



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

**TEMA:**

---

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE  
ACEITE LUBRICANTE USADO CON TECNOLOGÍA IoT PARA LA  
EMPRESA TARQUINO JUNIOR GUAYAQUIL-ECUADOR**

---

Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magíster en Diseño Industrial y de Procesos

**Autor (a)**

Ing. Katusca Tamara Valle Navarro

**Tutor (a)**

PhD. José Luis Varela Aldás

AMBATO – ECUADOR

2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Katusca Tamara Valle Navarro, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO CON TECNOLOGÍA IoT PARA LA EMPRESA TARQUINO JUNIOR GUAYAQUIL-ECUADOR**”, como requisito para optar al grado de Magister en Diseño Industrial y de Procesos y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los cuatro días del mes de julio de 2025, firmo conforme:

Autor: Katusca Tamara Valle Navarro

Firma:

Número de Cédula: 0912236502

Dirección: Guayas, Guayaquil, Carbo Concepción, Centro

Correo Electrónico: katuscavalles@hotmail.com

Teléfono: 0939946136

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO CON TECNOLOGÍA IoT PARA LA EMPRESA TARQUINO JUNIOR GUAYAQUIL-ECUADOR**” presentado por Katusca Tamara Valle Navarro, para optar por el Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 4 de julio de 2025

.....  
PhD. José Luis Varela Aldás

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica de Katusca Valle, 2025

Ambato, 4 de julio de 2025

.....  
Katusca Tamara Valle Navarro  
0912236502

## APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO CON TECNOLOGÍA IoT PARA LA EMPRESA TARQUINO JUNIOR GUAYAQUIL-ECUADOR**, previo a la obtención del Título de Magister en Diseño Industrial y de Procesos, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 4 de julio de 2025

.....

PhD. Manuel Ignacio Ayala Chauvín

EXAMINADOR

.....

Ing. Saá Tapia Fernando David

EXAMINADOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres a quienes extraño mucho y que me enseñaron el esfuerzo constante para un futuro mejor.

A mis hijos Ana María y Ricardo, quienes comprendieron mi ausencia en la búsqueda de la mejora continua.

A Martha, mi nana, brindándome siempre su apoyo infinito.

Katusca

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, que me dio la oportunidad de continuar mi carrera.

A mi estimado ingeniero, MSc. Patricio Sánchez, por compartir su valioso tiempo y conocimiento quien me ha brindado una mano amiga para la culminación efectiva de este trabajo de investigación.

A la Universidad Indoamérica que me ha permitido alcanzar un logro necesario para mi profesión.

Katusca

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

## FACULTAD DE INGENIERÍAS

### MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS

#### RESUMEN EJECUTIVO

**TEMA:** SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ACEITE LUBRICANTE USADO CON TECNOLOGÍA IoT PARA LA EMPRESA TARQUINO JUNIOR GUAYAQUIL-ECUADOR

**AUTOR(A):** Ing. Katusca Tamara Valle Navarro

**TUTOR (A):** Ing. Saá Tapia Fernando David; Mg.

#### RESUMEN EJECUTIVO

Por observación y encuesta realizada previa al trabajo de investigación, se conoce que la recolección de aceite usado de motor es una tarea que no se cumple al cien por ciento, además en los establecimientos de recambio de aceite se realiza manualmente todo el proceso, dando como consecuencias una contaminación al medio circundante tanto por vapores como por derrames; por tal motivo se diseñó un sistema de monitoreo y control automatizado con IoT que realice la acción en tiempo real y remoto. El sistema se realizó en tres etapas de acuerdo a la necesidad de diseño del prototipo. La primera etapa consistió en diseñar un tanque de almacenamiento provisto de entrada y salida del aceite con ayuda del programa SolidWorks dibujo y simulación con aplicación de material disponible en el mercado que es el ASTM A36, así como también la parte electrónica necesaria para el control del aceite en su interior. La segunda etapa consistió en diseñar el sistema automatizado con la programación en Arduino IDE y un microchip ESP32, sensores, y actuadores necesarios del sistema y disponibles en el mercado, de bajo costo; para luego emparejar las dos etapas y revisar la comunicación del sistema con el usuario utilizando internet, WiFi y un UPS, permitiendo la visualización en ThingSpeak y Virtuino. La parte final consistió en validar el prototipo construido, tanto con el usuario final como con pruebas estadísticas como son: pruebas de precisión de medición con errores absolutos y relativos, prueba de concordancia entre métodos de medición, pruebas de correlación entre variables para demostrar su funcionalidad y la factibilidad técnica y económica de desarrollo de un nuevo producto. Lo que dio como resultado la obtención de un sistema automatizado con IoT, acoplado en un prototipo, probado por el usuario y validado técnicamente para su reproducción y comercialización, el cual es factible de implementación con una temporalidad de quince días a partir de su solicitud de requerimiento a un valor de \$450 dólares americanos, incluido 3 revisiones técnicas.

Descriptor.- Análisis, desarrollo, desecho, diseño, prototipo.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**Master's Degree in Industrial and Process Design**

**AUTHOR:** VALLE NAVARRO KATUSCA TAMARA

**TUTOR:** PHD. VARELA ALDAS JOSE LUIS

**ABSTRACT**

**AUTOMATED SYSTEM FOR THE STORAGE OF USED LUBRICATING OIL WITH IoT TECHNOLOGY FOR THE COMPANY TARQUINO JUNIOR – GUAYAQUIL, ECUADOR**

Observations and a preliminary survey revealed that the collection of used motor oil is not being fully implemented. Additionally, in oil change establishments, the entire process is performed manually, which results in environmental contamination due to both vapors and spills.

For this reason, an automated monitoring and control system using IoT technology was designed to operate in real time and remotely. The system was developed in three stages, according to the design needs of the prototype. The first stage involved designing a storage tank with oil inlet and outlet features, using SolidWorks for both drawing and simulation. The tank was constructed with ASTM A36, a material available on the market, along with the necessary electronic components for monitoring the oil inside. The second stage involved designing an automated system using Arduino IDE programming and an ESP32 microchip, along with low-cost, commercially available sensors and actuators. These two stages were then integrated, and the system's communication with the user was tested using the internet, Wi-Fi, and a UPS, allowing real-time visualization through ThingSpeak and Virtuino platforms. The final stage focused on validating the constructed prototype, both with the end user and through statistical testing, including accuracy tests using absolute and relative error measurements, agreement tests between measurement methods, and correlation tests between variables. These were carried out to demonstrate the system's functionality as well as its technical and economic feasibility for developing a new product. A fully functional IoT-based automated system was developed,

**KEYWORDS:**

Analysis, development, disposal, design, prototype.



integrated into a prototype, tested by users, and validated for reproduction and commercialization. Implementation can occur within fifteen days from the request date for USD 450, which includes three technical inspections.

**KEYWORDS:**

Analysis, development, disposal, design, prototype.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE EXAMINADORES .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	viii
ABSTRACT.....	ix

### CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN .....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	2
Justificación .....	3
Objetivo general.....	4

### CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	5
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	5
Área de estudio .....	14
Modelo Operativo .....	15

### CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	20
Presentación de la propuesta.....	20
Descripción de componentes del Modelo Operativo .....	25
Cronograma de actividades.....	39
Análisis de costos.....	41
Componente Ambiental: .....	46

### CAPÍTULO IV

EJECUCION DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	47
Justificación de la ejecución .....	47
Proceso de ejecución de la propuesta.....	48
Desarrollo y seguimiento .....	49
Resultados Obtenidos.....	49
Evaluación de la ejecución.....	51

### CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
Conclusiones .....	65
Recomendaciones .....	68
LITERATURA CITADA .....	70
ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Área de estudio.....	15
Tabla No. 2 Consideraciones técnicas para un tanque de almacenamiento de aceite usado de vehículos .....	21
Tabla No. 3 Consideraciones técnicas para la selección de un programa de simulación de una automatización .....	21
Tabla No. 4 Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de humedad para un sistema de automatización IoT .....	22
Tabla No. 5 Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de temperatura para un sistema de automatización IoT .....	22
Tabla No. 6 Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de nivel de aceite de desecho para un tanque de 55 galones automatizado con IoT .....	23
Tabla No. 7 Requisitos técnicos para la selección de un software de programación para un sistema de automatizado con IoT .....	23
Tabla No. 8 Requisitos técnicos para la selección de un microcontrolador que sea compatible para trabajar en un sistema de automatización IoT .....	24
Tabla No.9 Visualización de parámetros a medir para monitorear y controlar .....	25
Tabla No.10 Tanque de almacenamiento.....	25
Tabla No.11 Sistema IoT - Programación .....	27
Tabla No. 12 Sistema IoT – Circuito electrónico .....	27
Tabla No. 13 Parámetros Controlados Experimentalmente para verificar funcionamiento de accionadores y sensores del sistema automatizado .....	32
Tabla No. 14 Cronograma de actividades para el desarrollo de la propuesta .....	39
Tabla 15 Costo del Tanque de Almacenamiento y mano de obra .....	41
Tabla No. 16 Costo de Componentes IoT utilizados en el prototipo.....	42
Tabla No. 17 Costo de actividades de monitoreo y control de sistema IoT en tanque de almacenamiento de aceite usado de vehículos .....	44
Tabla No.18 Costo total del proyecto .....	45
Tabla No. 19 Evaluación del prototipo .....	51
Tabla No. 20 Errores Absolutos y Relativos de los parámetros medidos.....	61
Tabla No. 21 Interpretación de correlación de Pearson .....	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1 Tiempo que tiene el negocio en el mercado.....	6
Gráfico No. 2 Cantidad de lubricentros que acumulan aceite usado .....	6
Gráfico No. 3 Sitio de almacenamiento de aceite usado.....	7
Gráfico No. 4 Sitio que la empresa destina para el almacenamiento del aceite usado .....	7
Gráfico No.5 Cantidad de aceite usado en galones que la empresa acumula aproximadamente al mes.....	8
Gráfico No. 6 Cantidad de galones que la empresa vende en un mes .....	8
Gráfico No. 7 Conocimiento de la existencia de normas para desechos peligrosos por parte de los administradores del lubricentro .....	9
Gráfico No.8 Conocimiento de creación de normas para desechos peligrosos .....	9
Gráfico No.9 Conocimiento de gestor sobre normas de desechos tóxicos .....	10
Gráfico No. 10 Percepción del gestor del lubricentro de aplicar una mejora Elaborado por: Katusca Valle, 2025 .....	10
Gráfico No.11 Percepción del gestor de la empresa para mejorar el almacenamiento de desecho peligroso .....	11
Gráfico No. 12 Diagrama de tomas de temperatura realizadas cada día .....	55
Gráfico No. 13 Diagrama de tomas de humedad realizadas cada día.....	55
Gráfico No. 14 Histograma Nivel de tanque en tiempo transcurrido en ThingSpeak .....	56
Gráfico No. 15 Nivel de aceite vs. Tiempo transcurrido .....	56
Gráfico No. 16 Análisis de parámetros medidos por un mismo sensor en diferentes días de trabajo .....	60
Gráfico No. 17 Gráfico de Bland-Altman para temperatura.....	63
Gráfico No. 18 Gráfico de Bland-Altman para humedad .....	63
Gráfico No. 19 Datos generados por los sensores almacenados en ThingSpeak...	64

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura No. 1 Diagrama de flujo del proceso actual de recolección de aceite usado en lubricentro .....	14
Figura No. 2 Modelo Operativo para automatización de almacenamiento de aceite usado de vehículos con tecnología IoT .....	16
Figura No. 3 Diagrama de flujo del Modelo Operativo .....	17
Imagen No. 4 Tanque Prototipo .....	30
Imagen No. 5 Diagrama de Flujo del circuito electrónico propuesto .....	31
Imagen No.6 Captura de pantalla de funcionamiento del código de programación en Wokwi. ....	33
Imagen No. 7 Esquema de conexión del circuito electrónico en Wokwi de monitoreo para almacenamiento de aceite de desecho con IoT .....	34
Imagen No. 8 Proceso de creación del código de programación. ....	35
Imagen No. 9 Diagrama de desarrollo de circuito electrónico y funcionalidad ....	36
Imagen No. 10 Captura de pantalla Proyecto Final elaborado en ThingSpeak .....	37
Imagen No. 11 Captura de pantalla de canal de ThingSpeak que muestra widgets y gráficos hechos con MatLab Visualizations .....	38
Imagen No. 12 Curva S para el desarrollo de Prototipo de almacenamiento temporal de aceite usado de motor de vehículos .....	45
Imagen No. 13 Proceso de Ejecución .....	48
Imagen No. 14 Diagrama de Esfuerzo de Von Mises: .....	52
Imgena No. 15 Diagrama del Estudio de Desplazamiento .....	53
Imagen No. 16 Diagrama del Esfuerzo Equivalente .....	53
Imagen No. 17 Diagrama del Desplazamiento Estático .....	54
Imagen No. 18 Pantalla LCD .....	57
Imagen No. 19 Captura de pantalla de widgets colocados en ThingSpeak para visualización de parámetros tomados con sensor. ....	58
Imagen No. 20 En Display, Medición realizada por sensor de nivel .....	58
Imagen No. 21 En Display, Visualización del resultado de una fórmula matemática .....	59
Imagen No.22 Con un widget, Visualización del resultado del actuador que recibió la orden del sensor .....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Encuesta dirigida a dueños de lubricentros en la ciudad de Guayaquil ..	74
Anexo 2 Código Preliminar desarrollado en Wokwi utilizado para simulación electrónica.....	76
Anexo 3 Código del circuito desarrollado en Arduino IDE utilizado para el monitoreo y control del almacenamiento de aceite usado de motor de vehículos con componentes IoT.....	79
Anexo 4 Extracto de datos tomados por el sistema automatizado.....	84
Anexo 5 Extracto de mediciones de Temperatura – para calcular Errores Absoluto y Relativo.....	84
Anexo 6 Extracto de mediciones de humedad tomadas tanto por el sensor como por el termómetro digital para calcular errores absolutos y errores relativos. ....	85
Anexo 7 Esquema de conexión en Wokwi y su funcionamiento.....	85
Anexo 9 Plano del tanque de almacenamiento .....	86
Anexo 10 Plano del Circuito Electrónico .....	87
Anexo 11 Imagen del ventilador 110V, prende a 29C.....	88
Anexo 12 Imagen del foco led amarillo prendido, indica cuando está prendido el sistema.....	88
Anexo 13 Imagen de los focos amarillo y naranja prendidos ( rango entre 50 y75C) .....	89
Anexo 14 Imagen de los focos amarillo, naranja y rojo, prendidos (nivel de aceite mayor de 75cm) .....	89
Anexo 15 Altura de 15 cm a la cual se encuentra acoplado el sensor ultrasónico.	90
Anexo 16 Pantalla LCD con datos de temperatura, humedad, nivel y cantidad de aceite usado.....	91
Anexo 17 Captura de pantalla ThingSpeak Visualización en teléfono celular .....	92
Anexo 18 Producto Final a comercializar en el mercado .....	93
Anexo 19 Manual de uso del prototipo automatizado con IoT.....	94

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Introducción**

El manejo, almacenamiento y disposición final del aceite lubricante usado constituye una problemática ambiental global, especialmente en países en desarrollo como Ecuador. En la ciudad de Guayaquil, donde existen numerosos lubricentros que realizan la recolección, almacenamiento y reciclaje de aceites usados, no tienen un sistema estandarizado de procesos para la gestión adecuada de estos residuos por lo que representa un desafío tanto a nivel técnico como normativo. En países de Europa estos retos los tienen los países miembros que deben maximizar la recolección y el reciclado [1].

Los riesgos de contaminación del suelo y cuerpos de agua, debido a derrames o filtraciones de residuos tóxicos, son una preocupación ambiental significativa [2].

En Guayaquil, a pesar de los esfuerzos realizados para mejorar el manejo y la disposición final del aceite lubricante usado, persisten desafíos en cuanto a infraestructura y normativas, la inversión en infraestructura es fundamental para el desarrollo de prácticas sostenibles y responsables en materia de desechos [3]

Algunos estudios regionales han propuesto modelos de gestión que incluyen la creación de centros de acopio y redes de distribución de aceite reciclado. Sin embargo, la falta de un marco regulatorio robusto y las prácticas inadecuadas en muchos lubricentros limitan la efectividad de estos esfuerzos [4]

La incorporación de tecnologías innovadoras, como el Internet de las Cosas (IoT), se presenta como una posible solución para mejorar la eficiencia en la recolección y reciclaje de estos desechos.

A nivel local, la tecnología IoT se está empezando a explorar como una herramienta clave para abordar estos problemas. IoT, implica sistemas de dispositivos físicos conectados que reciben y transfieren datos mediante redes inalámbricas sin intervención humana, tiene el potencial de mejorar la recolección y gestión de residuos mediante sensores y sistemas de monitoreo.

Khan [5] propone la implementación de IoT en la industria del aceite y gas, permitiendo una recolección de datos eficiente y confiable, lo que podría aplicarse en la recolección de aceite usado. En este contexto, el uso de IoT podría mejorar la toma de decisiones basadas en datos, optimizando los procesos y recursos de los lubricentros [6]

Además, Kanj [7] resalta las ventajas de IoT en el manejo del aceite, dado que los productos derivados de este material presentan riesgos significativos para el medio ambiente, como incendios o derrames. Por otro lado, Razuri [8] en Perú presenta un caso exitoso de recolección de aceite usado, lo que demuestra la viabilidad de soluciones similares en Guayaquil.

La incorporación de plataformas de IoT en otros sectores, como la agricultura [9] el monitoreo energético [10], o la medición de material particulado [11], ilustra cómo esta tecnología puede ser adaptada para diversos fines, incluido el manejo de residuos. El uso de IoT para medir parámetros ambientales y optimizar procesos [12] podría representar un paso crucial hacia una gestión más sostenible del aceite lubricante usado en Guayaquil.

En resumen, aunque el problema de la recolección del aceite usado sigue siendo un reto tanto a nivel local como regional, el uso de tecnologías emergentes como IoT, combinado con un marco normativo robusto, tiene el potencial de mejorar significativamente la gestión de estos residuos tóxicos y minimizar su impacto ambiental.

### **Antecedentes**

En Guayaquil una de las problemáticas es la recolección de aceite lubricante usado por vehículos ya que en el año 2022 se generaron más de 5.1 millones de aceite en todo el país según Recoil [13] de los cuales solo el 85% fueron reinsertados

mediante re - refinación para producir base de lubricante y el 15% de destinó al aprovechamiento energético mediante el co-procesamiento lo que genera una oportunidad de estudio la cual beneficiaría a algunos sectores el área de transporte, gestores ambientales y en nuestro caso específicamente, los centros donde se realiza el cambio de aceite de vehículos.

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP) realiza desde el año 1998 un programa de recolección de aceites usados para crear una alternativa ambiental segura a través del tiempo debido a que los componentes tóxicos que contienen estas sustancias contaminan el suelo y por bioacumulación en las plantas llegan a la cadena alimenticia humana [14], por tal motivo es indispensable un estudio que mejore el tratamiento, manipulación y almacenaje del mismo.

La Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 266:2000 [15], es la que establece requisitos y cuidados que se debe tener en el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos; en esta norma existe la inflamabilidad y toxicidad como características de elementos o productos que resultan peligrosos o puedan proporcionar riesgos en la salud, al medio ambiente o que puedan destruir bienes debido a su contacto, manejo, traslado y su disposición final.

Acuerdo Ministerial No. 042 [16], define responsabilidades y obligaciones que el productor, distribuidor y usuario final de residuos peligrosos deben cumplir para minimizar residuos y desechos peligrosos y no incurrir en sanciones por el no cumplimiento de la norma establecida en el Código Orgánico del Ambiente en la cual se regula temas que implican una gestión ambiental adecuada.

### **Justificación**

La importancia de este trabajo radica en dar al cliente un sistema que brinde mejora en su trabajo diario, que agregue valor y que sea de gran impacto, reduciendo costos innecesarios, ahorrando tiempo de los operadores, minimizando la contaminación del suelo y del ambiente.

Este desarrollo de un sistema IoT tiene un impacto positivo en el impulso por el uso adecuado e innovador de los avances en tecnologías inalámbricas que permiten obtener información en tiempo real disponible local y remotamente integrándose de manera óptima y eficiente[20].

La utilidad de este proyecto base en la réplica a para el conglomerado de prestadores de servicios automotrices en los que se almacena temporalmente el desecho aceite usado de motor.

En este contexto, la realización del presente estudio de investigación se considera viable dentro del período establecido, cumpliendo con los requerimientos metodológicos y académicos exigidos.

