



UNIVERSIDAD DE COLIMA

*FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA*

# BOYA ESTÁTICA PARA EL MONITOREO DE VARIABLES EN UN ENTORNO MARINO

Tesis para obtener el título de

**Ingeniero en Sistemas Computacionales**

Presenta:

**Erik Alberto Mora Alvarez**

**Brenda Lourdes González De León**

Asesor:

**Verde Romero Daniel Alfonso**

Coasesor:

**Jiménez Betancourt Ramon Octavio**

Manzanillo, Colima, México, Junio de 2021



# Agradecimientos

Agradecemos principalmente a nuestros padres por darnos todo el apoyo para poder llegar hasta este momento, también por creer en nosotros y aconsejarnos para seguir nuestros sueños y no darnos por vencidos, también a nuestro asesor por tomarse el tiempo para aconsejarnos y mejorar en el proyecto de tesis.



# Resumen

En el presente documento contiene una investigación acerca de la aplicación del monitoreo de variables de una boya estática que se localizará en la playa de manzanillo Colima. Cuenta con una página web donde se visualiza los datos obtenidos de los sensores en la boya que serán tomados de la placa sigfox que usamos por su cobertura, anteriormente la boya usaba red satelital pero el consumo de energía y costo se optó con este trabajo el uso de la tecnología sigfox por el menor costo, baja energía y fácil utilización además que proporciona localización de los dispositivos. Tiene como principal función proporcionar información de los sensores en tiempo real para uso externo de la universidad, permite interacción con la información de los sensores en el periodo de tiempo que seleccione el usuario así como visualizar su localización. Por medio de la aplicación el usuario puede observar los datos de los sensores en cualquier fecha que desee y así mismo poder descargar la información en formato Excel para uso exclusivo de los usuarios.



# Abstract

This document contains an investigation about the application of variable monitoring of a static buoy that will be located on the Manzanillo Colima beach. It has a web page where the data obtained from the sensors on the buoy is displayed, which will be taken from the sigfox board that we use for its coverage, previously the buoy used a satellite network but the energy consumption and cost were chosen with this work. of sigfox technology due to the lower cost, low energy and easy use, in addition to providing location of the devices. Its main function is to provide information from the sensors in real time for external use of the university, it allows interaction with the information of the sensors in the period of time that the user selects as well as to visualize their location. Through the application, the user can observe the data from the sensors on any desired date and also be able to download the information in Excel format for the exclusive use of users.





# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.1.1. Ventajas del IoT . . . . .	2
1.1.2. Boya Holbox-México . . . . .	2
1.2. Definición del problema . . . . .	2
1.3. Justificación . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivo general . . . . .	3
1.4.2. Objetivos específicos . . . . .	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1. Boyas Oceanográficas . . . . .	5
2.2. Tipos de boyas . . . . .	6
2.3. Variables Meteorológicas . . . . .	6
2.3.1. Viento . . . . .	6
2.3.2. Temperatura del aire . . . . .	6
2.4. Variables Oceanográficas . . . . .	7
2.4.1. Temperatura del agua . . . . .	7
2.4.2. Oxígeno disuelto . . . . .	7
2.4.3. Turbidez . . . . .	8
2.5. Tecnología Zigfox . . . . .	8
2.5.1. Características de Sigfox . . . . .	9
2.5.2. Modo de Operación de Sigfox . . . . .	9
2.5.3. Cobertura Sigfox en Manzanillo . . . . .	10
2.5.4. Backend de Sigfox . . . . .	11
2.5.5. Conectividad de Enlace Ascendente . . . . .	11
2.5.6. Pequeña carga Util . . . . .	11
2.5.7. Modulación de Radio de Banda Estrecha . . . . .	11
2.5.8. Funcionamiento . . . . .	12
2.6. Sensores . . . . .	13
2.6.1. Sensores de temperatura . . . . .	13
2.6.2. Sensores de dióxido de carbono . . . . .	14
2.6.3. Ruta Óptica LI-820 . . . . .	16
2.6.4. Analizador CO2 . . . . .	16
2.7. Internet de las cosas Subacuáticas (IoUWT) . . . . .	17

<b>3. Metodología</b>	<b>19</b>
3.1. Requisitos . . . . .	19
3.2. Diseño . . . . .	20
3.3. Implementación . . . . .	20
3.4. Verificación . . . . .	20
3.5. Mantenimiento . . . . .	20
<b>4. Diseño e Implementación</b>	<b>21</b>
4.1. Herramientas de desarrollo . . . . .	21
4.1.1. HTML . . . . .	21
4.1.2. CSS . . . . .	22
4.1.3. JS . . . . .	23
4.1.4. PHP . . . . .	23
4.1.5. ARDUINO . . . . .	24
4.1.6. Puerto UART en Arduino . . . . .	24
4.1.7. SQL . . . . .	25
4.1.8. PHP MY ADMIN . . . . .	25
4.1.9. AJAX . . . . .	25
4.1.10. Servicio de Sigfox . . . . .	26
4.1.11. Diagrama de comunicación . . . . .	30
4.1.12. Aplicación web . . . . .	31
<b>Bibliografía</b>	<b>41</b>

# Índice de figuras

2.1. Boya Meteorológica . . . . .	5
2.2. Tarjeta de Desarrollo Sigfox . . . . .	8
2.3. Países que cuentan con red Sigfox. . . . .	9
2.4. Trama del mensaje enviado al Backend Sigfox. . . . .	10
2.5. Cobertura de Sigfox en Manzanillo. . . . .	10
2.6. funcionamiento sigfox . . . . .	12
2.7. Sensores . . . . .	13
2.8. Grafica de rango de medición de temperatura . . . . .	14
2.9. Grafica de rango de medición de CO2 . . . . .	15
2.10. Ruta óptica LI-820 . . . . .	16
2.11. Analizador de CO2 LI-820 . . . . .	16
3.1. Modelo en cascada . . . . .	19
4.1. Comunicación UART . . . . .	24
4.2. Lectura de sensor . . . . .	27
4.3. Configuración del payload . . . . .	28
4.4. Mensajes en Sigfox . . . . .	29
4.5. Configuración del Callback . . . . .	29
4.6. Diagrama de comunicación entre la boya y la tarjeta de desarrollo . . . . .	30
4.7. Diagrama de comunicación del proyecto . . . . .	30
4.8. Tabla de mensajes. . . . .	31
4.9. Guardando los datos enviados desde Sigfox con PHP . . . . .	32
4.10. Tabla de usuarios. . . . .	32
4.11. Validación para el inicio de sesión con PHP . . . . .	33
4.12. Coordenadas . . . . .	34
4.13. Inicio de sesión . . . . .	34
4.14. . . . .	35
4.15. Gráfica de temperatura . . . . .	35
4.16. Gráfica de turbidez . . . . .	36
4.17. Gráfica de dióxido de carbono . . . . .	36
4.18. Tabla de datos . . . . .	37
4.19. Tabla de coordenadas . . . . .	37
4.20. Tabla en Excel . . . . .	38
4.21. Obtención de coordenadas con el módulo GPS . . . . .	38

4.22. Localización . . . . .	39
------------------------------	----

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

En la actualidad vemos como cada vez más el uso del IoT gana terreno en nuestra vida cotidiana, ya que los proyectos que implementan esto cada vez son más, se sabe que desde hace tiempo existen tanto sistemas como dispositivos que nos facilitan las tareas, pero ahora tener un dispositivo con conexión a internet se ha vuelto más común, desde electrodomésticos hasta herramientas útiles para el trabajo, poder monitorear desde sensores hasta circuitos cerrados integrados en algún tipo de sistema.

Kevin Ashton, cofundador del Auto-ID Center en MIT, mencionó por primera vez el internet de las cosas en una presentación que hizo a Procter & Gamble (P&G) en 1999. Queriendo que la ID de frecuencia de radio (RFID) llamara la atención de P&G la gerencia superior, Ashton llamó a su presentación “Internet de las cosas” para incorporar la nueva tendencia de 1999: internet. El libro del profesor del MIT, Neil Gershenfeld, *When Things Start to Think*, que apareció también en 1999, no utilizó el término exacto, pero proporcionó una visión clara de hacia dónde se dirigía IoT.

Un ecosistema de IoT consiste en dispositivos inteligentes habilitados para la web que utilizan procesadores integrados, sensores y hardware de comunicación para recopilar, enviar y actuar sobre los datos que adquieren de sus entornos. Los dispositivos de IoT comparten la información del sensor que recopilan al conectarse a una puerta de enlace de IoT u otro dispositivo de borde donde los datos se envían a la nube para analizarlos o analizarlos localmente. A veces, estos dispositivos se comunican con otros dispositivos relacionados y actúan sobre la información que obtienen unos de otros. Los dispositivos realizan la mayor parte del trabajo sin intervención humana, aunque las personas pueden interactuar con ellos, por ejemplo, para configurarlos, darles instrucciones o acceder a los datos. Los protocolos de conectividad, redes y comunicación utilizados con estos dispositivos habilitados para la web dependen en gran medida de las aplicaciones específicas de IoT implementadas.

### 1.1.1. Ventajas del IoT

- Monitorear sus procesos comerciales generales
- Mejorar la experiencia del cliente
- Ahorre tiempo y dinero
- Mejorar la productividad de los empleados
- Integrar y adaptar modelos de negocio
- Tomar mejores decisiones de negocios y generar más ingresos

La IoT alienta a las empresas a repensar las formas en que se acercan a sus negocios, industrias y mercados y les brinda las herramientas para mejorar sus estrategias comerciales.

### 1.1.2. Boya Holbox-México

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), en colaboración con la Secretaría de Marina (SEMAR), el CINVESTAV-Mérida del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Ingeniería y el Centro de Ciencias de la Atmósfera), la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (UABC-Ensenada), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), instalaron el 22 de julio de 2012, la boya oceánica Holbox-México para el monitoreo ambiental de parámetros oceanográficos, de calidad del agua y meteorológicos. El 7 de marzo de 2013 la boya quedó fuera de operaciones por robo de partes. El 16 de diciembre de 2015, con el apoyo de un buque de la SEMAR, se reinstala la Boya Holbox-México con los mismos sensores pero sobre una plataforma renovada.

Con esta estación de monitoreo ambiental se estudia el comportamiento espacio-temporal de las surgencias de Cabo Catoche y su conectividad con los eventos de florecimientos algales en el Banco de Campeche, creando capacidades para el monitoreo de ecosistemas marinos de México. Los datos calibrados obtenidos permiten validar las observaciones satelitales y tener insumos para la implementación del Sistema Satelital de Alerta Temprana de Florecimientos Algales, de apoyo a la toma de decisiones [1].

