



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA
DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE
ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**

Carlos Mahonri Monterroso García

Asesorado por MSc. Ing. Ingrid Salomé Rodríguez de Loukota

Guatemala, junio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA
DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE
ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS MAHONRI MONTERROSO GARCÍA

ASESORADO POR MSC. ING. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gomez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Helmut Federico Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Tiul Valenzuela
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA
DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE
ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha octubre 2022.

Carlos Mahonri Monterroso García



EEPFI-PP-2176-2022

Guatemala, 19 de noviembre de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Telecomunicaciones - Telecomunicaciones**, presentado por el estudiante **Carlos Mahonri Monterroso García** carné número **201504113**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiada 5356

Mtra. Ingrid Salomé Rodríguez García
Asesor(a)

Mtro. Mario Renato Escobedo Martínez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-1786-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Mahonri Monterroso García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.22.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Electrónica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE SOFTWARE Y HARDWARE PARA LA MEJORA DEL MONITOREO DE LOS NIVELES DE AGUA Y DIESEL EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HOSPITAL NACIONAL**, presentado por: **Carlos Mahonri Monterroso Garcia** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado digitalmente por AURELIA ANABELA CORDOVA ESTRADA Fecha: 20/06/2023 03:02:03 p.m. Razón: Orden de impresión Ubicación: Facultad de Ingeniería, USAC.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 22 CUI: 3016331340101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi apoyo constante.
Mis padres	Por proveer de los necesario.
Mi esposa	Quien confió en mí.
Mi hermano	Por su ayuda en mis años de estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por la oportunidad de estudios.

**Ingeniero Rodrigo de
León**

Por impartir conocimientos que marcaron mi
carrera.

Jonatán García

Por apoyarme en mis prácticas supervisadas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Delimitación	6
3.3. Pregunta principal de la investigación	6
3.4. Preguntas complementarias	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
6.1. Descripción.....	13
6.2. Esquema de la solución.....	13

7.	MARCO TEÓRICO	15
7.1.	Fundamentos teóricos de los dispositivos y frameworks utilizados	15
7.1.1.	Sensor ultrasónico.....	15
7.1.2.	NodeMCU ESP8266	15
7.1.3.	Referencia de pines	16
7.1.4.	Firebase: Realtime Database	17
7.2.	Sistema bajo la perspectiva de la capa 2, 3, 6 y 7 del modelo OSI.....	18
7.2.1.	Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.....	18
7.2.2.	Manejo de los datos en los microcontroladores	19
7.2.3.	Direcciones IP y hostname.....	20
7.2.4.	Verificación del funcionamiento de la placa por medio de servidor HTTP	21
7.2.5.	Edición del código en la placa de desarrollo	22
7.2.6.	Front End.....	23
7.2.7.	Tipos de usuario	23
7.2.8.	Table2excel	24
7.3.	Descripción del tanque de agua	24
7.3.1.	Características del recipiente	24
7.3.2.	Cuerpo del tanque	26
7.4.	Modelos en 3D	27
7.4.1.	Tuberías dentro del tanque de agua	27
7.4.2.	Cubierta de la apertura de los tanques de diésel	28
7.5.	Análisis estadístico	29
7.5.1.	Media Geométrica aplicada.....	30
7.6.	Calculo del volumen de diésel	30

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA.....	37
9.1.	Diseño de investigación.....	37
9.2.	Alcance de la investigación	37
9.3.	Enfoque de la investigación.....	37
9.4.	Fuentes de información	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	39
11.	CRONOGRAMA.....	41
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	43
13.	REFERENCIAS.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo del procesamiento de datos	14
Figura 2.	Pines de la placa NodeMCU ESP8266	16
Figura 3.	Diagrama de bloques del sistema	19
Figura 4.	Página de muestra del código WebSerial.....	21
Figura 5.	Página de muestra del código ElegantOTA.....	22
Figura 6.	Página de sensores de diésel	23
Figura 7.	Tanque elevado de agua.....	25
Figura 8.	Interior del tanque de agua (vacío).....	26
Figura 9.	Vista del interior del tanque en model 3D.....	27
Figura 10.	Vista de las tuberías en modelo 3D.....	28
Figura 11.	Medidas de la cubierta del tanque de Diesel.....	29
Figura 12.	Cilindro acostado.....	31
Figura 13.	Cara circular del cilindro	31
Figura 14.	Área del segmento deseado.....	32

TABLAS

Tabla 1.	Pines de la placa NodeMCU ESP8266	17
Tabla 2.	Direccionamiento IP y hostnames	20
Tabla 3.	Cronograma de actividades.....	41
Tabla 4.	Lista de materiales	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
in^3	Pulgadas cúbicas
θ	Ángulo
mm	Milímetros

GLOSARIO

Bootstrap	Conjunto de herramientas para diseño de páginas web.
CSS	Siglas de <i>Cascading style sheets</i> , es un lenguaje que maneja el diseño y presentación de páginas web.
NodeMCU	Tarjeta de desarrollo enfocada en el IoT.
ESP8266	Chip con conexión a internet, fabricado por la empresa Espressif
Firebase	Plataforma enfocada en la arquitectura de bases de datos para aplicaciones web.
<i>Framework</i>	Es un marco de trabajo, normalmente utilizado para diseñar software.
Front-End	Parte de la aplicación web enfocada en la interfaz gráfica.
GoogleCloud	Conjunto de aplicaciones web ofrecidas por la empresa Google.
<i>Host</i>	Cualquier dispositivo, en una red, que utiliza u ofrece servicios.

HTML	Siglas de <i>HyperText Markup Language</i> , es un lenguaje de etiquetas que se utiliza para hacer páginas web.
HTTP	Siglas de <i>Hypertext Transfer Protocol</i> , es un protocolo de internet que se utiliza para transmitir documentos.
I2C	Protocolo que permite que circuitos integrados tengan comunicación con chips controladores.
IoT	Sistema de dispositivos físicos que utilizan conexión a internet.
IP	Reglas que controlan el tráfico de datos en una red.
Javascript	Lenguaje de programación, orientado a objetos, con gran aplicación en el desarrollo web.
LAN	Siglas de <i>Local Area Network</i> , conjunto de dispositivos (ubicados en la periferia) que comparten una línea de comunicación.
LED	De las siglas <i>Light-Emitting Diode</i> , o Diodo emisor de luz, es un semiconductor que emite luz al pasar una corriente eléctrica sobre sus terminales.
NoSQL	Cualquier sistema de gestión de bases de datos que no utilice el lenguaje SQL como motor principal.

Realtime Database

Base de datos, de tipo NoSQL, que sincroniza datos en tiempo real.

SPI

Siglas de *Serial Peripheral Interface*, estándar de comunicaciones que permite controlar dispositivos.

RESUMEN

El diseño de investigación para un sistema de software y hardware para la mejora del monitoreo de los niveles de agua y Diesel en tanques de almacenamiento para hospital nacional pretende dar una descripción del plan para mejorar el procedimiento con el que actualmente el personal del hospital mide el volumen de los líquidos.

El primer capítulo explica los fundamentos teóricos sobre los que se basa el diseño y los marcos de trabajo que se utilizaron para desarrollar el software, a continuación, en el segundo capítulo, se da la descripción de como este software interactúa en algunas de las capas del modelo OSI.

Los siguientes 2 capítulos son una descripción física de los tanques, fundamental para poder hacer las mediciones correctamente. Los modelos en 3D sirvieron para planificar la instalación de nuevas tuberías y una mejor visión del acople de los sensores.

Finalmente se da una descripción de las herramientas matemáticas utilizadas para calcular el volumen de los tanques, en función del tiempo que tarda el sonido en ir y regresar al sensor.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se describe el proyecto realizado en el taller de Electromedicina de un hospital nacional. Se instalarán varios sensores ultrasónicos y de temperatura en tanques de Diesel y en dos contenedores de agua; estos sensores estarán conectados a microcontroladores NodeMCU ESP8266 que tendrán la tarea de procesar los datos.

Con el propósito de acceder a los datos recopilados y crear informes, se creó una página web con las herramientas de HTML, CSS y Javascript. Esta debe ser accesible sólo a personal autorizado, para lo cual, posee un index de ingreso de credenciales. Los microcontroladores estarán ubicados en lugares de difícil acceso, por lo que estos deben estar conectados a la red, a fin de ser monitoreados y actualizados de manera remota. La conexión entre los microcontroladores y la página web es un marco de trabajo de GoogleCloud, llamado Firebase, este servicio es una base de datos de tipo NoSQL.