### **Objetivo general**

Diseñar un sistema automatizado para almacenar aceite lubricante usado de vehículos con tecnología IoT para la empresa Tarquino Junior Guayaquil-Ecuador.

específicos

- Identificar requisitos y especificaciones para el diseño del sistema automatizado IoT por medio de comparación entre componentes similares.
- Diseñar el sistema de almacenamiento de aceite usado de vehículos para el sistema automatizado IoT en su condición mecánica, eléctrica, electrónica, de comunicación y visualización de parámetros de monitoreo y control.
- Evaluar el prototipo con componentes IoT para monitorear y controlar el almacenamiento de aceite de desecho en tiempo real y remoto con pruebas de usuario y pruebas de validación.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa**

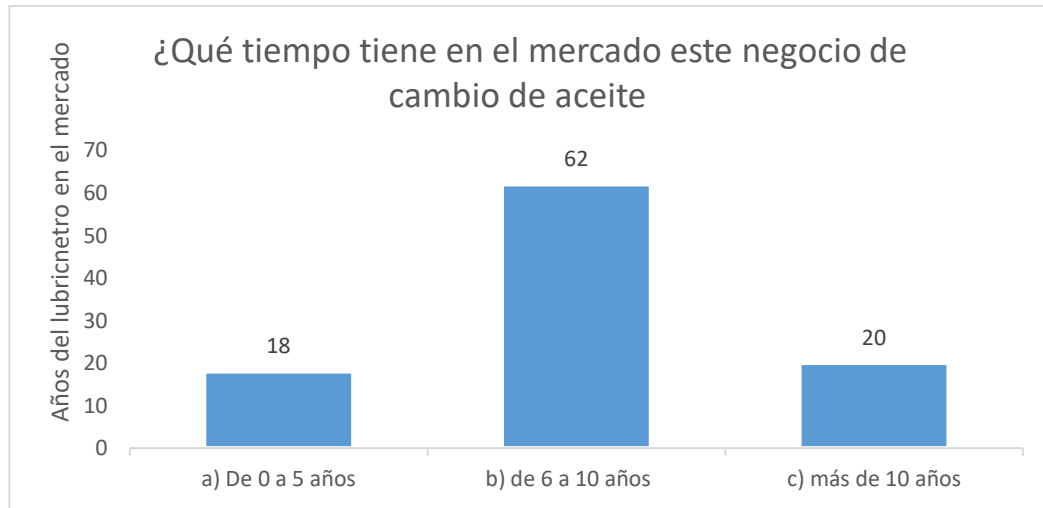
Para conocer sobre la situación actual de los lubricentros de la ciudad de Guayaquil es necesario realizar un procedimiento de investigación cuantitativa que toma información de fuente primaria; esto es, recopilar información aplicando una encuesta a los gestores de lubricentros en la ciudad de Guayaquil previamente diseñada.

Por existir poca información sobre la existencia de lubricentros y a la vez informalidad para llevar a cabo la actividad de cambio de aceite de vehículos en la ciudad de Guayaquil, se ha considerado en este estudio, a los negocios que tienen mayor flujo de clientes, así como también los que tienen un menor flujo, pero presentan publicidad visible y movimiento de vehículos tanto de ingreso como de salida.

La encuesta se realizó a 100 dueños de lubricentros, gestores o administradores encargados del lugar, puesto que son ellos quienes saben el manejo integral del lubricentro, quienes gestionan el aceite de desecho que acumulan día a día y se encuentran presentes en el taller su lugar de trabajo.

Estudio sobre la situación actual de la gestión de aceite usado en lubricentros de la ciudad de Guayaquil- Encuesta

El gráfico No. 1, muestra el tiempo que tienen en el mercado los negocios encuestados.

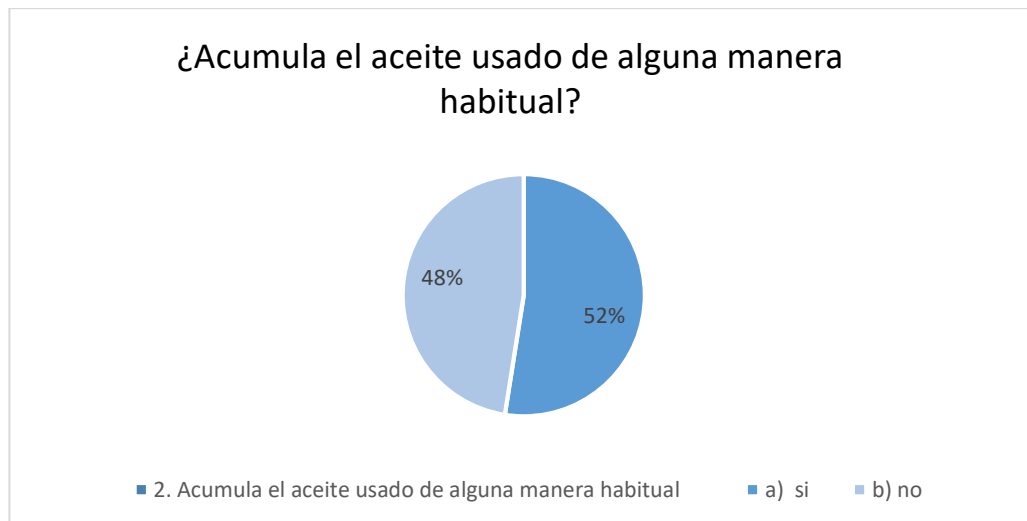


**Gráfico No. 1** Tiempo que tiene el negocio en el mercado

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 62% de las lubricadoras tienen entre 6 y 10 años en el mercado y el 18% tienen creación menos de cinco años.

El gráfico No. 2, muestra la regularidad de los lubricentros encuestados de acumular aceite usado.

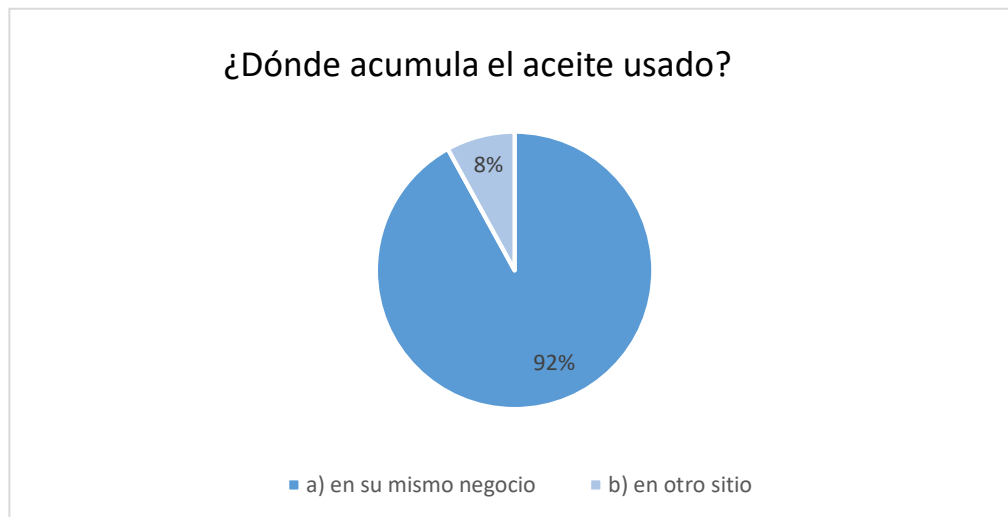


**Gráfico No. 2** Cantidad de lubricentros que acumulan aceite usado

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 52% de las lubricadoras acumula habitualmente el aceite usado.

El gráfico No. 3, muestra lubricadores que almacenan el aceite usado en su negocio.

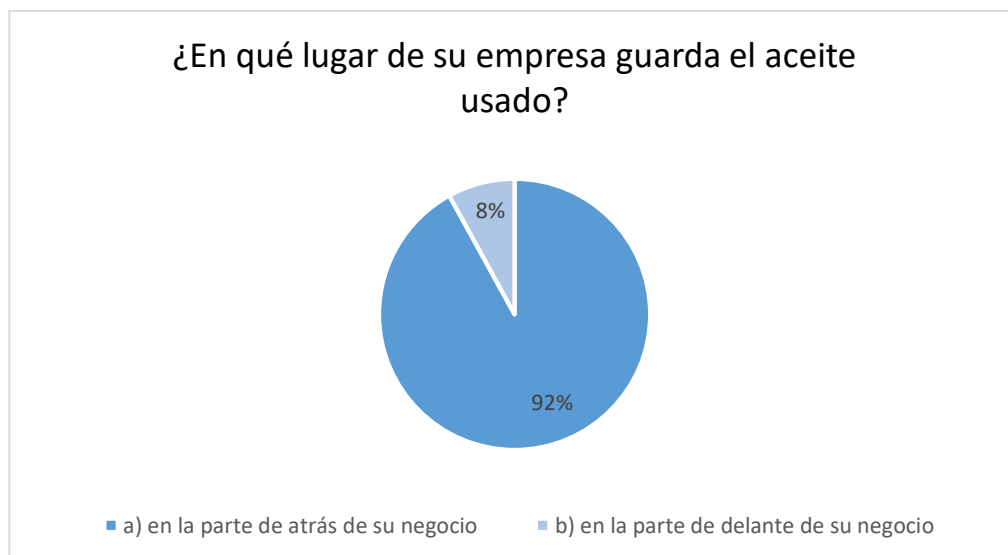


**Gráfico No. 3** Sitio de almacenamiento de aceite usado

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 92% de las lubricadoras almacenan el aceite usado en el mismo negocio.

El gráfico No. 4, muestra el sitio preferencial de acumular aceite usado en el negocio.

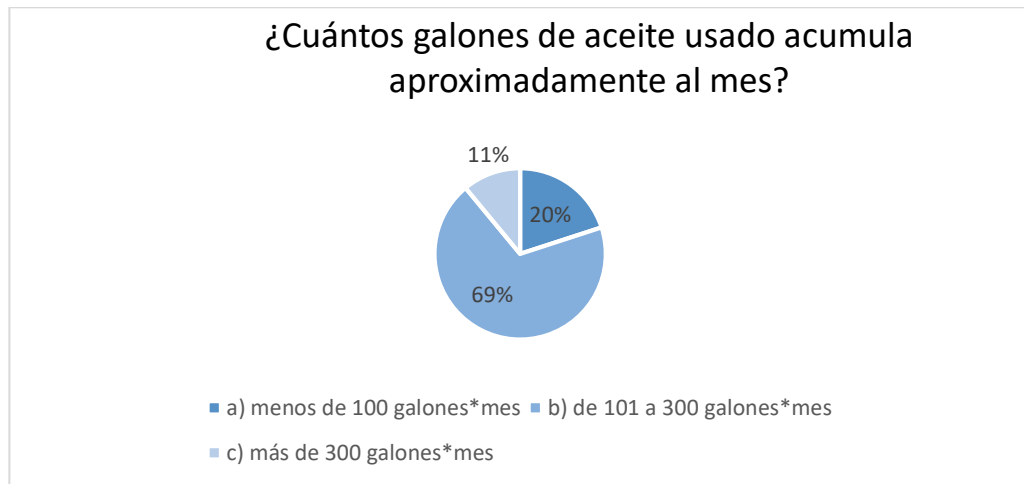


**Gráfico No. 4** Sitio que la empresa destina para el almacenamiento del aceite usado

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 92% de las lubricadoras almacenan el aceite usado en la parte de atrás de su negocio.

El gráfico No. 5, muestra la cantidad de aceite usado que almacena el lubricentro mensualmente.

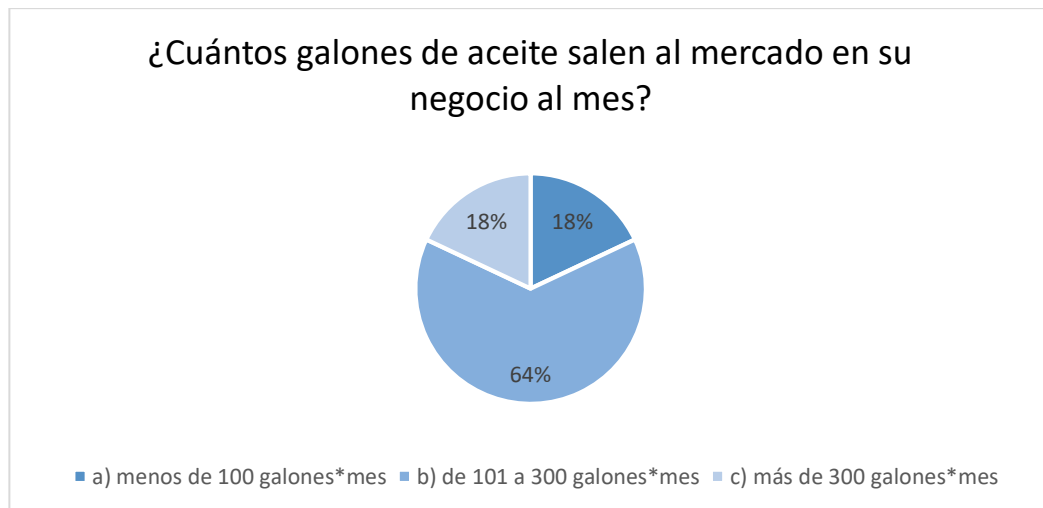


**Gráfico No.5** Cantidad de aceite usado en galones que la empresa acumula aproximadamente al mes

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 69% de las lubricadoras almacenan mensualmente entre 100 y 300 galones de aceite usado.

EL gráfico No. 6, muestra la cantidad de aceite que sale al mercado desde el lubricentro.

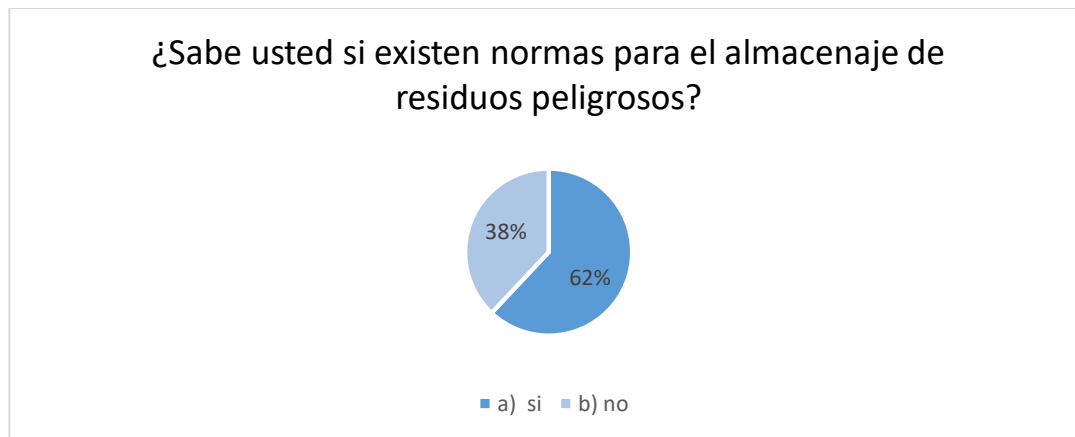


**Gráfico No. 6** Cantidad de galones que la empresa vende en un mes

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 64% de las lubricadoras almacenan entre 100 y 300 galones de aceite usado mensualmente.

El gráfico No. 7, muestra la percepción del gestor del conocimiento de existencia de normas para almacenaje de residuos peligrosos.

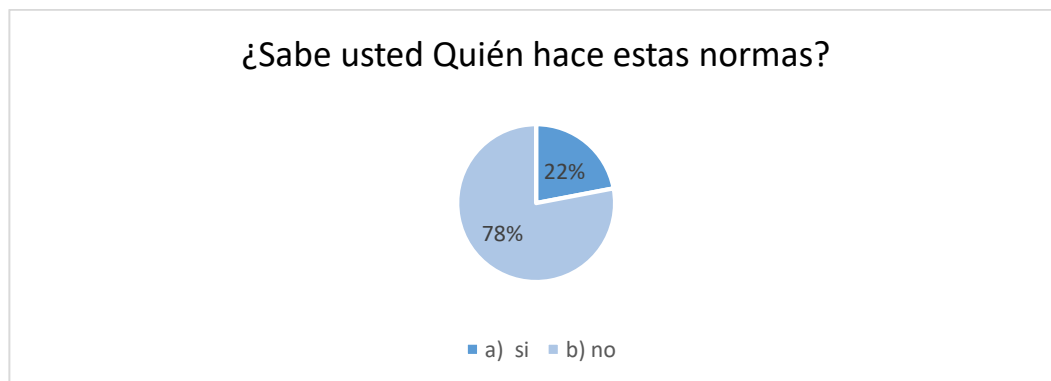


**Gráfico No. 7** Conocimiento de la existencia de normas para desechos peligrosos por parte de los administradores del lubricentro

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 62% de las lubricadoras tienen conocimiento que existen normas para el almacenamiento de residuos peligrosos.

El gráfico No. 8, muestra la percepción del gestor sobre la autoría de las normas que regulan la recolección del desecho tóxico.

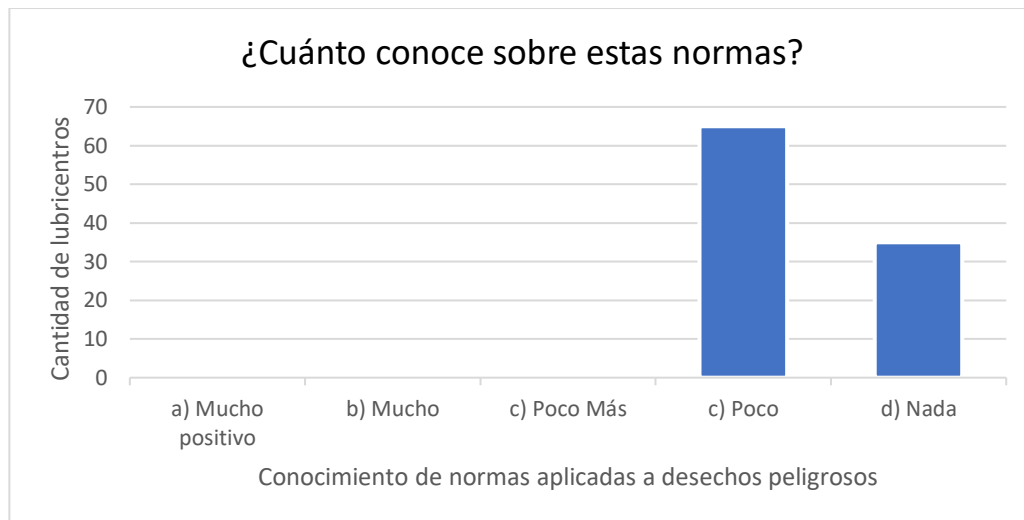


**Gráfico No.8** Conocimiento de creación de normas para desechos peligrosos

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 78% de las lubricadoras no saben quién hace las normas para el almacenamiento de los residuos peligrosos.

El gráfico No. 9, muestra la percepción que tiene el gestor del lubricentro de su conocimiento con respecto a las normas que se aplican en desechos peligrosos.

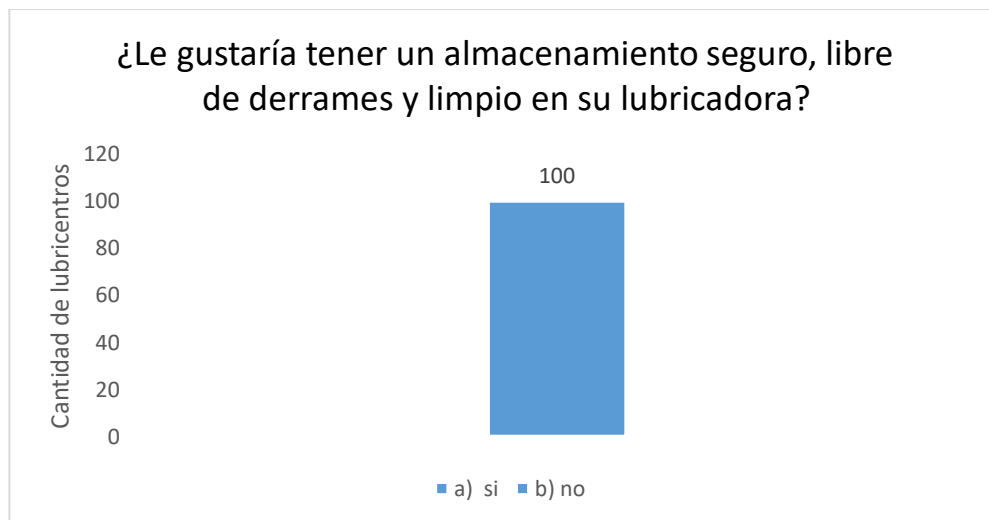


**Gráfico No.9** Conocimiento de gestor sobre normas de desechos tóxicos

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 65% de las lubricadoras poco conoce sobre las normas de almacenaje de residuos peligrosos y el 35% no posee ningún conocimiento sobre esto.

El gráfico No.10, muestra la intención de mejora del gestor en el lubricentro.

