sobrecarga del USB

El Arduino tiene un “resettable fuse” (fusible de reinicio) que protege los puertos USB del ordenador de cortes y sobrecargas. Aunque la mayoría de los ordenadores proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa de protección extra. Si más de 500mA se aplican al puerto USB, el fusible automáticamente romperá la conexión hasta que el corte o la sobrecarga sean eliminados.

### Especificaciones Técnicas

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales de E/S	14 (de los cuales 6 proveen salida PWM))
Pines de entrada analógicos	6
Corriente DC por Pin E/S	20 mA
Corriente DC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32KB de los cuales 0.5KB usados para bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz
Tamaño	68.6mm X 53.4mm
Peso	25g

Cuadro 2.1.1: Tabla de especificaciones técnicas del arduino

## Placa Raspberry Pi 2B

Raspberry Pi 2 modelo B es una placa que la podemos ver como una pequeña computadora con todo lo necesario ya integrado. Surge con el objetivo en mente de desarrollar múltiples aplicaciones. (2.2.1 (Pi))



Figura 2.2.1: Placa Raspberry Pi.

A continuación se enlistan algunas características de la placa Raspberry Pi modelo B:

- **Almacenamiento** La Raspberry Pi B+ no dispone de un disco duro, para ello trae un lector para memorias microSD, un sistema de almacenamiento en estado sólido. El arranque del sistema se hará desde la propia tarjeta microSD, con lo que debido a que tiene que albergar todo el sistema operativo, es necesario que la tarjeta sea de al menos 2GB de capacidad para almacenar todos los archivos requeridos.
- **Alimentación** La placa carece de botones de encendido y apagado. Para su alimentación dispone de un conector micro USB tipo B que proporciona 5V de tensión. La mayoría de los cargadores para smartphones (que suministren más de 700 mA) son compatibles para dar tensión a la Raspberry Pi.
- **Conector DSI:** Puerto DSI (Display Serial Interface), que permite la conexión de pequeñas pantallas LCD directamente a la GPU del dispositivo.
- **Conector CSI:** Consiste en un conector tipo bus de 15 pines utilizado para añadir un dispositivo compatible con la interfaz CSI-2 (o Camera Serial Interface versión 2). Mediante este conector se puede conectar la cámara de la Raspberry Pi.
- **Puerto Ethernet:** Se dispone de un conector RJ-45, proporciona conectividad a 10/100 Mbps. Es posible conectar la Raspberry directamente a un PC sin pasar por un router conectando ambos equipos de manera directa con un cable RJ45. Los modelos actuales de la Raspberry Pi no cuentan con un componente para poder acceder a redes inalámbricas, pero es posible añadir soporte Wi-Fi a la Raspberry utilizando un adaptador USB para red inalámbrica.
- **Salidas de audio:** Para la salida de audio posee un conector de audio Jack de 3,5mm, además del propio HDMI. Si se está usando el puerto HDMI de la Raspberry Pi, obtener el audio es sencillo; cuando está configurado apropiadamente, el puerto HDMI transporta ambas señales, la de vídeo y la de audio. Esto significa que conectando un único cable a la pantalla es suficiente para sacar vídeo y audio. Si el display no tiene entrada HDMI se tendría que utilizar la salida de audio Jack.
- **Software** La Raspberry Pi está diseñada para ejecutar el sistema operativo GNU/Linux de código abierto. Varias versiones de Linux (conocidas como distribuciones) que soportan la Raspberry Pi son:
  - **Raspbian OS:** es la distribución por excelencia para la Raspberry Pi. Es la más completa y optimizada de las existentes, por eso cuenta con apoyo oficial. Raspbian OS se basa en la potente distro Debian Wheezy (Debian 7.0) optimizando el código de ésta para la Raspberry Pi. La distribución permite moverse ágilmente en el hardware de la Raspberry Pi, con un entorno de escritorio LXDE y Midori como navegador web predeterminado. Además incluye herramientas de desarrollo muy interesantes, como IDLE para Python, Scratch para programar videojuegos.
  - **RISC OS:** es uno de los pocos sistemas operativos no basados en Linux que existen para la Raspberry Pi. De hecho, RISC OS es un sistema operativo británico desarrollado por Acorn Computers (los creadores de ARM) y que se distribuye bajo licencia Open-Source. Aunque su soporte y catálogo de aplicaciones disponibles no sea tan amplio como el de otras distribuciones, también está considerado como una de los sistemas operativos oficiales de la Raspberry Pi y es especialmente interesante en cuanto a que se ha creado en torno a la plataforma ARM desde cero.
  - **OpenELEC:** es otro de los sistemas operativos oficiales de la Raspberry Pi y por tanto se incluye en NOOBS. Se trata de una distribución Linux especialmente pensada para crear un centro multimedia barato con la Raspberry Pi. Con él se puede disponer de todo el contenido multimedia y acceso a Internet para transformar una TV en una smartTV. Para ello, OpenELEC incluye paquetes de codecs

de audio y vídeo, drivers, y se basa en el famoso Kodi (anteriormente conocido como XBMC, siglas de Xbox Media Center). Kodi es un centro multimedia que fue creado en un inicio para la videoconsola Xbox, pero el desarrollo hizo que se portara a otras plataformas. Se completa con reproductores de audio, vídeo, presentación de diapositivas, visores de imágenes, reportes de clima, y otras funciones implementadas mediante plug-ins.

### Especificaciones técnicas

Tamaño	85.60mm X 56.5mm x 17mm
Peso	45g
Velocidad de reloj	700 MHz
On Board Network	10/100 wired Ethernet RJ45
Multitarea	Si
Voltaje de entrada	5 V
Almacenamiento	Tarjeta microSD (2 a 16G)
RAM	512MB LPDDR SDRAM 400MHz
Puertos USB 2.0	4
Salidas de vídeo	HDMI 1.4 a 1920 X 1200 Pixeles
Ethernet	10/100 1Mbps
Sistema Operativo	Distribuciones de Linux

Cuadro 2.2.1: Tabla de especificaciones técnicas del Raspberry Pi

## Sensor de temperatura a prueba de agua (DS18B20)

Un sensor de temperatura es básicamente un instrumento electrónico capaz de realizar una lectura precisa de una temperatura en un ambiente determinado, como se muestra en la figura 2.3.1 ([Temp](#)); existen muchas técnicas distintas para lograr el mismo fin.



Figura 2.3.1: Sensor de temperatura DS18B20.

Una de las técnicas utilizadas se denomina RTD (Resistance temperature detector), consiste en detectar los cambios

de resistencia de un resistor interno debido a la temperatura(es una medición indirecta).

Uno de los sensores digitales mas utilizados para medir cambios de temperatura en el ambiente hogareño y universitario es el DS1820 o DS18B20, dado su fácil implementación y su alta precisión y rango de apertura.

DS18B20 es un sensor creado por Dallas Semiconductor. Se trata de un termómetro digital, con una precisión que varía según el modelo. Existen tres modelos, el DS1820, el DS18S20 y el DS18B20. Sus principales diferencias se observan en la exactitud de lectura, en la temperatura, y el tiempo de conversión que debe se le debe dar al sensor para que realice esta acción (como por ejemplo el modelo “B20”, necesita un tiempo de 750uS para la conversión de la misma). Este sensor utiliza un protocolo llamado 1-Wire, para la comunicación entre los dispositivos que compartan este protocolo y el “Maestro”, que se encarga de manipular a los diferentes componentes dentro de la línea de comunicación 1-Wire. Tiene dos encapsulados, uno es el TO-92 y otro en forma de integrado.

Se le puede alimentar de dos formas distintas al mismo, de forma “parásita”y de forma “normal”. De la primera forma, colocándo una resistencia de pull-up de 4.7K sobre su línea de comunicación, y el pin de Vdd y GND a tierra. La otra manera se obtiene alimentado de manera normal al sensor, esto quiere decir, colocando Vdd a los 5V, GND a tierra, y utilizar DQ solamente para comunicación. Se dice que este sensor es digital, ya que entrega la temperatura en dos bytes, los cuales algunos bits son utilizados para el signo, y los otros dos restantes son potencias de 2.

Con este sensor podemos medir temperatura desde los  $-55^{\circ}C$  hasta los  $125^{\circ}C$  y con una resolución programable desde 9 bits hasta 12 bits. Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica, esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que se está comunicando, puesto que en un bus 1-wire pueden existir más de un dispositivo.

### Especificaciones Técnicas

- Interfaz de comunicación 1-wire, con capacidad multidrop.
- No requiere componentes externos para acondicionamiento de señal, salida digitalizada.
- Rango de alimentación 3 a 5.5V.
- Operación desde  $-55^{\circ}C$  hasta  $+125^{\circ}C$  ( $-67^{\circ}F$  hasta  $+257^{\circ}F$ ).
- Temperatura máxima recomendada:  $100^{\circ}C$
- $\pm 0.5^{\circ}C$  de precisión de  $-10^{\circ}C$  a  $+85^{\circ}C$ .
- Diámetro 6mm
- Longitud 90cm
- Puede ser alimentado a través de la línea de datos.
- tiempo máximo de conversión 750 ms con 12 bits de resolución.
- Aplicaciones en control térmico, sistemas de monitoreo, sistemas HVAC, termómetros y en general sistemas sensibles a la temperatura.

## Sensor de turbiedad SHT-161

El sensor de turbidez detecta la calidad del agua mediante la medición de nivel de turbidez. Es capaz de detectar partículas en suspensión en el agua mediante la medición de la tasa de transmisión de luz y la dispersión que cambia con la cantidad de sólidos en suspensión total en el agua; como la cantidad de sólidos en suspensión aumenta por tanto el nivel de turbidez también aumenta.

Este sensor tiene dos modos de salida de señal: analógica y digital. Los sensores de turbidez pueden ser utilizados en la medición de la calidad del agua en los ríos y arroyos, medidas y efluentes de aguas residuales, sedimentos transporte investigación y de laboratorio. El sensor de turbidez funciona con un foto transistor y un foto diodo que pueden medir las diferencias en el paso de luz de un líquido, como el que se muestra en la figura 2.4.1. (SHT-161)

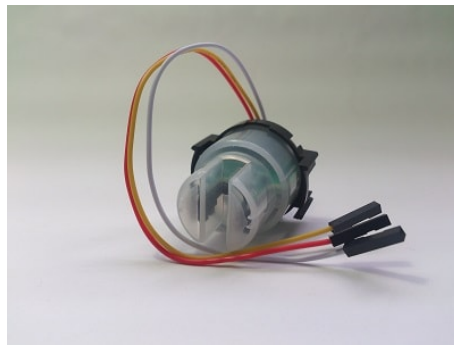


Figura 2.4.1: Sensor de turbiedad.