- Capítulo I – Fundamentos teóricos de los dispositivos y frameworks utilizados: descripción básica del microcontrolador y el ambiente de trabajo utilizado en la solución del problema, esto con el objeto de familiarizar al lector con las herramientas de hardware y software que se utilizarán.
- Capítulo II – Sistema bajo la perspectiva de la capa 2, 3, 6 y 7 del modelo OSI: con el fin de hacer una correcta comunicación entre dispositivos en la red LAN y que estos tengan acceso a la red WAN, es necesario utilizar protocolos tanto de alto como bajo nivel. En ese capítulo se presenta la página web del proyecto y la forma en que trabaja.

- Capítulo III – Descripción del tanque de agua: incluye una descripción del volumen, la forma y las dimensiones del tanque de agua. Uno de los mayores retos del proyecto es la medición del volumen de un tanque de agua elevado, la descripción de sus dimensiones es fundamental para la instalación del sistema.
- Capítulo IV – Modelos en 3D: presenta imágenes y descripciones de los modelos en 3D, creados con el fin de facilitar la creación de los elementos que se necesitan agregar para implementar el sistema de sensores.
- Capítulo V – Análisis estadístico: se presentan las herramientas estadísticas utilizadas en la solución del problema y la forma en que se implementaron en los microcontroladores.
- Capítulo VI – Cálculo del volumen de Diesel: descripción de la forma en que se obtuvo la ecuación del volumen de Diesel en función de la altura, la cual se introdujo al sistema embebido. Esta ecuación es fundamental para garantizar que se cumpla el objetivo de agilizar las funciones de los empleados encargados de los tanques.

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con Cuarán (2020) en su trabajo de graduación titulado: *Sistema de Internet de las Cosas (IoT) de bajo costo con JavaScript y ESP8266* de la Universidad Nacional de Colombia. Describe un sistema que utiliza la misma placa de desarrollo que se utilizará en este proyecto y también el mismo lenguaje de programación que se utilizó en el back-end de la página web. Aportando así una perspectiva de la forma en que el sistema embebido se comunica con la base de datos y esta, a su vez, con la página web.

Como segundo trabajo se tiene el de Alvarado (2015), quien realizó el *Diseño e implementación de un sistema de medición de volumen basado en un sensor ultrasónico con monitoreo y control desde un Smartphone*. El diseño del sensor ultrasónico que envía información a dispositivos facilita conocimiento en cuanto a la forma en que placas de desarrollo pueden conectarse a sensores, empaquetar datos y enviarlos a una base de datos.

Como tercer trabajo se tiene el de Quednow (2006), *Diseño e Implementación de una Red Inalámbrica de Área Metropolitana, Para Distribución de Internet en Medios Suburbanos, Utilizando el Protocolo IEEE 802.11B* que utiliza protocolo de capa 2 y 3 (del modelo OSI), mismo que se utilizaron en el presente proyecto. También muestra los estándares utilizados para el direccionamiento IP de sistemas embebidos y como estos pueden funcionar como cliente y servidor.

Como cuarto trabajo se tiene el de Castro (2018), *Sistema de Medida de Temperatura Basado en NodeMCU y Android*, que muestra como sensores de

temperatura envían información a la placa de desarrollo NodeMCU y esta, a su vez, se comunica con un dispositivo con sistema operativo Android. Menciona también la forma en que sensores se acoplan a un sistema embebido.

Como último trabajo se tiene el de Castillo (2019), *Diseñar e implementar una red de comunicación inalámbrica para la experimentación en robótica de enjambre*, donde se utilizan protocolos de comunicación entre microcontroladores, aportando información en cuanto a la intercomunicación entre placas de desarrollo en un medio inalámbrico.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción del problema

El hospital posee una serie de contenedores que proveen a las instalaciones de Diesel y agua. Los tanques de Diesel tienen una estructura cilíndrica y están puestos de manera que la cara circular es perpendicular a la superficie, mientras que el primer tanque de agua está suspendido varios metros sobre la superficie, con una forma cilíndrica y, en su parte más baja, hemisférica; el segundo contenedor de agua es una cisterna, puesta a nivel del suelo. El contenido de los tanques debe ser controlado de manera periódica, ya que es esencial que no sobrepase ciertos límites. La cantidad de tanques con los que se desea trabajar son 4 y 1 tanque elevado de agua. Todos los tanques por medir están dentro de las instalaciones del hospital.

Los tanques de Diesel son medidos con una varilla metálica, obteniendo así la altura a la que se encuentra el Diesel, luego el personal toma el dato más cercano, contenido en una tabla, para obtener el volumen del líquido en el tanque. Este proceso causa errores en las medidas, que, a su vez, produce compras excesivas o inferiores a las necesidades. También se ha reportado robos de Diesel por parte de terceras personas que se hacen pasar por empleados del hospital.

Para el tanque de agua elevado solamente se cuenta con un muelle, el cual, al elevarse a cierto nivel, detona una alarma que indica que el tanque ha llegado al nivel máximo recomendado. Este muelle en ocasiones se queda atorado en alguno de los niveles del tanque (en las varillas metálicas) por lo que

el tanque suele desbordarse de agua. La cisterna a nivel del suelo no tiene ningún tipo de aparato para medir la altura del agua.

3.2. Delimitación

El presente trabajo se limita a la descripción del proyecto hecho para un hospital nacional. Algunos aspectos del proyecto son solamente diseños, ya que la implementación de este tomaría tiempo fuera de los límites para este trabajo.

Se limita para un hospital nacional en el país de Guatemala, país donde se efectúa el proyecto, es escalable solamente dentro de los límites geográficos y económicos del hospital.

La base de datos en la nube permite el acceso de un usuario en cualquier parte del mundo, a su vez, la página web tiene host de Google por lo que el Front-End también es accesible desde cualquier lugar, con acceso a internet. Aún con todo lo anterior, no se pretende que esta información sea accesible a cualquier persona, solamente a personas con permisos del hospital. La base de datos no tiene un límite de información que puede almacenar, pero tiene una limitación de búsquedas y escritura diaria, que son 1000 de cada una, luego de lo cual es requerido pagar para hacer lecturas o escrituras.

3.3. Pregunta principal de la investigación

¿Cómo se puede implementar un sistema que automatice el control del volumen y temperatura de agua y Diesel almacenado en los tanques?

3.4. Preguntas complementarias

- ¿Cómo, el sistema propuesto, puede genera datos confiables con relación al volumen almacenado y temperatura en los tanques de agua y Diesel instalados en el hospital nacional?
- ¿Cuáles son las variables que se deben tomar en cuenta para generar los datos del volumen de agua y Diesel almacenado en los tanques?
- ¿Cómo los lenguajes de programación, marco de trabajo y el protocolo TCP/IP, utilizados en el sistema, interactúan entre sí para generar los datos y transmitirlos?

4. JUSTIFICACIÓN

Debido a errores humanos, inexactitud de instrumentos y colocación de los tanques de diésel y agua, las mediciones producen pérdidas considerables acumuladas durante el año. La instalación de sensores electrónicos proveerá de una medición más exacta. Los cálculos matemáticos, anteriormente hechos con tablas (aumentando el error), ya no serán necesarios, ya que el microcontrolador se hará cargo de estos. Los microcontroladores se comunican por medio de internet, proveyendo así de alojamiento en una base de datos en la nube confiable, con respaldo y la facilidad de poder ver el nivel de agua y diésel desde cualquier parte del mundo para un usuario con las credenciales correspondientes y acceso a internet.

Los reportes que, con anterioridad se guardaban en libros, ahora se podrán descargar en un documento con extensión .xlsx, facilitando la búsqueda de datos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementación de un sistema que automatice el control de volumen almacenado y temperatura en tanques de agua y Diesel en un hospital nacional.