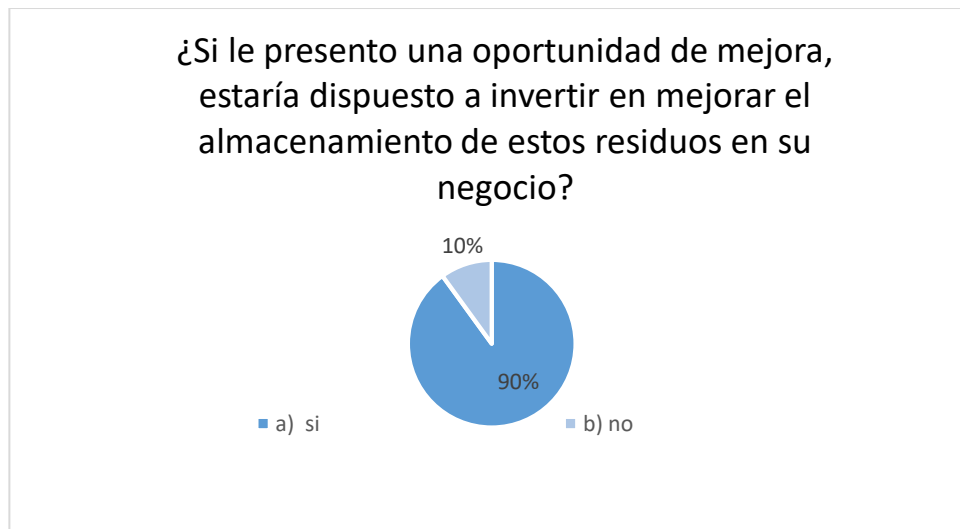


**Gráfico No. 10** Percepción del gestor del lubricentro de aplicar una mejora

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

Al 100% de las lubricadoras encuestadas les gustaría tener un almacenamiento seguro, libre de derrames y limpio dentro de su sitio de trabajo.

EL gráfico No.11, muestra el interés de mejora para almacenamiento de aceite usado del lubricentro.



**Gráfico No.11** Percepción del gestor de la empresa para mejorar el almacenamiento de desecho peligroso

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El 90% de las lubricadoras estarían dispuestas a invertir en mejorar el almacenamiento de los residuos peligrosos que se acumulan en su sitio de trabajo.

Las encuestas nos dan como información que el 62% de los lubricentros tiene una antigüedad de 18 años o más.

El 69% de los encuestados acumulan entre 100 y 300 mensuales de aceite usado dentro de su negocio luego de lo cual llaman por teléfono a la empresa que se encarga de la recolección y proceso final del mismo.

El 62% de los gestores encuestados tienen conocimiento de que existen normas para almacenar el aceite de desecho y el 78% no sabe quién desarrolla esas normas.

El 100% de los encuestados les gustaría tener un almacenamiento seguro, libre de derrames y limpio.

## **Información general de la empresa**

La empresa Tarquino Jr. se creó en el año 1977 como una empresa de cambio de aceites industriales a motores de vehículos, representa un negocio familiar que está comprometida con el medio ambiente, recolecta el aceite usado en tanques de 55 galones y se propone mejorar el aspecto de su empresa para cumplir objetivos e ir camino a la mejora continua.

## **Proceso de almacenamiento temporal**

Los tanques de 55 galones se los llena a medida que usuarios cambian el aceite usado de sus vehículos. Al mes se recolectan 15 tanques aproximadamente de aceite usado, es decir 825 galones de aceite de desecho mensual.

Este valor guarda cierta relación con la cantidad de galones vendidos que es aproximadamente 15% más, es decir casi 1000 galones de aceite vendidos mensuales, ese 15% es el aceite que consumen vehículos en sus motores por el uso y calentamiento del motor, así como también algún derrame o residuos en los envases plásticos en los que se comercializa los aceites lubricantes.

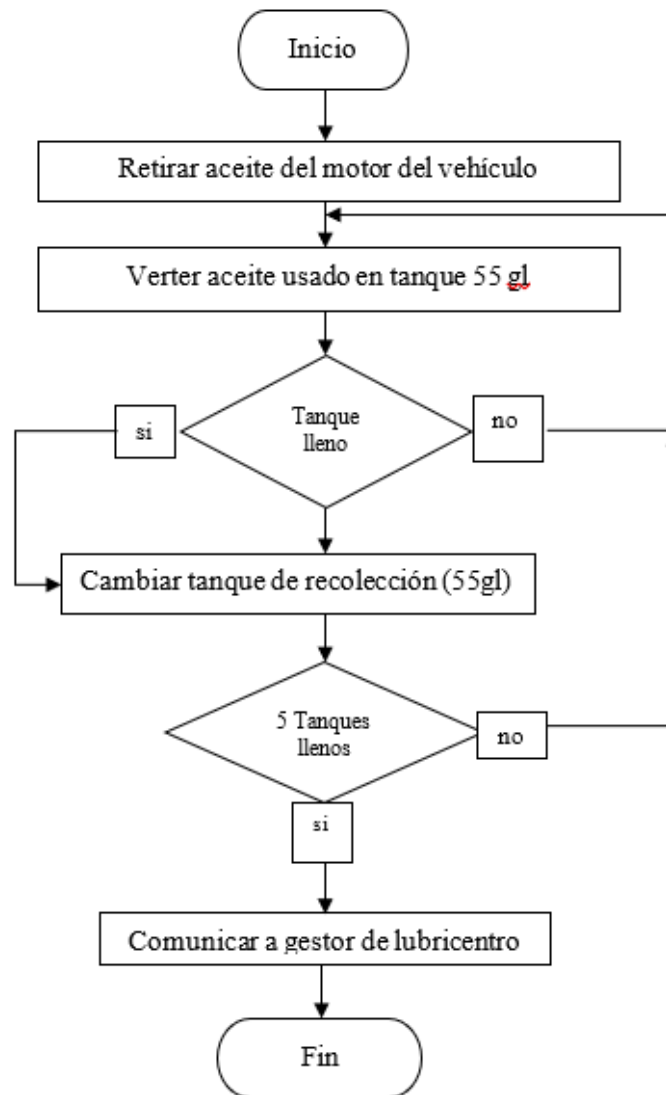
De la observación se tiene que el proceso de cambio y almacenamiento de aceite se realiza 100% manualmente, no cuenta con ningún tipo de control automático, lo realizan de dos a tres operadores del lubricentro, no tienen tampoco un tiempo estimado para realizar el cambio de aceite del motor de vehículos, no llenan ninguna hoja de ingreso en el lubricentro. El control de almacenamiento de aceite lo realiza visualmente cada operador sin ningún instrumento de medición, se acerca al tanque en cualquier momento del turno de trabajo y verifica si se ha llenado el tanque o no. Este proceso lo realiza tres o cuatro veces al día. Existen llamadas innecesarias a la empresa que se encarga de dar disposición final al aceite usado, debido a que no se llena el tanque con la capacidad total de aceite de desecho. Alrededor del tanque de almacenamiento se encuentra aceite derramado o vestigios de aceite lo cual es perjudicial tanto para el medio ambiente como para el aspecto del lubricentro.

### Proceso de recolección actual de aceite usado en lubricentro

A continuación, se detalla las actividades que realiza el operador correspondiente al proceso del almacenamiento temporal del aceite usado de vehículos en la empresa Tarquino Jr.

1. Retirar el aceite usado del motor del vehículo por gravedad colocándolo en un recipiente posicionado debajo del vehículo.
2. Verter el aceite usado en un tanque de 55 galones de capacidad.
3. Verificar si se llena el tanque de almacenamiento.
4. Si el tanque está lleno a su capacidad total, cambiar de tanque de almacenamiento, si no se encuentra lleno, repetir desde el paso 2.
5. Este procedimiento se repite hasta completar cinco tanques de 55 galones.

La Figura No. 1, mostrada a continuación, presenta el flujo del proceso actual de la recolección del aceite usado de vehículos en el lubricentro.



**Figura No. 1** Diagrama de flujo del proceso actual de recolección de aceite usado en lubricentro

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### Área de estudio

A continuación, en la tabla 9, se presenta el área de estudio que se presenta en este trabajo de investigación.

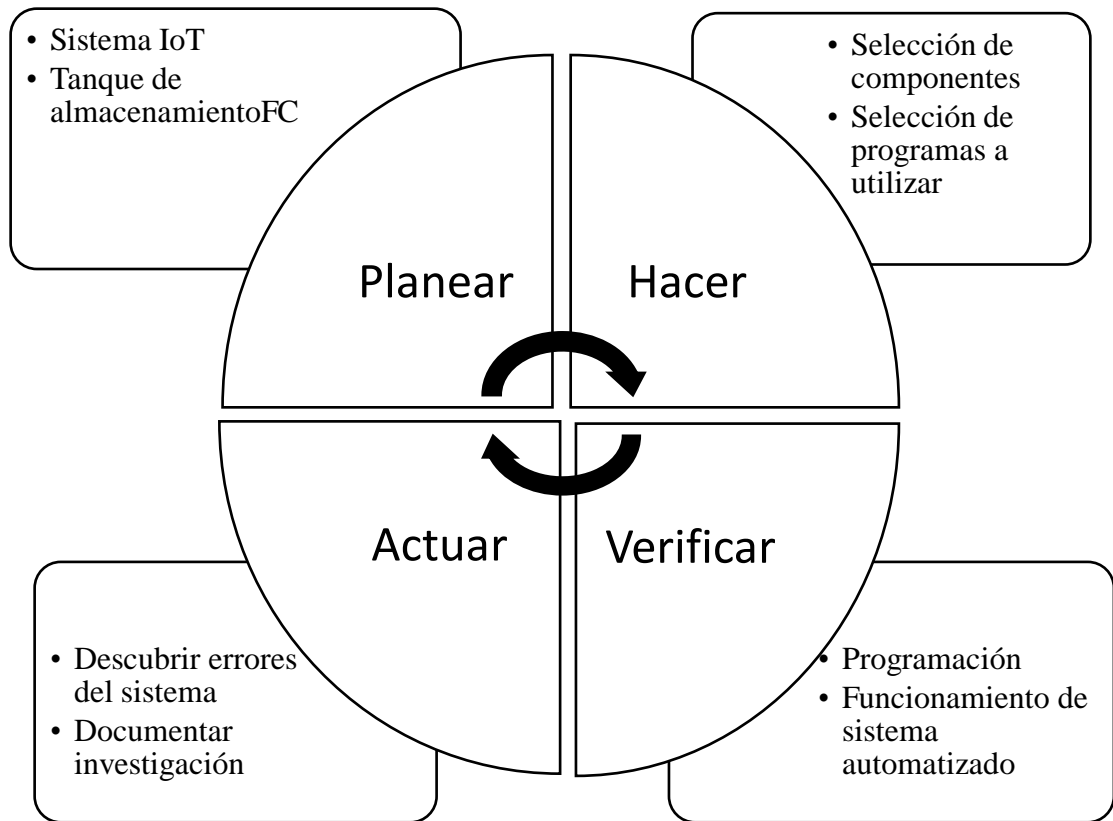
**Tabla No. 1** Área de estudio

ÁREA DE ESTUDIO	DELIMITACIÓN DEL OBJETIVO DE ESTUDIO
Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Campo	Ingeniería
Área	Gestión de sistemas productivos
Aspecto	Optimización del proceso de gestión de almacenamiento de aceite usado de vehículos con IoT
Objeto de estudio	Optimizar el proceso de almacenamiento de aceite usado de vehículos con IoT
Periodo de análisis y/o implementación	Octubre 2024 – Febrero 2025

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### **Modelo Operativo**

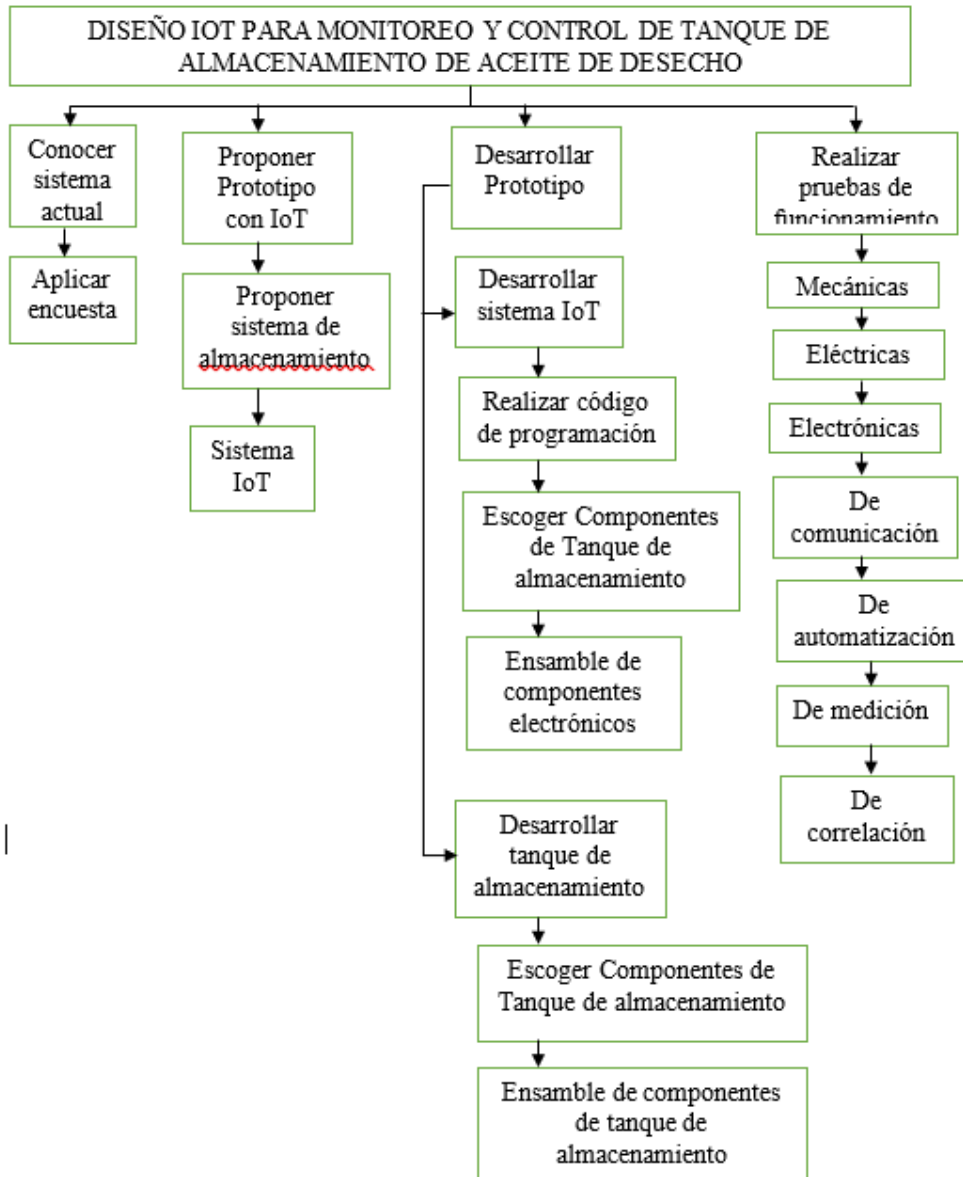
El modelo operativo de esta investigación se basa en el desarrollo de la mejora continua, así, en la Figura 2, se presenta el ciclo de Deming aplicado al proceso de diseño de un tanque de almacenamiento con tecnología IoT, debido a que esta investigación está sujeta a prueba y error y el objetivo de este trabajo es mejorar el prototipo hasta que se llegue a un prototipo funcional.



**Figura No. 2** Modelo Operativo para automatización de almacenamiento de aceite usado de vehículos con tecnología IoT

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

En la Figura No. 3, se presenta el diagrama de flujo del Modelo Operativo.



**Figura No. 3** Diagrama de flujo del Modelo Operativo

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### Descripción del Modelo Operativo

El diagrama de flujo presentado representa un modelo operativo para el diseño de un prototipo gestionado con IoT y destinado al monitoreo y control de un tanque de

almacenamiento de aceite de desecho. A continuación, se expone una breve descripción estructurada y formal del proceso.

El modelo indica en primer lugar una fase diagnóstica en la que se procede a conocer el sistema actual de manejo de almacenamiento de aceite de desecho en el lubricentro. Por observación esta etapa incluye una previa investigación la cual necesita la aplicación de encuestas como instrumento de recolección de datos primarios, lo cual permite identificar las necesidades y limitaciones del sistema vigente.

Luego, se aborda la propuesta conceptual del prototipo mediante tecnología IoT. En esta etapa se plantea el sistema de almacenamiento, el cual se integra posteriormente al sistema IoT. Esta sección se desglosa en múltiples actividades especializadas, como son:

Desarrollo de sistema IoT, que abarca la arquitectura funcional del sistema.

Codificación del sistema, orientada a establecer la lógica de funcionamiento mediante programación.

Selección de componentes del tanque de almacenamiento, considerando criterios técnicos y operacionales.

Ensamble de componentes electrónicos, donde se integran sensores, actuadores y comunicación del sistema.

Una vez estructurado el sistema IoT, el siguiente paso es el desarrollo del tanque de almacenamiento físico. Este subproceso incluye:

Diseño y construcción del tanque bajo requerimientos funcionales.

Selección de componentes estructurales y mecánicos necesarios.

Integración y ensamblaje final del sistema de almacenamiento.

En la última etapa del diseño del prototipo se contempla la validación experimental, la cual comprende la ejecución de pruebas de funcionamiento bajo múltiples dominios técnicos:

Pruebas mecánicas, para verificar la integridad estructural.

Pruebas eléctricas y electrónicas, para comprobar la operatividad de los circuitos.

Pruebas de comunicación, que evalúan la transmisión de datos entre dispositivos.

Pruebas de automatización, para validar la lógica de control embebida.

Pruebas de medición y correlación, orientadas a la precisión de los datos sensados y su relación con los valores esperados.

Este modelo operativo, demuestra un enfoque metodológico riguroso, secuencial, orientado a la integración interdisciplinaria de tecnologías emergentes, con un fuerte componente experimental y de validación técnica, esencial en el ámbito del diseño de sistemas IoT aplicados a la gestión de residuos industriales.

## **CAPITULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación de la propuesta**

A través de un proceso de búsqueda y análisis de información, este estudio tiene como objetivo el desarrollo de un sistema automatizado basado en tecnología IoT (Internet de las Cosas), orientado al monitoreo en tiempo real y de forma remota del estado del almacenamiento de aceite usado proveniente de vehículos automotores. El sistema se integrará a un tanque de almacenamiento diseñado con especificaciones técnicas adecuadas para soportar las presiones internas generadas durante su operación. Esta integración permitirá optimizar la gestión de residuos al facilitar la notificación oportuna a la empresa encargada de la disposición final del aceite, promoviendo una respuesta eficiente y oportuna que minimice los riesgos para la salud humana y el impacto ambiental.

Adicionalmente, se prevé que el sistema permita la visualización de parámetros relevantes tales como la temperatura y humedad ambientales, el nivel del aceite en el tanque y la cantidad de aceite residual almacenado, expresada en galones, contribuyendo así a una gestión ambientalmente responsable y tecnológicamente avanzada.

Siguiendo la metodología para el desarrollo de prototipo automatizado centrado en el cliente, con IoT, a continuación, se identifican en la tabla No. 2, requisitos y especificaciones para el diseño automatizado IoT.

**Tabla No. 2** Consideraciones técnicas para un tanque de almacenamiento de aceite usado de vehículos

Requisitos	Tipo 1	Tipo 2
Material resistente a la presión interna	Polietileno	Metal
Techo	Flotante	Fijo
Capacidad	Mayor de 55 gl	Igual 55 gl
Aislamiento	Sin cámara	Con cámara
Disponible en el mercado	No	si

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

De acuerdo a las necesidades para el contenedor de aceite usado de vehículo se recomienda un material resistente a la presión interna que ejerce el líquido al material por lo tanto se escoge de acero con un techo flotante, con capacidad de 55gl, sin cámara de aislamiento que se encuentra disponible en el mercado.

La tabla No. 3, muestra las características de selección de un Software de simulación.

**Tabla No. 3** Consideraciones técnicas para la selección de un programa de simulación de una automatización

Requisitos	Tipo 1: Wokwi	Tipo 2: Proteus
Característica 1	Nos permite realizar simulaciones electrónicas en línea	Amplia librería de dispositivos analógicos y digitales
Característica 2	Compatible con placas Arduino, ESP32, STM	Podemos crear diseños propios diseños y realizar simulaciones

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La tabla No. 4, presenta consideraciones a tomar para la correcta selección de un sensor de humedad y temperatura.

**Tabla No. 4** Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de humedad para un sistema de automatización IoT

Requisitos	Tipo 1: DHT 21	Tipo 2: DHT 22
Voltaje	3.5v	3.5v
Amperaje	1.5mA	1.5mA
Precio	1.5	2
Existe en el mercado	si	no

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

A continuación, en la tabla No. 5, se presenta consideraciones técnicas para la selección de sensor de temperatura y humedad del sistema.

**Tabla No. 5** Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de temperatura para un sistema de automatización IoT

Requisitos	Tipo 1: DHT 21	Tipo 2 Modulo MAX6675	Tipo 3: Termocupla K
Mide temperatura de aire	Mide temperaturas en el rango de -40°C a +80°C con una precisión de $\pm 0.5^\circ\text{C}$	Puede leer temperaturas en rango -200 Celsius	Gran fiabilidad en su manejo
Mide temperatura de líquido	Mide la humedad relativa en el rango de 0% a 100% con una precisión de $\pm 2\%$ .	Opera entre 3.5 v a 5,5v	Cuenta con amplio rango de medición
Costo	\$5 a \$10	\$5 a \$15	\$5.99

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

A continuación, en la tabla No.6, se presenta consideraciones técnicas para la selección de sensor de nivel de aceite del sistema.