### Características:

- Alimentación: 5V
- Corriente: 30mA
- Interfaz: blanco-salida, rojo+positivo, amarillo-negativo

## Sensor de PH

El sensor de pH es un dispositivo que detecta una corriente generada a partir de iones de hidrógeno. Esta corriente (positiva o negativa) es muy débil y no se puede detectar con un multímetro, o un convertidor analógico a digital. Esta señal eléctrica débil puede ser fácilmente interrumpida y se debe tener cuidado de utilizar sólo los conectores y cables adecuados. La corriente que se genera de la actividad de iones hidrógeno es el recíproco de esa actividad. Debido a que una sonda de pH es un dispositivo pasivo que puede recoger las tensiones que se transmiten a través de la solución que se mide.

La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. Una celda para la medida de pH consiste en un par de electrodos, uno de kalomel (cloruro de mercurio,  $HgCl_2$ ) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH. La barra de soporte del electrodo es de vidrio común y no es conductor, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (vidrio sensible de pH). Se llena el bulbo con una solución de ácido clorhídrico 0.1M saturado con cloruro de plata. El voltaje en

el interior del bulbo es constante, por lo cual el pH se mantiene constante (pH7) de manera que la diferencia de potencial solo depende del pH del medio externo. El alambre que se sumerge al interior (normalmente Ag/AgCl) permite conducir este potencial hasta un amplificador.

La figura 2.5.1 (Seedstudio) es un ejemplo de la sonda de pH y ORP esta es utilizada para medir la intensidad de acidez en soluciones líquidas. Una sonda de pH mide la acidez en una escala de de 0 a 14, siendo 0 el más ácido y 14 la más básica.



Figura 2.5.1: Sensor de PH.

#### Características técnicas:

- Alimentación: 5.00V
- Dimensiones: 43x32mm (controlador)
- Rango de medición: 0-14 pH
- Temperatura de medición: 0 – 60°C
- Precisión:  $\pm 0.1pH(25^{\circ}C)$
- Tiempo de respuesta:  $\leq 1min$
- Sonda de pH con conector BNC
- Controlador pH 2.0 (3 pines)
- Presión máxima de 60m(197 pies)
- Longitud del cable 1 metro

## Módulo de comunicación inalámbrica NRF24L01

El NRF24L01 es un circuito altamente integrado, de bajo consumo, transceptor de RF de 2Mbps para la banda ISM de 2.4 GHz (Industrial, Scientific and Medical). Con corrientes inferiores a 14mA, administración avanzada de energía, y una gama de alimentación de 1,9 a 3,6V, el nRF24L01 ofrece una solución que permite una duración verdadera de meses a años. El nRF24L01 integra un transceptor RF de 2.4GHz que soporta una interfaz SPI de alta velocidad para el controlador de la aplicación.



Figura 2.6.1: Módulo de comunicación NRF24L01.

El dispositivo NRF24L01, integra un único chip, toda la electrónica y bloques funcionales precisos, para establecer comunicaciones RF (Radio Frecuencia) entre dos o más puntos a diferentes velocidades, (hasta 2Mbps) con corrección de errores y protocolo de reenvío cuando es necesario, sin intervención del control externo.

Estos módulos son transceptores, es decir, mediante programación, los podemos poner como emisores o como receptores o configurarlos para que realicen ambas cosas. Puede llegar a transmitir datos a 2Mbps, en distancias menores a 40 metros al aire libre y a 1Mbps a 8 metros de distancia.

El NRF24L01 necesita una alimentación de 3.3V la cual podremos obtener de nuestro Arduino pero teniendo en cuenta que estamos usando un dispositivo de baja potencia. En caso de utilizar uno de alta potencia será necesario conectar una fuente externa de 3.3V. También por los picos de voltaje será necesario utilizar un capacitor cerámico de 0.1uf.

Aunque estos módulos consumen muy poca corriente en “Stand by”, pueden absorber en el arranque más de lo que la fuente de 3.3V de Arduino puede proporcionar, lo que impediría que arranque correctamente o provocaría que tenga un funcionamiento errático, especialmente en el caso del emisor.

El módulo transceptor que se muestra en la figura 2.6.1 ([ez Systems](#)) tiene las siguientes características:

- 2.4GHz GFSK RF transceptor IC.
- Operación en la banda ISM de 2.4GHz, libre en todo el mundo.
- 1Mbps y 2Mbps de velocidad de datos en el aire.
- Enhanced ShockBurst protocolo hardware acelerador.
- Bajo consumo de energía, meses o años de vida de la batería.
- Compatible con todas las Series nRF24L Nordic en 1 y el modo 2Mbps.
- Compatible con nRF24E Nordic y nRF240 Series en el modo de 1Mbps.
- Se alimentan con 3.3V, tienen muy bajo consumo.
- El alcance depende de si hay visión directa entre los nodos, o por el contrario hay obstáculos, pero nos ofrece un mínimo de unos 20m hasta un máximo de 80m en óptimas circunstancias, en el modelo básico con la

antena integrada.

- CE: Este pin es usado para control de transmisión recepciones según el modo en el que este se encuentre TX o RX, teniendo en cuenta que también se puede hacer la configuración para que pueda transmitir y recibir datos. La interface de SPI usa cuatro pines los cuales son el CSN, MISO, MOSI Y EL IRQ los cuales son encargados de realizar la transmisión y recepción.
- CSN: Este pin es el encargado de dar al habilitación para el bus SPI, este pin trabaja con niveles bajos en donde estar en dicho estado se mandara a obtención de datos sobre el bus.
- SCK: este pin es el reloj de serial para el bus SPI.
- MOSI: Significa "Maestro fuera, esclavo en" esto quiere decir, tomándolo a perspectiva el maestro es el microcontrolador y el esclavo es el 24L01. Esto porque el 24L01 nunca envía datos sin haber sido solicitado al microcontrolador.
- MISO: Nuestro pin MISO en este caso será todo lo contrario a nuestro pin MOSI en donde ahora nuestro esclavo mandara los datos al maestro.
- IRQ: Este pin es utilizado para generar interrupciones en donde puedes llegar a configurar alarmas para cualquier combinación de los siguientes eventos, los datos recibidos, los datos transmitidos y el número máximo de transmisión pero si no es utilizado lo recomendable es no conectarlo.

**NOTA:** Podemos encontrar por un costo un poco superior modelos con antenas más eficaces que aumentan de forma significativa el alcance: hasta alrededor de 1km. Compatibles con todo un rango de modelos de diferentes tipos y fabricantes.

## Micro Servo SG90 9g

Los servos son motores de corriente continua (CC), que tiene un eje de rendimiento controlado. Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular cambia. Estos servomotores son muy frecuentes en Aero modelismo y en robótica, puesto que su funcionamiento y control son muy precisos. Está formado por un conjunto reductor (engranajes), un motor de CC y adicionalmente. En la práctica se comporta como un bloque funcional que posiciona su eje en un ángulo preciso en función de la señal de control. Esto es un servo de posición, con un rango de aproximadamente 180 grados. En la figura 2.7.1 (AMG) se muestra un servomotor el cual tiene tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control.

### características técnicas:

- Peso con cable y conector: 10.6 gramos.
- Peso: 9 gramos.
- Voltaje de operación: 4.0 a 7.2 volts.
- Torque: 1.5kg/cm a 4.8 Volts.
- Dimensiones: 22mm x 12mm x 19mm.
- Velocidad: 0.12 segundos cada 60 grados (testado a 4.8 Volts, sin carga).

- Control por medio de Modulación por Ancho de Pulsos (PWM).
- Conector universal para la mayoría de los receptores de radio control.
- Compatible con tarjetas como Arduino y microcontroladores que funcionan a 5 volts.



Figura 2.7.1: Micro Servo SG90 9g.

## Módulo DS3231, reloj

El módulo DS3231, es un Reloj de Tiempo Real (RTC por sus siglas en ingles). Un reloj de tiempo real es un circuito integrado que mantiene la hora actual y la guarda para su posterior consulta o manipulación, como el que se observa en la figura 2.8.1 (Factory, a). Este permite llevar un registro detallado del transcurso del tiempo en nuestro microcontrolador. Los proyectos que podemos llevar a cabo con este módulo van desde estaciones de sensores hasta alarmas y sondas de registro de datos. Este módulo incluye un circuito integrado, el DS3231, además de un regulador de tensión, una batería de 3.6V (de las que se encuentran en los motherboard de las computadoras), entre otras cosas (es capaz de medir temperatura). En este capítulo se tratan todos los aspectos técnicos de cada uno de los elementos utilizados para la realización del prototipo, se verán también las definiciones de cada uno de los componentes, y modo de operación. Todo esto es de gran importancia ya que es la base del proyecto a realizar. El módulo RTC DS3231 es un reloj en tiempo real bastante preciso, que puede ser usado con el Raspberry Pi para mantener la hora en forma independiente de no estar encendido este o de no contar con acceso a internet al momento de prenderse. Se comunica con Raspberry Pi utilizando el protocolo I2C, por lo que encontraremos los pines VCC, GND, SCL y SDA.

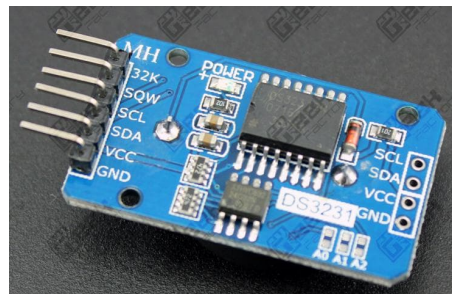


Figura 2.8.1: El módulo DS3231, reloj.

### Características:

- Voltaje de funcionamiento: 3.3-5. 5V.
- Chip de reloj: de alta precisión chip de reloj DS3231.
- Precisión del reloj: Rango 0-40 grados, el ppm precisión, el error fue de aproximadamente 1 minuto.
- Reloj despertador calendario .
- Salida de onda cuadrada programable.
- Generador de reloj de tiempo real segundo, minuto, hora, día, fecha, mes y año calendario válido hasta el año 2100 año bisiesto.
- Sensor de temperatura con una precisión de 3 grados.
- Chip de memoria: AT24C32 (capacidad de almacenamiento 32K).
- Interfaz bus IIC, la velocidad máxima de transmisión de 400 kHz (voltaje de funcionamiento de 5 V).
- Puede trabajar en cascada con otros dispositivos I2C, para modificar las direcciones del 24c32 deben unir las pistas A0/A1/A2, la dirección predeterminada es 0x57.
- Batería LR2032 (No incluida).