5.2. Específicos

1. Creación de una base de datos en la nube para el almacenamiento de la información generada por los microcontroladores y para la presentación de los datos en una página web.
2. Describir los protocolos, lenguajes de programación, herramientas estadísticas y el hardware utilizado en el sistema de control de volumen y temperatura de los tanques de agua y Diesel.
3. Describir las variables que el sistema mide, la forma en que se minimizan los errores de medición y como estos datos son procesados para poder ser compartidos dentro de la red y enviados a los servidores en la nube.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

6.1. Descripción

El presente trabajo de graduación consiste en el diseño de un sistema de sensores automatizado, capaz de medir el contenido de Diesel y agua en sus respectivos tanques, así como la creación de una página web que despliegue los datos generados por el sistema, en forma de tablas y gráficas. Esto con la finalidad de reducir las pérdidas generadas por mediciones inexactas, así como agilizar el acceso a la información de las mediciones de los tanques. No todas las personas deben tener acceso a esta información, por lo que la página web debe brindar distintos niveles de acceso a manejar la base de datos.

6.2. Esquema de la solución

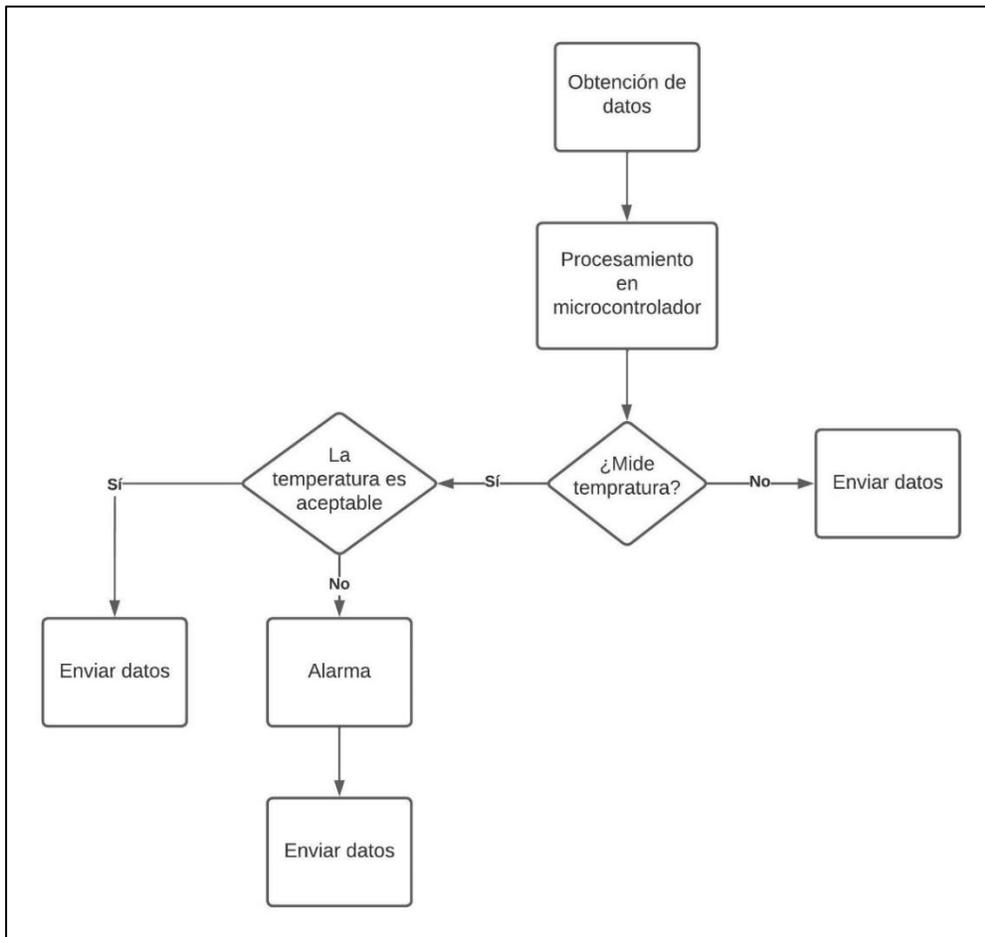
La primera parte de la solución son los microcontroladores que poseen sensores ultrasónicos y de temperatura. Los datos obtenidos son procesados para obtener la fecha, hora, temperatura y el volumen de Diesel o agua. Luego de que el microcontrolador guarda los datos en variables dentro de la memoria, los datos son mostrados en pantallas y empaquetados en formato JSON. Los archivos JSON son enviados a una base de datos en la nube, así como compartidos entre ellos (de ser necesario) a través de la LAN. La temperatura es monitoreada por el microcontrolador y, de superar el límite superior, activa una alarma sonora.

La segunda parte de la solución consiste en la página web. Esta posee distintos tipos de usuario: Usuario normal, usuario administrador y el super

administrados, cada uno con distintos niveles de acceso a la información. Los datos guardados en la base de datos en la nube son desplegados en tablas, las cuales pueden ser filtradas por fecha. Los datos que se generan en las tablas con mostrados en un gráfico generado en tiempo real. La tabla generada puede ser descargada en formato xlsx.

Figura 1.

Diagrama de flujo del procesamiento de datos



Nota: Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema. Elaboración propia. realizado con Lucidchart.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Fundamentos teóricos de los dispositivos y frameworks utilizados

En los siguientes incisos se describe el contenido necesario para el desarrollo del proyecto.

7.1.1. Sensor ultrasónico

Los sensores ultrasónicos son detectores de proximidad que pueden operar sin ningún tipo de roce mecánico. Son capaces de detectar distancias que van desde algunos centímetros, hasta varios metros. La forma en la que operan es la siguiente: El sensor emite un sonido (fuera de las frecuencias que el oído humano es capaz de detectar) y mide el tiempo que esta señal tarda en regresar. Al recibir este eco, el sensor lo convierte en señales eléctricas.

Para que el sensor sea capaz de detectar un objeto, este debe ser deflector de sonido. Los materiales pueden variar, así como las formas, así como el estado del material.

7.1.2. NodeMCU ESP8266

NodeMCU es una placa de desarrollo similar a Arduino, especialmente diseñada para Internet de las cosas (IoT). Tiene 1 pin de entrada analógica y 13 entradas digitales.

Se basa en el chip ESP8266EX, diseñado para satisfacer las necesidades de un mundo conectado. Tiene un potente procesador y conectividad Wi-Fi.

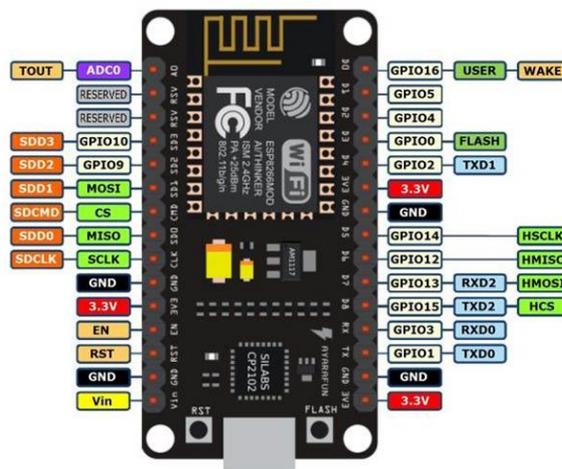
Para el desarrollo de aplicaciones, el código se puede escribir en el lenguaje Lua utilizando el marco Arduino. Además, te permite utilizar las librerías desarrolladas para Arduino y trabajar en su entorno de desarrollo integrado (IDE), que es la plataforma para escribir y descargar programas.

7.1.3. Referencia de pines

No todos los pines de la tarjeta de desarrollo NodeMCU ESP8266 pueden ser utilizados como input/output. En la figura 2 se muestran los nombres utilizados en la programación del microcontrolador, junto con el nombre que lleva impreso.

Figura 2.

Pines de la placa NodeMCU ESP8266



Nota: Guía gráfica de los pines. Random Nerd Tutorial. (s.f.). *Which GPIO pins should you use?* (<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>), consultado el 6 de mayo de 2019. De dominio público.

La tabla I muestra el listado de pines e información para su uso seguro, el nombre para programar equivale a GPIO y la numeración mostrada:

Tabla 1.