## 1.2. Definición del problema

Actualmente la boya que esta situada en FACIMAR tiene un sistema de sensores el cual se alimenta con una batería y anteriormente estaba conectada vía satélite, la conexión vía satélite actualmente tiene un alto costo agregando que tiene desventajas como la dependencia de las condiciones climáticas y una alta latencia para transmitir paquetes, ya que esto influye en las comunicaciones, para eso se integrara una tarjeta Sigfox la cual es una red de bajo consumo y es ideal para este proyecto pero que también tiene sus desventajas como lo puede ser el uso limitado de envío de datos.

## 1.3. Justificación

En este caso el tema de esta tesis se apega más al tipo de boya oceanográfica ya que el sistema con el que se cuenta tiene sensores para tomar medidas como son: la temperatura, la oxigenación y el dióxido de carbono tanto del mar como del aire y en el cual se tiene como propósito conectar mediante una red ese sistema integrado con el que cuenta la boya para poder enviar los datos que llega a tomar y así mostrarlos de forma visual al usuario para llevar el control de las diferentes variables que se toman en cuenta en el ambiente marino, para fines académicos o de investigación.

## 1.4. Objetivos

Los objetivos de esta tesis son varios, partiendo de la aplicación del IoT lo cual se puede aplicar para muchas otras cosas, en esta ocasión los objetivos a desarrollar son los siguientes:

### 1.4.1. Objetivo general

- Diseñar una aplicación web en la cual se mostrarán de forma gráfica los datos enviados y una geolocalización de la boya.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Enviar los datos de los sensores mediante la red Sigfox.
- Mostrar las diferentes variables que se toman de los sensores en tiempo real.
- Desarrollo de la documentación de los avances obtenidos.

Con esto se pretende tener un control y monitoreo de los datos que se registran día a día mediante las pruebas que va recolectando el sistema de la boya y mandar esos datos mediante Sigfox a una aplicación web para poder visualizarla de forma grafica y tener la localización de la misma de forma remota.





# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Boyas Oceanográficas

Una boya es un objeto flotante situado en el mar para diversas finalidades, tales como señalización para la navegación o como estación meteorológica o incluso para detectar submarinos (usado en la guerra). Las boyas oceanograficas incorporan sistemas de adquisición de datos para obtener datos meteorológicos y oceanográficos de vital importancia.



Figura 2.1: Boya Meteorológica

## 2.2. Tipos de boyas

Las Boyas estacionarias se encuentran en una misma posición ancladas en el fondo marino. Estas boyas cuentan con una superficie sumergida en el agua mientras que la otra parte es un mástil, los datos oceanográficos están localizados en la boya que se encuentra sujeta a una profundidad determinada en el cable de anclaje. Los datos meteorológicos se sitúan en el mástil a 2 metros. La recopilación de datos se compone por un sistema de adquisición, un sistema de comunicación inalámbrica y un equipo de recepción de datos. Las boyas disponen de unos paneles fotovoltaicos que almacenan energía en las baterías para el funcionamiento de los equipos.

Las Boyas Drifting miden datos oceanográficos puesto que su dimensión es muy pequeña, son lanzadas al mar para seguir las corrientes marinas para recopilar datos de interés. Su tiempo de vida es un mínimo de 2 años, para ello disponen de un localizador GPS, un dispositivo de almacenamiento para extraer la información almacenada en ellas y cuentan con una batería que asegura su funcionalidad durante el tiempo de vida para la recopilación de datos.[2]

## 2.3. Variables Meteorológicas

La meteorología abarca el estudio de los fenómenos físicos que ocurren en la atmósfera. Se puede conocer el estado del tiempo obteniendo información de algunas de sus variables. Las más útiles son las siguientes:

### 2.3.1. Viento

El viento es el movimiento del aire. Según su intensidad y duración, pueden provocar pequeñas ráfagas de viento hasta tornados, por lo que es importante conocer la velocidad del viento y su dirección para prevenir catástrofes naturales. Aunque también, para proporcionar información del viento a los navegantes. Para medir la velocidad del viento se usan los anemómetros. Estos pueden estar basados en diversos métodos de medida: de empuje, de rotación o de compresión, siendo el de rotación el más típico. Este método se basa en unas cazoletas o hélices unidas a un eje central. El viento impacta sobre las cazoletas o hélices, de forma que hace rotar el eje central, produciendo una señal eléctrica con frecuencia proporcional a la velocidad del viento.

### 2.3.2. Temperatura del aire

La temperatura es una propiedad física de la materia a la que nos referimos como calor o ausencia de éste (frío). Así pues, la temperatura del aire sería el grado del calor específico. El cuerpo humano percibe la temperatura del ambiente erróneamente al mantener siempre el cuerpo a una temperatura constante, independientemente de la exterior. Esto se llama sensación térmica. Para obtener una medida precisa de la temperatura de la atmósfera, se necesita utilizar el termómetro (cuyo significado es: medición de calor) y una escala para saber en qué valores de temperatura nos movemos. La temperatura se mide en grados diferentes según el país. Oficialmente, la unidad del SI es el Kelvin (K). Existen termómetros basados en diferentes principios, donde todavía se usan los métodos originales del termómetro hoy en día. Principalmente se usan 2 métodos:

1. La dilatación variable según la temperatura de un cuerpo sellado en un tubo. Una variación de temperatura provoca que el material se dilate más o menos, aumentando o disminuyendo el volumen ocupado en el tubo. Esto se visualiza en una escala dibujada en el tubo para tener referencias sobre la temperatura.
2. Transducción de temperatura a electricidad. Algunos elementos varían sus propiedades eléctricas según la temperatura (termistores) u otros se combinan para provocar una fuerza electromotriz por el efecto de diferencial de temperatura (termopares).

## 2.4. Variables Oceanográficas

La oceanografía estudia los procesos biológicos, geológicos, físicos y químicos que ocurren en los mares y océanos. Las boyas oceanográficas están centradas en realizar estudios de los procesos físicos y químicos, ya que los biológicos (organismos marinos) y geológicos no son necesarios para la navegación marítima, y con los otros procesos, se puede obtener información más útil.

### 2.4.1. Temperatura del agua

Para medir la temperatura del agua, también se utilizan termómetros. Puesto que el agua y el aire son masas con energía calorífica interna. Para medir la temperatura del agua, como es una variable sencilla de medir, el sensor utilizado para las corrientes ya proporciona la información de la temperatura del agua.

### 2.4.2. Oxígeno disuelto

En los líquidos, podemos encontrar oxígeno en mayor o menor medida. Todo líquido absorbe oxígeno hasta alcanzar una condición de equilibrio de presiones. La concentración real de oxígeno disuelto depende de varios factores, como la temperatura, presión atmosférica, consumo y producción de oxígeno por los organismos. Por esto último, la concentración de oxígeno es importante para la vida de los peces y microorganismos en el agua. Normalmente se utilizan dos escalas de medición: partes por millón (ppm); o porcentaje de saturación (%), que se define como el porcentaje de oxígeno disuelto en 1 litro de agua, respecto a la cantidad máxima de oxígeno disuelto que puede contener 1 litro de agua. El sistema convencional de medición de oxígeno disuelto consiste en un medidor y una sonda polarográfica tipo Clark. La sonda es la parte más importante del sistema y la más delicada. La sonda consta de un ánodo de plata (Ag) revestido con un alambre de platino (Pt), que funciona como cátodo. Esto es insertado en una cubierta protectora llena de una solución electrolítica. La cubierta tiene en su extremo una membrana de Teflón, un material permeable al gas que permite el paso del oxígeno presente en la solución, pero no el paso de la solución en sí.

### 2.4.3. Turbidez

Se entiende por turbidez a la falta de transparencia en un líquido debido a la presencia de partículas. Cuanto más turbia esté el agua, más sucia parecerá, así que es usado como indicador para tener una estimación de la calidad del agua. Existen dos formas de conocer la turbidez en un líquido: Según la absorción de la luz o la dispersión de la luz. El primero se basa en proyectar un haz de luz con una longitud de onda determinada (casi en infrarrojo, pero tampoco en luz visible (700-1100 nm)), para que las partículas sean las únicas capaces de atenuar esta luz. Esta atenuación de la luz servirá de indicador de la turbidez. El segundo método, mide directamente la luz dispersada, en múltiples ángulos de medida. El medidor de turbidez detecta la luz dispersada por las partículas en suspensión en el agua, generando una tensión de salida proporcional a la turbidez o sólidos suspendidos.

## 2.5. Tecnología Zigfox

Sigfox es una tecnología de red de área amplia de baja potencia (LPWAN) especialmente diseñada para Internet de las cosas. Sigfox ofrece una solución de comunicaciones basada en software, donde toda la complejidad informática y de red se gestiona en la nube, en lugar de en los dispositivos. Todo eso junto, reduce drásticamente el consumo de energía y los costos de los dispositivos conectados. Su tecnología esta diseñada para cumplir con los requisitos de las aplicaciones de IoT, su batería cuenta con un amplio de vida y tiene una gran capacidad de red y lago alcance permitiendo adquirirla debido a su bajo costo.

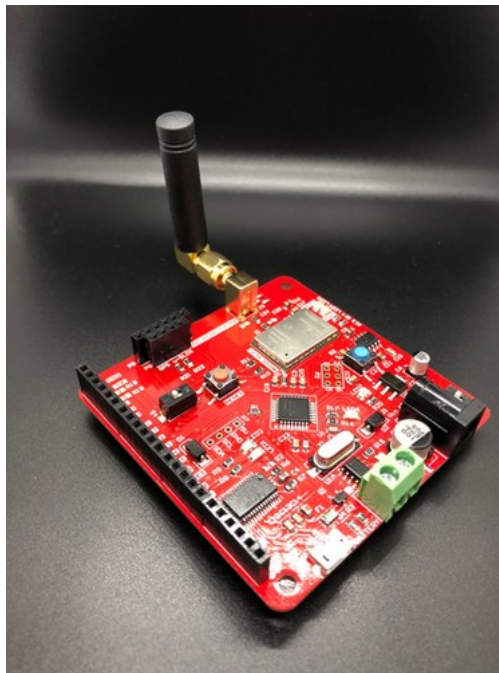


Figura 2.2: Tarjeta de Desarrollo Sigfox

### 2.5.1. Características de Sigfox

- Autonomía: Consumo de energía extremadamente bajo, lo que permite años de duración de la batería.
- Sencillez: Sin configuración, solicitud de conexión señalización y el dispositivo funciona en minutos con una suscripción anual por dispositivo
- Eficiencia de costo. Desde el hardware utilizado en los dispositivos hasta nuestra red, optimizamos cada paso para que sea lo más rentable posible.
- Distancia: Puede variar dependiendo de los obstáculos pero podemos definirla entre 1-5 kilómetros en áreas urbanas densas, hasta 15-30 kilómetros en áreas rurales.
- Cobertura: Sigfox no solo se limita a lograr grandes distancias sino también una cobertura de alta densidad que permite conectar alrededor de 250,000 dispositivos por antena.