## Chip MCP3008 SPI ADC

En la figura 2.9.1 (ADC) se muestra el chip MCP3008 fabricado por Microchip es un convertidor analógico-digital con 8 canales de 10 bits de resolución e interfaz SPI. El chip MCP3008 es un análogo basado SPI al convertidor digital (ADC). Cuenta con 8 canales de entrada analógica que se pueden configurar para las conversiones ADC terminado y diferenciales individuales. El MCP3008 es un ADC de 10 bits que puede convertir hasta 200 kilo muestras por segundo (200KSPS).

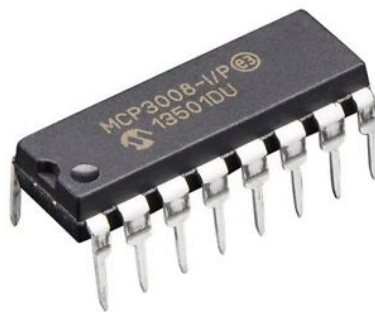


Figura 2.9.1: El chip MCP3008 SPI ADC.

### Características:

- Voltaje de operación: 2.7 V – 5.5 V
- Numero de pines: 14

- Numero de canales : 8
- Resolución de 10 bits
- Conversor ADC
- Bajo consumo de energía CMOS
- Consumo máximo de corriente :  $500 \mu\text{A}$
- Rango de temperatura de trabajo :  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$

## Módulo Joystick

El joystick o palanca de mando es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde una computadora o videoconsola hasta un transbordador espacial o los aviones de caza, grúas o sillas de ruedas. El joystick es analógico y debe proporcionar lecturas más precisas que las simples palancas direccionales. Además, puede pulsar el joystick hacia abajo para activar un pulsador. En la figura 2.10.1 (Factory, b) se observa el módulo Joystick el cual consta de 5 pines: Vcc, GND, VRX, VRY Y SW. Tenemos que usar pines analógicos del Raspberry Pi para leer los datos de los pines "X" y "Y", y un pin digital para leer el botón SW.



Figura 2.10.1: Joystick o palanca de mando.

### Características del Módulo Joystick:

- Ejes independientes "X" y "Y".
- Botón (pushbutton) en el eje Z.
- Experiencia similar al Joystick de un playstation.
- Utiliza solamente 2 pines analógicos y un digital para su conexión.
- Perforaciones para montaje en el PCB.
- Conexión mediante pines macho estándar.

## Batería de plomo

Dependiendo de la naturaleza interna de una batería y sus características electroquímicas, podemos distinguir varios tipos de baterías:

- **Baterías de plomo-ácido:** Están formadas por electrodos de plomo bañados en un electrolito de ácido sulfúrico.
- **Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd):** Están formadas por electrodos de cadmio, bañados en un electrolito de hidróxido de potasio. Funcionan bien en un amplio rango de temperaturas y se pueden sobrecargar sin sufrir daños.
- **Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH):** Están formadas por un ánodo de cadmio y un cátodo de aleación de hidruro metálico. Están sustituyendo a las baterías de níquel-cadmio por su menor efecto memoria y mayor capacidad.
- **Baterías de iones de litio (Li-ion):** Emplean un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina u óxido de manganeso. En comparación con los tipos anteriores, son de desarrollo más reciente y han facilitado la existencia de tecnologías portátiles que de otro modo no hubieran sido posibles.
- **Baterías de polímero de litio (Li-Po):** Son una variación de las baterías de iones de litio que mejoran sus características de peso y volumen, así como su tasa de descarga. Al igual que sus primas de iones de litio acusan mucho las descargas profundas, quedando prácticamente inutilizadas si se descargan en exceso.

En general podemos encontrar 3 tipos de baterías:

- **Plomo:** Son baterías económicas y fiables, pero pesadas (10-15 Kgrs.), su duración media es de unos 500 ciclos de recarga. Las de plomo ácido tienen efecto memoria (las de gel no), por lo que es recomendable realizar cargas completas, sobre todo las primeras 4 o 5 cargas. Es conveniente realizar cargas completas cada mes y medio, para preservar su buen estado.
- **Níquel:** Son más ligeras y caras que las de plomo, su ciclo de vida es mucho mayor. Casi no presentan efecto memoria. Es conveniente realizar cargas completas cada dos meses, para preservar su buen estado.
- **Litio:** Aunque son las más caras de las tres anteriores, son las baterías ideales debido a que son más ligeras y con suficiente capacidad de carga.



Figura 2.11.1: Batería de 12V 3Ah, de plomo ácido.

## Capacidad de las pilas recargables

La capacidad de energía en las pilas se mide en miliamperes/hora (mAh). Conociendo el consumo de cada equipo podremos determinar el tiempo de duración de la pila en el dispositivo. Esto es un cálculo aproximado, ya que las características del dispositivo el consumo o el rendimiento pueden verse afectados.

## Batería de 12V 3Ah, de plomo ácido sellada AGM

En la figura 2.11.1 ([battery direct](#)) se muestra una batería de plomo con las siguientes características, la cual será usada para la implementación del sumergible.

### Características:

- Tensión / Capacidad: 12V 3Ah
- Dimensiones: 134x67x60 mm (LxWxH); altura con Terminal: 66 mm
- Peso: 1.30 kg
- Max. Corriente de carga: 0.9A
- Entorno operativo: 30 °C a 50 °C, recomendar + 10 °C a + 30 °C

## Motor de DC

Los motores eléctricos son máquinas rotatorias que se encargan de convertir la energía eléctrica en energía mecánica a través de la acción de los campos magnéticos producidos por sus bobinas. Se pueden dividir en tres grandes grupos: los motores de corriente continua, los motores de corriente alterna y los motores universales. Todos los motores tienen un valor de voltaje de operación, con motores pequeños de DC a menudo este valor está por los 1.5 a 6 V, algunos motores de DC de alta calidad son diseñados para un voltaje específico que normalmente es de 12V o 24V, como el que se muestra en la figura 2.12.1 ([ebay](#)).



Figura 2.12.1: Motor de DC de 12V.

La magnitud de corriente absorbida corresponde a la cantidad de corriente en mA o A, que el motor requiere de la fuente de poder, esta especificación debe tomarse muy en cuenta cuando se considera el motor con carga. Esto quiere decir que si se tiene un motor sin carga se absorberá una determinada cantidad de corriente, pero si a este

mismo motor se le aplica una carga esta corriente puede pasar a valores superiores del 300 % o 500 % de su valor sin carga.

Para conocer el valor de la corriente absorbida bajo carga, la forma de probar efectivamente este valor es con un multímetro el cual debe colocarse a una resistencia de prueba colocada entre un terminal de entrada del motor y la fuente de alimentación del motor, el valor de esta resistencia debe estar en el rango de 1 a 10W y por medio de la ley de Ohm, dividir el valor de la tensión obtenida entre el valor de R, este valor de corriente absorbida normalmente esta entre 200 y 400 mA. (Electricidad)

Prueba para determinar el valor de la corriente absorbida en un motor , como la resistencia es de un ohm y el voltaje es (2.1):

$$V = IR \quad (2.1)$$

En el multímetro se leerá directamente la corriente que circula por el motor. La velocidad rotacional de un motor esta dada en revoluciones por minuto (rpm), la mayoría de motores de CD tienen una velocidad normal de operación de 4000 a 7000 rpm, cabe destacar que la velocidad de un motor cuando tiene una carga se reduce considerablemente.

A continuación me mencionan algunas características del motor Johnson Electric RS-550, Motor 12V 21000RPM High Speed:

- Marca: Johnson Electric
- Tipo del motor: RS-550
- Voltaje de funcionamiento: DC 12V
- Velocidad sin carga: 21000 RPM / min
- No-load current: 0.7A
- Calidad del producto: 185g

## Capítulo 3

# Desarrollo del proyecto

### Metodología de la investigación y técnicas a utilizar

La metodología de investigación para realizar nuestro proyecto fue:

- Antecedentes de sistemas de monitoreo para la calidad de agua.
- Propuestas y diseño del sistema a implementar.
- Investigación de los Hardware y Software a utilizar.
- Implementación del proyecto.

### Antecedentes de sistemas de monitoreo para la calidad de agua

De acuerdo a la investigación realizada se encontró que la empresa “YSI a xylem brand”, (Ysi) se dedica al monitoreo de calidad del agua, la cual cuenta con laboratorios donde se analizan detalladamente las muestras recolectadas. Los sistemas con los que cuenta son: boyas, lanchas, sumergibles, analizadores verticales (sujetos a una plataforma horizontal), como puede observarse la siguiente figura 3.2.1:

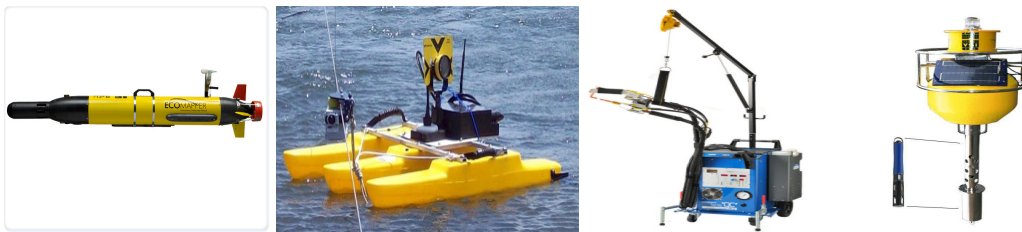


Figura 3.2.1: Sistemas de monitoreo de YSI

En México, la SEMARNAT solo muestra los datos recabados en sus sistemas de monitoreo, pero no muestra como obtiene estos datos.

## Diseño del proyecto

Se propone ensamblar y operar un nodo para una red de monitoreo de calidad en aguas dulces. En primera instancia incorporamos los sensores de muestreo (temperatura, turbiedad y pH) a la estación transmisora (Arduino), después implementamos la interfaz inalámbrica, posteriormente se configura la estación receptora (Raspberry Pi).

El proyecto desarrollado consta de sensores de turbiedad, pH y temperatura; también contiene dos módulos de comunicación inalámbrica (antenas) para la transmisión y recepción. Las muestras obtenidas por medio de los sensores serán transmitidas a una estación receptora donde se guardarán en una base de datos, la cual estará disponible en un servidor LAMP.

La construcción de la estación transmisora (sumergible) estará controlada, vía remota, mediante la estación receptora, la cual consta del Raspberry Pi, una fuente de alimentación, un Joystick que en este caso será el timón para dirigir el sumergible.

A su vez el sumergible estará construido por el Arduino, fuente de alimentación, sensores, servomotores y un motor de DC. La figura 3.3.1 muestra el diagrama eléctrico del sumergible.