Pines de la placa NodeMCU ESP8266

Nombre impreso	Nombre para programar	Input	Output	Nota
D0	16	Si interrupción	No PWM ni I2C	En alto al encender, usado para sacar de modo "sueño profundo"
D1	5	Ok	Ok	A menudo usado como I2C (SCL)
D2	4	Ok	Ok	A menudo usado como I2C
D3	0	Puesto en Pull-up	Ok	Conectado al botón FLASH, inicio falla si está puesto a un valor de voltaje bajo.
D4	2	Puesto en Pull-up	Ok	Voltaje en alto al iniciar, conectado al LED interno de la placa, el inicio falla si está puesto a un valor de voltaje bajo.
D5	14	Ok	Ok	SPI
D6	12	Ok	Ok	SPI
D7	13	Ok	Ok	SPI
D8	15	Puesto a tierra	Ok	SPI, inicio falla si está puesto a un valor de voltaje alto.
Rx	3	Ok	RX pin	Valor de voltaje alto al iniciar.
Tx	1	TX pin	Ok	Voltaje en alto al iniciar, inicio falla si está puesto a un valor de voltaje bajo.
A0	0	Pin análogo	X	

Nota: Descripción detallada del funcionamiento de los pines. Random Nerd Tutorial. (s.f.). *Which GPIO pins should you use?* (<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>), consultado el 6 de mayo de 2019.

7.1.4. Firebase: Realtime Database

Firebase es una aplicación web que posee funciones que ayudan al desarrollador web a manejar bases de datos NoSQL.

De entre las opciones de bases de datos NoSQL se encuentra Realtime Database, este tipo de base de datos se maneja como un árbol de datos en formato JSON. En este trabajo se utilizará Javascript puro para poder manejar los datos. Los datos son almacenados en la nube de tal forma que los usuarios con capaces de almacenar y sincronizar en tiempo real.

Realtime Database se integra en Firebase Authentication para brindar una autenticación intuitiva y sencilla. La seguridad es manejada por los servidores de Google, por lo que es robusta y no es necesario tener servidores físicos para el almacenamiento de los datos.

7.2. Sistema bajo la perspectiva de la capa 2, 3, 6 y 7 del modelo OSI.

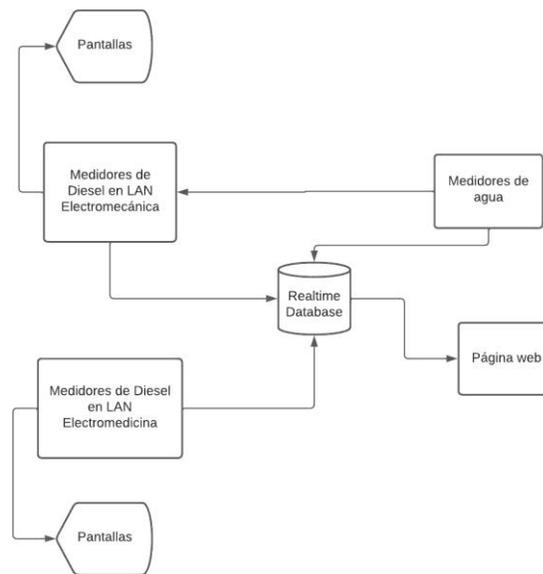
Estructuración del software y del hardware de comunicaciones ◊ Lógica de comunicación organizada en capas/niveles.

7.2.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema

Los medidores de nivel se dividen en 3 grupos: El primer grupo opera en la LAN del área de electromecánica, el segundo grupo opera en la LAN del área de electromedicina, el tercer grupo pertenece al grupo de la LAN de Electromecánica pero estos están físicamente ubicados dentro del tanque de agua, ver figura 3.

Figura 3.

Diagrama de bloques del sistema



Nota: Diagrama de bloques de las funciones del sistema. Elaboración propia, realizado con Lucidchart.

7.2.2. Manejo de los datos en los microcontroladores

Los datos de los sensores son procesados por microcontroladores, los cálculos matemáticos son aproximaciones de funciones matemáticas que calculan el volumen de agua o Diesel en función de la distancia que el sonido recorre. Una vez los datos del volumen son obtenidos, estos se empaquetan en formato JSON, junto con información de la fecha y hora en que se tomó la muestra, temperatura y nombre del dispositivo que recolectó los datos.

Los datos son enviados directamente a la base de datos en la nube, así como mostrados en las pantallas que se encuentran en lugares estratégicos.

Para los microcontroladores que se encuentran en el tanque de agua, además de enviar los datos a la base de datos en la nube, envía los datos a otro microcontrolador que maneja una pantalla colocada en el cuarto de control de electromecánica. Los microcontroladores que se encuentran dentro del tanque de agua funcionan como servidores HTTP y el microcontrolador que maneja la pantalla en el cuarto de electromecánica utiliza el método GET para obtener los datos de los servidores.

7.2.3. Direcciones IP y hostname

La tabla II enlista los microcontroladores junto con información importante para la colocación física y el direccionamiento de las IP

Tabla 2.

Direccionamiento IP y hostnames

Ubicación	IP	Hostname	Red a la que se conecta
Tanque de Diesel para pan	Pendiente	TanquePan	ElectroMecanica
Tanque de planta eléctrica	Pendiente	TanquePlanta	ElectroMecanica
Bunker de Diesel 1	192.168.2.75	Bunker1	Mantenimiento
Bunker de Diesel 2	192.168.2.76	Bunker2	Mantenimiento
Cisternas	192.168.2.77	Cisternas	Mantenimiento
Cuarto de control	192.168.2.78	PantallaCisternas	Mantenimiento
Tanque de agua elevado (pendiente)	192.168.2.79	TanqueE	Mantenimiento
Cuarto de control (pendiente)	192.168.2.80	PantallaTanqueE	Mantenimiento

Nota: Tabla que muestra las direcciones IP, ubicación, nombre y red a la que se conectan las placas. Elaboración propia.

- Puerta de enlace: 192.168.0.19
- Mascara de subred: 255.255.252.0
- DNS: 192.168.0.20

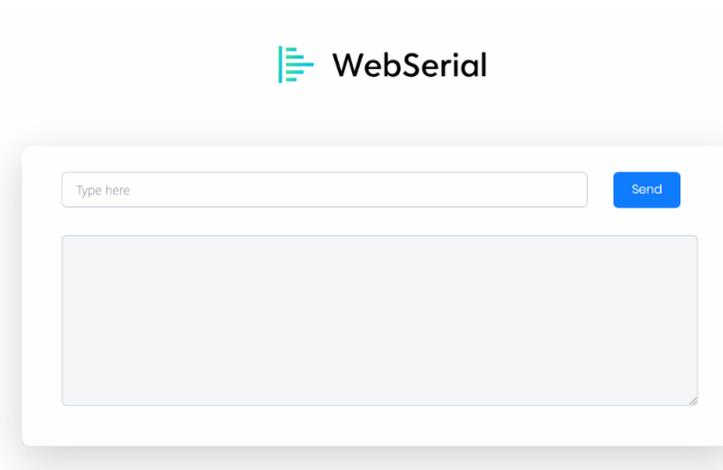
7.2.4. Verificación del funcionamiento de la placa por medio de servidor HTTP

Para verificar que el microcontrolador está procesando datos correctamente, es posible observar, en tiempo real, los datos que se están obteniendo. Para ello basta con entrar en un navegador, con un dispositivo que esté conectado en la misma LAN, la dirección IP del dispositivo seguido por “/webserial”.

La siguiente imagen muestra la página HTTP que muestra la placa:

Figura 4.

Página de muestra del código WebSerial



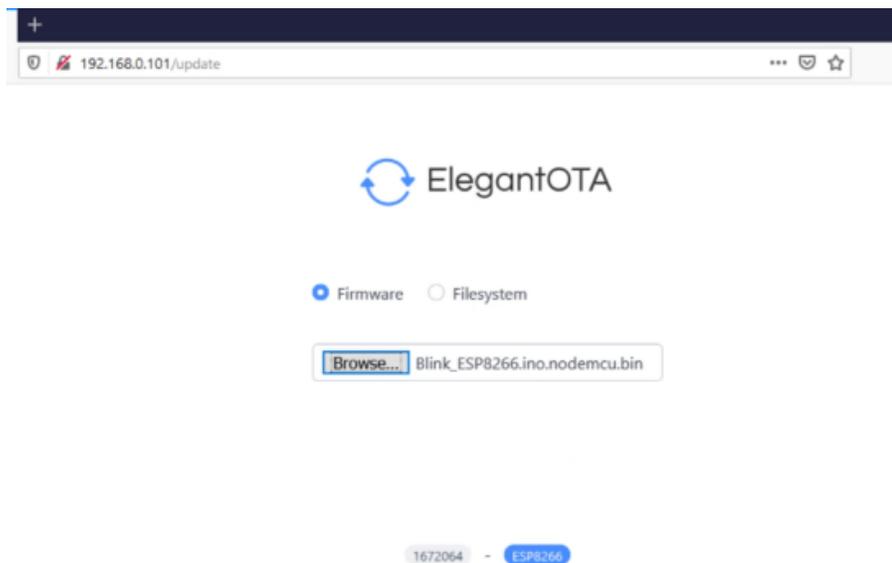
Nota: Imagen tomada de la página que muestran las placas al acceder a su IP seguido de “/webserial”. Elaboración propia. realizado con Excel.