**Tabla No. 6** Consideraciones técnicas para la selección de un sensor de nivel de aceite de desecho para un tanque de 55 galones automatizado con IoT

Requisitos	Tipo 1: Ultrasónico	Tipo 2: de Flotador
Característica 1	Detecta eco y envía al microprocesador para una representación digital de distancia	Flotador magnético en la superficie del líquido
Característica 2	No requiere calibración	Mantenimiento sencillo

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

A continuación, en la tabla No. 7, se presenta consideraciones técnicas para la selección de un software de programación que contenga las librerías adecuadas de todos los componentes analizados.

**Tabla No. 7** Requisitos técnicos para la selección de un software de programación para un sistema de automatizado con IoT

Requisitos	Tipo 1: Arduino IDE	Tipo 2: Eclipse Arduino
Característica 1	Maneja su entorno de desarrollo integrado	Nos permite programar utilizando JAVA
Característica 2	Cuenta con herramientas de conexión	Permite la gestión de proyectos de una manera organizada
Característica 3	Interfaz sencilla y clara	Depuración de códigos con facilidad

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

A continuación, en la tabla No. 8, se presenta consideraciones técnicas para la selección de sensor de un microcontrolador que sea compatible para trabajar en un sistema de automatización.

**Tabla No. 8** Requisitos técnicos para la selección de un microcontrolador que sea compatible para trabajar en un sistema de automatización IoT

Requisitos	Tipo 1: Esp32 - 38pines	Tipo 2: ESP32-WROOM-32)
Característica 1	Muy popular en proyectos de IoT (Internet of Things) debido a su conectividad Wi-Fi y Bluetooth	Puede ser conectado al Arduino Mega de varias maneras
Característica 2	38 pines disponibles en la versión más común (esto varía dependiendo del modelo específico de ESP32).	El ESP32 trabaja a 3.3V en sus pines, así que es muy importante no conectarlo directamente al pin 5V del Arduino Mega para evitar daños.
Característica 3	Soporta una gran variedad de funciones, como PWM, I2C, SPI, UART, ADC	Voltaje: El ESP32 opera a 3.3V en sus pines

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

A continuación, en la tabla No. 9, se presenta consideraciones técnicas para la selección de un programa de visualización que sea compatible para trabajar en un sistema de automatización con IoT.

**Tabla No.9** Visualización de parámetros a medir para monitorear y controlar

Requisitos	Tipo 1: Virtuino	Tipo 2: ThingSpeak
Característica 1	Uso libre	Uso libre
Característica 2	Controla Arduino via Bluetooth	Comunicación Arduino IDE, analiza flujo de datos

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### **Descripción de componentes del Modelo Operativo**

La tabla No.10, muestra la descripción de componentes del tanque de almacenamiento escogidos para el Modelo Operativo.

**Tabla No.10** Tanque de almacenamiento

Nombre	Descripción
--------	-------------

Tanque	Tanque de material acero ASTM A36, de 55 gl de capacidad, diámetro 56.5cm y altura 86 cm.
--------	---



Nombre	Descripción
Tapa del tanque de almacenamiento	<p>Material acero ASTM A36, provista de dos agujeros, uno para la recolección de aceite y otro para instalación de sensor de nivel ultrasónico. Debe colocarse a veinte centímetros del máximo nivel de aceite que debe tener el tanque cuando está lleno de aceite.</p>
Llave de desfogue	<p>Necesaria para la descarga del aceite de desecho</p>




Elaborado por: Katusca Valle, 2025

En la tabla No.11, se muestra la descripción de componentes para programación con IoT

**Tabla No.11** Sistema IoT - Programación

Nombre	Descripción
ESP32	Microcontrolador es un dispositivo procesador de información, con Bluetooth y Wifi para comunicación



Arduino IDE Software para programar microcontrolador (Entorno de Desarrollo integrado), es una herramienta que se utiliza para escribir, compilar y subir código a las placas Arduino


ThingSpeak Interfaz de usuario es un programa de código abierto que facilita la comunicación entre los componentes IoT que agrega, visualiza y analiza en tiempo real flujos de datos en el tiempo.






Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La tabla No.12 muestra la descripción de componentes para circuito electrónico utilizando el Internet de las Cosas.

**Tabla No. 12** Sistema IoT – Circuito electrónico

Nombre	Descripción
Sensor DHT21	Por sus siglas es un sensor digital de humedad y temperatura, tiene un sensor capacitivo y un termistor para medir el aire que lo rodea, capaz de mostrar datos



Nombre	Descripción	
Sensor de nivel ultrasónico	por una señal digital, no analógica Módulo sensor JSN-SR04T mide el nivel del aceite en tiempo real.	
Ventilador 110 Voltios	Para disipar el olor proveniente de gases que desprende el aceite cuando la temperatura se eleva a más de 30C.	
Alarma	Tipo buzzer Sonido Continuo indicador de nivel de aceite. Si está alto se debe llamar a la empresa recolectora para disposición final del desecho	
Focos Led	Utilizados para visualizar in-situ los datos de temperatura indicados en el programa.	
Resistencias	Controlan el flujo de corriente al foco Led. La escogida soporta hasta 1000 Ohmios.	

Nombre	Descripción
Pantalla LCD	16*2.- La cual muestra mediciones de temperatura, humedad, nivel de aceite y cantidad.
Termómetro Digital	Mide temperatura y humedad ambiente



Elaborado por: Katusca Valle, 2025

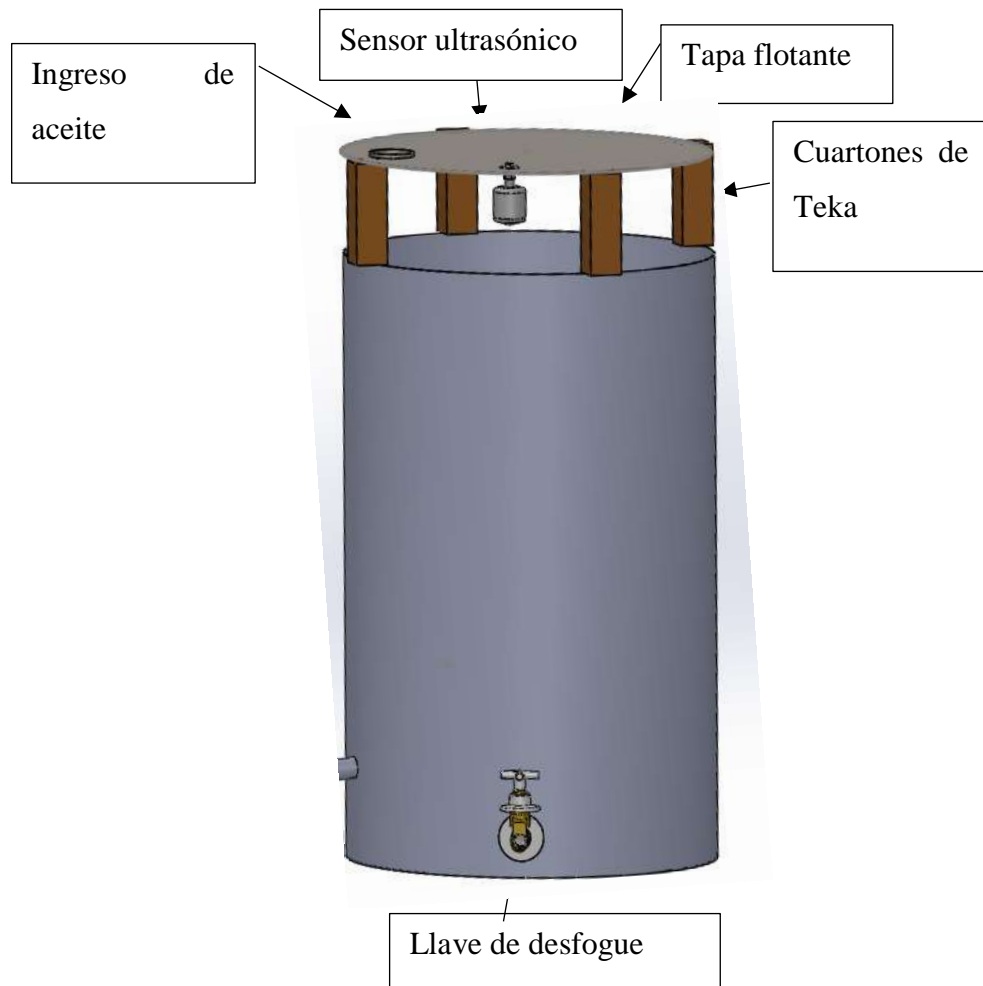
Con los componentes escogidos tanto para el tanque de almacenamiento como para el sistema IoT se presenta la siguiente propuesta:

- Diseño del tanque de almacenamiento para prototipo.
- Diseño del circuito electrónico para el sistema IoT

### **Diseño del tanque de almacenamiento para prototipo**

El tanque de almacenamiento de aceite usado sirve como componente del prototipo; esto es un tanque de metal de 55 gl de capacidad con válvula de desfogue, , una tapa con distancia de 15cm sobre el nivel máximo del tanque de almacenamiento debido al requerimiento del sensor ultrasónico correspondiente a 20cm como distancia mínima para realizar su medición.

En la Imagen No.4, se muestra el Tanque Prototipo para el almacenamiento de aceite usado de vehículos, con llave de desfogue, tapa flotante alzada por cuatro cuartones de Teka, orificio para el ingreso de aceite y orificio destinado para instalación de sensor ultrasónico de nivel. Plano correspondiente revisar Anexo 9.

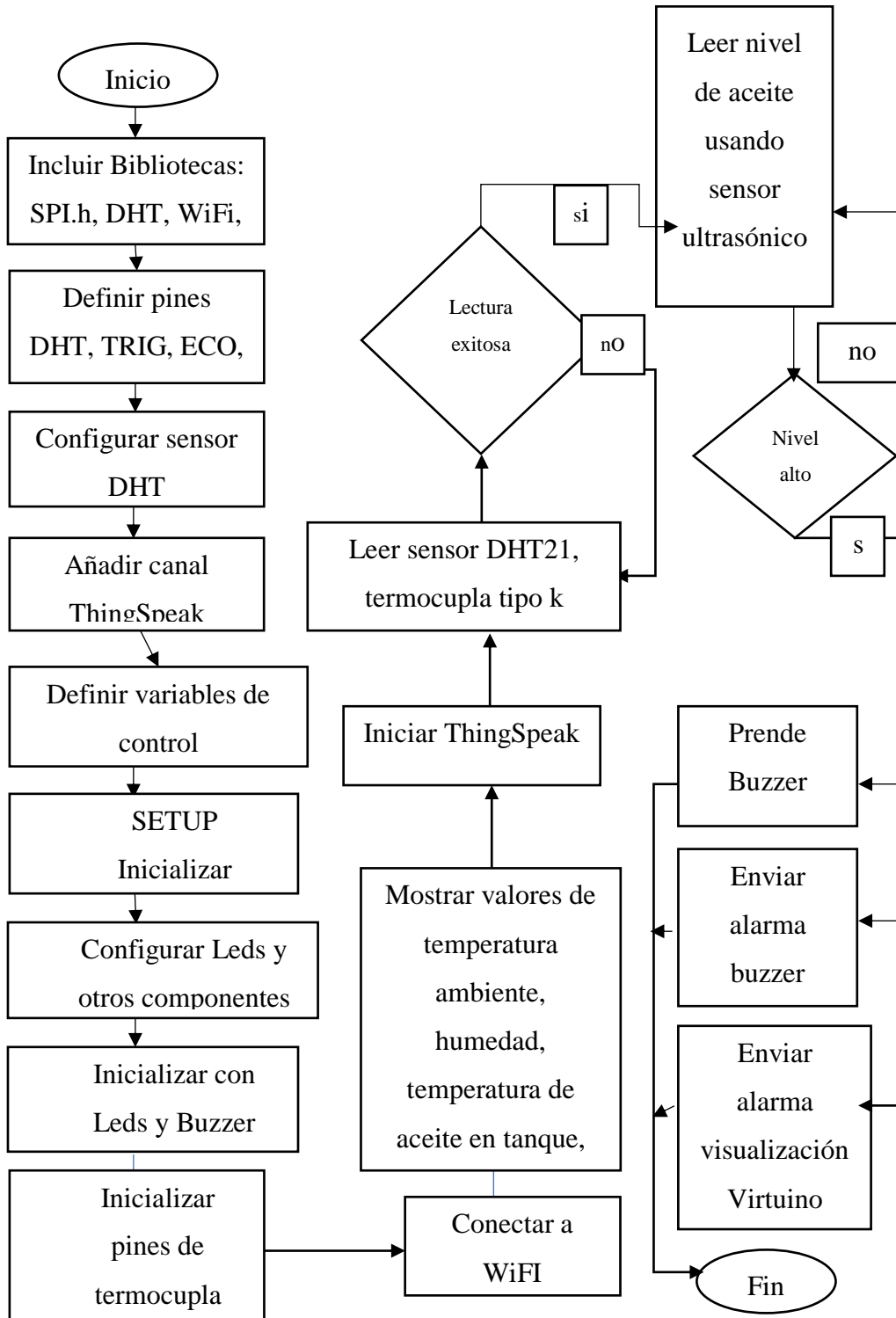


**Imagen No. 4** Tanque Prototipo

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Diseño del circuito electrónico para el sistema IoT.

La imagen No.5, se muestra el Diagrama de flujo del circuito electrónico propuesto.



**Imagen No. 5** Diagrama de Flujo del circuito electrónico propuesto

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Resultados esperados

Con la información en detalle que muestran todos los sensores, actuadores, programas de automatización, programas de visualización utilizados se procede a la construcción del prototipo para el ensamble de los componentes tanto mecánicos como de automatización y programación en Arduino, para luego con los resultados obtenidos, evaluar el sistema en conjunto y exponer las conclusiones de la investigación.

Se espera también el poder tomar valores desde el canal ThingSpeak, para visualización de comportamiento de los parámetros estudiados.

Con los componentes físicos IoT se espera establecer el diseño del prototipo que servirá como referente para monitorear y controlar el almacenamiento de aceite usado de motor de vehículos remotamente.

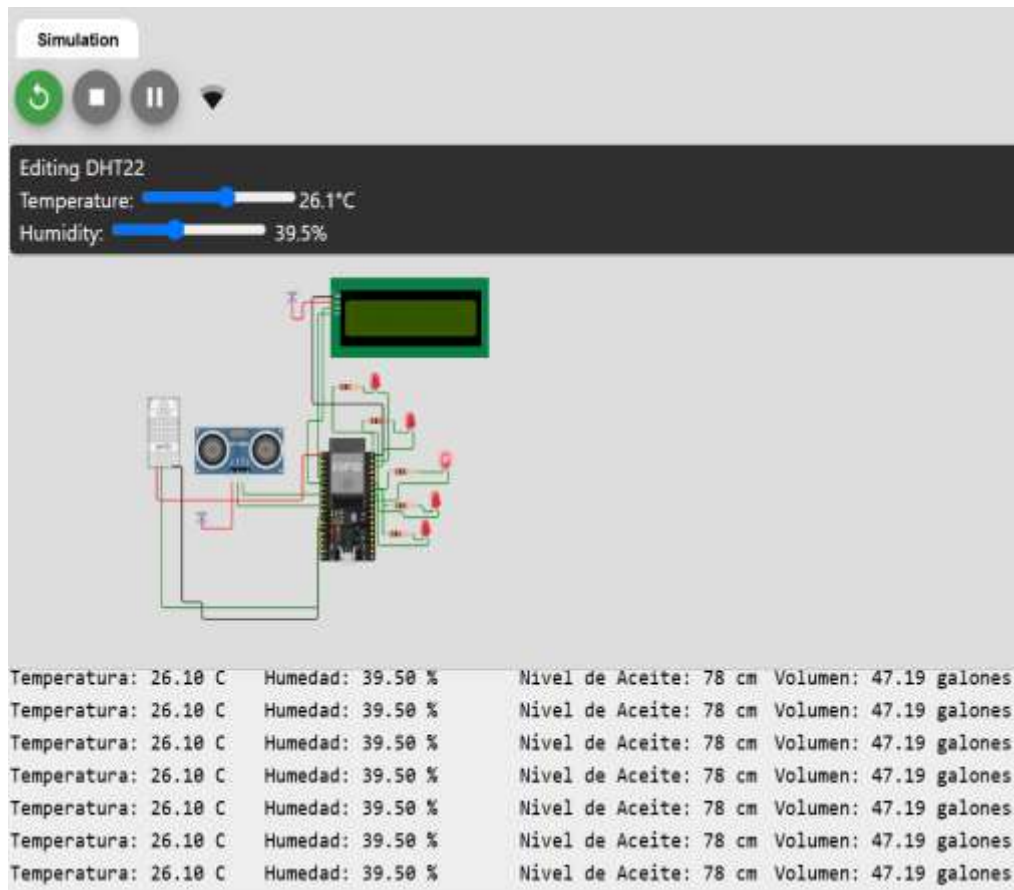
En la tabla No. 13 se presenta los parámetros a medir y los valores críticos de las variables los cuales van a ser controlados experimentalmente.

Tabla No. 13 Parámetros Controlados Experimentalmente para verificar funcionamiento de accionadores y sensores del sistema automatizado

Variables	Valores	
	Críticos	Acciones del sistema
Temperatura Ambiente	$T > 30\text{ C}$	Prender ventilador
Humedad Ambiente	$\% > 70\ \%$	Prender ventilador
Temperatura de aceite	$T > 28\text{ C}$	Prender ventilador
Nivel de aceite	$H > 75\text{cm}$	Prende alarma y prende foco rojo
Nivel de aceite Medio	$H > 50\text{cm}$	prende foco naranja
Nivel de aceite funcionando		Prende foco amarillo

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

En la Imagen No. 6, se muestra tomas de temperatura ambiente, humedad, nivel de aceite y volumen del tanque de almacenamiento realizadas por los sensores escogidos con el código de programación desarrollado en Wokwi en primera instancia de la investigación en el monitor del computador.

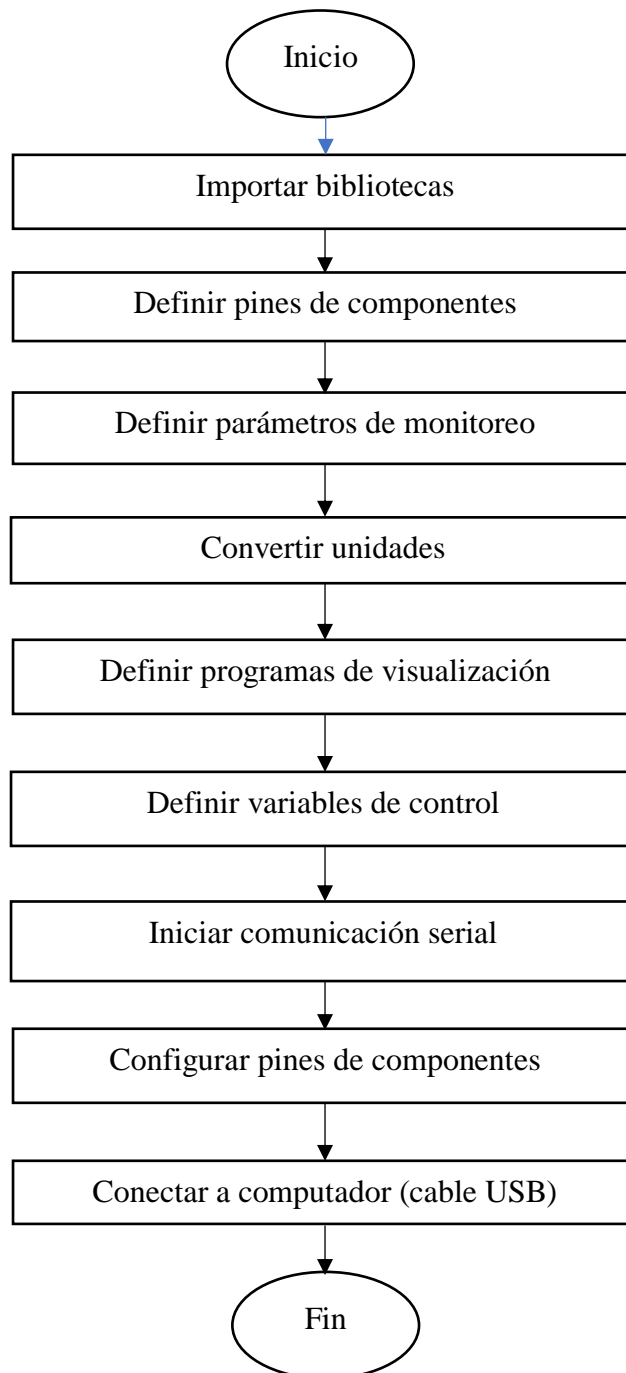


**Imagen No.6** Captura de pantalla de funcionamiento del código de programación en Wokwi.

Elaborado por: Katusca Valle, 2025



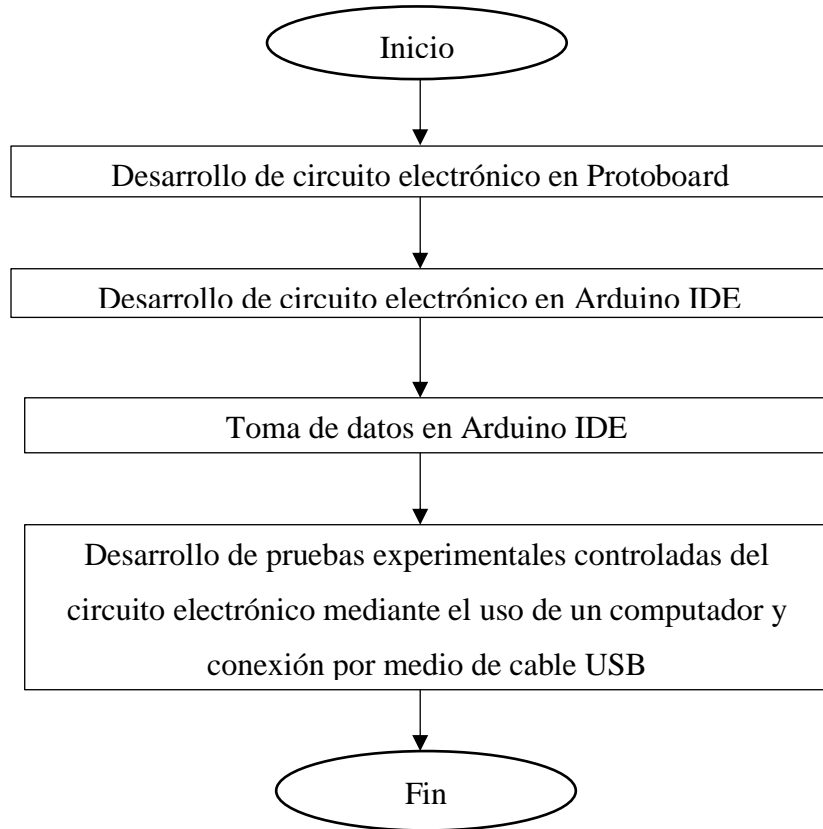
En la imagen No.8 se presenta el proceso de creación del código de programación en Arduino IDE, que posee librerías necesarias para los requerimientos del sistema.