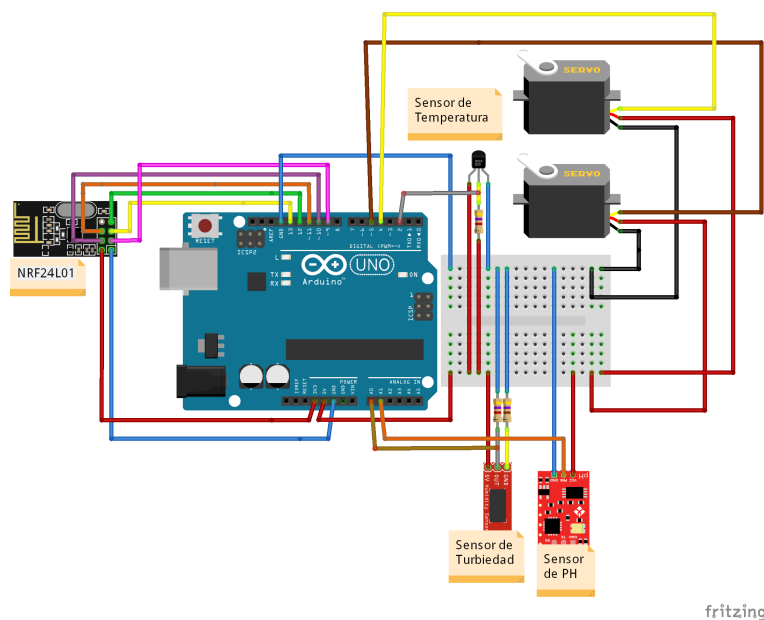


Figura 3.3.1: Diagrama eléctrico del sumergible.

## Razones para utilizar los componentes

### 1. Arduino

- a) **Costo:** Las placas Arduino son relativamente baratas en comparación con otras plataformas microcontroladoras, además la versión mas barata del módulo Arduino puede ser ensamblada a mano.
- b) **Multiplataforma:** El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux, en cambio la mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.

- c) **Entorno de programación simple y claro:** El entorno de programación de Arduino es fácil de usar y suficientemente flexible para usuarios avanzados.
- d) **Código abierto y software extensible:** El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante bibliotecas C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR-C en el cual está basado. De forma similar se puede añadir código AVR-C directamente en los programas Arduino.
- e) **Código abierto y hardware extensible:** El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo.
- f) **Interfaz de comunicación:** El Arduino UNO tiene un número de infraestructuras para comunicarse con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega168 también soporta comunicación *I<sup>2</sup>C* (TWI) y SPI.

## 2. Raspberry Pi

- a) Gracias a sus pequeñas dimensiones podemos ensamblar una máquina de emulación barata, de poco consumo y versátil.
- b) Se puede utilizar el cliente receptor, gestionándolo desde un navegador a través de un equipo remoto o incluso desde un smartphone.

## 3. Sensor de Temperatura, Turbiedad y pH

- a) A prueba de agua.
- b) Compatible con Arduino.
- c) Alta precisión.
- d) Fácil implementación.

## 4. Modulo de comunicación NRF24L01

- a) Compatible con Arduino.
- b) Fácil implementación.
- c) Bajo consumo de potencia.
- d) Transceptor RF de 2Mbps.
- e) Interfaz SPI.
- f) 125 canales.
- g) Sistema múltiple de recepción de datos con 6 “pipes” (tubería) de llegada.

## Requerimientos del Hardware

En la siguiente tabla 3.5.1 se describen los componentes necesarios de hardware para implementar el prototipo submarino. Para el caso de los sensores se llevaron a cabo diferentes comparaciones con otros componentes que se encuentran en el mercado y se en-listan los que nos resultaron más adecuados a nuestro proyecto tanto por precio como por características.

CANTIDAD	MARCA / MODELO	FUNCIÓN
1	ARDUINO UNO Microcontrolador ATmega328P	Control del sumergible y gestión de los sensores de muestreo <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensor de PH.</li> <li>▪ Sensor de Turbiedad.</li> <li>▪ Sensor de Temperatura.</li> <li>▪ Motor.</li> <li>▪ Transmisor NRF24L01.</li> </ul>
1	Raspberry Modelo B	Recibir los valores de las muestras censadas. Administración de la base de datos y del servidor LAMP.
1	Sensor de temperatura a prueba de agua Modelo DS18B20	Muestreo de la temperatura.
1	Sensor de turbiedad Modelo SHT-161	Detectara la calidad de agua mediante.
1	Sensor de PH	Detectara el PH.
2	Módulo de comunicación inalámbrica NRF24L01 transceptor RF de 2Mbps	Estarán configurados como transmisor y receptor al mismo tiempo, es decir se hará un enlace bidireccional.
2	Servo	Son los encargados de dirigir el sumergible, es decir funcionaran como un timón.
1	Joystick	Funcionará como el control remoto, para dirigir el timón.
1	Reloj	Mantener el tiempo actualizado (fecha y hora) del Raspberry Pi sin necesidad de que este conectado a una red de internet.
1	Motor DC	Moverá la hélice.
1	Modulo MCP3008	Enlazara el Raspberry Pi con el joystick.

Cuadro 3.5.1: Tabla de hardware requerido.

## Requerimientos del Software

En la siguiente tabla 3.6.1 se describen los requerimientos necesarios de software para implementar el proyecto. Estos requerimientos son tanto para la placa Arduino UNO, como para la Placa del Raspberry Pi 2B en esta ultima se requiere mas software ya que en ella se creara la base de datos.

Software	Funciones a ejecutar.
Placa Arduino	El software Arduino esta publicado como herramientas de código abierto, estos se cargan por el puerto serial mediante un cable con entrada USB.
Python	Lenguaje de programación multiplataforma compatible con la licencia pública de GNU, este sera el encargado de ejecutar los comandos para manipular el sumergible y también de recibir las muestras de los sensores .
Mysql	Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, esta sera la encargada de administrar la base de datos.
Servidor Apache	Servidor web de software libre, encargado de gestionar la base de datos de manera remota.

Cuadro 3.6.1: Tabla de Software requerido.

## Implementación del proyecto

En primera instancia tenemos el diagrama de bloques del diseño para implementar el sistema del nodo de red para el monitoreo, muestreo y transmisión de datos, la figura 3.7.1 muestra dicho diagrama. En este se muestra como se llevaran a cabo las funciones principales que realizaran cada uno, también se observa que la transmisión entre estos sera bidireccional; es decir que el bloque donde se encuentra el Arduino enviara los datos recabados pero también recibirá información y viceversa.

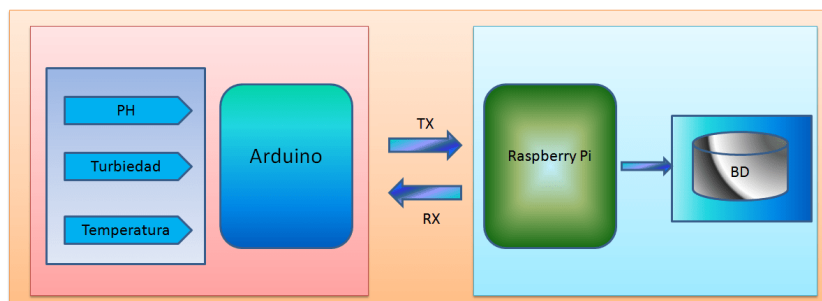


Figura 3.7.1: Diagrama de bloques del sistema a implementar.

Desarrollando el diagrama de bloques, la figura 3.7.2 muestra el diagrama de bloques del lado del transmisor, en este podemos observar que esta conformado por Arduino, el cual contiene los sensores de temperatura, turbiedad y pH, también contiene los servomotores, los cuales serán usados para el control del sumergible y el modulo de comunicación inalámbrica, por el cual se transmitirán las muestras tomadas por los sensores.

Los sensores se muestran como un subsistema dentro del diagrama ya que son los encargados de recolectar los datos y estos solo serán enviados a través del modulo de comunicación hacia el Raspberry Pi. El motor de DC esta integrado con el objetivo de dar movilidad a la hélice principal del sumergible y así facilitar el desplazamiento del prototipo, en una sola dirección (hacia adelante).

Como ya se había mencionado, también recibirá datos, estos datos son los comandos enviados desde el Raspberry Pi permitiendo el desplazamiento del sumergible, para que este se sumerja o emerja y a su vez las direcciones izquierda o derecha.

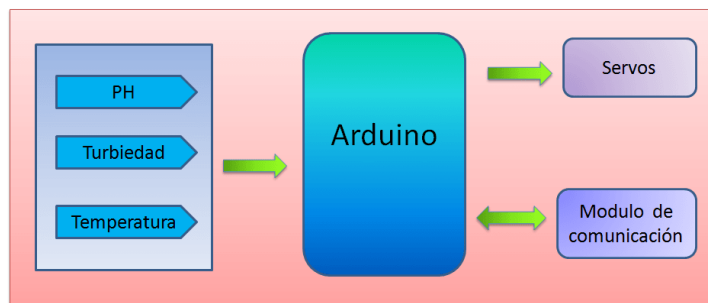


Figura 3.7.2: Diagrama de bloques del transmisor.

En la figura 3.7.3, se puede observar el diagrama de bloques del lado del receptor, el cual esta constituido por el Raspberry Pi, joystick, reloj, base de datos y el modulo de comunicación. En esta etapa se reciben las muestras de los sensores los cuales se van a guardar en una base de datos y así poder subirlos al servidor. Es por eso que se muestra la base de datos como un subsistema dentro de este.

La función del reloj es mantener la fecha y hora actualizadas sin necesidad de que este conectado a un red de internet, este componente es de suma importancia ya que si no se tiene acceso a una red o esta se encuentra inhabilitada, el Raspberry siempre estará actualizado por lo que las muestras permanecerán actualizadas con su registro de hora y fecha recibida en tiempo real.

Mediante el joystick se controla el sumergible de manera remota. Enviando las direcciones mediante comandos debidamente programados en el Raspberry Pi, los cuales son enviados a través del modulo de comunicación hacia la estación sumergible. El modulo de comunicación es el encargado de ejecutar la transmisión y recepción de Arduino a Raspberry y viceversa.

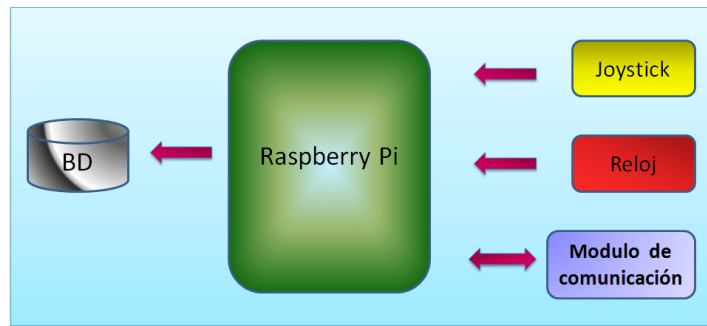


Figura 3.7.3: Diagrama de bloques del receptor.