7.2.5. Edición del código en la placa de desarrollo

Para poder hacer ediciones del programa que se encuentra en la memoria Flash del microcontrolador es necesario contar con credenciales (las cuales fueron proporcionadas al personal a cargo de la supervisión de los tanques). Para entrar a la página HTTP es necesario contar con un navegador y un dispositivo conectado a la misma red de la placa a controlar. Dentro del navegador se debe colocar la IP del dispositivo más “/update”, luego de lo cual se mostrará la siguiente página:

Figura 5.

Página de muestra del código ElegantOTA



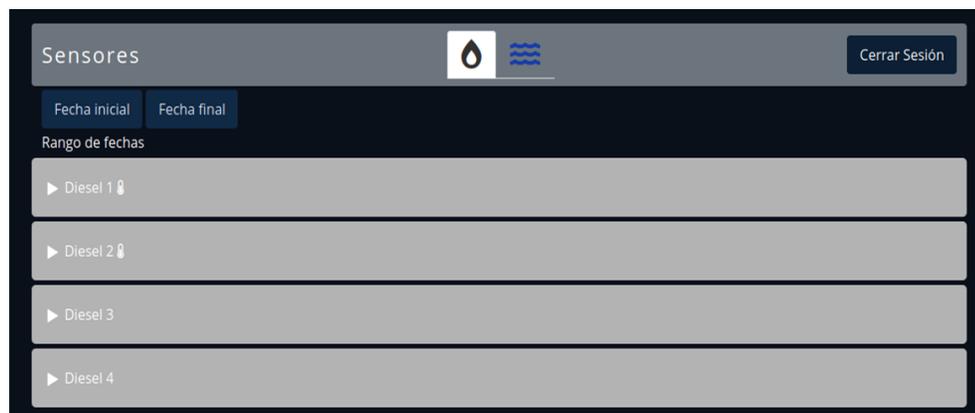
Nota: Imagen tomada de la página que muestran las placas al acceder a su IP seguido de “/update”. Elaboración propia. realizado con Excel.

7.2.6. Front End

Para poder hacer una página web en la menor cantidad de tiempo posible y que fuera presentable, se utilizó una biblioteca multiplataforma de código abierto llamada Bootstrap. De aquí se utilizaron componentes como Navbars, botones y Modales.

Figura 6.

Página de sensores de diésel



Nota: Imagen que muestra parte de la página web, destinada a detallar la información de los sensores. Elaboración propia. realizado con Excel.

7.2.7. Tipos de usuario

Existen 3 tipos de usuario: usuario general, administrador y super administrador.

- Usuario general: Los permisos del usuario general le permiten ver en tiempo real los datos generados por los microcontroladores, filtrar los datos por fecha y descargar un archivo, en formato .xlsx.

- Usuario administrador: los permisos del usuario administrados le permiten hacer todo lo mencionado en los permisos del usuario general, añadiendo la opción de ver las cuentas de usuarios generales, añadir usuarios, añadir administradores, editar sus credenciales y eliminar usuarios generales.
- Usuario super administrador: estos usuarios poseen acceso a la página de administración de la base de datos en la nube, esto les permite el acceso de los otros 2 tipos de usuarios, así como eliminar usuarios administradores, editar la base de datos, añadir o eliminar usuarios super administradores, añadir microcontroladores, entre otras cosas.

7.2.8. Table2excel

Para convertir tablas que están en el lenguaje de marcado de hipertexto conocido como HTML, a tablas que estén en formato xlxs, es necesario un programa llamado “table2excel” este es un programa escrito en lenguaje Javascript, es de uso libre y se encuentra en el repositorio público de Github davidkonrad/table2excel.

7.3. Descripción del tanque de agua

Las medidas del tanque de agua son fundamentales para poder tomar las mediciones y procesar los datos.

7.3.1. Características del recipiente

- Tipo: Vertical, con Fondo Hemisférico y Techo Cónico autoportante reforzado por estructura interna, sobre torre de estructura metálica remachada.

- Diámetro: 8.08 metros (aproximadamente).
- Altura del cilindro: 8.69 metros (aproximadamente).
- Altura de operación: 7.92 metros (aproximadamente).
- Capacidad máxima: 150000 galones.
- Capacidad de operación: 140000 galones.
- Techo: Cónico, autoportante, estructura de refuerzo interna.
- Piso: Hemisférico, conformado por gajos y sector central.

Figura 7.

Tanque elevado de agua



Nota: Fotografía del tanque de agua elevado [Fotografía de Carlos Mahonri Monterroso]. (Guatemala, Guatemala, 2022). Colección particular. Guatemala.

7.3.2. Cuerpo del tanque

Está conformado por cuatro anillos, el primero, segundo y tercero están conformados por 4 láminas que tienen una dimensión de 2.29 metros de alto y 6.38 metros de longitud. El cuarto anillo tiene solamente 1.78 metros de alto. El fondo del tanque tiene 16.15 metros.

Figura 8.

Interior del tanque de agua (vacío)



Nota: Fotografía del interior y la parte superior del tanque de agua elevado [Fotografía de Moduarq]. (Guatemala, Guatemala, 2017). noviembre 2017.

7.4. Modelos en 3D

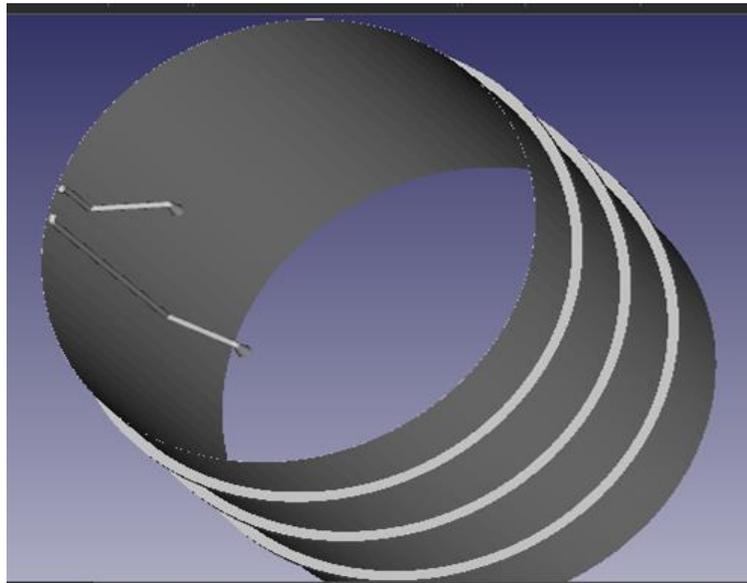
Para una mejor descripción de los elementos que se deben construir, se hicieron modelos en 3D con descripciones de las medidas.

7.4.1. Tuberías dentro del tanque de agua

Las tuberías dentro del tanque permiten que 2 sensores estén sincronizados tomando las medidas del tanque:

Figura 9.