### 2.5.2. Modo de Operación de Sigfox

Sigfox transportan datos desde donde se encuentren instalados y hasta sus sistemas de TI para la visualización de los mismos, mediante el uso de antenas instaladas en lugares estratégicos en una determinada área y recibe datos de dispositivos (sensores en parquímetros, sensores de temperatura, medidores de luz eléctrica, medidores de agua etc.). Los dispositivos utilizan frecuencias de banda ISM sin licencia, es decir, 920 MHz (Sur América) u 868 MHz (Europa). En el caso de Norte América que es donde pertenece México manejamos una frecuencia de 902 Mhz, en la siguiente figura podemos ver la clasificación de las configuraciones de radio o RC (Radio Configurations) destinadas para los países donde se encuentra trabajando la red Sigfox.

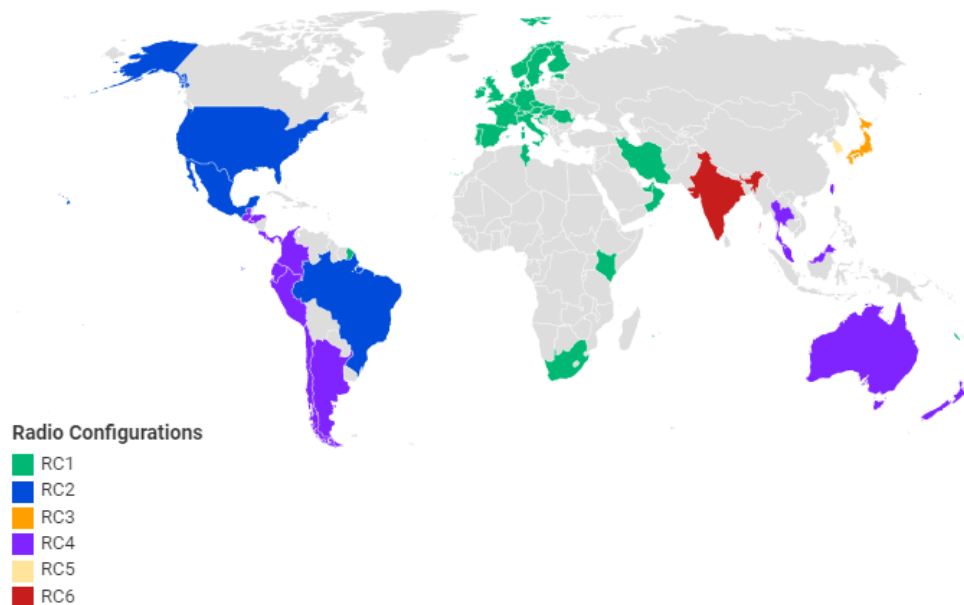


Figura 2.3: Países que cuentan con red Sigfox.

Las tramas contienen un preámbulo de símbolos predefinidos utilizados para la sincronización en la transmisión. Los campos de sincronización de trama especifican los tipos de tramas que se transmiten. El FCS es una secuencia de verificación de trama (FCS – Frame Check Sequence) utilizada para la detección de errores. Ningún paquete contiene una dirección de destino u otro nodo. Todas las puertas de enlace (antenas) enviarán todos los mensajes al servicio en la nube (Backend) de Sigfox, estos mensajes son llamados Uplink. El mensaje que vemos en el recuadro rojo de la siguiente figura nos interesa que sea enviado, tiene su lugar en el campo llamado payload con un tamaño de 0 a 12 Bytes hexadecimales, el payload contiene las variables que estamos monitoreando en nuestra aplicación.

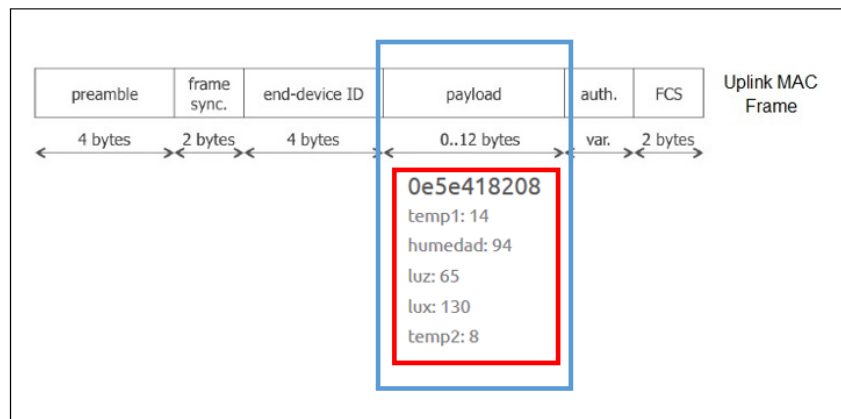


Figura 2.4: Trama del mensaje enviado al Backend Sigfox.

### 2.5.3. Cobertura Sigfox en Manzanillo

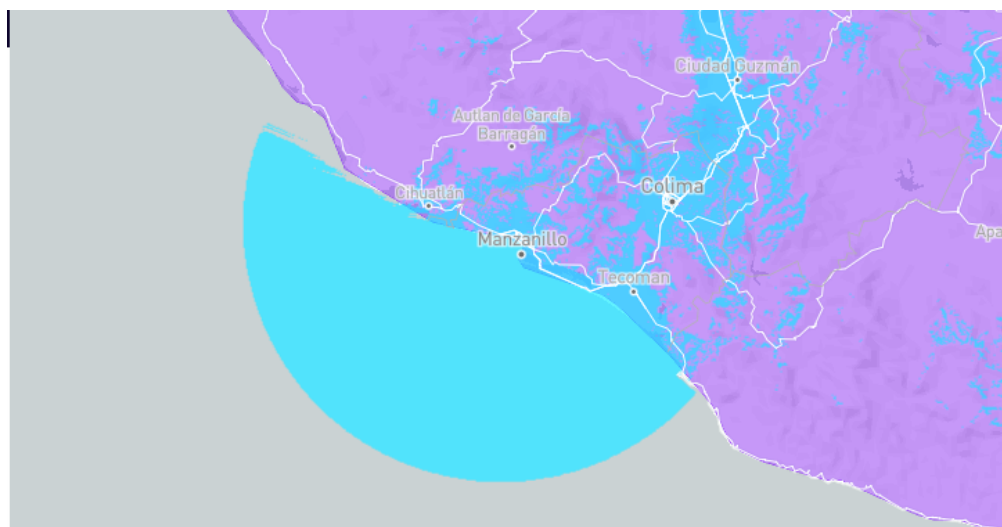


Figura 2.5: Cobertura de Sigfox en Manzanillo.

### 2.5.4. Backend de Sigfox

El sigfox Backend es una comunicación que recibe los mensajes y los procesa para generar un resultado donde se pueden gestionar los dispositivos, visualizar los mensajes transmitidos por los mismos y configurar de integración de los datos, entre otros. Además, el servicio da la oportunidad de poder redirigir todo el volumen de información que llega al backend a cualquier aplicación ejecutada en un servidor o centro de procesamiento de datos. Existen dos maneras de tomar los datos que recoge el backend de Sigfox:

- Utilizando la API que proporciona el backend, basada en HTTP REST (GET o POST, indistintamente); la cual, en función del recurso pedido, devuelve un resultado concreto, con una carga útil con formato JSON.
- Utilizando una URL de callback, identificando dicha URL a la aplicación web que desea recibir los mensajes. De esta forma, se registraría dicha URL en el backend, indicando los atributos que le interese recibir (por ejemplo, la carga útil del mensaje); y cada vez que llegase un mensaje al mismo, éste le reenviará los valores pedidos en un mensaje con formato, por ejemplo JSON.

### 2.5.5. Conectividad de Enlace Ascendente

Los mensajes de radio emitidos por los dispositivos conectados son recolectados por las estaciones base de Sigfox, luego transmitidos a la nube de Sigfox y enviados a la plataforma de TI del usuario final. Cuenta con una red en estrella que permite transmitir mensajes or cualquier base en el rango.

### 2.5.6. Pequeña carga Util

Un mensaje de enlace ascendente tiene una carga útil de hasta 12 bytes y tarda un promedio de 2 segundos en llegar a las estaciones base que monitorean el espectro en busca de señales UNB para demodular. Para una carga útil de datos de 12 bytes, una trama Sigfox utilizará 26 bytes en total. La carga útil permitida en los mensajes de enlace descendente es de 8 bytes.

### 2.5.7. Modulación de Radio de Banda Estrecha

Usando la modulación de Banda Ultra Estrecha, Sigfox opera en los 200 kHz de la banda disponible públicamente para intercambiar mensajes de radio por aire. Cada mensaje tiene un ancho de 100 Hz y se transfiere a una velocidad de datos de 100 o 600 bits por segundo, según la región. Por lo tanto, se pueden lograr largas distancias siendo muy robusto contra el ruido.[3]

### 2.5.8. Funcionamiento

Tiene un sistema en la nube donde desde la interfaz web es posible dar de alta los equipos, que funcionan por un ID único en vez de autenticación por tarjeta SIM como los móviles u otros dispositivos IoT basados en GPRS. También ofrece una red con buena calidad de servicio garantizada y efectiva para bajo volumen de datos, pero que puede soportar muchos dispositivos simultáneos como por ejemplo un despliegue de sensores.

Podemos desarrollar nuestra propia APP y conectarla a la API de Sigfox para recibir la información de los sensores y dispositivos.

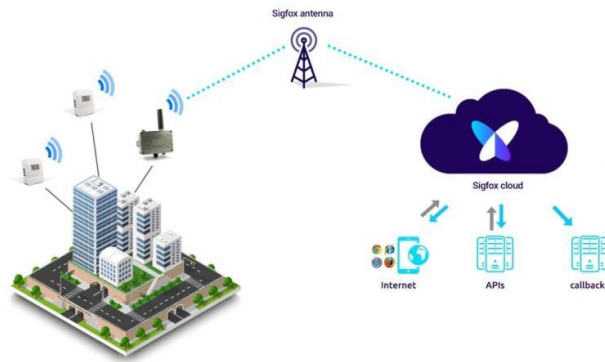


Figura 2.6: Esquema de funcionamiento de sigfox



## 2.6. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o, a veces, una señal digital) convertido en una pantalla legible para humanos o transmitida para lectura o procesamiento adicional.