## Implementación del modelo a escala

De acuerdo al diagrama de bloques anteriormente mencionado en la figura 3.7.2, se procede a realizar la implementación del sumergible. En esta etapa se describe brevemente el procedimiento del ensamblaje del sumergible y a continuación se en-listan los materiales requeridos para la construcción del sumergible:

- Tubo de PVC de 6“.
- Acrílico transparente y de colores.
- Pegamento de PVC.
- Pegamento para acrílico.
- Varillas de bicicletas.
- O`ring de diferentes tamaños.
- Tapón ciego 110 macho PVC.
- Reducción para PVC.
- Unión de PVC.
- Tornillos diferentes.

Empezamos con la calibración de los sensores cada uno por separado. Para el sensor de turbiedad se hizo la calibración mediante diferentes tipos de muestras de agua contaminada; se hizo la medición de turbiedad con agua destilada, agua potable, agua de la llave, agua contaminada con tierra y otra muestra de agua con grava; con esto se pudo calibrar el sensor de turbiedad, observando que efectivamente se detectan diferentes niveles de turbiedad.

Con el sensor de temperatura fue mas fácil realizar la calibración: se realizaron pruebas con muestras de agua fría y agua caliente; también se tomo como referencia la temperatura del medio ambiente.

El sensor de pH se calibró mediante muestras de agua destilada, agua potable, agua de la llave, agua de limón, muestra de ácido de pH 4 y una muestra base de pH 7. En la figura 3.8.1, se observan los tres sensores con las diferentes muestras.



Figura 3.8.1: Calibración de sensores.

En la figura 3.8.2 se observa el registro de los datos que se obtuvieron a partir de las muestras de cada uno de los sensores, estos se aprecian desde el monitor Serie de la plataforma Arduino; los datos de la primer columna (3.935) corresponden al sensor de turbiedad (con una muestra de agua contaminada con tierra), los datos de 2.522 corresponden al sensor de pH (con la muestra de agua de limón), los datos de 24.0 corresponden al sensor de temperatura (temperatura ambiente). En la figura se muestra también el caso en el que los sensores no están conectados, por lo que en el monitor serial se observan ceros y -127.

```

0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0 -127.000
0.000 0.000 85.000
3.949 2.512 85.000
3.949 2.522 23.938
3.944 2.522 24.000
3.944 2.522 24.000
3.939 2.517 24.000
3.939 2.522 24.000
3.935 2.522 24.000
    
```

Figura 3.8.2: Captura de las muestras obtenidas de los sensores.

En el caso de los servomotores, estos se programaron mediante la plataforma de Arduino de modo que giraran ciertos grados con el propósito de dirigir el sumergible, ya sea para que se sumerja o emerja. Estas instrucciones van a hacer enviadas por el Joystick.

En la primera figura del panel 3.8.3 del lado izquierdo se observa que los servomotores ya están integrados a la placa Arduino junto con los sensores, motor de DC y el modulo NRF24L01, todos estos elementos conforman el sistema interno de la parte transmisora del sumergible.

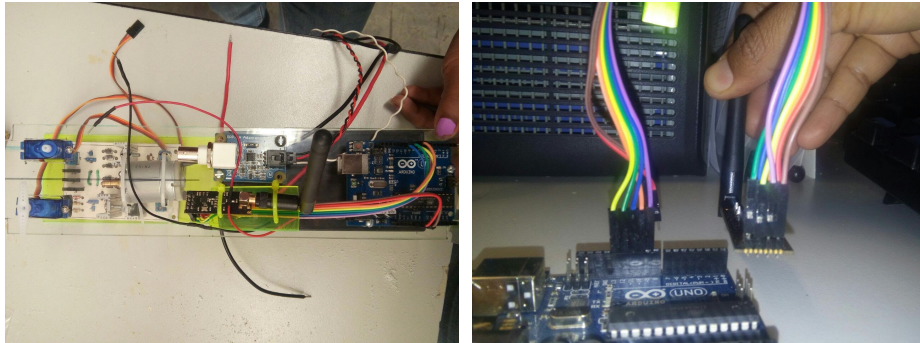


Figura 3.8.3: Servos para plataforma Arduino UNO y conexión del NRF24L01.

También se realizó la configuración de los módulos transceptores NRF24L01, inicialmente se verifica que entre estos dos módulos se realice la comunicación inalámbrica correctamente, la prueba inicial se realiza mediante dos Arduinos. En la segunda figura del panel 3.8.3, del lado derecho, se observa que uno de los módulos está conectado con el Arduino, para hacer la prueba de comunicación, los dos módulos se conectan exactamente de la misma forma; en el código de ejecución es donde se define cuál funcionará como transmisor-receptor o receptor-transmisor a la vez.

### Diseño PCB

De acuerdo con los requerimientos para la alimentación de la placa de Arduino, los sensores, servos y motor se diseñó y se construyó el diseño PCB con ayuda del software Proteus, en la figura 3.8.4 se muestra el diagrama del circuito eléctrico, cabe mencionar que la placa Arduino junto con los sensores estarán alimentados a 5V, debido que la batería suministra corriente de 3Ah y voltaje de 12V se agrega un regulador de voltaje de 5V (L7805). En el caso de los servos se agrega un regulador de voltaje de 5V a cada uno.

Para la alimentación del motor de DC, este es alimentado directamente con la batería principal, agregándole un diodo como protección contra un corto circuito, también se le acopla un switch para encendido y apagado de dicho motor. En la tabla 3.8.1 se muestra el consumo de potencia por cada elemento que se va a hacer utilizado para el diseño de la fuente de alimentación.

Componente	Voltaje	Corriente	Potencia
Arduino	5V	46mA	230mW
Sensor de Temperatura	5.5V	1.5mA	8.25mW
Sensor de pH	5V	3mA	15mW
Sensor de Turbiedad	5V	30mA	150mW
Servos	6V	400mA	2.4W
Motor DC	12V	0.7A	8.4W
Modulo NRF24L01	3.6V	13.5mA	48mW

Cuadro 3.8.1: Consumo de potencia.

Para el diseño del diagrama eléctrico se considera el consumo de corriente y potencia que consumirá todo el sistema de la estación sumergible, donde la corriente total es de 1.194A y una potencia total de consumo de 11.25W.

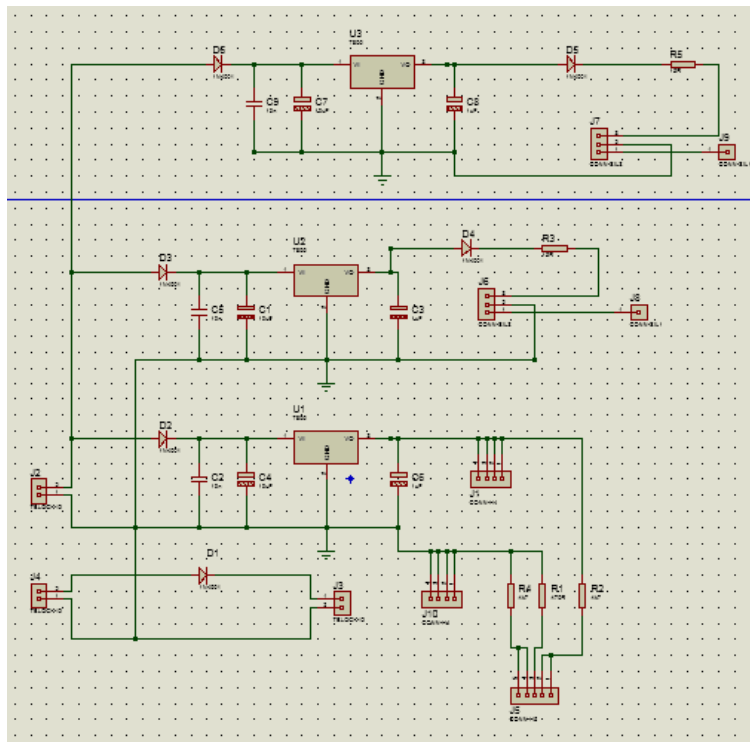


Figura 3.8.4: Diagrama eléctrico para la fuente de alimentación

Para la elaboración de la fuente de alimentación de la estación sumergible se realiza un diseño PCB de acuerdo al diagrama eléctrico de la figura 3.8.4, el cual contiene todos los elementos y características anteriormente mencionados, en esta etapa se muestran los dispositivos integrados en tercera dimensión para tener una apreciación real de como quedara integrada físicamente la fuente de alimentación, como se puede observar en la figura 3.8.5.

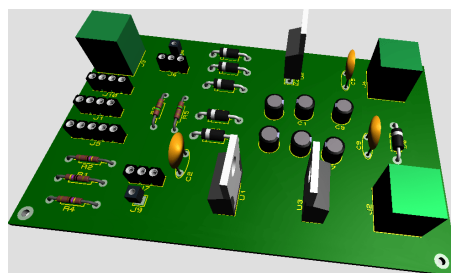


Figura 3.8.5: Diagrama eléctrico para la fuente de alimentación en 3D

## Ensamble del sumergible

Como primera etapa se lleva a cabo la implementación de la parte interna de la estación sumergible, en la cual se integran todos los componentes, es decir se hace todo el cableado de todos los elementos; se conectan los sensores, el modulo NRF24L01 y los servomotores con el Arduino, todo el sistema del sumergible alimentado con la batería de plomo de 12V a 3Ah. Lo anteriormente mencionado estará almacenado dentro de una caja construida de acrílico, previamente diseñada cortada y debidamente pegada (sellada) de tal manera que no entre agua, en el recuadro de la izquierda de la figura 3.8.6, se visualiza de forma lateral como están integrados la mayoría de los elementos, en

el recuadro central se observan los sensores y los servos con su respectiva varilla la cual funciona como timón, por ultimo en el recuadro de la derecha se muestra como quedara armada la parte interna de la estación sumergible.

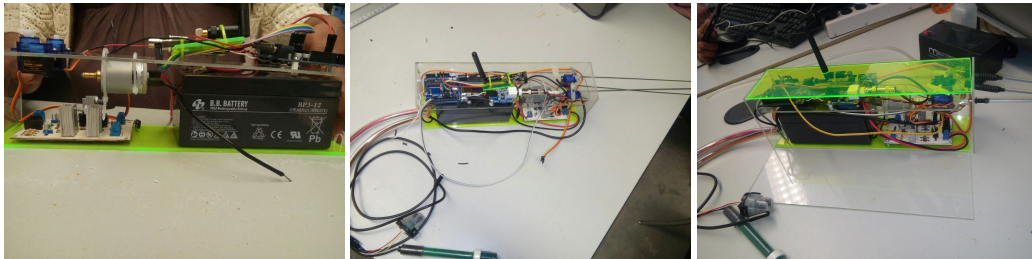


Figura 3.8.6: Ensamble de la parte interna del sumergible

Para la construcción de la parte externa se hace el diseño con el software SolidWorks el cual nos da una apreciación de como quedara construida la estación sumergible, tomando en cuenta las medidas necesarias para llevar a cabo la implementación de la parte externa, la figura 3.8.7 muestra el resultado del diseño realizado.