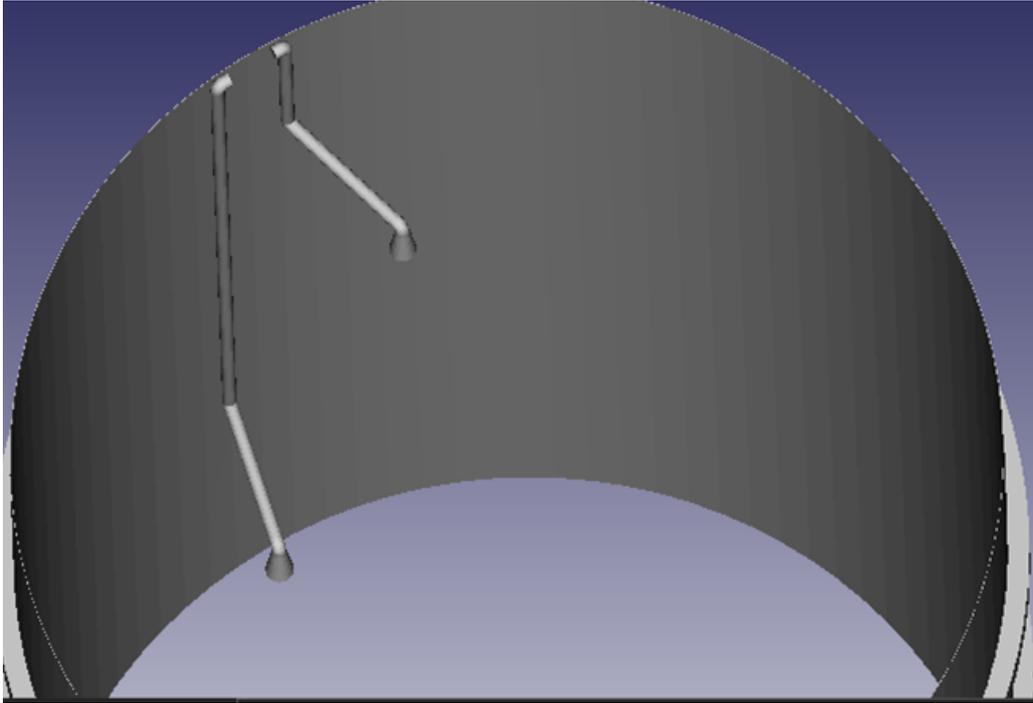
Vista del interior del tanque en model 3D



Nota: Imagen del modelo 3D del interior del tanque de agua. Elaboración propia, realizado con Inventor.

Figura 10.

Vista de las tuberías en modelo 3D



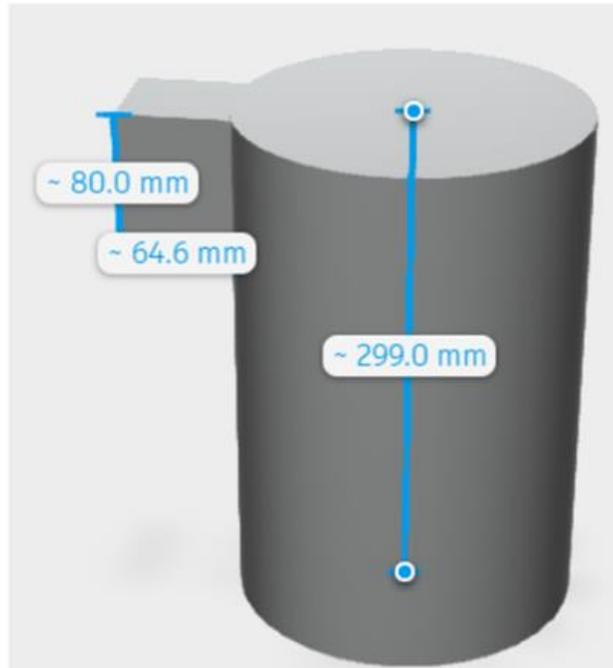
Nota: Imagen del modelo 3D mostrando las tuberías. Elaboración propia, Realizado con Inventor.

7.4.2. Cubierta de la apertura de los tanques de diésel

Para que los sensores estén a una altura óptima para tomar las medidas de la altura del Diesel, es necesario que se construyan cubiertas metálicas que sostengan los sensores:

Figura 11.

Medidas de la cubierta del tanque de Diesel



Nota: Imagen del diseño en 3D de la cubierta de un tanque. Elaboración propia, realizado con Inventor.

7.5. Análisis estadístico

En casa ocasión en que el microcontrolador toma una muestra, es posible encontrar errores en la medición. Los errores pueden presentar datos externos por lo que es necesario tomar varias muestras y hacer un trabajo estadístico antes de enviar los datos a la nube.

Se decidió utilizar la media geométrica, ya que esta presenta una robusta inmunidad antes los valores extremos.

7.5.1. Media Geométrica aplicada

La media geométrica se calcula multiplicando todos los datos tomados en una ronda y ese resultado elevarlo a $1/n$, siendo “n” la cantidad de datos obtenidos en la ronda.

$$\text{Media Geométrica} = \sqrt[n]{x_1 * x_2 * x_3 \dots * x_n} \quad (\text{Ec. 1})$$

La ronda inicia con un comando que se ejecuta cada 3 horas, el microcontrolador toma 10 muestras de tiempo entre que el sonido es emitido y regresa. Cada muestra tiene un espaciado de 200 milisegundos. Luego de obtener los 10 datos, estos se multiplican y el resultado se eleva a $1/10$. Este es el dato final que se envía a la base de datos y también el que es utilizado para calcular el volumen.

7.6. Calculo del volumen de diésel

Para determinar el volumen de diésel dentro de los tanques se utilizó la siguiente fórmula

$$\text{Volumen} = A_{\text{segmento}} * L_{\text{tanque}}$$

Donde

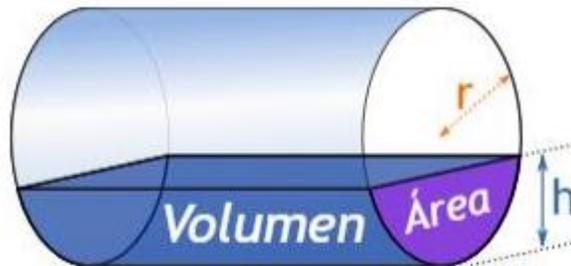
A_{segmento} = Área del segmento del tanque

L_{tanque} = Longitud del tanque

Para el área del segmento cuando el cilindro está en posición tal que su cara circular es perpendicular al suelo, lo que varía es el radio y el volumen está en función de la altura, como se observa en la siguiente imagen

Figura 12.

Cilindro acostado

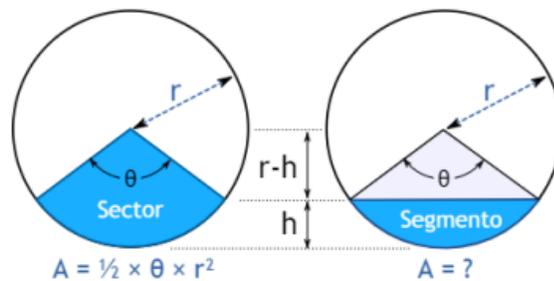


Nota: Imagen de muestra para el cálculo del volumen de Diesel. TABLA DE TANQUES DE BUNKER 1 Y 2, Guatemala 2022

Ahora se encuentra la diferencia del área del sector con el área del segmento.

Figura 13.

Cara circular del cilindro



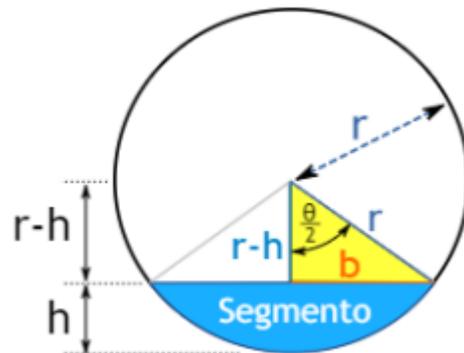
$$\text{Área del Segmento} = \text{Área del Sector} - \text{Área del Triángulo}$$

Nota: Imagen del área transversal (caras) del tanque cilíndrico. TABLA DE TANQUES DE BUNKER 1 Y 2, Guatemala 2022

Ahora se procede a encontrar el área del sector y el triángulo.

Figura 14.