Los sensores se usan en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, el termómetro de mercurio común es un tipo de sensor muy antiguo utilizado para medir la temperatura. Usando mercurio coloreado en un tubo cerrado, se basa en el hecho de que este producto químico tiene una reacción constante y lineal a los cambios de temperatura.

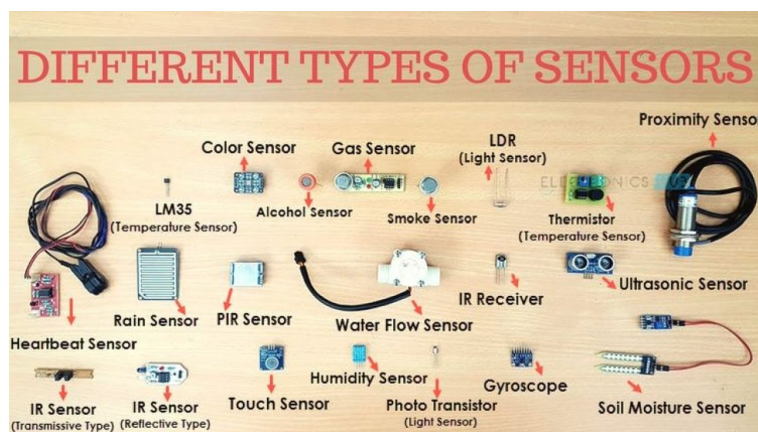


Figura 2.7: Sensores.

### 2.6.1. Sensores de temperatura

Un sensor de temperatura es un componente electrónico que devuelve una señal eléctrica que depende de la temperatura del sensor. A partir de la señal eléctrica se puede conocer la temperatura real a la que se encuentra el sensor.

Existen muchos tipos diferentes de sensores de temperatura. Cada tipo de sensor se adapta bien a una aplicación concreta. En estas prácticas se van a estudiar solo sensores de bajo precio que alcanzan un rango de temperaturas moderado, de  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $150^{\circ}\text{C}$ . Con una exactitud moderada, desde  $1^{\circ}\text{C}$  hasta  $0.1^{\circ}\text{C}$  de error. Los sensores de temperatura son muy útiles para construir aparatos

de medida de temperatura y máquinas que regulan de forma automática la temperatura.

Algunos ejemplos en donde se hacen uso de los sensores de temperatura:

- Termómetro digital para medir la temperatura del cuerpo.
- Termostato digital de una casa.
- Termostato de temperatura de un horno.
- Sensor de incendios.
- Termostato de acuario o de terrario.
- Termómetro digital de temperatura ambiente.

### Funcionamiento de un sensor NTC

Una resistencia NTC es un componente que reduce su resistencia cuando aumenta la temperatura. Este sensor no es lineal. Esto quiere decir que su exactitud no es muy buena en rangos amplios de temperatura, comparada con otros sensores. A pesar de eso un sensor NTC bien ajustado puede medir temperaturas con bastante exactitud,  $0.1^{\circ}\text{C}$  en un intervalo pequeño de temperaturas.

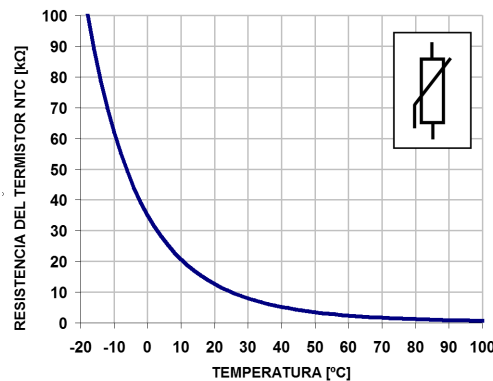


Figura 2.8: Grafica de rango de medición de temperatura.

La resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura. La forma de la curva es no lineal, lo que da problemas a la hora de calcular con exactitud la temperatura.

### 2.6.2. Sensores de dióxido de carbono

Un sensor de  $\text{CO}_2$  es un instrumento que se utiliza para la medición de gas de dióxido de carbono en un ambiente determinado. Habitualmente estos aparatos registran el dióxido de carbono en partes por millón (ppm) en los espacios ocupados y nos ofrecen una muestra de la concentración de este gas en el aire que respiramos. Con la utilización de sensores de  $\text{CO}_2$  se pueden identificar las zonas o estancias habitadas en las que los niveles de dióxido de carbono son superiores a los aceptables.

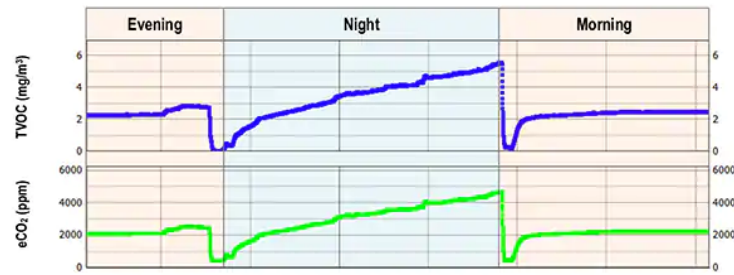


Figura 2.9: Grafica de rango de medición de CO2.

### Características de los sensores de CO2

- Son muy estables y altamente selectivos del gas medido
- Se instalan fácilmente
- Soportan condiciones de humedad alta, polvo, etc.
- Tienen una prolongada vida útil

En el momento de su instalación será conveniente tener en cuenta una serie de factores: el tipo de estancia y su geometría, su ocupación y la ventilación del área. Además, en determinados centros de trabajo donde la exposición al CO2 puede ser mayor, será aconsejable instalar los sensores cerca de los potenciales puntos de origen de las fugas para permitir una detección temprana.

### 2.6.3. Ruta Óptica LI-820

El reflector y la trayectoria óptica están chapados en oro, para aumentar la transmisión de energía. El CO<sub>2</sub> se mide en una única ruta a través del uso de filtros ópticos de banda estrecha. Un transductor de presión reduce la variabilidad debido a cambios en la presión barométrica. Un recinto de espuma rodea el banco óptico. Esto ayuda a mantener un entorno térmico controlado.

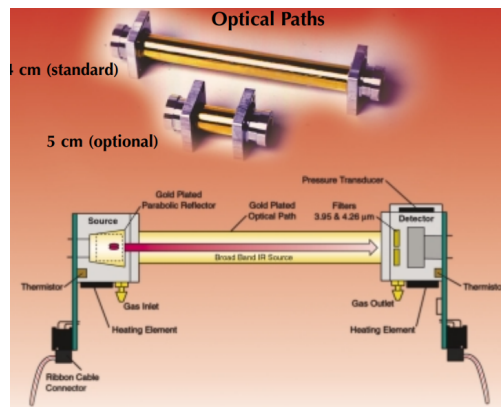


Figura 2.10: Ruta Óptica

### 2.6.4. Analizador CO2

Analizador de gases infrarrojo absoluto no dispersivo (NDIR) basado en detección de infrarrojos de una sola ruta y longitud de onda dual sistema, permite la monitorización continua de CO<sub>2</sub>. //

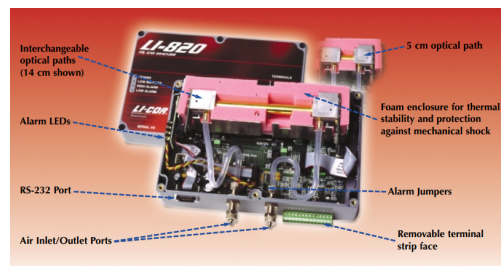


Figura 2.11: Analizador de CO<sub>2</sub>

## 2.7. Internet de las cosas Subacuáticas (IoUWT)

Internet de las cosas (IoT) que combina avances en tecnologías de detección, computación móvil y servidor en la nube y las plataformas se han vuelto muy importantes en los últimos años importante y omnipresente en el mundo moderno. Como más y se implementan más aplicaciones utilizando tecnologías de IoT, la fragmentación de las tecnologías de IoT de propósito general para dirigirse a sectores particulares con diferentes requisitos ing necesario. [4]

El Internet de las cosas submarino (UIoT), una extensión del Internet de las cosas (IoT) al entorno submarino, constituye una tecnología poderosa para lograr el océano inteligente. La UIoT está habilitada por los desarrollos más recientes en vehículos submarinos autónomos, sensores inteligentes, tecnologías de comunicación submarina y protocolos de enrutamiento submarino. En los próximos años, se espera que UIoT conecte diversas tecnologías para detectar el océano, lo que le permitirá convertirse en una red inteligente de objetos submarinos interconectados que tenga capacidades de autoaprendizaje y computación inteligente. [5]

Algunos desafíos adicionales para el IoUWT: (1) Eficiencia energética y dificultad para recargar. Debido a los altos costos de implementación de los sensores subacuáticos y la dificultad para recargar los dispositivos, la eficiencia energética es un desafío importante para IoUWT; (2) Cambios en la red topología debido al movimiento de los sensores submarinos; y (3) Inestable y baja confiabilidad debido a la pérdida de transmisión del las señales acústicas son absorbidas por el medio acuático. [6]



# Capítulo 3

## Metodología

Para este proyecto de tesis se utilizara el modelo en cascada ya que este modelo se adapta al proceso de desarrollo que se llevara a cabo para esta tesis, partiendo desde los requisitos y el análisis del problema para tener una idea clara de lo que se va a resolver y después diseñar un sistema que se adapte para resolverlo, que en este caso consiste en desarrollar un sistema en el cual el usuario podrá visualizar en una interfaz de manera gráfica los diferentes datos que el servicio de Sigfox envía desde la tarjeta conectada a los sensores de la boya, para después implementarlo en un entorno real y hacer pruebas del comportamiento que toma y un análisis de los resultados.

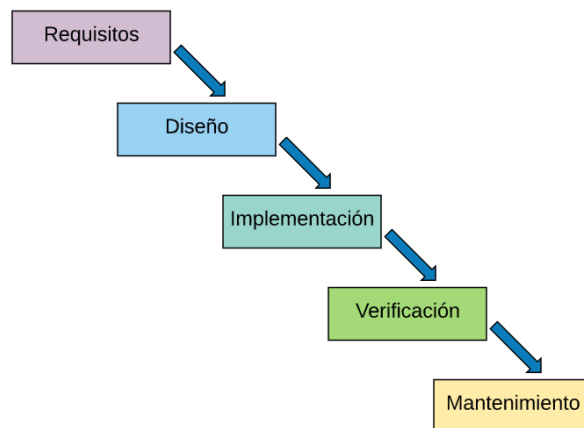


Figura 3.1: Modelo en cascada.