**Imagen No. 8** Proceso de creación del código de programación.

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

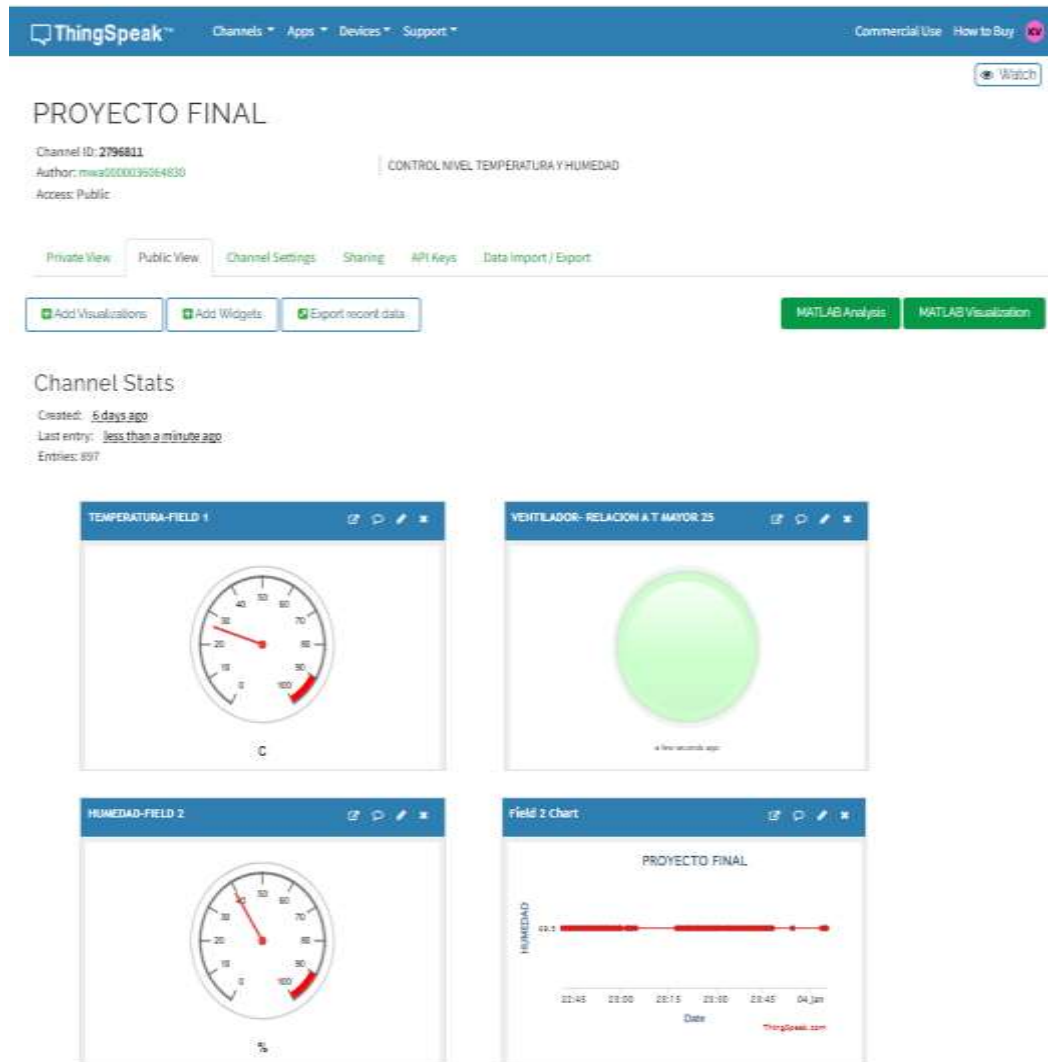
En la imagen No. 9 se muestra el proceso de desarrollo de automatización del sistema de almacenamiento de aceite de desecho con IoT.



**Imagen No. 9** Diagrama de desarrollo de circuito electrónico y funcionalidad

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

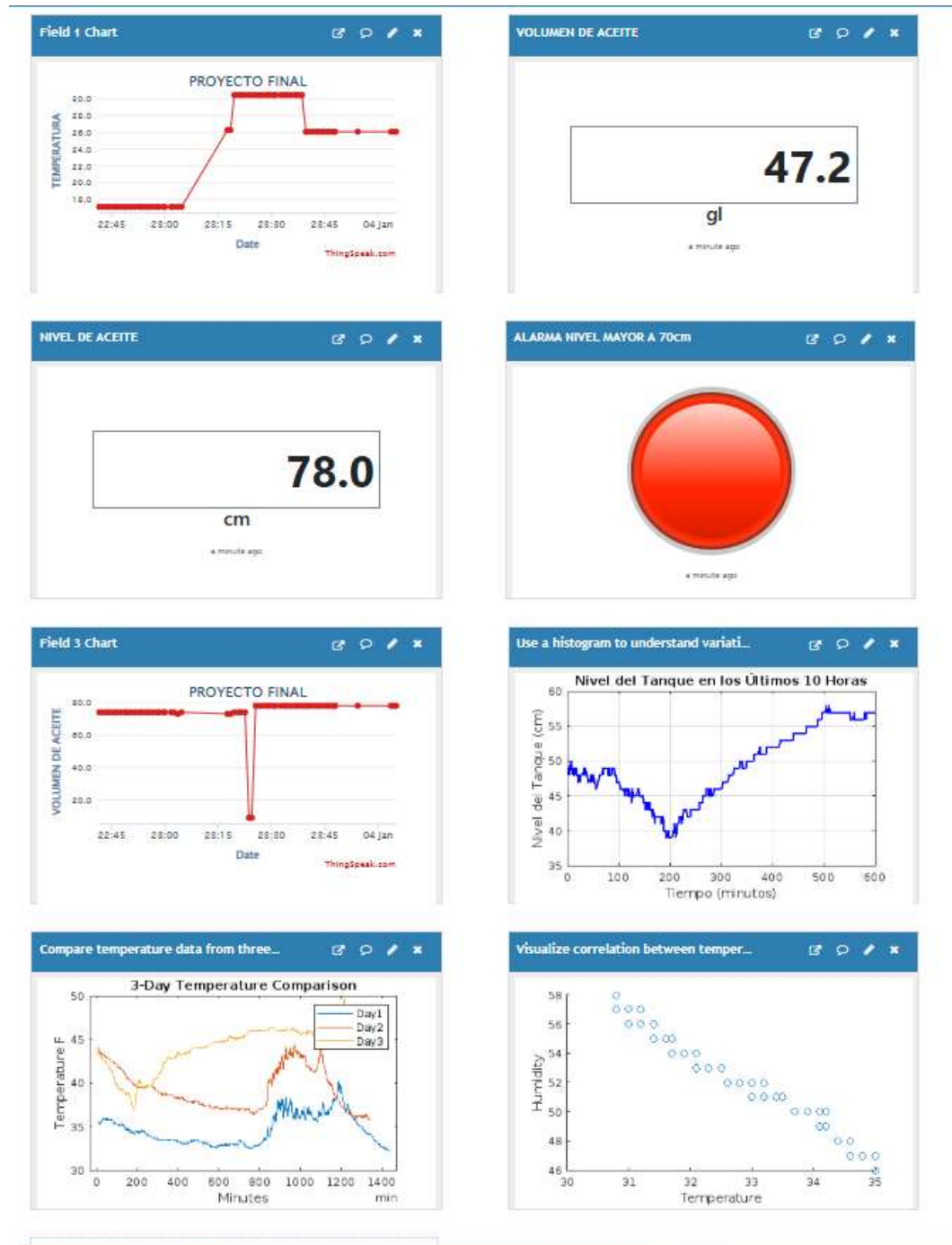
La imagen No. 10, muestra la captura del canal de ThingSpeak denominado Proyecto Final, el cual se puede acceder por medio del siguiente hipervínculo: <https://thingspeak.mathworks.com/channels/2796811> y está programado como canal para vista pública.



**Imagen No. 10** Captura de pantalla Proyecto Final elaborado en ThingSpeak

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La Imagen No. 11, muestra gráficos realizados en ThingSpeak - Proyecto Final Mediciones de Temperatura y Humedad del sensor DHT 21 y un indicador de temperatura ambiente que se activa si esta es mayor a 30C.



**Imagen No. 11** Captura de pantalla de canal de ThingSpeak que muestra widgets y gráficos hechos con MatLab Visualizations

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

**Cronograma de actividades**

A continuación, se presenta la tabla No. 14, que contiene un Diagrama de Gant correspondiente a la planificación de actividades a realizar para el diseño de un prototipo para el almacenamiento de aceite usado de vehículos con tecnología IoT,

**Tabla No. 14** Cronograma de actividades para el desarrollo de la propuesta

Nombre de la tarea	Duración (días)	Inicio	Fin	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
				2024				2024				2025				2025				2025			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
				S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a			
Curso de automatización de sistemas de manufactura	30	11/15/24	12/15/24																				
Selección de componentes sistema almacenamiento con IoT	8	11/20/24	11/28/24																				
Selección componentes tanque	8	11/30/24	12/8/24																				
Selección de proveedor componentes IoT	6	12/25/24	12/31/24																				
Selección de proveedor de componentes tanque	2	1/2/25	1/4/25																				

Nombre de la tarea	Duración (días)	Inicio	Fin	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
				2024				2024				2025				2025				2025			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a				S e m a n a							
Compra de componentes IoT	5	1/6/25	1/11/25																				
Curso de programación IoT	6	1/13/25	1/19/25																				
Acople de componentes tanque	4	1/13/25	1/17/25																				
Pruebas de programación con componentes acoplados	30	1/13/25	2/12/25																				
Pruebas de sistema IoT acoplado	30	1/13/25	2/12/25																				
Desarrollar visualizaciones en Virtuino	3	2/15/25	2/18/25																				
Desarrollar visualizaciones y cálculos en ThingSpeak	3	2/21/25	2/24/25																				
Entrega de propuesta	1	2/25/25	2/26/25																				
Ajustar documentación para entrega formal	15	2/26/25	3/13/25																				

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Análisis de costos

### Inversión Inicial

La tabla No.15 muestra el costo de la inversión inicial que requirió el sistema con tecnología IoT.

**Tabla 15** Costo del Tanque de Almacenamiento y mano de obra

Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Total
Tanque de 55gl	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Zapatillas 1/2	2	\$ 0.25	\$ 0.50
Tuerca 6mm	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Broca 1/4 de hierro	1	\$ 1.40	\$ 1.40
Conector 1/2	1	\$ 4.50	\$ 4.50
Llave 1/2	1	\$ 2.40	\$ 2.40
Neplo 1/2	1	\$ 0.70	\$ 0.70
Cauchos 1/2	2	\$ 0.90	\$ 1.80
Contratuerca 1/2	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Teflon	1	\$ 0.30	\$ 0.30
Silicón pequeño	1	\$ 1.50	\$ 1.50
Pernos de 1 x 1/4	4	\$ 0.40	\$ 1.60
Unión par	1	\$ 0.40	\$ 0.40
15Mts Manguera flex 1/2	15	\$ 0.85	\$ 12.75
Tapón 1/2	1	\$ 0.40	\$ 0.40
1 Mts Manguera de 1/2	1	\$ 0.75	\$ 0.75
Mano de obra tanque	1	\$ 20.00	\$ 20.00

Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Total
Mano de obra tapa	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Soporte de tanque	1	\$ 5.00	\$ 5.00
Transporte	3	\$ 8.00	\$ 24.00
Subtotal			\$ 116.00
IVA 15%			\$ 17.40
Valor total			\$133.40

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La tabla No. 16, muestra el costo de los componentes IoT utilizados en el prototipo.

**Tabla No. 16** Costo de Componentes IoT utilizados en el prototipo

Código	Cantidad	Descripción	P Unit.	Total
SEN0004	1	Sensor termocupla tipo k tornillo tipo k tornillo m6 50cm cable metal	\$ 5.22	\$ 5.22
SEN00032	1	Modulo sensor jsn-sr04t ultrasonico	\$13.91	\$ 13.91
SEN00016	1	Modulo sensor de temperatura y humedad ambiente dht21	\$ 8.70	\$ 8.70
DIS0011	1	Lcd 20*4 + modulo i2c	\$ 9.57	\$ 9.57
MOD0146	1	Modulo esp32 esp-32 WIFI Bluetooth 38 pines	\$ 8.26	\$ 8.26
BUZ0001	1	Buzzer 3-24v sonido continuo sfm-20b	\$ 1.30	\$ 1.30

Código	Cantidad	Descripción	P Unit.	Total
CAJ0009	1	Caja plástica abs 200*120*75mm	\$ 5.22	\$ 5.22
CAB0011	1	Kit de 40 cables Arduino 20cm de longitud macho- hembra	\$ 1.74	\$ 1.74
CAB0010	1	Kit de 40 cables Arduino 20cm de longitud macho- macho	\$ 1.74	\$ 1.74
CAB0012	1	Kit de 40 cables Arduino 20cm de longitud hembra-hembra	\$ 1.74	\$ 1.74
PWS0098	1	Adaptador cargador 110vac/5vdc 2aplug dc005 Arduino uno mega	\$ 4.35	\$ 4.35
VEN0002	1	Ventilator 5v 10cm redondo	\$ 4.35	\$ 4.35
ACC046	1	Conector convertidor Jack dc005 a bornera de 2 pines	\$ 0.70	\$ 0.70
IT001	1	Componentes electrónicos, sensores y/o módulos	\$ 4.78	\$ 4.78
	1	Protoboard	\$12.00	\$ 12.00
			<b>Subtotal</b>	<b>\$ 78.80</b>
			<b>IVA 15%</b>	<b>\$ 11.82</b>
			<b>Total</b>	<b>\$ 90.62</b>

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

Las pruebas fueron ejecutadas de manera aleatoria con el fin de asegurar que las mediciones no presentaran sesgos, y los resultados obtenidos coincidan con los valores esperados de los de los sensores respectivos.

Se asigna un operador por cada par de parámetros, lo que facilita la validación del modelo prototipo desarrollado.

La Tabla No.17, muestra el costo de actividades de monitoreo y control del sistema IoT

**Tabla No. 17** Costo de actividades de monitoreo y control de sistema IoT en tanque de almacenamiento de aceite usado de vehículos

Item	Cantidad	Valor Unit. (hora/hombre)	Total
Programación	5	\$ 50.00	\$ 250.00
Computador	1	\$ 700.00	\$ 700.00
Monitoreo Temperatura y humedad ambiente	40	\$ 3.00	\$ 120.00
Monitoreo de nivel y temperatura de aceite	40	\$ 3.00	\$ 120.00
Monitoreo Virtuino y ThingSpeak	40	\$ 3.00	\$ 120.00
WIFI	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Subtotal			\$ 1340.00
IVA 15%			\$ 201.00
Total			\$ 1541.00

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

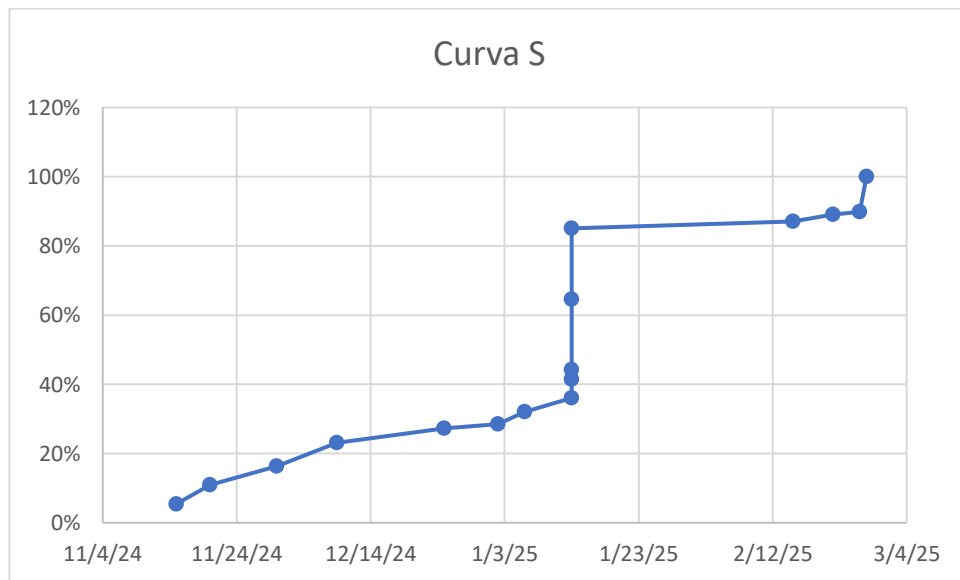
La tabla No.18, contiene el costo total del proyecto de elaboración del prototipo

**Tabla No.18** Costo total del proyecto

Descripción	Total
Tanque de almacenamiento	\$ 133.40
Componentes IoT	\$ 90.62
Ensamblajes, monitoreo y control	\$ 1,541.00
Alquiler de oficina	\$ 1,000.00
Transporte	\$ 300.00
<b>Total</b>	<b>\$ 3,065.02</b>

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La imagen No.12, describe la curva S, representa el avance acumulado de las actividades realizadas en el desarrollo del prototipo para el manejo y control de aceite usado de vehículos con tecnología IoT.



**Imagen No. 12** Curva S para el desarrollo de Prototipo de almacenamiento temporal de aceite usado de motor de vehículos

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

**Componente Ambiental:**

El almacenamiento de aceite usado de vehículos involucra diversos aspectos ambientales que deben ser gestionados adecuadamente para evitar impactos negativos en el entorno. Los principales aspectos incluyen:

**Contaminación del suelo y Agua:** Se debe evitar el derrame de este aceite que es considerado como desecho tóxico, que al entrar en contacto con el suelo o agua puede generar efectos perjudiciales en el terreno a su alrededor.

**Emisión de gases contaminantes:** Se controla la temperatura de este desecho tóxico porque al subir la temperatura genera gases contaminantes los que son perjudiciales para la salud.

**Riesgos en la salud humana:** En contacto directo con la piel o mucosas del cuerpo ocasionan irritabilidad y la exposición cotidiana puede producir riesgos para la salud por presencia de sus constituyentes como son metales pesados y otros compuestos químicos en su composición.

**Generación de residuos peligrosos:** El aceite usado de vehículos se encuentra catalogado internacionalmente como residuo peligroso, por consiguiente, debe manejarse con el debido cuidado dentro de un establecimiento que almacena este residuo tóxico debido a que podría acentuar riesgos ambientales.

## **CAPÍTULO IV**

### **EJECUCION DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **Justificación de la ejecución**

Desarrollar un prototipo para la investigación de un tema determinado donde se incluye componentes de alto valor económico justifica en primera línea su creación.