Área del segmento deseado



Nota: Imagen del segmento transversal del tanque cilíndrico. TABLA DE TANQUES DE BUNKER 1 Y 2, Guatemala 2022

$$\frac{\theta}{2} = \cos^{-1} \left(\frac{r-h}{r} \right)$$

$$r^2 = (r-h)^2 + b^2$$

$$b = \sqrt{2hr - h^2}$$

$$A_{\text{segmento}} = \left[\frac{\theta}{2} * r^2 \right] - 2 * \left[\frac{h * b}{2} \right]$$

$$A_{\text{segmento}} = A_{\text{sector}} - A_{\text{triángulo}}$$

$$A_{\text{segmento}} = \left[\frac{\theta}{2} * r^2 \right] - 2 * \left[\frac{h * b}{2} \right]$$

$$A_{segmento} = \left[\cos^{-1} \left(\frac{r-h}{r} \right) * r^2 - [(r-h) * \sqrt{2hr - h^2}] \right]$$

Sabiendo que un galón son 231 pulgadas cúbicas se tiene:

$$V = \left(\left[\cos^{-1} \left(\frac{r-h}{r} \right) * r^2 \right] - [(r-h) * \sqrt{2hr - h^2}] \right) * L \frac{\text{Galón}}{231 \text{ in}^3}$$

Esta función se programó dentro del microcontrolador para calcular el volumen de Diesel.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Fundamentos teóricos de los dispositivos y frameworks utilizados

1.2 Sensor ultrasónico

1.3 NODEMCU ESP8266.

1.3.1. Referencia de pines.

1.4 Firebase: Realtime Database

1.5 Sistema bajo la perspectiva de la capa 2, 3, 6 y 7 del modelo OSI.

2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

2.2 Manejo de los datos en los microcontroladores

2.3 Direcciones IP y HOSTNAME.

2.3.1. Verificación del funcionamiento de la placa por medio de servidor HTTP

2.4 Edición del código en la placa de desarrollo

2.5 Front End

2.6 Tipos de usuario

2.7 TABLE2EXCEL

3. DESCRIPCIÓN DEL TANQUE DE AGUA

3.1 Características del recipiente

3.2. Cuerpo del tanque

4. MODELOS EN 3D

4.1 Tuberías dentro del tanque de agua

4.2 Cubierta de la apertura de los tanques de diésel

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.1 Media geométrica aplicada

6. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE DIESEL

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Diseño de investigación

Se utilizó un diseño experimental, enfocado en presentar el diseño de la solución, sin necesariamente hacer la implementación total del sistema. Los métodos fueron investigados al inicio del proyecto y la creación del sistema, basado en la información adquirida, es de autoría propia.

9.2. Alcance de la investigación

Se propone un alcance descriptivo, ya que su enfoque es explicar los métodos y soluciones propuestas a problemas reales del hospital. No se busca generar conocimiento nuevo, si no la aplicación de conocimiento previo al desarrollo del proyecto.

9.3. Enfoque de la investigación

Se eligió un enfoque cuantitativo, ya que se aplican reglas basadas en hardware y software ya existentes, así como la utilización de leyes físicas para la obtención de datos pertinentes a las necesidades del hospital.

9.4. Fuentes de información

Las fuentes utilizadas son, en su mayoría, documentación de acceso libre, para la utilización de marcos de trabajo en la nube y la documentación disponible oficial y de otros usuarios de la placa de desarrollo.

Para los sensores, fue necesario estudiar repositorios de librerías creadas con la finalidad de adquirir datos y procesarlos, así como controlar y corregir la comunicación entre la placa de desarrollo y los sensores.

Para la información que se necesitaba para medir el volumen de los tanques, fue necesario adquirir documentos electrónicos del hospital, de investigaciones previas para la medición de las dimensiones de los tanques.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Debido a enfoque cuantitativo de la investigación presenta, para analizar la información fue necesario primeramente hacer observaciones del proceso original para la medición del volumen de los tanques. Una vez observado el proceso se desarrolló un plan de implementación de un nuevo sistema y determinar el alcance de la solución. Por lo que las técnicas para el análisis de la información para datos cuantitativos que se pueden emplear son:

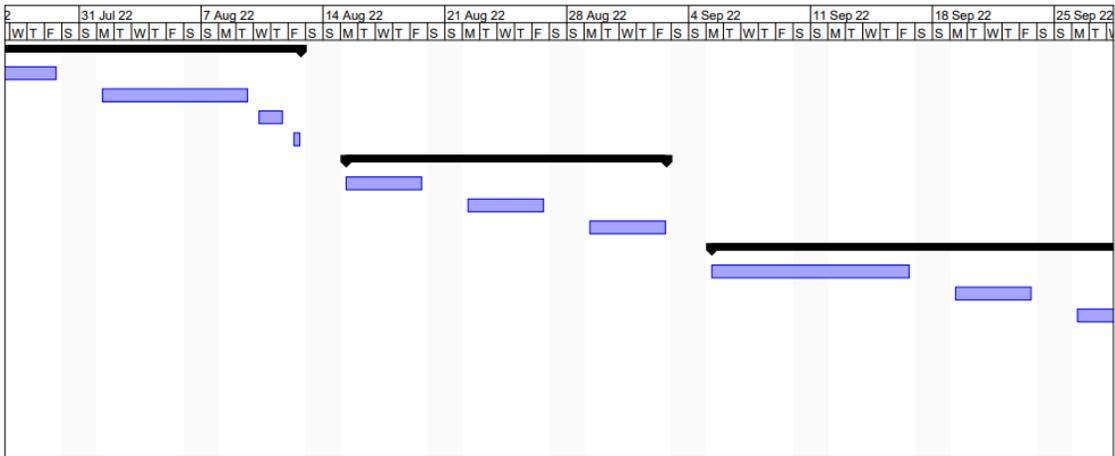
- Muestreo probabilístico.
- Entrevistas técnicas, de las personas encargadas del sistema.
- Observación.
- Revisión de documentos.

11. CRONOGRAMA

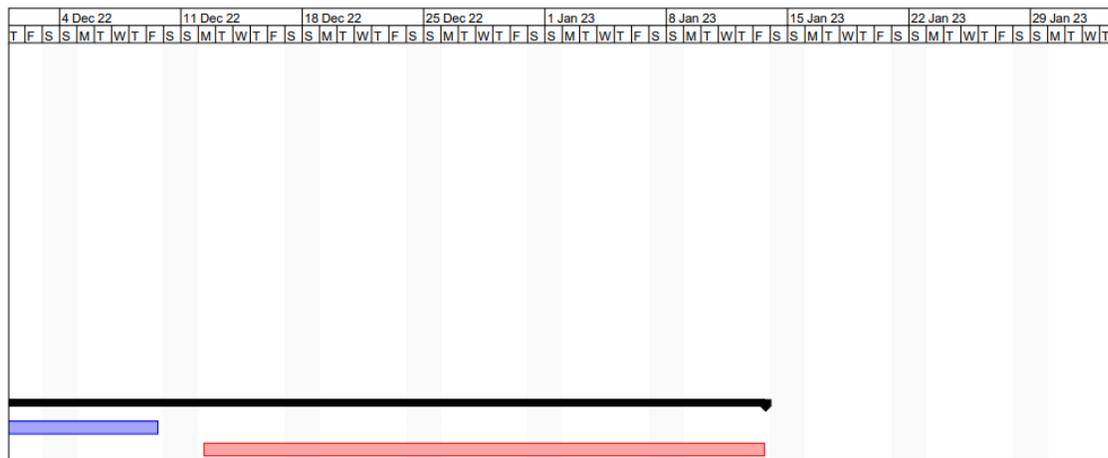
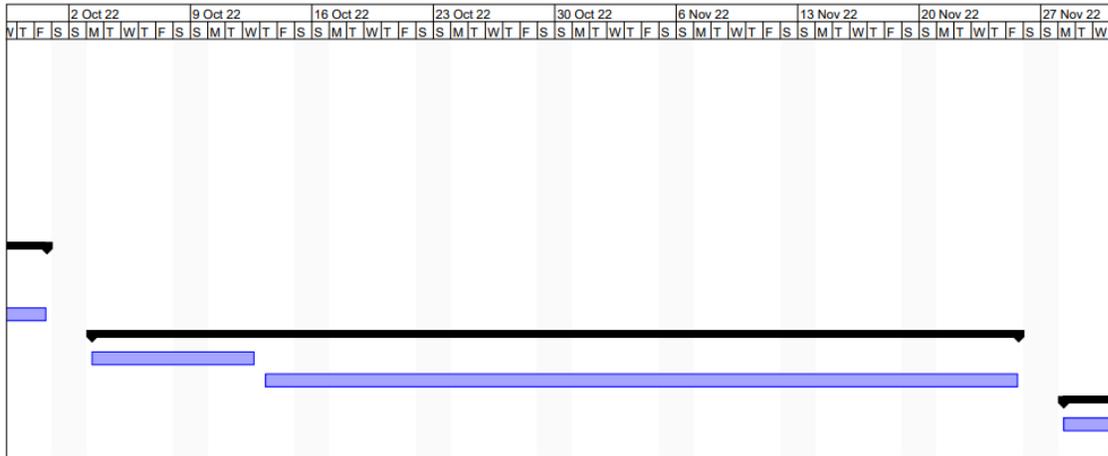
Tabla 3.