### 3.1. Requisitos

En esta etapa se investiga todo respecto al tema, en el caso de este proyecto, la investigación va desde el funcionamiento de la tarjeta y servicio Sigfox y como es que maneja el envío de datos, también entender el funcionamiento de una boya y el sistema de sensores que se manejan en ese tipo de boyas, para que son usados y con que fin se implementan en el entorno marino.

### 3.2. Diseño

En la etapa de diseño, se empieza por definir que es lo que se mostrara, en este caso la interfaz constara de una vista principal, en la cual mostrara las diferentes variables tomadas de los sensores, que en este caso son 4, oxigeno, dióxido de carbono , turbidez y temperatura, cada uno mostrando mediante un medidor, el dato que va cambiando constantemente, dependiendo si este se mantiene o cambia constantemente, también una sección donde se pretende que se pueda visualizar la ubicación de la boya, esto es posible ya que la tarjeta de Sigfox tiene integrado un modulo GPS para saber su ubicación, por otra parte, también el usuario podrá visualizar de forma individual cada variable en especifico para ver el periodo con el que ha ido cambiando mediante graficas.

### 3.3. Implementación

En esta etapa se pondra en marcha la teoría y la práctica, conectando el sistema de sensores a la tarjeta de Sigfox para el envío de datos, tomando en cuenta que el servicio de Sigfox solo brinda el envío de mensajes de 140 por día y un limite de 12 bytes por mensaje, se tiene que dividir el tiempo de envío de datos y el tamaño del dato a enviar al servidor, para que sea mostrado mediante una interfaz grafica que se desarrollara de acuerdo a los requerimientos, también se pondrá a trabajar el modulo GPS para tener una ubicación de donde se encuentra el sistema de la boya.

### 3.4. Verificación

Para esta fase se harán pruebas del correcto funcionamiento del sistema de sensores y como trabajan, supervisando que este tomando muestras del entorno y que sean procesadas para ser enviadas al servidor y puedan ser visualizadas en la aplicación a desarrollar, mostrando así estadísticamente los datos recopilados en un lapso de tiempo de cada variable en específico, mediante gráficas y gauges, indicando sus respectivos valores, también verificar que el modulo GPS funcione de manera correcta con la ubicación en donde se encuentre el sistema.

### 3.5. Mantenimiento

En este punto se verificará el correcto funcionamiento del sistema y en caso de encontrar detalles, resolverlos, ya sea por parte del sistema físico de los sensores y la tarjeta, o bien de lado del servidor para la recepción de los datos obtenidos, o en la parte del usuario final, que sean mostrados en la aplicación web de manera correcta.



# Capítulo 4

## Diseño e Implementación

### 4.1. Herramientas de desarrollo

Como se mencionó antes en la sección de tecnología Sigfox, para este proyecto será útil para el envío de datos tomados de los diferentes sensores que tiene la boya, el servicio de Sigfox brinda 140 mensajes por día, lo cual se tendrá que programar el periodo de tiempo en el que la tarjeta envíe los datos de acuerdo al límite por día y acorde a los datos que los sensores tomen si es que estos cambian, también se pretende hacer una conexión con el servicio de sigfox para mostrar los datos recibidos en el servidor y mostrarlos en una aplicación web, se tiene un prototipo de interfaz la cual, la cual consta de cuatro medidores correspondientes a cada variable de dato de los sensores, y un apartado de la geolocalización de la boya, también se tiene la idea visualizar una variable en específico, mediante gráficas, las cuales irán mostrando los datos capturados.

#### 4.1.1. HTML

El HTML (Hyper Text Markup Language) es el lenguaje con el que se escriben las páginas web. Es un lenguaje de hipertexto, es decir, un lenguaje que permite escribir texto de forma estructurada, y que está compuesto por etiquetas, que marcan el inicio y el fin de cada elemento del documento. Un documento hipertexto no sólo se compone de texto, puede contener imagen, sonido, vídeo, etc., por lo que el resultado puede considerarse como un documento multimedia. Los documentos HTML deben tener la extensión html o htm, para que puedan ser visualizados en los navegadores (programas que permiten visualizar las páginas web). Los navegadores se encargan de interpretar el código HTML de los documentos, y de mostrar a los usuarios las páginas web resultantes del código interpretado.

HTML 5 está formado por muchos módulos distintos, cuyo grado de especificación está en niveles dispares. Por tanto, muchas de las características de HTML 5 están ya listas para ser implementadas, en un punto de desarrollo que se encuentra cercano al que finalmente será presentado. Otras muchas características están todavía simplemente en el tintero, a modo de ideas o borradores iniciales. JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. HTML 5 incluye novedades significativas en diversos ámbitos. No sólo se trata de incorporar nuevas etiquetas o eliminar otras, sino que supone mejoras en áreas que hasta ahora quedaban fuera del lenguaje y para las que se necesitaba utilizar otras tecnologías.

- Estructura del cuerpo: La mayoría de las webs tienen un formato común, formado por elementos como cabecera, pie, navegadores, etc. HTML 5 permite agrupar todas estas partes de una web en nuevas etiquetas que representarán cada uno de las partes típicas de una página.
- Etiquetas para contenido específico: Hasta ahora se utilizaba una única etiqueta para incorporar diversos tipos de contenido enriquecido, como animaciones Flash o vídeo. Ahora se utilizarán etiquetas específicas para cada tipo de contenido en particular, como audio, vídeo, etc.
- Canvas: es un nuevo componente que permitirá dibujar, por medio de las funciones de un API, en la página todo tipo de formas, que podrán estar animadas y responder a interacción del usuario. Es algo así como las posibilidades que nos ofrece Flash, pero dentro de la especificación del HTML y sin la necesidad de tener instalado ningún plugin.
- Bases de datos locales: el navegador permitirá el uso de una base de datos local, con la que se podrá trabajar en una página web por medio del cliente y a través de un API. Es algo así como las Cookies, pero pensadas para almacenar grandes cantidades de información, lo que permitirá la creación de aplicaciones web que funcionen sin necesidad de estar conectados a Internet.
- Web Workers: son procesos que requieren bastante tiempo de procesamiento por parte del navegador, pero que se podrán realizar en un segundo plano, para que el usuario no tenga que esperar que se terminen para empezar a usar la página. Para ello se dispondrá también de un API para el trabajo con los Web Workers.
- Aplicaciones web Offline: Existirá otro API para el trabajo con aplicaciones web, que se podrán desarrollar de modo que funcionen también en local y sin estar conectados a Internet.
- Geolocalización: Las páginas web se podrán localizar geográficamente por medio de un API que permita la Geolocalización.

Fin de las etiquetas de presentación: todas las etiquetas que tienen que ver con la presentación del documento, es decir, que modifican estilos de la página, serán eliminadas. La responsabilidad de definir el aspecto de una web correrá a cargo únicamente de CSS.

#### 4.1.2. CSS

Hojas de estilo en cascada (en inglés Cascading Style Sheets), CSS es un lenguaje de hojas de estilos creado para controlar el aspecto o presentación de los documentos electrónicos definidos con HTML y XHTML. CSS es la mejor forma de separar los contenidos y su presentación y es imprescindible para crear páginas web complejas. Separar la definición de los contenidos y la definición de su aspecto presenta numerosas ventajas, ya que obliga a crear documentos HTML/XHTML bien definidos y con significado completo (también llamados "documentos semánticos").

Mejora la accesibilidad del documento, reduce la complejidad de su mantenimiento y permite visualizar el mismo documento en infinidad de dispositivos diferentes. Al crear una página web, se

utiliza en primer lugar el lenguaje HTML/XHTML para marcar los contenidos, es decir, para designar la función de cada elemento dentro de la página: párrafo, titular, texto destacado, tabla, lista de elementos, etc. Una vez creados los contenidos, se utiliza el lenguaje CSS para definir el aspecto de cada elemento: color, tamaño y tipo de letra del texto, separación horizontal y vertical entre elementos, posición de cada elemento dentro de la página, etc.

### 4.1.3. JS

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Características de Javascript:

- Es simple, no hace falta tener conocimientos avanzados de programación para aprender a manejar JavaScript y es recomendado por muchos expertos a la hora de encontrar un lenguaje para comenzar a programar.
- Maneja objetos dentro de nuestra página Web y sobre ese objeto podemos definir diferentes eventos. Dichos objetos facilitan la programación de páginas interactivas, a la vez que se evita la posibilidad de ejecutar comandos que puedan ser peligrosos para la máquina del usuario, tales como formateo de unidades, modificar archivos etc.
- Es dinámico, responde a eventos en tiempo real. Eventos como presionar un botón, pasar el puntero del mouse sobre un determinado texto o el simple hecho de cargar la página o caducar un tiempo. Con esto podemos cambiar totalmente el aspecto de nuestra página al gusto del usuario, evitándonos tener en el servidor una página para cada gusto, hacer cálculos en base a variables cuyo valor es determinado por el usuario, etc.
- Existen un montón de tecnologías utilizadas en varios campos basadas en JavaScript, algunos ejemplos son Node, Vue o React, este último creado por Facebook.

### 4.1.4. PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML. Lo que distingue a PHP de algo del lado del cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabrá el código subyacente que era. El servidor web puede ser configurado incluso para que procese todos los ficheros HTML con PHP, por lo que no hay manera de que los usuarios puedan saber qué se tiene debajo de la manga. Lo mejor de utilizar PHP es su extrema simplicidad para el principiante, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales. No sienta miedo de leer la larga lista de características de PHP. En unas pocas horas podrá empezar a escribir sus primeros scripts.

### 4.1.5. ARDUINO

El entorno de desarrollo integrado Arduino, o software Arduino (IDE), contiene un editor de texto para escribir código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús. Se conecta al hardware Arduino y Genuino para cargar programas y comunicarse con ellos.

Los Bocetos De Escritura son programas escritos con el software Arduino (IDE). Estos bocetos se escriben en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo .ino. El editor tiene funciones para cortar / pegar y para buscar / reemplazar texto. El área de mensajes proporciona comentarios al guardar y exportar y también muestra errores. La consola muestra la salida de texto del software Arduino (IDE), incluidos los mensajes de error completos y otra información. La esquina inferior derecha de la ventana muestra la placa configurada y el puerto serie. Los botones de la barra de herramientas le permiten verificar y cargar programas, crear, abrir y guardar bocetos y abrir el monitor en serie.