Prototipos son modelos iniciales de un producto que simula su diseño y funcionalidad. Se crean para probar conceptos, recolectar comentarios e iterar en el diseño antes que el producto final sea desarrollado [21].

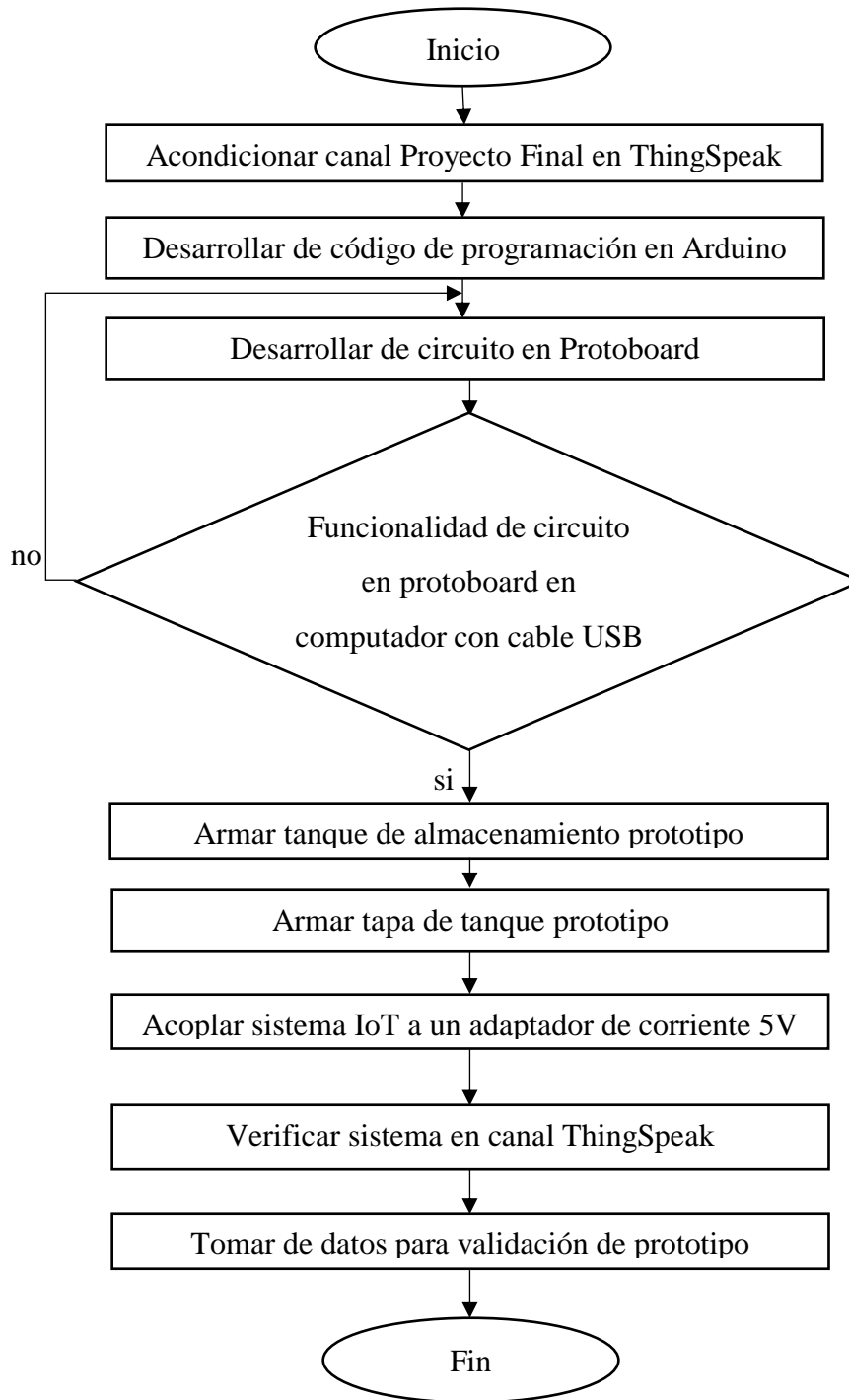
Los prototipos permiten plasmar ideas del diseñador, cliente, operadores en una sola presentación la cual puede ir variando en el tiempo de acuerdo a los requisitos y nuevos requerimientos que surjan durante la investigación ya sea por condiciones del trabajo, del sistema o el tiempo disponible para su propuesta inicial.

La principal ventaja que presentan los prototipos es el costo inicial para construirlos debido a que se pueden desarrollar con componentes económicos en sus diferentes secciones dependiendo de la tecnología a utilizar, la investigación y la puesta en marcha del mismo.

Este capítulo presenta las pruebas de funcionamiento del prototipo desarrollado, además de su evaluación de desempeño. Es decir, se comprobará tanto la viabilidad técnica como la práctica que indica la bibliografía.

## Proceso de ejecución de la propuesta

La Imagen No. 13, muestra el proceso de ejecución del prototipo



**Imagen No. 13** Proceso de Ejecución

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## **Desarrollo y seguimiento**

Se hace uso del programa ThingSpeak para visualización en tiempo real y remoto.

El Anexo No. 3, muestra el código de programación que se utilizó para la construcción del circuito electrónico en la protoboard.

El Anexo No. 4, muestra un extracto de datos tomados por el sistema automatizado.

El Anexo No. 5, muestra medición de temperatura por sensor y por termómetro digital – errores absolutos y relativos.

El Anexo No .6, muestra mediciones de humedad tomadas tanto por el sensor como por el termómetro digital con sus respectivos errores absolutos y errores relativos.

El Anexo No. 7, muestra el esquema de conexión en Wokwi y su funcionamiento.

El Anexo No. 8, muestra el plano del tanque de almacenamiento.

El Anexo No. 9, muestra el plano del circuito electrónico.

## **Resultados Obtenidos**

Durante un período de cuatro meses se recopilaron datos a partir de la implementación del código de programación del sistema. No obstante, para cada uno de los parámetros observados en las pruebas experimentales, se realizó un proceso de selección de datos con base en los ajustes realizados a los componentes del circuito electrónico y su respectiva calibración. Este procedimiento permitió asegurar la validez y confiabilidad de la información obtenida en las distintas fases del experimento.

Es así que en el Anexo 4, se presenta una muestra representativa de los datos exportados directamente desde el canal de la plataforma ThingSpeak, denominado *Proyecto Final*, correspondientes a un periodo de tiempo que inicia en el tercer mes desde la creación del canal. Esta muestra refleja el comportamiento de las variables monitoreadas luego de la estabilización y ajuste del sistema.

En el Anexo No. 10, se muestra la imagen del ventilador que prende cuando la temperatura ambiente captada por el sensor DHT21 es de 30 C.

Los focos Leds se programaron para que trabajen de la siguiente manera:

Cuando está prendido el sistema se prende el foco amarillo, ver Anexo 11.

Cuando el nivel de aceite se encuentre entre 50cm y 75cm, se prende el foco color naranja como se muestra en el Anexo 12; y cuando el nivel de aceite se encuentre a más de 75cm de altura, se prenderá el foco rojo como se aprecia en el Anexo 13, que se encuentra en 76cm de altura, lo cual indica, que el tanque está próximo a llenarse y el operador deberá avisar al dueño del lubricentro para que realice la gestión de llamar a la empresa que recolecta el aceite en la ciudad.

También se corrobora que el sensor ultrasónico está acoplado a la tapa del tanque a una altura de la superficie de 15cm debido a que la distancia mínima que mide el sensor ultrasónico es de 20cm. Ver Anexo 14 .

Adicional a la toma de mediciones, con ayuda de MatLab Analysis y la fórmula que involucra área y volumen, se realizó el ingreso de esta, dando como resultado la cantidad de aceite en galones que se encuentran en el tanque de almacenamiento y visualiza en la pantalla LCD instalada en el Protoboard lo cual se puede verificar tanto en la pantalla del computador como en la pantalla LCD.

Ver Anexo No. 15. Fotos de cantidad de galones en tanque y en Arduino

En el marco del desarrollo de sistemas tecnológicos, se identifican distintos tipos de prototipos, entre ellos los denominados prototipos de viabilidad. Estos tienen como propósito evaluar la funcionalidad prevista del producto, mediante la verificación de su factibilidad técnica y operativa [22].

Los prototipos de viabilidad permiten, además, identificar barreras técnicas y operativas, explorar tecnologías emergentes y reducir los riesgos asociados al desarrollo del producto [23], es por esto que se presenta a continuación la validación del prototipo desarrollado, sustentada en la selección de acciones,

enfoques teóricos y técnicas de verificación de funcionalidad, así como en la evaluación integral de su desempeño bajo condiciones controladas.

### Evaluación de la ejecución

Para la evaluación de la ejecución se realizaron diferentes pruebas pasando por pruebas de resistencia de esfuerzos en material utilizado para el tanque prototipo, pruebas estadísticas que ayudan a corroborar formalmente el funcionamiento de componentes, equipos, programas y sistemas que comprenden un todo de un todo, para luego llegar al análisis de los resultados y con esto dar conclusiones del trabajo realizado.

La tabla No.19, muestra los componentes del sistema automatizado con IoT, las pruebas realizadas para corroborar la funcionalidad del prototipo.

**Tabla No. 19** Evaluación del prototipo

Evaluación del prototipo	
Verificación	Tanque- Esfuerzo Máximo Von Mises = $71418.05 \text{ N/m}^2$
Funcional	Tanque- Esfuerzo Máximo fórmula = $7753.76 \text{ N/m}^2$ Programación de circuito electrónico.- Arduino IDE Mediciones en ThingSpeak pantalla computador Mediciones en pantalla LCD Comunicación y Visualización.- ThingSpeak
Validación	Comparación Temperatura sensor Vs. patrón digital Comparación Humedad sensor Vs. patrón digital
Experimental	Volumen sensor Vs. Volumen por fórmula Errores absoluto y relativo de temperatura, humedad y cantidad aceite Evaluación estadística.- Coeficiente de correlación de Pearson, Kendal y Bland-Altmon
Pruebas en entorno real	Fotos de prototipo Entrevista con el dueño de lubricentro Tarquino Junior

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Verificación funcional

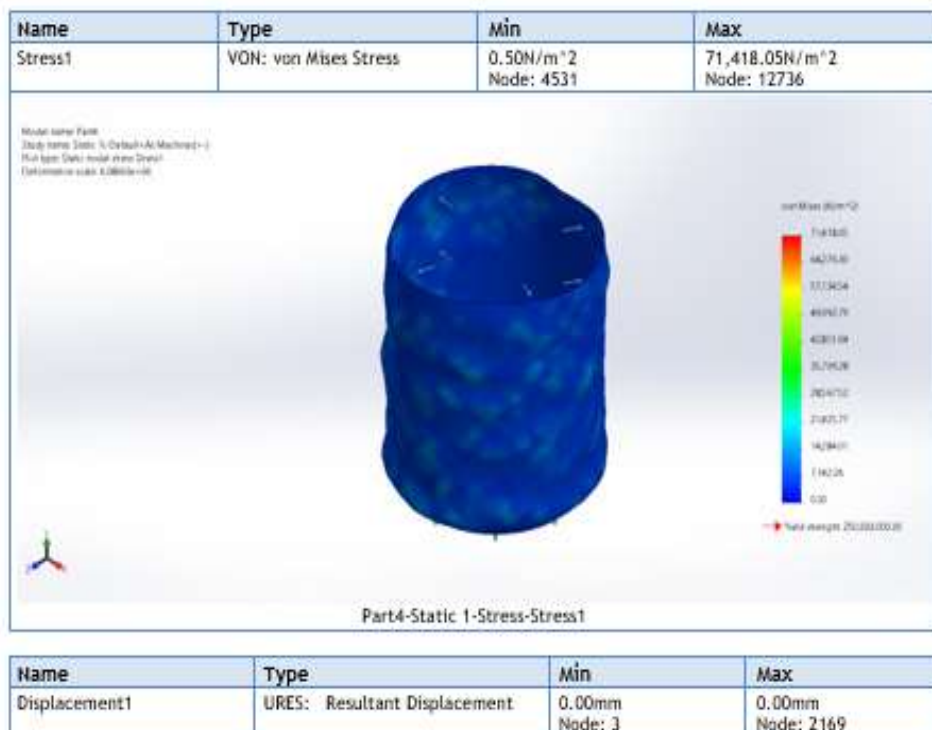
### Tanque de almacenamiento

En esta parte de la validación se realizó pruebas de esfuerzos para saber si el tanque construido es capaz de contener la cantidad de aceite que sugiere la fórmula.

Se realizó el diseño del tanque de almacenamiento con la ayuda del programa SolidWorks, se hizo una simulación y se aplicó fuerza perpendicular a las caras del tanque para encontrar el esfuerzo de Von Mises el cual en ingeniería estructural se lo usa respecto a la teoría de fallo como el indicador de un buen diseño para materiales dúctiles; es así que:

La imagen No. 14 muestra los resultados del estudio de fuerza Von Mises.

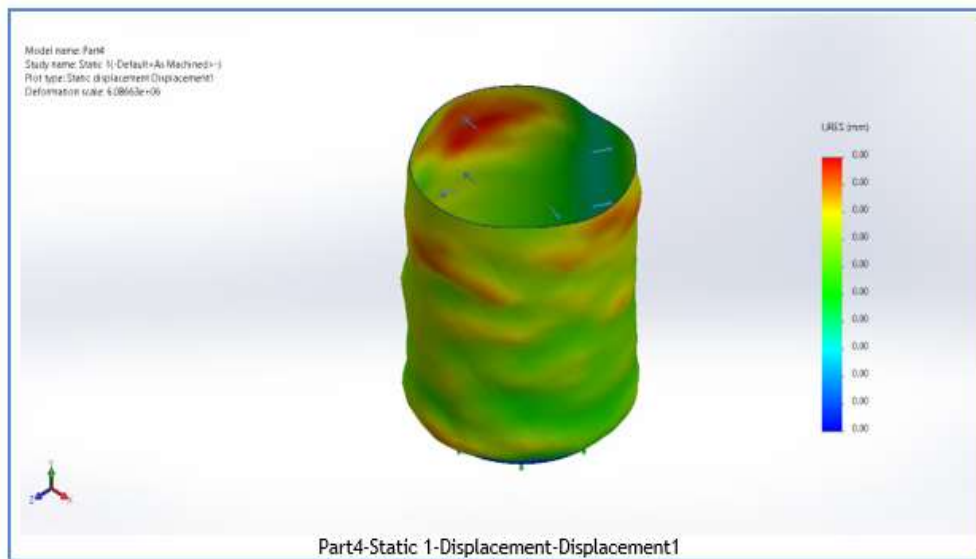
#### Study Results



**Imagen No. 14** Diagrama de Esfuerzo de Von Mises:

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

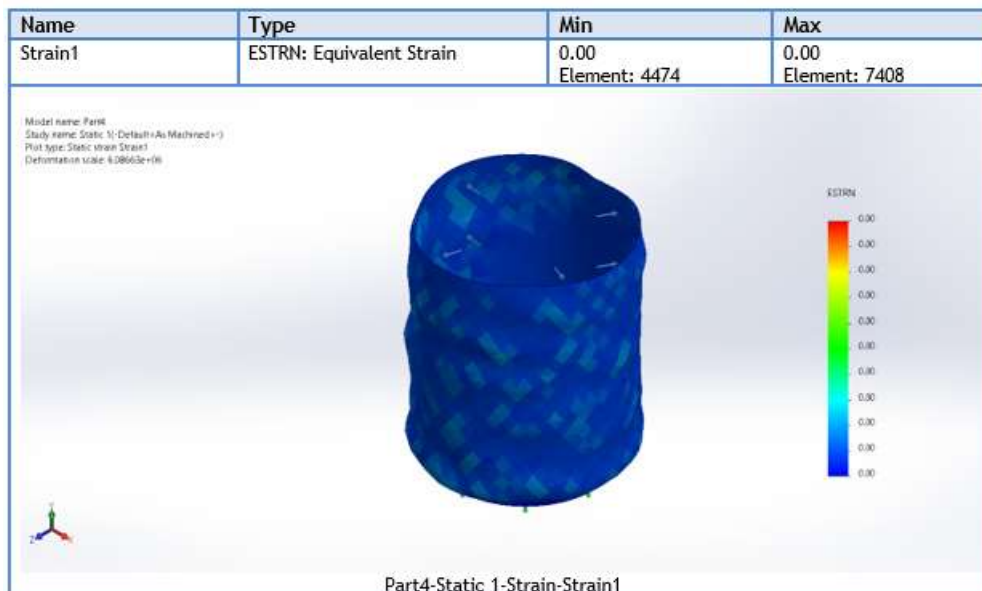
La imagen No. 15 muestra el estudio de desplazamiento con la fuerza aplicada del aceite en el interior del tanque



**Imgena No. 15** Diagrama del Estudio de Desplazamiento

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La imagen No. 16, muestra el esfuerzo equivalente a la fuerza aplicada simulada.

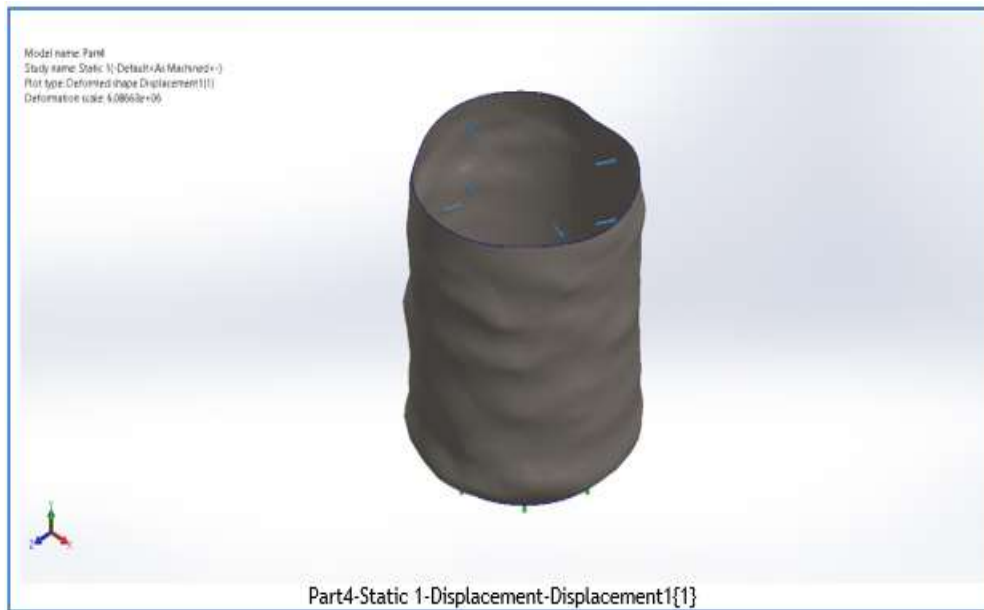


Name	Type
Displacement1{1}	Deformed shape

**Imagen No. 16** Diagrama del Esfuerzo Equivalente

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La imagen No.17, muestra el diagrama de desplazamiento estático del tanque con la carga aplicada.



**Imagen No. 17** Diagrama del Desplazamiento Estático

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

Y se contrasta con el esfuerzo que el aceite ejerce en el fondo del tanque.