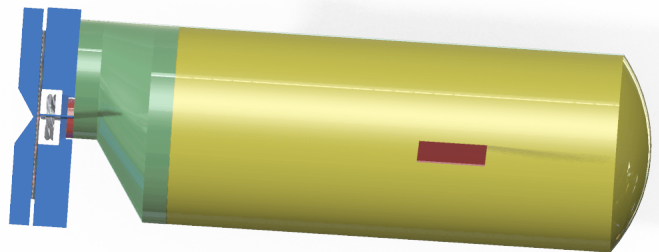


Figura 3.8.7: Ensamble del prototipo del sumergible.

Ya con el pre-diseño de la parte externa se procede a realizar el ensamble con el material ya mencionado, en el recuadro superior izquierdo se observa el tubo de PVC ya con los orificios para colocar los sensores de muestreo, cada orificio esta hecho en base a las dimensiones de cada sensor; ya que debe ser de medida exacta porque no debe entrar agua y para asegurar que no tenga ninguna filtración se llevo a cabo un sellado con silicón en la parte interior; en el recuadro superior derecho se muestra parte de como quedara constituido el ensamblaje externo, también se puede observar que el ensamble externo contiene un tubo de menor dimensión colocado verticalmente, por medio de este se recarga la fuente de alimentación y a su vez estarán los switches de encendido y apagado del motor y del sistema que contiene el Arduino; en el recuadro inferior izquierdo se muestra como quedara colocada la estación sumergible interna, ya por ultimo el recuadro inferior derecho muestra como quedaran colocados los sensores, los cuales están ubicados en la parte inferior del sumergible con el objetivo de tener un mejor alcance de muestreo.

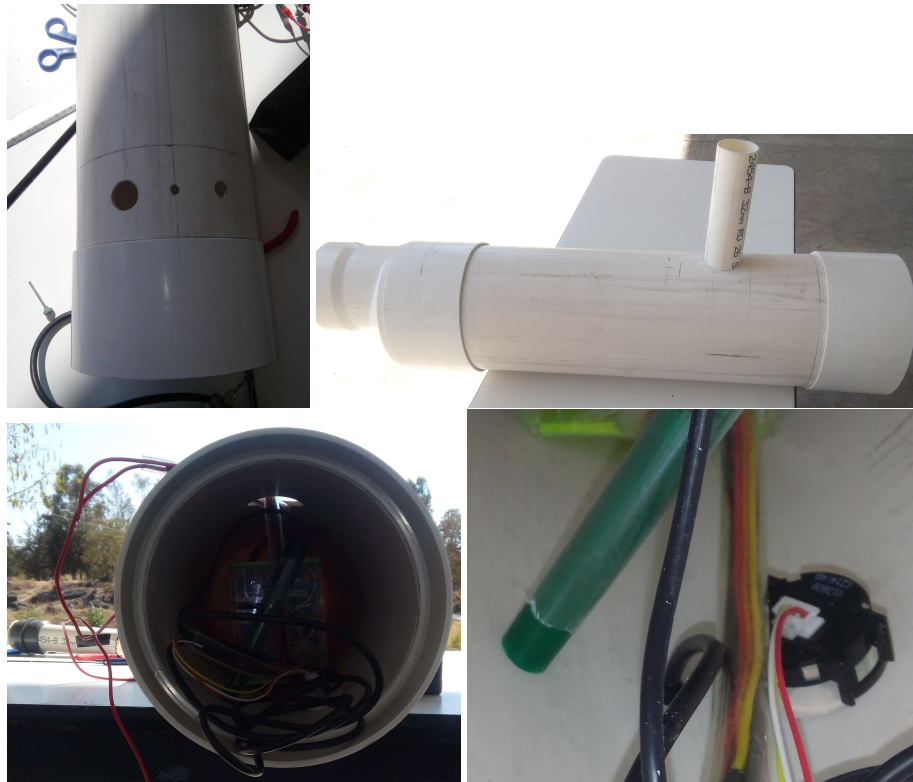


Figura 3.8.8: Ensamble externo del sumergible

Para la movilidad del sumergible se realiza la colocación de las hélices y el timón, el procedimiento realizado se muestra en la figura 3.8.9. En el recuadro superior izquierdo se muestran las perforaciones realizadas para dar salida a las varillas que son las que mueven los timones, las cuales van respectivamente acopladas con los servos, el tercer orificio es por el cual saldrá la varilla que moverá a la hélice esta varilla está unida con el motor de DC, en el recuadro superior central muestra como estará colocada la hélice y parte de los timones, en el recuadro superior derecho muestra la unión de la hélice junto con los timones a la parte externa del sumergible, en el recuadro inferior se muestra como quedará ensamblado lo que dará movilidad.

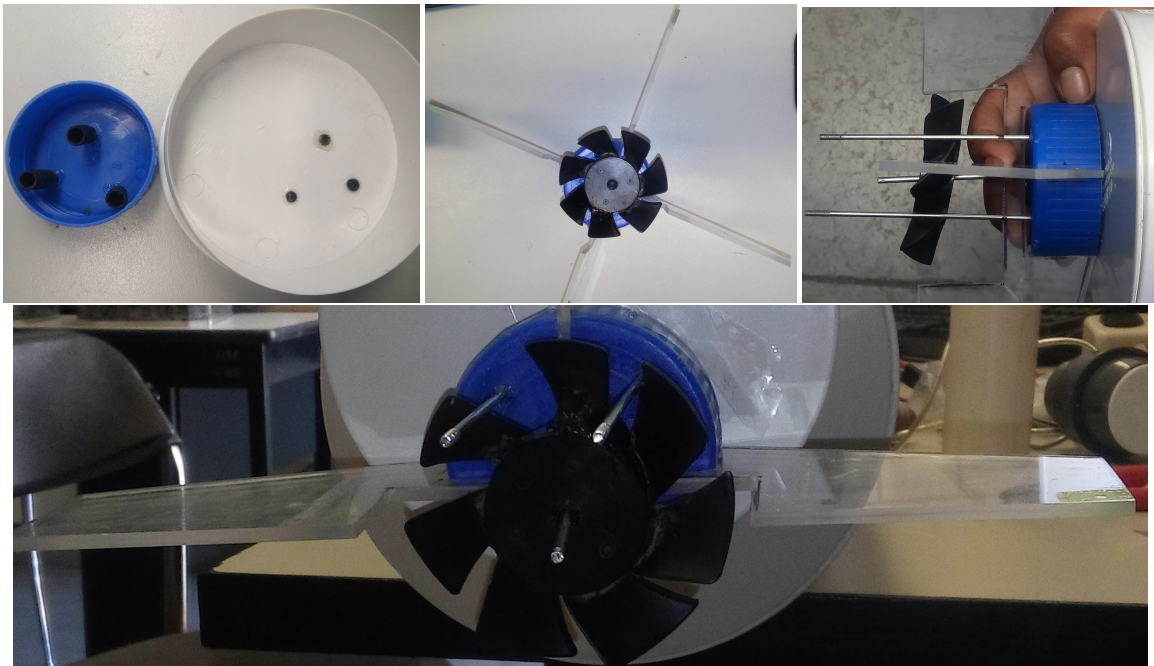


Figura 3.8.9: Ensamble de los timones y hélice

Por ultimo se hace el sellado y el pintado del sumergible como se observa en la figura 3.8.10, en los recuadros superiores se muestran los acabados realizados, para ello se tomo en cuenta que la pintura utilizada fuera resistente al agua, de larga duración y sobre todo que fuera específicamente para material PVC, finalmente en el recuadro inferior muestra el sumergible completamente integrado con hélice, timón, entrada de alimentación y cabina interna.



Figura 3.8.10: Ensamble de los timones y hélice

## Implementación de la estación base

La figura 3.9.1 muestra el diagrama eléctrico de la estación base la cual es la encargada de recibir las muestras de los sensores y a la vez de enviar los comandos de movimiento para el sumergible a través del protocolo SPI, para posteriormente guardarlos en una base de datos y subirlos al servidor. Dicha estación base contiene el modulo DS3231, modulo NRF24L01, el circuito integrado MCP3008 y el Joystick.

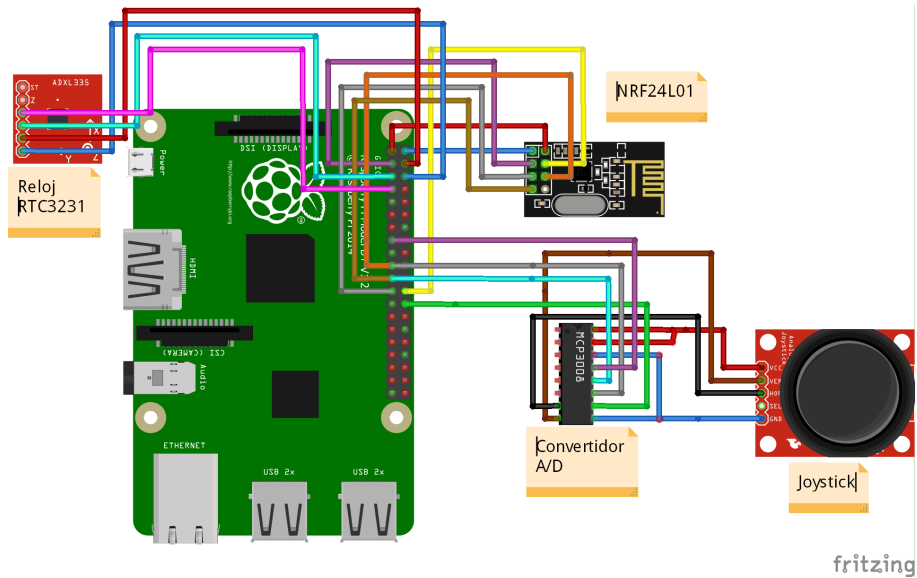


Figura 3.9.1: Componentes del hardware de la estación base.

Lo primero que se realiza es configurar el modulo Raspberry Pi, en la terminal se ejecuta la linea de comando:

```
$ sudo config-raspi
```

Con este comando se entra a la configuración general del Raspberry Pi, en donde se muestra el menú de herramientas como se observa en la figura. 3.9.2, en este se lleva a cabo las configuraciones básicas como es el de la fecha, hora, lenguaje, contraseña, acceso a internet entre otras.