### 4.1.6. Puerto UART en Arduino

UART significa recepción y transmisión asíncronas universales y es un protocolo de comunicación simple que permite que Arduino se comunique con dispositivos serie. El sistema UART usa los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX) y con otro PC a través del puerto USB. Este periférico, que se encuentra en todas las placas Arduino, permite que Arduino se comunique directamente con un PC gracias al hecho de que Arduino tiene un convertidor de USB a serie incorporado (ATmega328P).

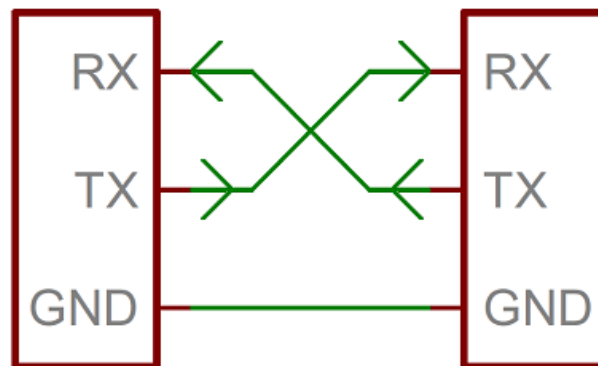


Figura 4.1: Comunicación UART

El UART/ACE convierte el bus paralelo interno de la computadora en un flujo de datos en serie. También proporciona el búfer de memoria de entrada y salida primero en entrar, primero en salir (FIFO), un reloj de interfaz (normalmente denominado generador de velocidad de transmisión), y señales de temporización y reconocimiento de la interfaz. La entrada y salida analógica del UART/ACE puede estar almacenada en búfer por un controlador de línea. La salida del DTE se conoce como la señal del transmisor (TX), mientras que la entrada se denomina la señal recibida (RX). El cable de la interfaz está limitado a una longitud máxima de 15 m. La longitud del cable determina la velocidad máxima de transmisión de datos que se puede usar de manera fiable en el bus de interfaz.

### 4.1.7. SQL

SQL. Structured Query Language (lenguaje de consulta estructurado), es un lenguaje surgido de un proyecto de investigación de IBM para el acceso a bases de datos relacionales. Actualmente se ha convertido en un estándar de lenguaje de bases de datos, y la mayoría de los sistemas de bases de datos lo soportan, desde sistemas para ordenadores personales, hasta grandes ordenadores.

### 4.1.8. PHP MY ADMIN

PhpMyAdmin es una herramienta de software gratuita escrita en PHP, destinada a manejar la administración de MySQL a través de la Web. phpMyAdmin admite una amplia gama de operaciones en MySQL y MariaDB. Las operaciones de uso frecuente (administración de bases de datos, tablas, columnas, relaciones, índices, usuarios, permisos, etc.) se pueden realizar a través de la interfaz de usuario, mientras aún tiene la capacidad de ejecutar directamente cualquier declaración SQL.

Características:

- Interfaz web intuitiva.
- Soporte para la mayoría de las funciones de MySQL.
- Examinar y soltar bases de datos, tablas, vistas, campos e índices.
- Crear, copiar, eliminar, renombrar y modificar bases de datos, tablas, campos e índices.
- Servidor de mantenimiento, bases de datos y tablas, con propuestas de configuración del servidor.
- Ejecute, edite y marque cualquier instrucción SQL, incluso consultas por lotes.
- Administrar cuentas de usuario y privilegios de MySQL.
- Transformar los datos almacenados en cualquier formato utilizando un conjunto de funciones predefinidas, como mostrar datos BLOB como imagen o enlace de descarga.

### 4.1.9. AJAX

AJAX es una técnica de desarrollo WEB, por la cual se pueden crear aplicaciones WEB más rápidas y cómodas para el usuario. Por medio de esta técnica el cliente puede interactuar con el servidor de manera asincrónica, actualizando las páginas, sin necesidad de volver a cargarlas. Esta técnica, no solo es más cómoda y amigable para el usuario (ya que se asemeja a las aplicaciones de escritorio) sino que además es más rápida, porque cada vez que se necesita actualizar un dato en una página, no es necesario recargarla nuevamente (solo se recarga la sección necesaria de la misma).

Ventajas:

- Las páginas no se recargan constantemente.


- El tiempo de espera es menor.
- Se pueden lograr cosas que sin AJAX definitivamente no se podrían hacer, como el conocido Google Maps por ejemplo.

Desventajas:

- Falta de integración con el botón "retroceder" de los navegadores. Esto se debe a que siempre estamos en la misma página (no la recargamos). Y algunas veces puede llegar a confundir al usuario.
- Es necesario que el navegador soporte y tenga habilitado JavaScript. No es una gran desventaja, ya que casi todos los navegadores modernos soportan JavaScript.
- Al tener que ejecutar más código del lado del cliente, puede enlentecerse el rendimiento de la máquina del cliente. Por eso debe usarse AJAX con moderación.
- Al no recargar las páginas, y siempre estar en la misma, no se tiene una URL a la cual poder referirse, en caso de querer recomendar la página, o volver a esa página. Por eso debe saberse cuando usar AJAX y cuando no.

#### 4.1.10. Servicio de Sigfox

Partiendo del uso de este servicio, se tiene una tarjeta de desarrollo, en la cual se hace la programación para la captura de los datos de los sensores, una vez capturados son encapsulados para ser enviados al servidor propio de este servicio, el tamaño máximo del mensaje debe ser máximo de 12 bytes. A continuación se muestra como es que se hace la programación para la lectura de un sensor de temperatura en el IDE de Arduino, en el cual se incluye una librería de la tarjeta de desarrollo para enviar datos de una manera más sencilla, el programa consiste en la lectura de un sensor de temperatura el cual captura el dato, para después ser encapsulado y enviado, iniciando el payload y después encapsulando el dato a enviar, y finalmente se envía al servidor.



```
1  #include "NXTIoT_dev.h"
2
3  NXTIoT_dev  mysigfox;
4
5  const int boton=6;
6  const int sensorPin = A0;
7
8  void setup()
9  {
10     Serial.begin(9600);
11     pinMode(boton, INPUT);
12 }
13
14 void leer_temperatura()
15 {
16     int sensorVal=analogRead(sensorPin);
17     float voltaje=(sensorVal/1024.0)*5;
18     //Serial.print("Voltaje: ");
19     //Serial.println(voltaje);
20     //Serial.print("Grados Cº: ");
21     float temp=((voltaje)*100);
22     //Serial.println(temp);
23     mysigfox.initpayload();
24     mysigfox.addfloat(temp);
25     mysigfox.sendmessage();
26 }
27
28 void loop()
29 {
30     if (digitalRead(boton)==LOW)
31     {
32         leer_temperatura();
33         delay(2000);
34     }
35 }
```

Figura 4.2: Lectura de sensor

Cuando los datos son enviados desde la tarjeta, son recibidos en el servidor de Sigfox, aquí se tiene que configurar los parámetros que se van a recibir, en este caso son 4 variables las que se van a manejar, por lo tanto, configuramos el tipo de dato y el nombre de la variable que va a tomar.

En el payload seleccionamos que será personalizado y pasamos a darle la configuración de los parámetros y el tipo de datos, en este caso se configuro de la siguiente manera: **temp::float:32:little-endian oxigen::uint:8 turbidez::uint:8 dióxido::uint:8**.

En lo cual estamos indicando que recibirá 4 variables diferentes, indicando si son enteros o flotantes.

The screenshot displays the Sigfox web interface for configuring a device type. The sidebar on the left lists navigation options: INFORMATION, LOCATION, ASSOCIATED DEVICES, DEVICES BEING REGISTERED, STATISTICS, EVENT CONFIGURATION, and CALLBACKS. The main content area is titled "Device type DEVKITGPS - Edition". It contains several configuration sections: "Description" (DEVKIT), "Keep-alive (in minutes)" (0), "Subscription automatic renewal" (checkbox), "Alert email" (text field), "Downlink data" (mode: CALLBACK, expression: {time} 4 bytes - {tapid} 4 bytes - {rssl} 2 bytes - {roaming} 1 byte, hexa: {tapid}0000{rssl}), and "Payload display" (parsing: Custom grammar, custom configuration: temp::float:32:little-endian oxigen::uint:8 turbidez::uint:8 dióxido::). The bottom of the page shows copyright information for Sigfox.

Figura 4.3: Configuración del payload

Una vez configurado esto, en la sección de mensajes se podrá visualizar los mensajes que han sido enviados y los mostrara con sus respectivos datos, como se puede observar el mensaje encapsulado es descifrado y mostrado respectivamente como se configuro, especificando el dato la fecha y hora, el estado del callback y la localización.



Device 459899 - Messages				Base station reception attributes					
Time	Delay (s)	Seq Num	Data / Decoding	Station	RSSI (dBm)	SNR (dB)	Freq (MHz)	Callbacks	Location
2021-04-07 20:17:10	< 1	407	00940e422629cd temp: 35.64453 oxygen: 38 turbidez: 41 dioxido: 205	80F9	-101.00	16.00	902.1971	↑	📍
				7889	-100.00	26.00	902.1399		
				822B	-116.00	21.00	902.1399		
2021-04-07 20:16:39	< 1	406	00581842292cdc temp: 38.085938 oxygen: 41 turbidez: 44 dioxido: 220	7D0A	-123.00	6.00	902.1406	↑	📍
				80F9	-101.00	24.00	902.2577		
				821B	-115.00	12.00	902.1912		
2021-04-07 20:07:24	< 1	405	00581842292cdc temp: 38.085938 oxygen: 41 turbidez: 44 dioxido: 220	7ED6	-124.00	18.00	902.2616	↑	📍
				80F9	-98.00	26.00	902.2613		
				7889	-99.00	28.00	902.2614		

Figura 4.4: Mensajes en Sigfox

## Configuración del callback

Para configurar el Callback y recibir los datos en nuestra aplicación hacemos la configuración, ingresando la URL del servidor donde se procesaran los datos y se almacenaran en una base de datos MySQL, haciendo uso de PHP para la inserción de los datos recibidos desde Sigfox, primero configuramos el Callback, ingresando los parámetros que anteriormente se había configurado en el Payload, posteriormente se ingresa la URL en donde se harán las peticiones al servidor de nuestra aplicación web, haciendo una petición HTTP con el método POST, seguido en el cuerpo indicamos las variables que serán enviadas al servidor.