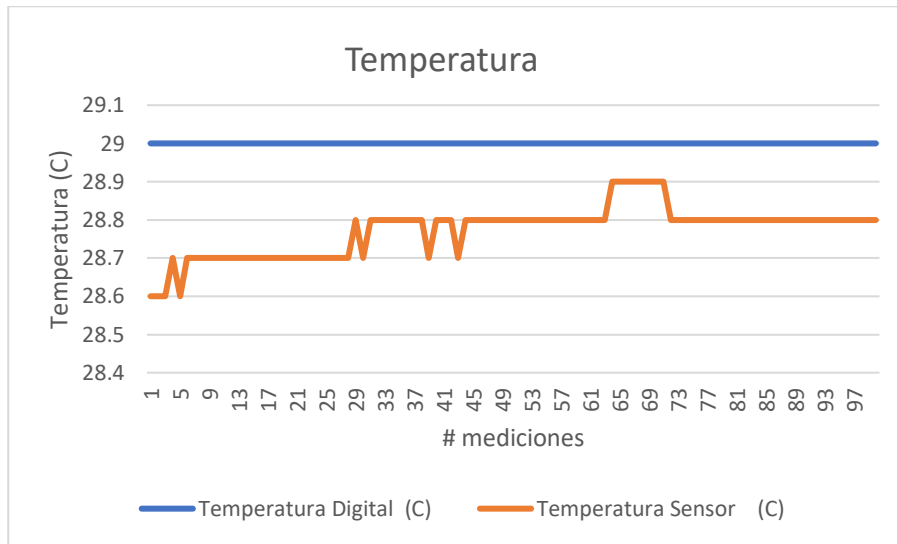
Presión en el fondo del tanque= Densidad Aceite \* gravedad \* altura

$P = \delta * g * h$  ; En donde:  $\delta$  (densidad del aceite)= $920\text{kg/m}^3$ ,  $g= 9.8\text{m/s}^2$ ,  $h=0.86\text{m}$

$P = 7,753.76 \text{ kg/ms}^2 = 7,753.76 \text{ Pa} = 7,753.76 \text{ N/m}^2$

Programación de circuito electrónico

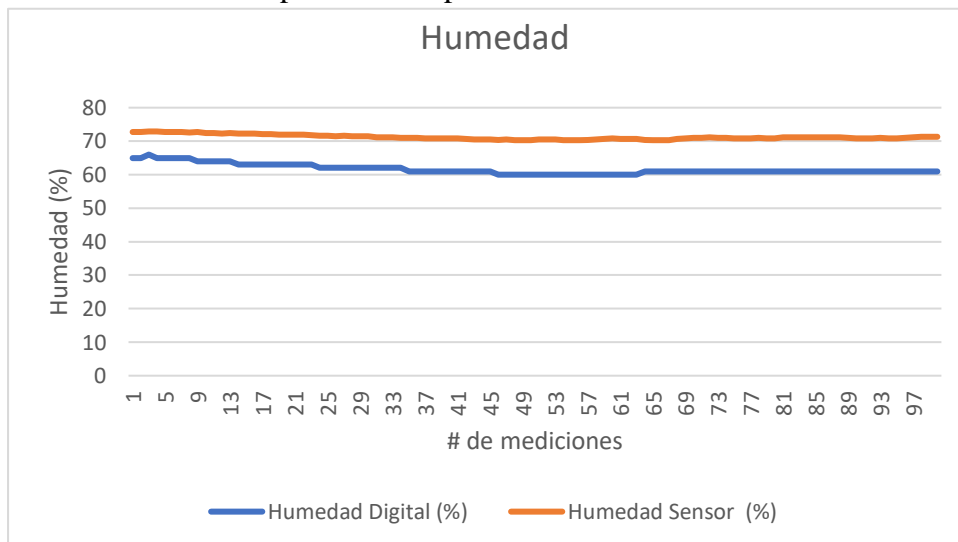
El gráfico No.12, muestra mediciones de temperatura realizadas por ThingSpeak, visualizadas tanto en la pantalla computador como en la interfaz de usuario.



**Gráfico No. 12** Diagrama de tomas de temperatura realizadas cada día

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

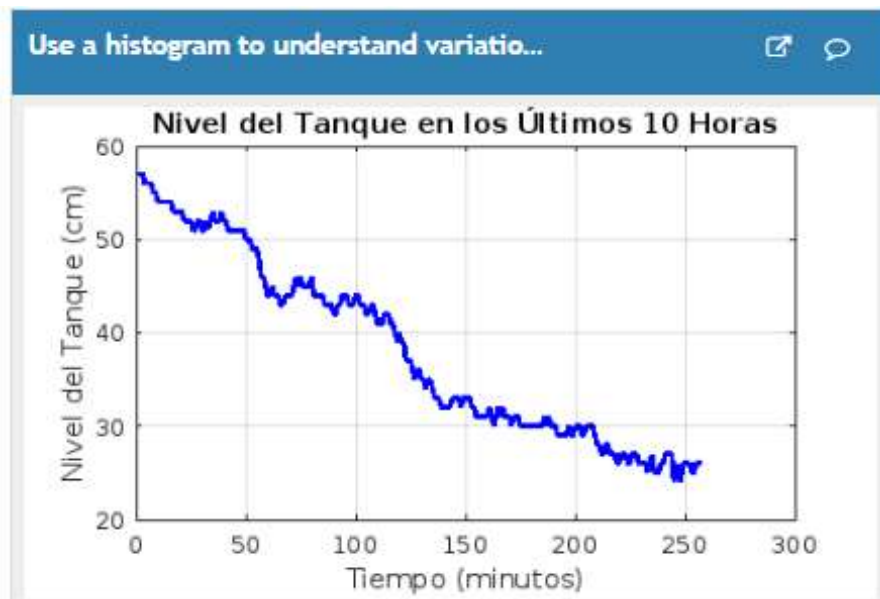
El gráfico No. 13, muestra mediciones de humedad realizadas por ThingSpeak, visualizadas tanto en la pantalla computador como en la interfaz de usuario.



**Gráfico No. 13** Diagrama de tomas de humedad realizadas cada día

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

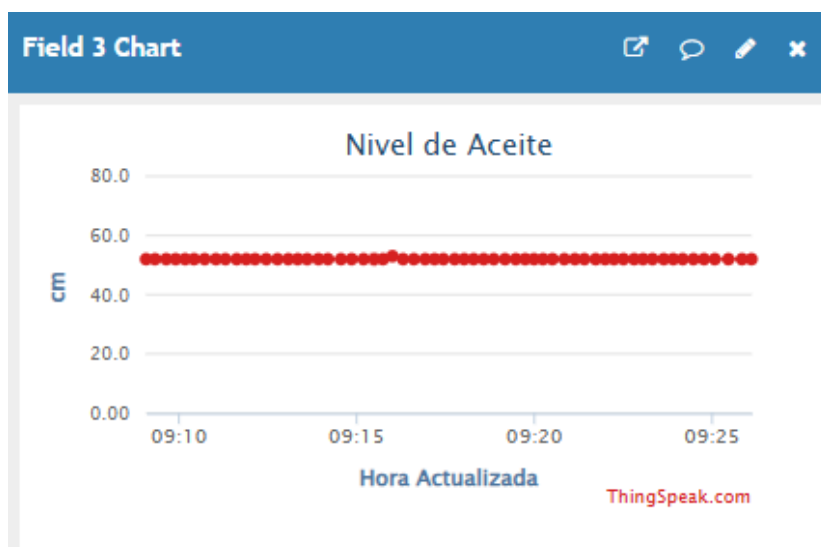
El gráfico No. 14, muestra un histograma del nivel de aceite en el tanque con respecto a tiempo transcurrido, visualizada en ThingSpeak.



**Gráfico No. 14** Histograma Nivel de tanque en tiempo transcurrido en ThingSpeak

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

EL gráfico No.15, muestra variación de nivel de aceite en tanque respecto a tiempo transcurrido, tomada por ThingSpeak en 15inutos.



**Gráfico No. 15** Nivel de aceite vs. Tiempo transcurrido

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Mediciones en Pantalla LCD

La imagen No. 18, muestra la pantalla LCD con datos de temperatura, humedad, nivel y cantidad que arrojan los sensores instalados en el sistema.



**Imagen No. 18** Pantalla LCD

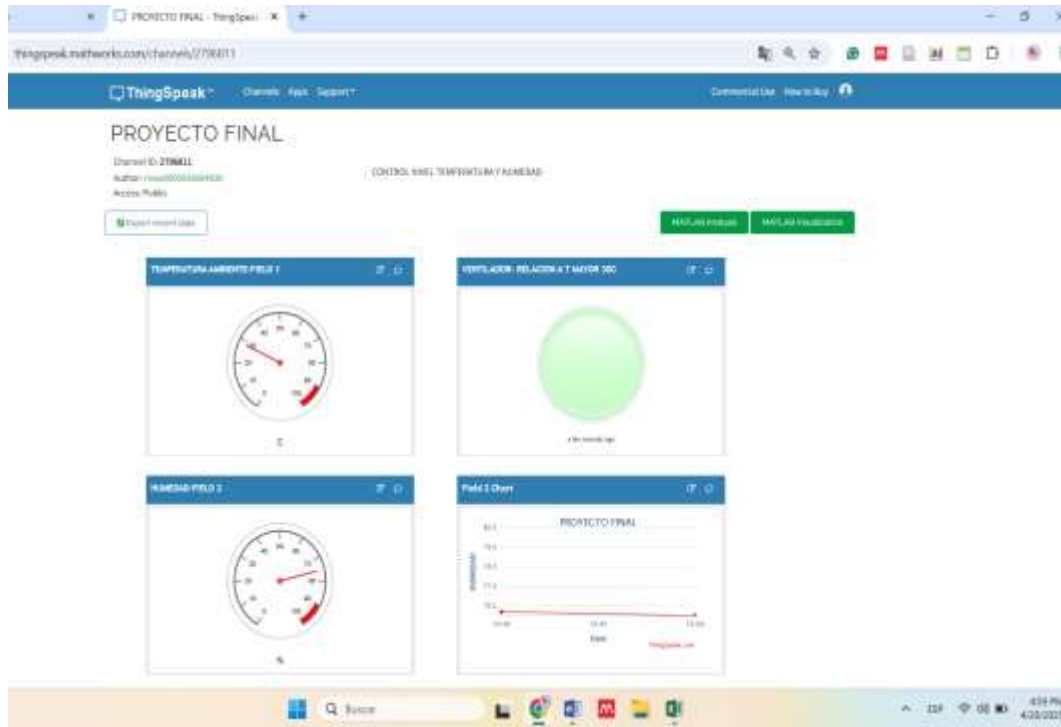
Elaborado por: Katusca Valle, 2025

## Comunicación y Visualización - ThingSpeak

La siguiente tabla muestra un extracto de la generación de datos tomados por los sensores automáticamente, descargadas desde ThingSpeak del Canal Proyecto Final, canal público para visualización de mediciones.

Tabla de datos exportada a Excel que los sensores envían cada 15 segundos a ThingSpeak.

La imagen No. 19, muestra parámetros medidos por los sensores del sistema automatizado con widgets para su visualización en tiempo real a través del Canal Proyecto Final en ThingSpeak.



**Imagen No. 19** Captura de pantalla de widgets colocados en ThingSpeak para visualización de parámetros tomados con sensor.

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La imagen No. 20, muestra diferentes formas de visualizar mediciones en ThingSpeak



**Imagen No. 20** En Display, Medición realizada por sensor de nivel

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

La imagen No.21, muestra la cantidad de aceite en galones que se encuentra en el tanque almacenamiento.



**Imagen No. 21** En Display, Visualización del resultado de una fórmula matemática

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

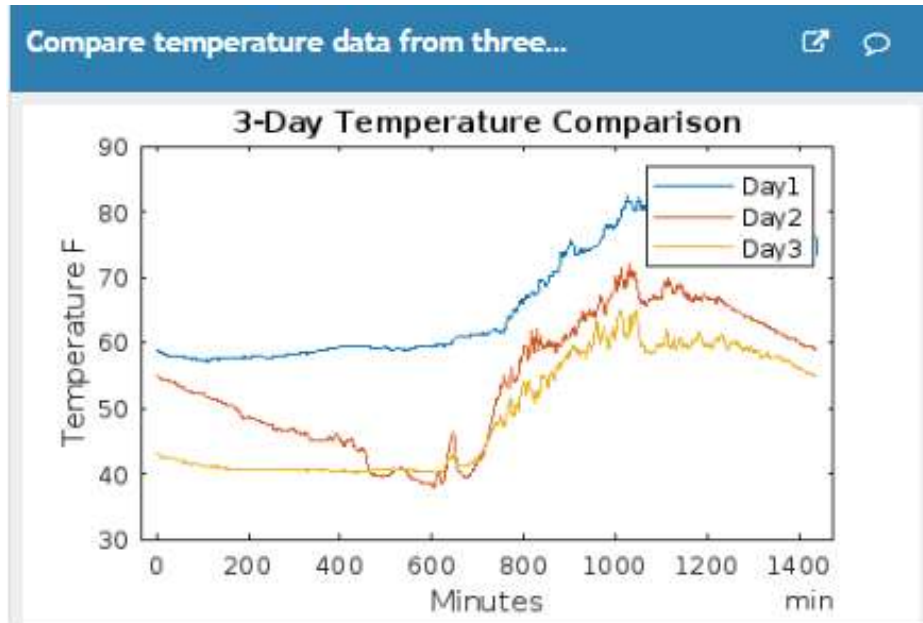
La imagen No. 22, muestra un widget que enciende cuando la temperatura sube a 30C.



Imagen No.22 Con un widget, Visualización del resultado del actuador que recibió la orden del sensor

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El gráfico No. 16, muestra mediciones de temperatura en tres días diferentes con respecto al tiempo.



**Gráfico No. 16** Análisis de parámetros medidos por un mismo sensor en diferentes días de trabajo

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### Validación Experimental

En la validación experimental se realizan comparaciones entre valores de sistemas IoT con otros instrumentos de medición de los parámetros en este caso fue con termómetro digital. Se toma a consideración el cálculo de error absoluto y error relativo para identificar desviaciones del sistema respecto a los valores de referencia y/o calibraciones de los aparatos de medición. Esta acción permite cuantificar la precisión del sistema IoT frente a otros estándares reconocidos.

La tabla No. 20, muestra errores absolutos y relativos tanto de temperatura, humedad y cantidad de aceite en el tanque de almacenamiento.

**Tabla No. 20** Errores Absolutos y Relativos de los parámetros medidos

Parámetro	Error
Temperatura absoluto promedio	0.23 C
Temperatura relativo promedio	0.78
Humedad absoluto promedio	9.61 %
Humedad relativo promedio	13.50
Cantidad absoluto promedio	0.13 gal
Cantidad relativo promedio	0.7

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

El nivel de aceite sirve para el cálculo de la cantidad de aceite que se registra en la pantalla LCD físicamente y puede ser visualizada en el canal de ThingSpeak y el programa Virtuino.

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\text{Volumen} = \text{Área de la base} * \text{altura (h)} = 3.1415927 * r^2 * h$$

$\text{Volumen} = 3.1415927 * (58.2/2)^2 * h$  ; la cual se ingresa en Arduino IDE para que muestre automáticamente la cantidad de galones que serán visualizados tanto en la pantalla LCD in situ, como en el canal ThinkSpeak.

#### Evaluación estadística de Precisión y Exactitud

Este análisis sirve para fortalecer la validación, Se aplica herramientas estadísticas como son:

Coeficiente de correlación de Pearson.- Evalúa la relación lineal entre los valores de ambos sensores. Si el coeficiente está cerca de 1, significa que los sensores responden de manera similar ante los cambios del parámetro medido [24] . Mide la asociación lineal entre las mediciones del sistema y los valores de referencia.

Para realizar esta prueba se tomaron al azar 917 valores de nivel y de cantidad, dando como resultado un valor igual a 1.

La interpretación de correlación según Pearson es la mostrada en la tabla No. 21.

**Tabla No. 21** Interpretación de correlación de Pearson

Interpretación de correlación entre variables	
$r = 1$	Correlación perfecta
$0.8 < r < 1$	Correlación muy alta
$0.6 < r < 0.8$	Correlación alta
$0.4 < r < 0.6$	Correlación moderada
$0.2 < r < 0.4$	Correlación baja
$0 < r < 0.2$	Correlación muy baja
$r = 0$	Correlación nula

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

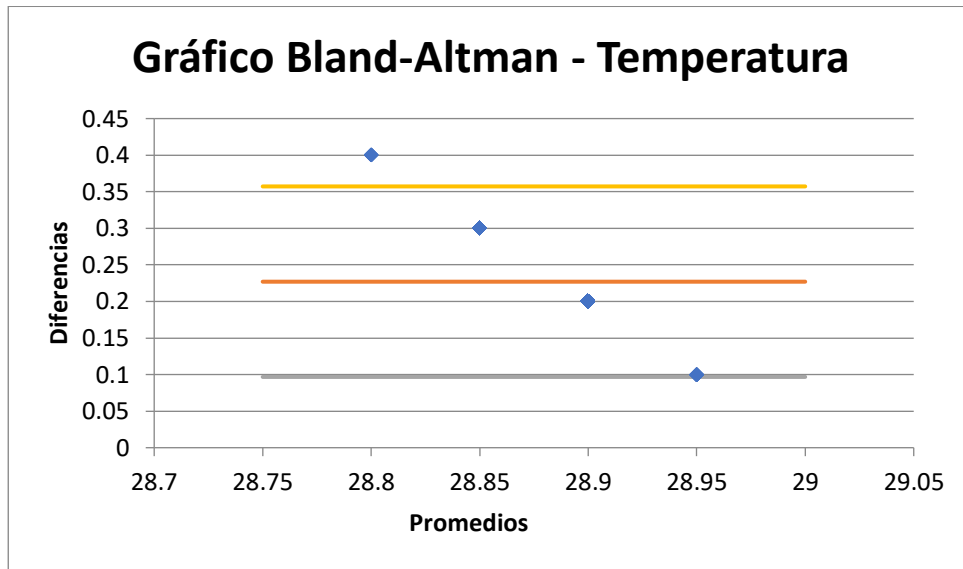
Coefficiente de correlación de Kendall.- indica la fuerza y la dirección de la relación entre dos variables [25], lo que indica una correlación perfecta.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Kendal para mediciones de temperatura con sensor y digital, el cual dio 1.

Kendal para mediciones de humedad con sensor y digital también dio una correlación perfecta igual a 1.

Se realizó el gráfico de Bland-Altman.- sirve para analizar visualmente la diferencia entre métodos de medición y detecta sesgos sistemáticos. La técnica consiste en representar gráficamente los datos y dibujar una línea de igualdad donde se ubican todos los puntos si los dos medidores dieran exactamente la misma lectura cada vez. Es una técnica de apreciación visual del grado de concordancia entre las mediciones [26]. Compara diferencias entre los valores medidos por los sensores contra el promedio de ambos. Permite identificar sesgo sistemático (si uno de los sensores siempre mide más o menos ) y si las diferencias son aceptables.

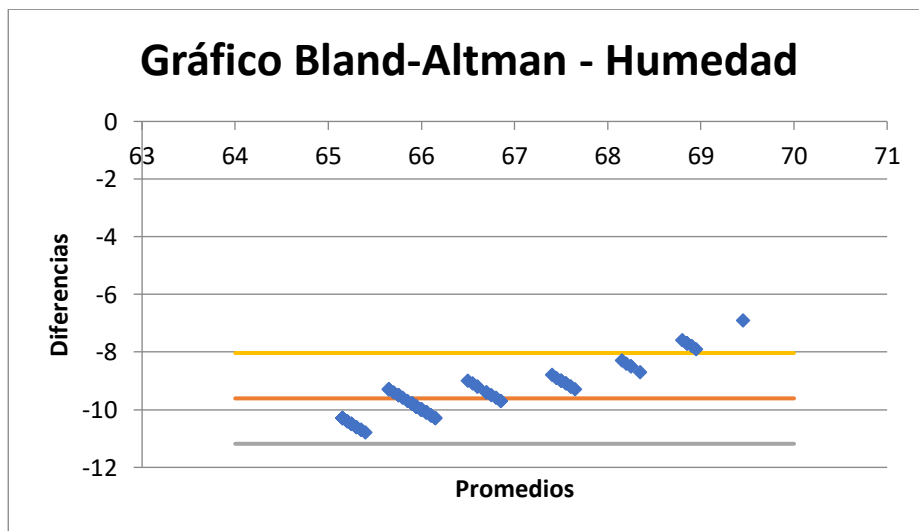
El gráfico No. 17, muestra el gráfico Bland-Altman para temperatura.



**Gráfico No. 17** Gráfico de Bland-Altman para temperatura

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

EL gráfico No. 18, muestra el gráfico Bland-Altman para humedad.



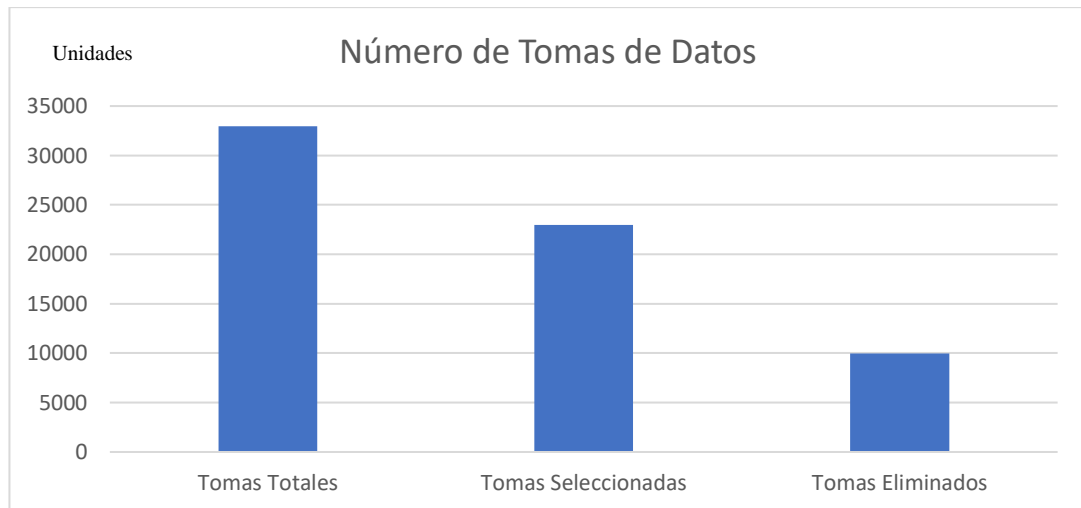
**Gráfico No. 18** Gráfico de Bland-Altman para humedad

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### Pruebas de entorno real

Durante esta etapa se evaluó las variables respecto a transmisión de datos y comunicación, que se realizó cada quince segundos en el canal de ThingSpeak.