Cronograma de actividades

ID	Name	Duration	Start	Finish	P...	R...	24 Jul 2			
							F	S	S	M
1	1. Investigación	15 days?	7/25/22 8:00 AM	8/12/22 5:00 PM						
2	1.1 Investigación de lenguaje C++	5 days?	7/25/22 8:00 AM	7/29/22 5:00 PM						
3	1.2 Investigación de lenguaje Javascript	7 days?	8/1/22 8:00 AM	8/9/22 5:00 PM						
4	1.3 Investigación de Framework Firebase y edición del capítulo 1	2 days?	8/10/22 8:00 AM	8/11/22 5:00 PM						
5	1.4 Creación de presupuesto	1 day?	8/12/22 8:00 AM	8/12/22 5:00 PM						
6	2. Creación de página web	15 days?	8/15/22 8:00 AM	9/2/22 5:00 PM						
7	2.1 Creación de Front-End	5 days?	8/15/22 8:00 AM	8/19/22 5:00 PM						
8	2.2 Programación de Back-End, edición del capítulo 2	5 days?	8/22/22 8:00 AM	8/26/22 5:00 PM						
9	2.3 Integración de base de datos	5 days?	8/29/22 8:00 AM	9/2/22 5:00 PM						
10	3. Depuración de errores en circuitos y página web	20 days?	9/5/22 8:00 AM	9/30/22 5:00 PM						
11	3.1 Creación de placas de circuitos, edición del capítulo 3	10 days?	9/5/22 8:00 AM	9/16/22 5:00 PM						
12	3.2 Pruebas de integración de placa de desarrollo, edición del capítulo 5	5 days?	9/19/22 8:00 AM	9/23/22 5:00 PM						
13	3.3 Creación de manual de página web, edición del capítulo 6	5 days?	9/26/22 8:00 AM	9/30/22 5:00 PM						
14	4. Creación de piezas para tanques	40 days?	10/3/22 8:00 AM	11/25/22 5:00 PM						
15	4.1 Creación de modelos en 3D	8 days?	10/3/22 8:00 AM	10/12/22 5:00 PM						
16	4.2 Creación de las piezas metálicas, edición del capítulo 4 y revisión general	32 days?	10/13/22 8:00 AM	11/25/22 5:00 PM						
17	5. Instalación de sensores	35 days?	11/28/22 8:00 AM	1/13/23 5:00 PM						
18	5.1 Documentación de sistema	10 days?	11/28/22 8:00 AM	12/9/22 5:00 PM						
19	5.2 Instalación del sistema	25 days?	12/12/22 8:00 AM	1/13/23 5:00 PM						



Continuación de la tabla III.



Nota: Tiempo de ejecución. Elbaración propia, realizado con Visio 2019.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La factibilidad técnica en cuanto a recursos de hardware corresponde al uso de una computadora proporcionada por el hospital, que tiene acceso a la cuenta de super administrador de Firebase y es capaz de subir actualizaciones de la página web. La computadora de desarrollo fue una HP con Intel Core i7 de décima generación, con la potencia necesaria para subir la programación a las placas de desarrollo.

En términos de software, se utilizó el programa de Visual Studio Code (IDE de programación), con la aplicación de Platformio. También se necesita descargar la herramienta gratuita de Google Cloud para subir archivos desde la consola de Windows.

En el área de red, se tuvo el apoyo del área de sistemas del hospital, para garantizar la disponibilidad de IP fijas y acceso a la red.

Para la factibilidad operativa, el proyecto fue desarrollado de tal manera que cualquier persona sea capaz de acceder a los datos de manera fácil, la página web está hecha para que los usuarios puedan generar reportes de manera rápida y cómoda. Para el proceso de cambio de placas, como repuesto, se identificaron las carpetas en donde están los archivos y se hizo un manual que explica e la forma de hacerlo.

Para la factibilidad financiera, fue necesario investigar acerca de los materiales necesarios para el proyecto, hacer cotizaciones y presentar la tabla

de materiales y precios al departamento financiero del hospital, el cual aprobó el gasto.

A continuación, se presenta la tabla de los materiales adquiridos para el desarrollo del proyecto. Estos fueron presentados ante el grupo encargado de gastos públicos.

Tabla 4.

Lista de materiales

Elemento	Cantidad	Precio unitario aproximado (en quetzales)	Total
NodeMCU ESP8266	6	90	540
NEXXT KRONOS 301 EXTENSOR REPETIDOR N300 DE	6	186	1116
Jumper 40 cm MxH, 10 piezas	4	12	48
Sensor ultrasónico JSN-SR04T	6	100	600
Sensor de temperatura tipo sonda DS18B20	2	32	64
Pantalla LCD 2004 con I2C	5	100	500
Pulsador NA 12mm	10	5	50
Tira pinhead hembra 40 pines 9mm	5	4	20
Adaptador AC-DC 5v MicroUSB 2.5 A	6	30	180
Bornera 2 pines	5	2	10
Placa del circuito	2	400	800
Adaptador AC-DC 5V 3A	6	65	390
Amplificador Operacional LM324N	2	6	12
Cable balanceado para micrófono (20 metros)	1	153	153
Set termoencogible I.S. DE 100 piezas	1	40	40
Adaptador de DC hembra 25mm a bornera	6	6	36
Extensión eléctrica (7.62 metros).	6	40	240
Total	79		4799

Nota: Tabla del presupuesto. Elaboración propia por medio de Excel.

La instalación de las tuberías dentro del tanque de agua fue aprobada por el área de electromedicina y realización estará a cargo de ellos.

13. REFERENCIAS

1. Administración de Ingeniería y Mantenimiento Coordinación electromecánica, S. D. (2020). *Tabla De Tanques De Bunker 1 Y 2*. Guatemala: Hospital Roosevelt.
2. Firebase. (7 de octubre de 2022). Agrega Firebase al proyecto de JavaScript. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/web/setup?hl=es>.
3. Firebase. (7 de octubre de 2022). API REST de la base de datos. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/reference/rest/database?hl=es>.
4. Firebase. (7 de octubre de 2022). Documentación de Firebase. [Mensaje de blog]. Recuperado de https://firebase.google.com/docs?hl=es-419&gclsrc=ds&gclsrc=ds&gclid=CJ7xjP_MzvoCFXXCcwQdqPYDNw.
5. López, J. (1 de abril de 2020). Media geométrica. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/media-geometrica.html>.
6. Luis Llamas. (6 de mayo de 2019). Cómo emplear el ESP8266 o ESP32 como servidor HTTP. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.luisllamas.es/como-emplear-el-esp8266-como-servidor/>.

7. Moduarq. (2017). *Informe de inspección de tanque elevado hospital Roosevelt*. Guatemala: Autor.
8. Otto, M. y Thornton, J. (7 de octubre de 2022). JavaScript Getbootstrap.com. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://getbootstrap.com/docs/5.2/getting-started/javascript/>.
9. Otto, M. y Thornton, J. (7 de octubre de 2022). Navbar Getbootstrap.com. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://getbootstrap.com/docs/5.2/components/navbar/>.
10. Parzibyte. (9 de junio de 2021). Conectar LCD con NodeMCU ESP8266. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://parzibyte.me/blog/2021/06/09/conectar-lcd-nodemcu-esp8266/>.
11. Richardson, M. (7 de octubre de 2022). jquery-table2excel: jQuery Plugin to export HTML tabled to Excel Spreadsheet Compatible Files. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.jqueryscript.net/table/Export-Html-Table-To-Excel-Spreadsheet-using-jQuery-table2excel.html>.
12. Santos, S. (6 de mayo de 2019). ESP8266 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use? Random Nerds Tutorials. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>.
13. Sharma, A. (7 de Octubre de 2022). ElegantOTA. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://github.com/ayushsharma82/ElegantOTA>.

14. Sharma, A. (7 de Octubre de 2022) WebSerial. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://github.com/ayushsharma82/WebSerial>.
15. Steren. (12 de octubre de 2022). Placa de desarrollo NodeMcu (ESP8266). [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.steren.com.gt/placa-de-desarrollo-nodemcu-esp8266.html>.