Figura 4.5: Configuración del Callback

#### 4.1.11. Diagrama de comunicación

En este diagrama se puede ver de forma visual, como es la comunicación entre la boya con el sistema de sensores y la tarjeta para el envío de mensajes y coordenadas, para ello se hace uso de los puertos UART para transmitir los datos tomados de los sensores y procesarlos para que sean enviados a la aplicación, donde podrá visualizarlos el usuario, para tomar las coordenadas del módulo GPS también se hace uso del puerto UART para que la tarjeta reciba las coordenadas que esta tomando el GPS, y sean enviados a la nube y visualizados en la aplicación web.

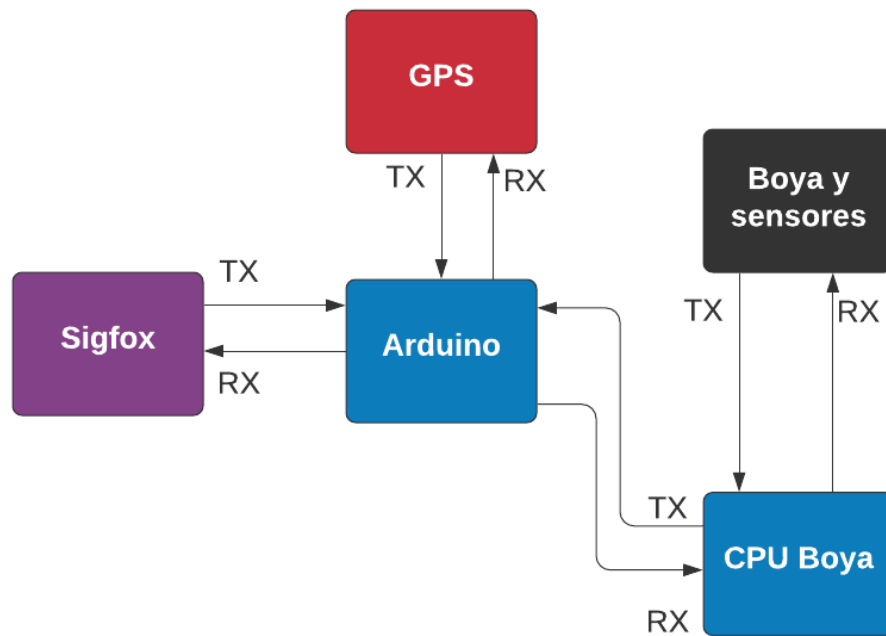


Figura 4.6: Diagrama de comunicación entre la boya y la tarjeta de desarrollo

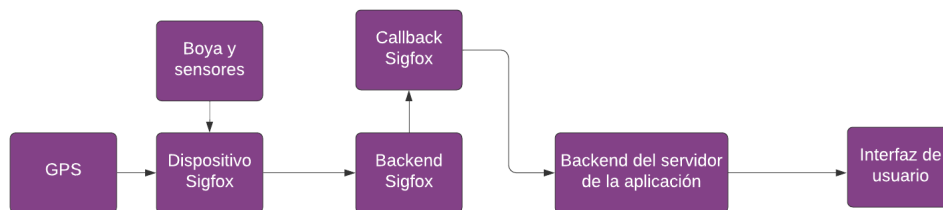


Figura 4.7: Diagrama de comunicación del proyecto

### 4.1.12. Aplicación web

Para la aplicación web en donde se mostrará al usuario de forma grafica los datos que son enviados y capturados desde la tarjeta, se diseño una base de datos en MySQL en la cual, los datos enviados recibidos en el servidor de Sigfox, son enviados también al servidor de la aplicación para ser guardados en la base de datos propia.

#### Base de datos

Para que los datos sean guardados en la base de datos, son enviados desde el servidor de Sigfox, en donde anteriormente se hizo la configuración del Callback para que los datos sean enviados y recibidos en el servidor de la aplicación, usando PHP para recibir dichos datos y almacenados en la base de datos.

La base de datos se compone de dos tablas:

- Tabla de mensajes.
- Tabla de usuarios.

#### Tabla de mensajes

En la tabla, es la principal tabla de la base de datos en mostrar la información al usuario, aquí es donde recibe los datos leídos desde la tarjeta de desarrollo y enviados desde el Callback programado desde el servicio de Sigfox, recibe los 4 parámetros principales que son con los que cuenta el sistema de sensores: Oxígeno, temperatura, turbidez y dióxido de carbono, también hay una columna con la fecha y hora en que se recibió el mensaje, esto ayuda para tener un control en el historial de la aplicación para hacer una búsqueda de alguna fecha en específico cuando se requiera.

<div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div></div></div>				id_mensaje	fecha	oxigeno	temperatura	turbidez	dioxido_carbono
<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div></div>	<div>Editar</div>	<div>Copiar</div>	<div>Borrar</div>	119	2021-04-07 15:07:25	41	38.0859	44	220
<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div></div>	<div>Editar</div>	<div>Copiar</div>	<div>Borrar</div>	120	2021-04-07 15:16:41	41	38.0859	44	220
<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div><div></div></div></div> <div></div>	<div>Editar</div>	<div>Copiar</div>	<div>Borrar</div>	121	2021-04-07 15:17:11	38	35.6445	41	205

Figura 4.8: Tabla de mensajes.



```

1  <?php
2  include_once 'conexion.php';
3  $conexion = new DB();
4
5  $oxigeno = $_POST['oxigen'];
6  $temperatura = $_POST['temp'];
7  $turbidez = $_POST['turbidez'];
8  $co2 = $_POST['dioxido'];
9  $fecha = date('Y-m-d H:i:s');
10
11 $query = $conexion->connect()->prepare("INSERT INTO dispositivo(fecha, oxigeno ,temperatura, turbidez, dioxido_carbono) VALUES(:fecha, :oxigeno ,:temperatura, :turbidez, :dioxido_carbono)");
12 $query->bindParam("fecha", $fecha, PDO::PARAM_STR);
13 $query->bindParam("oxigeno", $oxigeno, PDO::PARAM_INT);
14 $query->bindParam("temperatura", $temperatura, PDO::PARAM_INT);
15 $query->bindParam("turbidez", $turbidez, PDO::PARAM_INT);
16 $query->bindParam("dioxido_carbono", $co2, PDO::PARAM_INT);
17 echo $query -> execute()
18 ?>

```

Figura 4.9: Guardando los datos enviados desde Sigfox con PHP

## Tabla de usuarios

En esta tabla no hace nada mas que almacenar al usuario de administrador, el cual será el que tendrá acceso a la aplicación para la recopilación de datos.

+ Opciones




	id_usuario	usuario	password_usuario
<input type="checkbox"/>  Editar  Copiar  Borrar	4	admin	\$2y\$10\$18z1s6/au0xnxebCatge1OTF7g5XvCvZ4UeTCiOfvRb...

Figura 4.10: Tabla de usuarios.

A screenshot of a code editor with a dark background and light-colored text. The code is PHP and implements a login validation process. It starts with session initialization, includes a database connection file, and retrieves user input from POST. It then connects to a database, prepares a query to find a user by username, binds the username, and executes the query. If a user is found, it fetches the password and verifies it. If the password is correct, it sets a session variable for the user ID and echoes 'true'; otherwise, it echoes 'false'. The code is numbered from 1 to 27.

```
1 <?php
2 session_start();
3
4 include_once 'conexion.php';
5 $conexion = new DB();
6
7 $usuario = $_POST['usuario'];
8 $password = $_POST['password'];
9
10 $query = $conexion -> connect() -> prepare("SELECT * FROM usuarios WHERE usuario = ?");
11 $query -> bindValue(1, $usuario);
12 $query -> execute();
13
14 if($query -> rowCount() > 0){
15     $row = $query -> fetch();
16     $rowPassword = $row['password_usuario'];
17
18     if(password_verify($password, $rowPassword)){
19         $_SESSION['user'] = $row['id_usuario'];
20         echo true;
21     } else {
22         echo false;
23     }
24 } else {
25     echo false;
26 }
27 ?>
```

Figura 4.11: Validación para el inicio de sesión con PHP

### Tabla de coordenadas

En esta tabla no hace nada más que almacenar las coordenadas que son enviadas desde el dispositivo que lee el módulo GPS, para obtener la latitud y longitud.

			id_mensaje	fecha	latitud	longitud
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	1	2021-06-17 10:23:32	19.12605 -104.34431
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	2	2021-06-17 10:23:45	19.12605 -104.34429
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	3	2021-06-17 10:23:58	19.12605 -104.34431
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	4	2021-06-17 10:24:19	19.12609 -104.34446
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	5	2021-06-17 10:24:41	19.12618 -104.34472
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	6	2021-06-17 10:25:14	19.12629 -104.34499
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	7	2021-06-17 10:25:27	19.12625 -104.34489
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	8	2021-06-17 10:25:40	19.12627 -104.34494

Figura 4.12: Coordenadas

## Interfaz del usuario

La aplicación consiste en 3 secciones, en las cuales se muestra de forma gráfica y especifica los datos tomados y enviados desde la tarjeta de desarrollo con Sigfox, y un inicio de sesión para tener el control de quien tenga acceso al sistema.

## Inicio de sesión

Esta es la vista principal de la aplicación, el usuario registrado es el único que tendrá acceso a la aplicación para la visualización de datos, de otra manera no se puede acceder a la pagina principal una vez iniciada la sesión.

### Acceder

Usuario:

Contraseña

Iniciar sesión

Figura 4.13: Inicio de sesión

## Pagina principal

En la pagina principal de la aplicación, una vez que el usuario haya iniciado sesión, se tiene un menú de navegación superior, en el cual muestra al usuario que inicio sesión y a darle clic podrá cerrar la sesión, después se puede observar en la parte inferior cuatro secciones dentro de esta página, en la cual se muestra mediante graficas las diferentes variables que se leen desde los sensores, partiendo del lado derecho, se obtiene el ultimo dato enviado desde la tarjeta, y en la parte derecha se muestra la gráfica de esa variable en específico mostrando los valores y la hora en que fueron enviados, también se tiene la opción de buscar mediante fecha en la gráfica, para así tener un historial de los datos que han sido enviados en la fecha especificada.