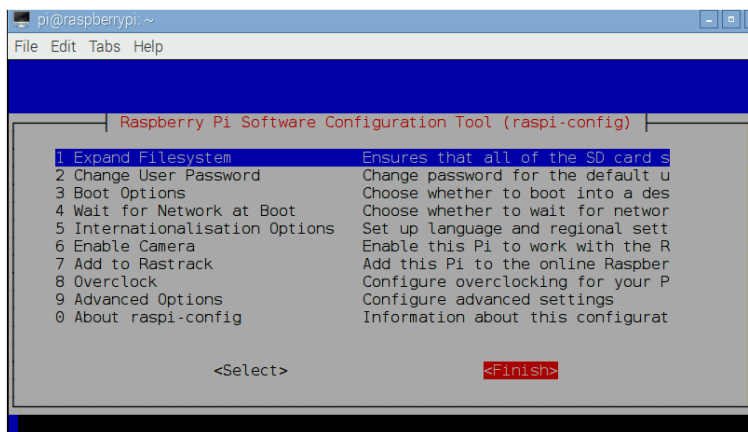


Figura 3.9.2: Menú de herramientas de configuración.

Posteriormente se realiza la configuración para tener acceso a una red inalámbrica de internet, en nuestro caso la red del laboratorio LACECI, con el fin de implementar un servidor es necesario configurar una red inalámbrica tipo estática como se muestra en los siguientes comandos:

```
$ auto lo
$ iface lo inet loopback
$ iface eth0 inet manual
$ allow-hotplug wlan0
$ auto wlan0
$ iface wlan0 inet static
  address 172.17.133.92
  gateway 172.17.133.254
  netmask 255.255.255.0
  dns-nameservers 172.17.102.14
  ssid WIFI-LACECI
```

En el sistema operativo del Raspberry Pi contiene el software Python, para nuestros fines se tiene que actualizar al python3 que es la versión mas reciente en el momento realizado, este lo utilizamos para escribir nuestro código general de programación que nos sirve para la recepción y transmisión de datos, la siguiente línea de comando ejecuta la actualización e instalación de dicho software.

```
$ sudo python3 setup.py install
```

Para la interfaz de comunicación entre Arduino y Raspberry Pi se realizo la configuración del modulo NRF24L01, es necesario la instalación de librerías, con el el objetivo inicial de que el Raspberry Pi reconozca dicho modulo, y a su vez dar de alta los pines SPI.

Se crea la carpeta donde se guardaran las librerías para después instalarlas como se indica:

```
$ mkdir NRF24L01
$ cd NRF24L01
$ ls
$ git clone https://github.com/Blavery/lib_nrf24
$
```

Para que el reloj (modulo DS3231) sea reconocido por la placa Raspberry Pi se modifica el fichero */etc/modules* agregando la línea *rtc-ds1307*, como se muestra a continuación:

```
# /etc/modules: kernel modules to load at boot time
#
# this file contains the names of kernel modules that should be loaded
# at boot time, one per line. lines beginning with '#' are ignored.
i2c-bmc2708
i2c-dev
rtc-ds1307
```

La siguiente línea de comando es para dar de alta el servicio del reloj:

```
$ sudo i2cdetect -y 1
```

Para terminar con la configuración del reloj se agrega la fecha y hora mediante las siguientes líneas de comando:

```
$ sudo hwclock -r
$ date
$ sudo date -s "2 sep 2016 13:26:30"
```

En la figura 3.9.3 se muestran los comandos de activación para la movilidad de la estación sumergible, en la imagen podemos visualizar dos tipos de formatos ya que se trata de transmisión y recepción a la vez, en el caso de la recepción los comandos se observan mediante la plataforma de Arduino, la cual fue programada únicamente para verificar que efectivamente están siendo transmitidos los comandos, tal como podemos ver dichos comandos entre corchetes; para el caso de la transmisión podemos visualizar la imagen del lado derecho donde los comandos son ejecutados desde la estación base, dichos comandos son manipulados mediante el joystick programados en la plataforma de Python, donde el comando “X” esta asignado para activar los movimientos de forma horizontal (izquierda y derecha), “Y ”activa la movilidad para sumergir o emerger (arriba o abajo)y el comando “switch ”no se le asigno ninguna instrucción.

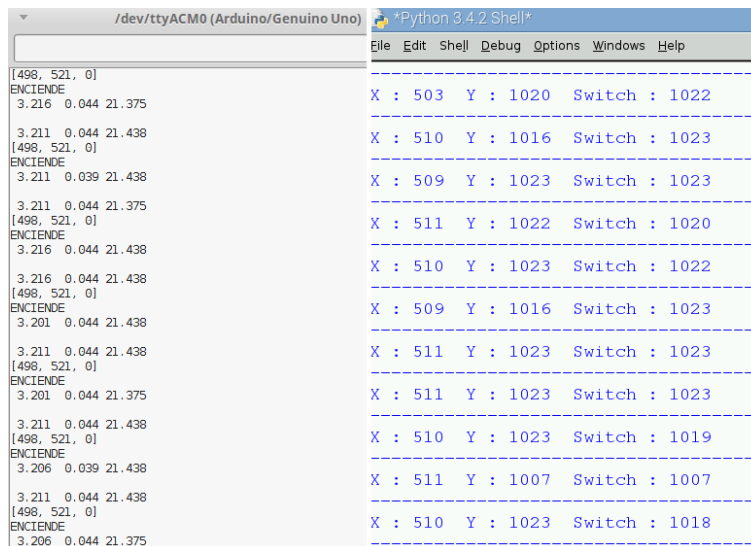


Figura 3.9.3: Comandos de activación para la movilidad del sumergible.

De esta forma se da por terminada la configuración de los módulos integrados en la estación base, en el caso del joystick y el circuito integrado MCP3008 solo son cableados de acuerdo a su hoja de datos, la configuración de su funcionamiento fue programada junto con el código general en Python.

## Configuración del servidor

Para gestionar de manera remota las muestras tomadas utilizamos el servidor Apache. Para llevar a cabo la configuración se hace la instalación mediante el siguiente comando:

```
$ sudo apt-get install apache2 -y
```

Para comprobar que el servidor se ha instalado correctamente, ingresamos en cualquier navegador de internet la dirección IP estática configurada anteriormente 172.17.133.92 donde aparece una página de prueba la cual puede ser editada. En la figura 3.9.4 se observa que la página ha sido modificada, se muestra el “HOLA MUNDO”y la dirección IP.



```
$ mysql -u root -p
mysql> &gt; CREATE DATABASE muestras;
mysql> USE muestras;
mysql> CREATE TABLE val2(id BIGIT(20) PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT,
fecha datetime, turbi DECIMAL, ph DECIMAL, temp DECIMAL);
mysql> select*from val
```

La tabla creada “val2 ”guardada en la base de datos “muestras”se observa en la figura 3.9.6, la cual contiene las columnas id, fecha, turbi, ph y temp; donde se estan almacenado las muestras de turbiedad, pH y temperatura con su respectiva fecha y hora.

```
mysql> select*from val2;
Empty set (0.00 sec)

mysql> select*from val2;
+----+-----+-----+-----+-----+
| id | fecha                | turbi | ph    | temp |
+----+-----+-----+-----+-----+
| 1  | 2016-08-24 15:10:02 | 3.25  | 3.08 | 25.06 |
| 2  | 2016-08-24 15:10:05 | 3.26  | 3.08 | 25.13 |
| 3  | 2016-08-24 15:10:06 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 4  | 2016-08-24 15:10:08 | 3.26  | 3.08 | 25.06 |
| 5  | 2016-08-24 15:10:10 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 6  | 2016-08-24 15:10:11 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 7  | 2016-08-24 15:10:13 | 3.24  | 3.08 | 25.06 |
| 8  | 2016-08-24 15:10:18 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 9  | 2016-08-24 15:10:20 | 3.26  | 3.08 | 25.06 |
| 10 | 2016-08-24 15:10:22 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 11 | 2016-08-24 15:10:23 | 3.26  | 3.08 | 25.06 |
| 12 | 2016-08-24 15:10:25 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 13 | 2016-08-24 15:10:26 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 14 | 2016-08-24 15:10:28 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 15 | 2016-08-24 15:10:32 | 3.25  | 3.08 | 25.06 |
| 16 | 2016-08-24 15:10:34 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 17 | 2016-08-24 15:10:35 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 18 | 2016-08-24 15:10:37 | 3.26  | 3.08 | 25.06 |
| 19 | 2016-08-24 15:10:38 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
| 20 | 2016-08-24 15:10:40 | 3.26  | 3.09 | 25.06 |
+----+-----+-----+-----+-----+
20 rows in set (0.00 sec)

mysql> █
```

Figura 3.9.6: visualización de la tabla ”val2“ desde mysql.

En la figura 3.9.7 se aprecia la ejecución del código de recepción de datos en Python y al mismo tiempo se observa que los datos de las muestras van siendo guardados en la tabla val2, en Python solo se están recibiendo los valores de las muestras tomadas por cada uno de los sensores mientras que en mysql se agregan las columnas id y fecha; la columna fecha contiene la hora de registro y fecha de recepción de cada muestra.

id	fecha	turbid	ph	temp
155	2016-09-29 16:00:12	3.602	2.537	25.063
156	2016-09-29 16:00:13	3.607	2.537	25.063
157	2016-09-29 16:00:16	3.612	2.532	25.063
158	2016-09-29 16:00:17	3.597	2.532	25.063
159	2016-09-29 16:00:19	3.592	2.542	25.063
160	2016-09-29 16:00:20	3.607	2.532	25.063
161	2016-09-29 16:00:22	3.602	2.542	25.063
162	2016-09-29 16:00:24	3.607	2.542	25.063
163	2016-09-29 16:00:25	3.612	2.532	25.063
164	2016-09-29 16:00:29	3.597	2.551	25.063
165	2016-09-29 16:00:30	3.607	2.537	25
166	2016-09-29 16:00:32	3.592	2.537	25.063
167	2016-09-29 16:00:33	3.607	2.537	25.063
168	2016-09-29 16:00:35	3.587	2.537	25.063
169	2016-09-29 16:00:37	3.602	2.542	25.063
170	2016-09-29 16:00:38	3.607	2.532	25.063
171	2016-09-29 16:00:41	3.597	2.542	25.063
172	2016-09-29 16:00:42	3.602	2.527	25.063
173	2016-09-29 16:00:44	3.587	2.542	25.063
174	2016-09-29 16:00:45	3.607	2.532	25.063
175	2016-09-29 16:00:47	3.587	2.532	25.063
176	2016-09-29 16:00:49	3.592	2.546	25.063
177	2016-09-29 16:00:50	3.597	2.537	25.063
178	2016-09-29 16:00:53	3.592	2.546	25.063
179	2016-09-29 16:00:54	3.583	2.551	25.063
180	2016-09-29 16:00:56	3.597	2.537	25.063
181	2016-09-29 16:00:57	3.592	2.537	25.063

Figura 3.9.7: Visualización de las muestras recibidas.