## Gráfica de oxigeno

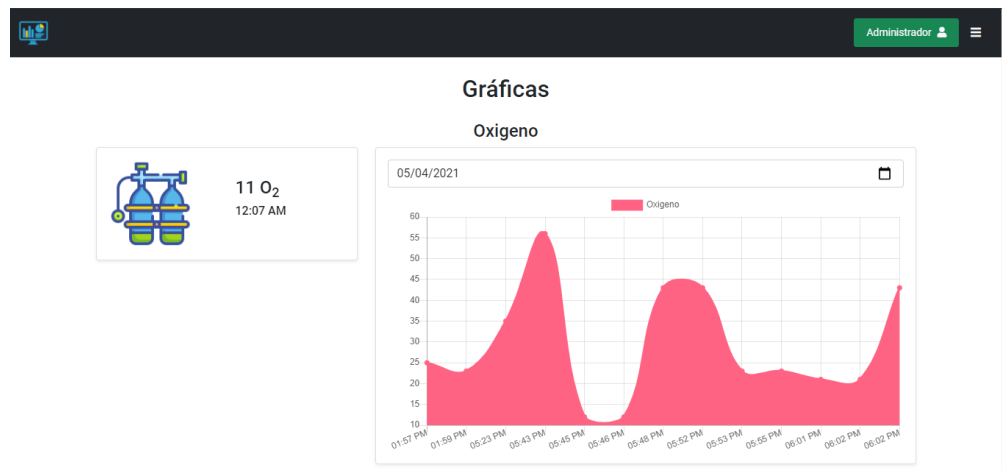


Figura 4.14:

## Gráfica de temperatura

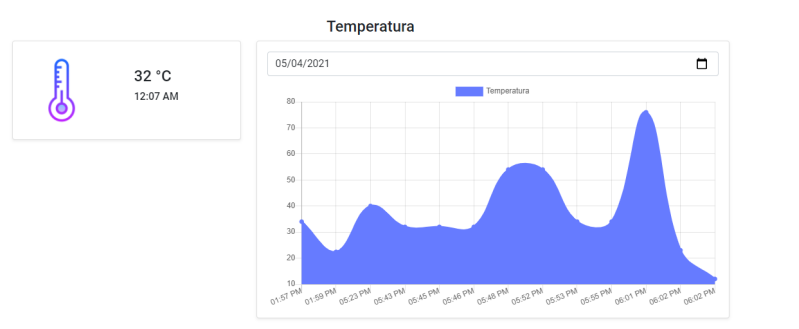


Figura 4.15: Gráfica de temperatura

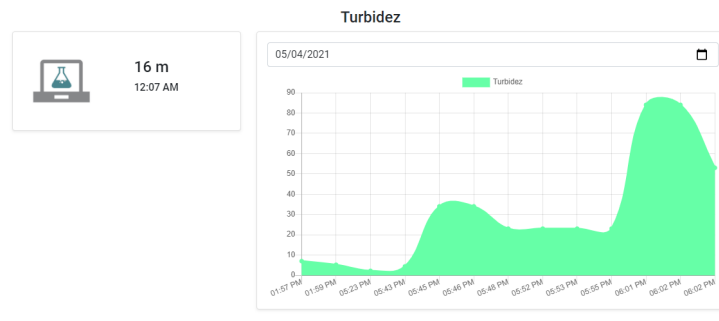


Figura 4.16: Gráfica de turbidez

### Gráfica de turbidez

### Gráfica de dióxido de carbono

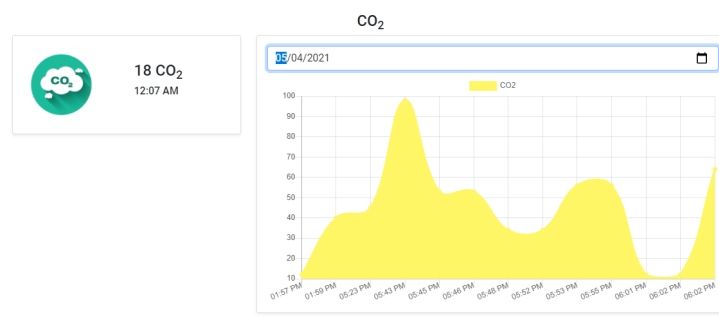


Figura 4.17: Gráfica de dióxido de carbono

### Tabla de variables registradas

Para esta sección de la aplicación, se mostrara al usuario una tabla, la cual mostrara los datos que se han enviado desde el dispositivo, incluyendo la fecha y hora en el que fue recibido el mensaje así como también, las coordenadas para saber en que punto se encuentra ubicado el dispositivo, esto para llevar un historial de datos para que sea proporcionado al usuario cuando se requiera, buscando por fechas para obtener datos en especifico de la fecha seleccionada, también se tiene una opción para exportar la tabla a Excel, lo cual se podrá tener un respaldo en caso de necesitarlo al momento que se desee.



**Variables registradas**

Excel
Buscar:

ID mensaje	Fecha del mensaje	O <sub>2</sub>	°C	m	CO <sub>2</sub>
184	17/06/2021 10:28 AM	1 O <sub>2</sub>	222 °C	153 m	65 CO <sub>2</sub>
183	17/06/2021 10:27 AM	11 O <sub>2</sub>	35 °C	17 m	3 CO <sub>2</sub>
182	17/06/2021 10:27 AM	1 O <sub>2</sub>	225 °C	153 m	65 CO <sub>2</sub>
181	17/06/2021 10:27 AM	12 O <sub>2</sub>	37 °C	18 m	3 CO <sub>2</sub>
180	17/06/2021 10:27 AM	1 O <sub>2</sub>	231 °C	153 m	65 CO <sub>2</sub>
179	17/06/2021 10:27 AM	11 O <sub>2</sub>	34 °C	17 m	3 CO <sub>2</sub>
178	17/06/2021 10:27 AM	2 O <sub>2</sub>	145 °C	153 m	65 CO <sub>2</sub>
177	17/06/2021 10:27 AM	12 O <sub>2</sub>	38 °C	19 m	3 CO <sub>2</sub>
176	17/06/2021 10:27 AM	2 O <sub>2</sub>	237 °C	153 m	65 CO <sub>2</sub>
175	17/06/2021 10:27 AM	11 O <sub>2</sub>	35 °C	17 m	3 CO <sub>2</sub>

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 89 registros

Anterior
1 2 3 4 5 ... 9
Siguiente

Figura 4.18: Tabla de datos

**Coordenadas**

Excel
Buscar:

ID mensaje	Fecha del mensaje	Latitud	Longitud
17	17/06/2021 10:28 AM	19.12591	-104.3439
16	17/06/2021 10:27 AM	19.12592	-104.34392
15	17/06/2021 10:27 AM	19.12593	-104.34397
14	17/06/2021 10:27 AM	19.12625	-104.34486
13	17/06/2021 10:27 AM	19.12643	-104.34532
12	17/06/2021 10:26 AM	19.12634	-104.34508
11	17/06/2021 10:26 AM	19.12647	-104.34519
10	17/06/2021 10:26 AM	19.12627	-104.34487
9	17/06/2021 10:25 AM	19.12628	-104.34496
8	17/06/2021 10:25 AM	19.12627	-104.34494

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 17 registros

Anterior
1 2
Siguiente

Figura 4.19: Tabla de coordenadas

Al momento de exportar la tabla desde la aplicación, se descargará un archivo en Excel para la visualización de los datos.

Fecha del mensaje	O2	°C	m	CO2
30/05/2021 12:07 AM	11 O2	32 °C	16 m	18 CO2
30/05/2021 12:06 AM	6.2 O2	40 °C	2.1 m	4.7 CO2
30/05/2021 12:06 AM	1 O2	25 °C	12 m	8 CO2
30/05/2021 12:05 AM	2.2 O2	37 °C	5.1 m	8.7 CO2
29/05/2021 11:59 PM	8.2 O2	28 °C	5.5 m	2.4 CO2
29/05/2021 11:59 PM	9.2 O2	34 °C	10.5 m	7.4 CO2
29/05/2021 11:36 PM	56 O2	23 °C	12 m	43 CO2
29/05/2021 11:34 PM	12 O2	43 °C	42 m	12 CO2
11/20/04/2021 05:50 PM	6.2 O2	28 °C	4.5 m	7.8 CO2
12/20/04/2021 05:49 PM	8.2 O2	30 °C	5.5 m	8.8 CO2
13/14/04/2021 05:02 PM	2 O2	20 °C	2 m	2 CO2
14/14/04/2021 05:02 PM	4 O2	26 °C	22 m	24 CO2
14/14/04/2021 04:53 PM	1 O2	1 °C	1 m	1 CO2
14/14/04/2021 04:32 PM	12 O2	13 °C	4 m	7 CO2
17/14/04/2021 04:24 PM	12 O2	20 °C	1 m	3 CO2
18/14/04/2021 04:18 PM	12 O2	30 °C	9 m	10 CO2
19/06/04/2021 12:05 PM	89 O2	43 °C	2.2 m	90 CO2
20/06/04/2021 12:05 PM	23 O2	34 °C	12 m	50 CO2
21/05/04/2021 06:02 PM	21 O2	23 °C	84 m	12 CO2
22/05/04/2021 06:02 PM	43 O2	12 °C	53 m	64 CO2
23/05/04/2021 06:01 PM	21 O2	76 °C	84 m	12 CO2

Figura 4.20: Tabla en Excel

## Geolocalización

Para la geolocalización se consume una API de Google Maps para poder visualizar la ubicación del dispositivo en la aplicación, tomando las coordenadas enviadas desde el dispositivo conectado a la boya, en el módulo GPS que tiene integrado, tomando como referencia la latitud y longitud para poder mostrar un marcador en el mapa.

```

1 void coordenadas(){
2     float latitude, longitude;
3     //Coordenadas
4     gps.f_get_position(&latitude, &longitude);
5     Serial.print("Latitud/Longitud: ");
6     Serial.print(latitude,5);
7     Serial.print(", ");
8     Serial.println(longitude,5);
9     //Envio de mensajes
10    mysigfox.initpayload();
11    mysigfox.addfloat(latitude);
12    mysigfox.addfloat(longitude);
13    mysigfox.sendmessage();
14 }

```

Figura 4.21: Obtención de coordenadas con el módulo GPS





# Bibliografía

- [1] Boya Holbox-México  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/mares/simar/sidmo/boyasmex/holbox.html>
- [2] [Martín Castaño Sánchez, 2011] Martín Castaño Sánchez (2011). Sistema de monitorización y supervisión de una boya de energía undimotriz.
- [3] Sigfox <https://www.sigfox.com/en>
- [4] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet-of-Things: A survey,” *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.
- [5] M. C. Domingo, “An overview of the Internet of underwater things,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 35, no. 6, pp. 1879–1890, 2012.
- [6] C.-C. Kao, Y.-S. Lin, G.-D. Wu, and C.-J. Huang, “A comprehensive study on the Internet of underwater things: Applications, challenges, and channel models,” *Sensors*, vol. 17, no. 7, p. 1477, 2017.