Para poder visualizar y editar de manera remota la base de datos creada en mysql, se realiza el enlace a phpmyadmin; ingresamos al servidor mediante la dirección IP 172.17.133.92, como podemos observar en la figura 3.9.8, donde se muestran los datos guardados en la base de datos “muestras”, podemos notar también que la tabla “val2” contiene los mismos parámetros que se crearon desde mysql.

id	fecha	turbid	ph	temp
1	2016-09-06 14:32:46	2.93	2.8	24.31
2	2016-09-06 14:32:47	2.93	2.8	24.31
3	2016-09-06 14:32:49	2.92	2.8	24.31
4	2016-09-06 14:32:51	2.93	2.8	24.31
5	2016-09-06 14:32:52	2.91	2.78	24.31
6	2016-09-06 14:32:54	2.92	2.79	24.31

Figura 3.9.8: visualización de la tabla “val2” desde el servidor.

Es así como se da por terminada la implementación de la estación base, en la figura 3.9.9 se muestra el resultado de la Configuración y construcción de la estación base, como podemos observar ya han sido integrados todos los elementos necesarios para su funcionamiento, para ajustar los elementos se colocan en una plataforma de acrílico.

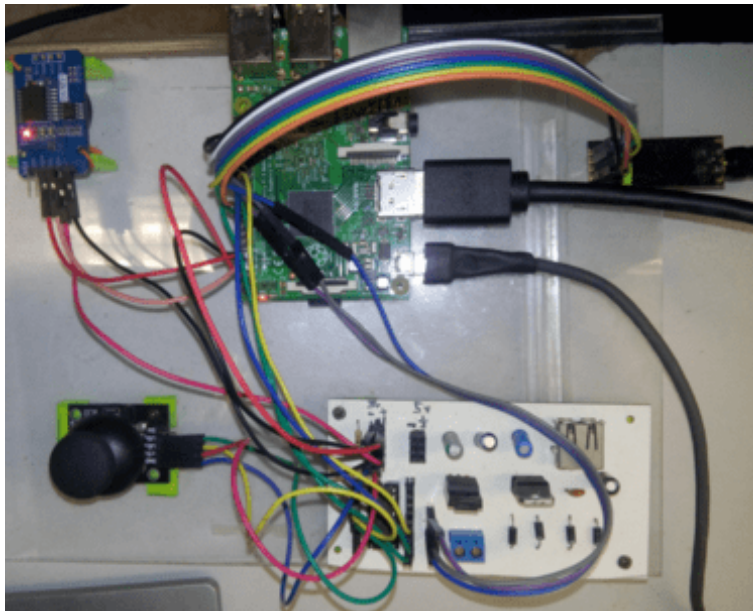


Figura 3.9.9: Implementación de la estación base.

#### Consumo de potencia de la estación base

Componente	Voltaje	Corriente	Potencia
Raspberry Pi	5V	350mA	1.8W
Reloj	5V	200 $\mu$ A	1W
MCP3008	5V	500 $\mu$ A	2.5mW
Joystick	5V	1mA	5mW

Cuadro 3.9.1: Consumo de potencia para la estación base.

Donde el consumo total de corriente es de 351.7mA y 2.8W de potencia total, de acuerdo a los datos de la tabla 3.9.1 y en base al consumo total de potencia, en caso de no contar con una fuente de alimentación convencional; se opta por implementar una fuente de alimentación independiente que de suministro de energía al sistema de la estación base controlada por el Raspberry Pi, la cual también se diseña en PCB como en el caso de la estación sumergible. Es así como se da por terminado el desarrollo de nuestro proyecto.

## Capítulo 4

# Conclusiones y perspectivas

El proyecto realizado fue diseño para la recolección de datos a través de un sumergible, su transmisión y posteriormente su almacenamiento, donde se identificaron las características principales que influyen en los canales de transmisión inalámbricos entendiendo y reafirmando conceptos básicos. Entendiendo la importancia de las técnicas de diversidad en los sistemas inalámbricos, concluimos que los sistemas elaborados a partir de tecnologías inalámbricas como en el caso de Radio Frecuencia permiten elaborar sistemas versátiles y funcionales para cualquier ámbito relacionado con el control y seguimiento en tiempo real; aunque se deben evaluar factores claves como el ambiente de transmisión y condiciones de distancia.

En cuanto a la comunicación entre las placas de Arduino UNO y Raspberry Pi mediante los módulos de comunicación NRF24L01, se presentó el inconveniente de la sincronización entre la estación base y la estación sumergible; por lo que ocasionó pérdidas de datos en la transmisión y recepción. La solución efectuada fue la edición del código de programación en las librerías del módulo, además de especificar las velocidades de transmisión y recepción.

Otro reto a enfrentar fue el de aprender a programar con un nuevo lenguaje, en este caso Python, en donde se realizaron todos los códigos para la recepción de datos en el Raspberry Pi; un caso particular a solucionar fue la visualización de datos en formato decimal; donde desde el transmisor se enviaban los datos con punto decimal pero en el receptor solo se mostraban números enteros. Lo cual nos facilitó parte de la tarea para la interacción con otras aplicaciones como fue el caso con MySQL y phpMyadmin.

Para el montaje de la estructura del sumergible y la adaptación de cada una de las partes, fue difícil, ya que seleccionar los materiales para su construcción y acoplarlos a nuestras necesidades fue un trabajo manual en un ámbito que no habíamos experimentado, algunos de los materiales utilizados fueron proporcionados por el laboratorio LACECI y LAMAT. Fue muy satisfactorio ver los resultados ya que fueron mejores que los esperados.

La dificultad que se ha encontrado en los sensores analógicos, como caso particular tenemos la configuración del joystick, al cual se le tuvo que incorporar el chip “MCP3008 SPI ADC” el cual no se tenía contemplado en un principio, dicho dispositivo no es de fácil adquisición, por lo que nos costó tiempo obtenerlo y acoplarlo a la estación base.

### **Perspectivas**

El prototipo está hecho de modo que se le pueda hacer mejoras y optimizar el sistema, una de las principales mejoras a realizar para la estación sumergible sería la de sustituir la placa Arduino UNO por una más reciente, la cual ofrezca mejor rendimiento, disponibilidad para integrar más dispositivos de entrada y salida. Se incluiría

una tarjeta SD interna e independiente para el almacenamiento de datos que se utilizaría como un respaldo de información.

Otra consideración que se tiene a futuro es minimizar el tamaño y peso del sumergible, cambiando el tipo de material para su construcción, con el objetivo de que sea mas resistente, ligero y compacto, para su fácil desplazamiento. Para disminuir el peso es importante sustituir el tipo alimentación interna en este caso la batería por una de menor peso y tamaño pero con mayor capacidad de suministro de corriente y mayor durabilidad .

Se tiene planeado agregar mas dispositivos, entre ellos, un sensor de profundidad, sensor de cloro, sensor para detectar metales, sensor de presión, entre otros; así también el de agregarle una cámara fotográfica y/o de vídeo. Considerando las características de operación del modulo de transmisión nos da la posibilidad de crear una red de monitoreo con varios sumergibles.

En cuanto a la estación base se planea sustituir la placa Raspberry Pi por una versión actualizada la cual ofrece similitudes de operación pero con mejoras de rendimiento y procesamiento, también se considera sustituir el monitor por un monitor portátil con el fin de que la estación base pueda transportarse a diferentes lugares.

Se tiene contemplado que nuestro sistema de monitoreo sea alimentado por una fuente de energía renovable, la cual puede ser solar, eólica o hidráulica a consideración de la más eficiente.

# Bibliografía

- ADC, M. Mcp3008-conversor analógico digital adc-electronilab. <https://electronilab.co/tienda/mcp3008-conversor-analogico-digital-adc/>. 20
- AMG. Micro servo sg90 9g - amg kits. <http://www.amgkits.com/robotica/33-micro-servo-sg90-9g.html>. 18
- battery direct. The battery expert. <http://www.battery-direct.com/Battery-BP3-12.html>. 23
- ebay. motor johnson rs-775 dc 12v. <http://www.ebay.com/itm/New-Mabuchi-Motor-RS-775WC-8016-DC-12V-20V-18000-RPM-200W-Two-wires-CNC-spindle-/152458847716>. 23
- Electricidad. Motor dc. <http://jorgefloresvergaray.blogspot.mx/2009/03/caracteristicas-de-un-motor-para-su.html>. 24
- ez Systems. Nordics. <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>. 17
- Factory, G. Ds3231 módulo reloj en tiempo real. <http://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/ds3231-modulo-reloj-en-tiempo-real/>. 19
- Factory, G. Módulo joystick. <http://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/modulo-joystick-para-arduino/>. 21
- Hiriondo, H. (2009). *Introducción a la Geología*. Brujas. 3
- Lapeña, R. (1990). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Alfaomega. 4
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos*. Pearson Educación. 3
- Muñoz (2005). *Introducción a la Física y a la Química*. Limusa. 5
- Pi, R. Raspberry pi 2 model b. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. 11
- Rev3, A. U. Store.arduino.cc. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. 9
- Seedstudio. Grove-ph sensor-wireless-seeed studio. <https://www.seeedstudio.com/Grove-PH-Sensor-p-1564.html>. 16
- Serna Guarín, Morantes Guzmán, D. T. (2015). *Transferencia Óptima de datos para el monitoreo y control remoto de sistemas en tiempo real*. Fondo Editorial ITM. 1
- SHT-161. Electronicaestudio. <http://www.electronicaestudio.com/i/f/SHT-161.jpg>. 15
- Smits, A. J. (2003). *Mecánica de fluidos. Una introducción física.*, Editorial Alfaomega, México. 2

- Sole, J. Ganoderma lucidum, recuperando el equilibrio perdido entre la acidez y la alcalinidad. <http://virtualmarketingpro.com/blog/bodybalance8/acidez-alcalinidad-y-ganoderma-lucidum/>. 4
- SPI, C. Protocolo de comunicación spi. <https://vidaembebida.wordpress.com/2017/02/08/protocolo-de-comunicacion-spi/>. 8
- Temp. Sensor de temperatura a prueba de agua (ds18b20). <http://www.techmake.com/sensor-de-temperatura-a-prueba-de-agua-ds18b20.html>. 13
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson educación. 5
- Whitten, K. W., Gailey, K. D., Davis, R. E., de Sandoval, M. T. A. O., and Muradás, R. M. G. (1992). *Química general*. McGraw-Hill. 4
- Ysi. Monitoring buoys and platforms. <https://www.ysi.com/products/monitoring-buoys-and-platforms>. 25