El gráfico No. 19, muestra la cantidad de toma de datos por grupo



**Gráfico No. 19** Datos generados por los sensores almacenados en ThingSpeak

Elaborado por: Katusca Valle, 2025

### Entrevista con el dueño del lubricentro

Expresó el dueño que es un sistema totalmente nuevo, no ha sido utilizado en el medio, muy interesante, efectivo, debido a que realizó interacción con el hipervínculo del canal de ThingSpeak, oportuno para realizar el control del aceite desde la comodidad de su hogar inclusive.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

La presente investigación tuvo como resultado el diseño y desarrollo de un sistema automatizado basado en tecnología IoT, orientado al monitoreo y control del almacenamiento de aceite de desecho proveniente de motores de vehículos. Este sistema fue implementado sobre un tanque de almacenamiento temporal (prototipo) de material acero ASTM- A36, preferido ante el tanque de polietileno por su facilidad de conformación y disponibilidad del material en el mercado local, al cual se le acopló una tapa con un medidor de nivel ultrasónico escogido por su exactitud de medición, no posee flotador y su mantenimiento es sencillo, no incluye partes móviles ni mecánicas, además es posible la comunicación por medio de WiFi a diferencia de un nivel manual.

Se escogió el microchip con placa ESP32 por su disponibilidad de trabajar con WiFi y BlueTooth, es muy usado en proyectos con IoT, así como también es compatible con ARDUINO IDE el cual permite código de programación accesible por todo usuario y también cuenta con herramientas de conexión.

Para medir temperatura y humedad se utilizó el sensor DHT21 por su disponibilidad en el mercado y la similitud con el sensor DHT22, también se midió temperatura y humedad con un sensor digital dando como resultado una diferencia de 2C en todas las mediciones, lo que se hizo para corroborar mediciones fiables.

La programación se realizó en Arduino IDE, tal como se muestra en el Anexo 3.

Para las pruebas mecánicas se consideró el uso del programa SolidWorks, que ayudó a realizar el dibujo y simulación con material y carga aplicada; es un programa de código abierto que cuenta con la opción de simulación. La máxima carga que soporta nuestro tanque es de  $7,754 \text{ N/m}^2$ , mientras que la máxima carga que permite el sistema es de  $71,418.05 \text{ N/m}^2$ , lo cual hace al tanque viable mecánicamente debido a que no se acerca al esfuerzo de Von Mises, el cual se usa en ingeniería estructural en contexto de teorías de fallo como indicador de buen diseño.

El ESP32 es un microcontrolador que permite 5 voltios en uno de sus pines, por tal motivo se colocó un relay convertidor que permite conectar un ventilador de 110Voltios, el cual enciende de acuerdo al código de programación cuando la temperatura ambiente llega a  $30\text{C}$ , así mismo se colocó 3 focos led que encienden color amarillo cuando el sistema está encendido, el color azul cuando el nivel de tanque pasa los 50 cm y se prende un foco rojo cuando el nivel de tanque supera los 75 cm, el nivel lo mide el sensor ultrasónico por medio de ondas que chocan con la superficie del líquido que encuentra en su frente. Este nivel se acopló a la tapa del tanque de almacenamiento. Para su mantenimiento se saca de la tapa fácilmente.

Como se puede observar en la Figura 6, se comprueba la lectura de los parámetros medidos por los sensores en la computadora, así como también se muestra en el Anexo 15, los valores medidos mostrados en la pantalla LCD, además se comprueba la comunicación y el envío de datos por medio del programa ThingSpeak abierto en el celular con nombre de proyecto Final, como captura de pantalla en el Anexo 16. ThingSpeak es un programa de código abierto, de fácil uso, que brinda la posibilidad de aprendizaje tanto por su aplicación como por proyectos subidos por usuarios a nivel mundial, para visualización y cálculo con aplicación de fórmulas en su sistema, para obtener resultados requeridos.

Esta plataforma permite la operación en tiempo real y de forma remota, monitorear y controlar los parámetros del tanque mediante widgets, gráficos, imágenes e incluso análisis estadísticos desde un ordenador o cualquier dispositivo con acceso a Internet mediante un hipervínculo al canal habilitado específicamente para este estudio.

La metodología empleada fue de carácter mixto, integrando enfoques básicos, aplicados y exploratorios. A través de encuestas realizadas a dueños de lubricentros de la ciudad de Guayaquil, se pudo identificar la problemática específica del manejo del aceite usado. Se utilizó una metodología descriptiva para detallar los problemas detectados y los recursos físicos y tecnológicos requeridos, así como los sensores y actuadores incorporados en el sistema. Asimismo, se adoptó una metodología cuantitativa, dado que se analizaron datos capturados por los sensores cada quince segundos. Además, la investigación se fundamentó en un enfoque experimental, manipulando variables independientes en condiciones controladas con el objetivo de observar y describir su comportamiento, validando así el funcionamiento del sistema IoT.

Se llevó a cabo una validación experimental utilizando dos equipos diferentes, uno es el sensor y el otro es un termómetro digital de los cuales se obtuvo como resultado errores absolutos y errores relativos para temperatura de 0.4% y 1.4%, para mediciones de humedad alcanzó un promedio del 8,5%, y de nivel y cantidad de aceite de desecho.0,8% y 4,9%. Por lo que concluimos que el sensor de nivel mide con una precisión de 0,1% a 3%, como lo indica su especificación técnica.

Complementariamente se realizaron análisis estadísticos los cuales permitieron conocer el nivel de concordancia entre los dos métodos de medición como es el manual/digital, con el sensor electrónico; .empleados en la prueba de Kent que evalúa si la media de la muestra difiere significativamente de un valor específico lo cual no se muestra así. Cabe indicar que el error relativo promedio para humedad fue de 12% por lo que no se acepta la calibración del termómetro digital con respecto al sensor DHT21.

Se realizó con el coeficiente de correlación de Pearson la asociación lineal entre las mediciones tanto de temperatura como de humedad en donde dio como resultado una correlación igual a 1, es decir una correlación perfecta para temperatura y humedad.

Se realizó el gráfico de Bland-Altman que se muestra en el gráfico 17 y 18 tanto para temperatura como para humedad y sirve para analizar visualmente la diferencia entre los métodos de medición y detecta sesgos sistemáticos.

Finalmente, se realizaron pruebas de usabilidad con el propietario de un lubricentro, quien interactuó con el sistema desde un dispositivo móvil, mostrando interés y satisfacción por la facilidad de uso y la innovación del sistema propuesto. También se presentó un análisis de costos que evidenció una relación costo-beneficio favorable, considerando el ahorro generado al evitar llamadas innecesarias al gestor de disposición final del aceite, así como la simplificación de tareas operativas, el aumento en la productividad, la reducción del riesgo de derrames y la contribución a un entorno de trabajo más limpio, en concordancia con la normativa ambiental vigente.

### **Recomendaciones**

Debido al avance de la tecnología a pasos agigantados y la presencia cada vez mayor de herramientas tanto en hardware como en software para el desarrollo de diseño ingenieril, se recomienda realizar un análisis previo sobre los beneficios de uso y diferencias de aquellas herramientas para poder decidir con mayor prontitud y exactitud los requerimientos del sistema a diseñar.

Se recomienda también realizar una búsqueda exhaustiva previa de los materiales, componentes tanto físicos, eléctricos y electrónicos para el conocimiento del abastecimiento de los mismos durante el desarrollo de la investigación y tener un posible componente secundario para sustitución si no existiera el elegido previamente.

Se recomienda realizar una evaluación continua del prototipo con el fin de garantizar la precisión y confiabilidad de las mediciones obtenidas. Este monitoreo periódico permitirá identificar posibles desviaciones o errores de funcionamiento a tiempo, facilitando los ajustes necesarios en el sistema. Además, para futuras versiones, se sugiere incorporar sensores comerciales validados y certificados, los cuales ofrezcan mayor exactitud, estabilidad y trazabilidad en la adquisición de datos. El uso de este tipo de sensores como referencia permitirá contrastar las mediciones obtenidas con mayor rigurosidad, especialmente en periodos prolongados de monitoreo, asegurando así la validez de los resultados y fortaleciendo el análisis comparativo a largo plazo.

## LITERATURA CITADA

- [1] C. T. Pinheiro, M. J. Quina, and L. M. Gando-Ferreira, "Management of waste lubricant oil in Europe: A circular economy approach," 2021, *Bellwether Publishing, Ltd.* doi: 10.1080/10643389.2020.1771887.
- [2] "Vista de Sostenibilidad en la gestión del aceite mineral usado en establecimientos de lubricación vehicular." Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/3420/6064>
- [3] "TG-ribarguen".
- [4] R. Sánchez and J. Sandoval, "Diseño e implementación de un control de llenado de tanques por medio de un ET200S esclavo", 2023.
- [5] W. Z. Khan, M. Y. Aalsalem, M. K. Khan, M. S. Hossain, and M. Atiquzzaman, "A reliable Internet of Things based architecture for oil and gas industry," in *International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT*, 2017. doi: 10.23919/ICACT.2017.7890184.
- [6] "Un vistazo a las novedades de la tecnología del IoT de la lubricación y el monitoreo de condición - Noria Latín América." Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://noria.mx/lube-learn/analisis-de-aceite/certificacion-mlaiiii/un-vistazo-a-las-novedades-de-la-tecnologia-del-iot-de-la-lubricacion-y-el-monitoreo-de-condicion/>
- [7] H. Kanj, A. Aljeri, and T. Khalifa, "Agent-Based Model for Oil Storage Monitor and Control System Using IoT," in *Studies in Computational Intelligence*, 2024. doi: 10.1007/978-3-031-53717-2\_23.
- [8] V. Razuri-Esteves, V. Valverde-Vera, and G. Vega-Abab, "Waste oil management system from the maintenance of artisanal fishing craft the Peruvian case," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 20, no. 4, 2023, doi: 10.1007/s13762-022-04260-2.

- [9] J. P. Tovar Soto, C. F. Pareja Figueredo, and L. C. Gutiérrez Martínez, “Tecnologías de IoT eficaces para una plataforma de agricultura 4.0,” *Ingeniare*, no. 31, 2022, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.31.8936.
- [10] J. D. Ruiz Ariza, “Sistema de Control y Monitoreo de Consumo Energético para Equipos de Climatización Orientado a Internet de las Cosas (IoT),” *Repositorio Universidad de la costa, cuc.*, 2019.
- [11] J. S. Gómez-Meza, S. V. Matute-Arias, and T. J. Negrete Peña, “Diseño de un prototipo IoT para el monitoreo de material particulado en espacios reducidos utilizando ESP32 con servidor hospedado en la nube,” *Sinergia Académica*, vol. 4, no. 3, 2021, doi: 10.51736/sa.v4i3.58.
- [12] “El Internet de las cosas y su influencia en el medio ambiente.” Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.eude.es/blog/internet-medio-ambiente/>
- [13] E. U. La Revista, “Iniciativa Recoil gestionó más de 5,1 millones de aceites lubricantes usados en 2022 en Ecuador \_ Ecología,” 2022, Accessed: Jun. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/iniciativa-recoil-gestiono-mas-de-51-millones-de-aceites-lubricantes-usados-en-2022-en-ecuador-nota/>
- [14] “Programa de recolección de aceites usados – ETAPA EP.” Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.etapa.net.ec/gestion-ambiental/programas-de-gestion-ambiental/programa-de-recoleccion-de-aceites-usados/>
- [15] Q. -Ecuador, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 266:2000 TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS. REQUISITOS. Primera Edición TRANSPORTE, STORAGE AND HANDLING OF DANGEROUS CHEMICAL PRODUCTS. SPECIFICATIONS. First Edition”.

- [16] “Acuerdo Ministerial No. 042 Instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida en la gestión integral de aceites lubricantes usados y envases vacíos. - Repositorio digital.” Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-042/>
- [17] “Casos de uso IoT en la gestión de residuos y reciclaje - Secmotic.” Accessed: Feb. 21, 2025. [Online]. Available: <https://secmotic.com/casos-uso-iot-gestion-residuos/#gref>
- [18] M. Binder and V. Mezhuyev, “A framework for creating an IoT system specification with ChatGPT,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 27, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.iot.2024.101218.
- [19] M. M. Islam, S. Nooruddin, F. Karray, and G. Muhammad, “Internet of Things: Device Capabilities, Architectures, Protocols, and Smart Applications in Healthcare Domain,” *IEEE Internet Things J*, vol. 10, no. 4, pp. 3611–3641, Feb. 2023, doi: 10.1109/JIOT.2022.3228795.
- [20] R. Almutairi, G. Bergami, and G. Morgan, “Advancements and Challenges in IoT Simulators: A Comprehensive Review,” Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/s24051511.
- [21] Interaction Design FOundation, “Prototypes,” *Interaction Design Foundation - IxDF*. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/prototypes>, Oct. 2019.
- [22] M. De and E. De, “Título del documento”.
- [23] E. futuro de la investigación de usuarios en 2025 ya está aquí: descubre las tendencias que están dando forma a la industria MAZE, “4 tipos de pruebas de prototipos que debes conocer \_ Maze,” 2025, Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://maze.co/guides/prototype-testing/types/>

- [24] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineering*, 6th ed. 2014. Accessed: Mar. 25, 2025. [Online]. Available:  
[https://kolegite.com/EE\\_library/books\\_and\\_lectures/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/Applied%20Statistics%20and%20Probability%20for%20Engineering.pdf](https://kolegite.com/EE_library/books_and_lectures/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/Applied%20Statistics%20and%20Probability%20for%20Engineering.pdf)
- [25] I. H. Umar, H. Lin, and J. I. Hassan, “Transforming Landslide Prediction: A Novel Approach Combining Numerical Methods and Advanced Correlation Analysis in Slope Stability Investigation,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 9, May 2024, doi: 10.3390/app14093685.
- [26] J. M. Bland and D. G. Altman, “STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS OF CLINICAL MEASUREMENT.”
- [27] J. I. Vega-Luna, F. J. Sánchez-Rangel, G. Salgado-Guzmán, J. F. Cosme-Aceves, V. N. Tapia-Vargas, and M. A. Lagos-Acosta, “Monitoring Network to Automate the Cooling System of a Data Center,” *Ingenius*, vol. 2020, no. 24, pp. 87–96, Jul. 2020, doi: 10.17163/ings.n24.2020.09.
- [28] M. A. López, D. G. Rivera Fierro, I. C. Satizábal Echavarría, and W. Y. Ortiz Sánchez, “Análisis comparativo de sensores de temperatura, humedad y luminosidad para su uso en sistemas de producción de lombricompost,” *Entre ciencia e ingeniería*, vol. 18, no. 35, pp. 32–40, Jun. 2024, doi: 10.31908/19098367.3045.

## ANEXOS

**Anexo 1** Encuesta dirigida a dueños de lubricentros en la ciudad de Guayaquil

CON EL **DUEÑO** DE LA LUBRICADORA

NOMBRE \_\_\_\_\_

Teléfono celular \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

### PREGUNTAS. -

De acuerdo a un trabajo de investigación realizado en el año 2020 se encontró que ustedes están comprometidos con el medio ambiente, si almacenan residuos peligrosos al hacer el cambio de aceite a vehículos, por tal motivo, se cree que es útil que las personas que manejan centros de lubricación como ustedes conozcan los beneficios que conlleva el correcto almacenaje de sustancias peligrosas.

Estas preguntas ayudarán a un estudio de investigación sobre el aceite usado.

1. Qué tiempo tiene en el mercado este negocio de cambio de aceite
  - a) de 0 a 5 años
  - b) de 6 a 10 años
  - c) más de 10 años
2. Acumula el aceite usado de alguna manera habitual
  - a) si
  - b) no
3. Dónde acumula el aceite usado
  - a) en su mismo negocio
  - b) en otro sitio
4. En qué lugar de su empresa guarda el aceite usado
  - a) en la parte de atrás de su negocio
  - b) en la parte de delante de su negocio
5. Cuantos galones de aceite usado acumula aproximadamente al mes

\_\_\_\_\_

6. Cuantos galones de aceite salen al mercado en su negocio al mes

\_\_\_\_\_

7. Sabe usted si existen normas para el almacenaje de residuos peligrosos a) si

b) no

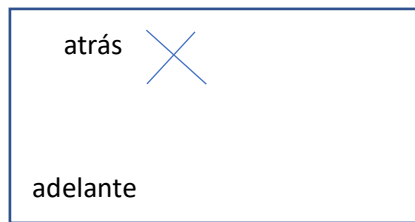
8. Sabe usted Quien hace estas normas Usted conoce sobre estas normas a) si

b) no

9. Cuanto conoce sobre estas normas a) mucho b) poco c) nada

10. Dibujo a mano alzada del negocio de aceites (ubicar donde se encuentra el almacenaje del aceite usado)

Ejemplo:



11. Le gustaría tener un almacenamiento seguro, libre de derrames y limpio en su lubricadora a) si b) no

12. Si le presento una oportunidad de mejora, estaría dispuesto a invertir en mejorar el almacenamiento de estos residuos en su negocio. a) si b) no

## Anexo 2 Código Preliminar desarrollado en Wokwi utilizado para simulación electrónica

```
// Definir pines del sensor de flotador y otros componentes
#define PIN_TRIG 26 // Pin del sensor de flotador (HC-SR04)
#define PIN_ECO 25 // Pin de eco del sensor de flotador
#define HIGHLED 18 // LED de nivel alto
#define MIDLED 19 // LED de nivel medio
#define LOWLED 21 // LED de nivel bajo
#define ALARMBUZZER 22 // Buzzer de alarma
#define VENTILADOR 23 // Ventilador controlado remotamente
#include <DHT.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>

// Configuración del sensor DHT
int pinDHT = 14; // Pin donde está conectado el sensor DHT22
DHT sensor(pinDHT, DHT22);

// Cliente WiFi y ThingSpeak
WiFiClient client;

// Canal de ThingSpeak
unsigned long myChannelNumber = 2796811;
const char * myWriteAPIKey = "BZ2JQG03YMDVSBDI"; // API Key de
ThingSpeak

// Variables de control
int level = 0;

// Parámetros del tanque
#define DIAMETRO_TANQUE 55 // Diámetro del tanque en cm
#define RADIO_TANQUE (DIAMETRO_TANQUE / 2) // Radio del tanque en
cm

// Conversión de volumen de cm3 a galones
#define CONVERSION_CM3_A_GALONES (1 / 3785.41) // 1 galón = 3785.41
cm3

void setup() {
  // Inicializar la comunicación serial
  Serial.begin(9600);

  // Configurar los pines de los LEDs y otros componentes
  pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(PIN_ECO, INPUT);
}
```

```

pinMode(HIGHLED, OUTPUT);
pinMode(MIDLED, OUTPUT);
pinMode(LOWLED, OUTPUT);
pinMode(ALARMBUZZER, OUTPUT); // Pin para el buzzer de alarma
pinMode(VENTILADOR, OUTPUT); // Pin para el ventilador

// Iniciar los LEDs y el buzzer apagados
digitalWrite(LOWLED, LOW);
digitalWrite(MIDLED, LOW);
digitalWrite(HIGHLED, LOW);
digitalWrite(ALARMBUZZER, LOW);
digitalWrite(VENTILADOR, LOW);

// Conectar al Wi-Fi
WiFi.begin("Wokwi-GUEST", "");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando a WiFi...");
}
Serial.println("Conectado a WiFi");

// Iniciar ThingSpeak
ThingSpeak.begin(client);
}

void loop() {
    // Leer datos del sensor de temperatura y humedad
    float temperature = sensor.readTemperature(); // Leer temperatura
    float humidity = sensor.readHumidity(); // Leer humedad

    // Verificar si la lectura fue exitosa
    if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {
        Serial.println("Error al leer el sensor DHT");
        return;
    }

    // Leer el nivel de aceite usando el sensor ultrasónico
    digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);

    int duration = pulseIn(PIN_ECO, HIGH);
    level = duration / 58; // Convertir el tiempo en distancia (cm)

    // Calcular el volumen del tanque en cm³ y convertirlo a galones

```

```

float volumen_cm3 = 3.1415927 * (RADIO_TANQUE) * (RADIO_TANQUE) *
level; // Volumen en cm³
float volumen_galones = volumen_cm3 *
CONVERSION_CM3_A_GALONES; // Volumen en galones

// Mostrar los valores de temperatura, humedad, nivel de aceite y
volumen en galones
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(temperature);
Serial.print(" C\tHumedad: ");
Serial.print(humidity);
Serial.print(" %\tNivel de Aceite: ");
Serial.print(level);
Serial.print(" cm\tVolumen: ");
Serial.print(volumen_galones);
Serial.println(" galones");

// Control de LEDs según el nivel de aceite
if (level <= 15) {
    digitalWrite(LOWLED, HIGH);
    digitalWrite(MIDLED, LOW);
    digitalWrite(HIGHLED, LOW);
} else if (level > 15 && level < 70) {
    digitalWrite(LOWLED, LOW);
    digitalWrite(MIDLED, HIGH);
    digitalWrite(HIGHLED, LOW);
} else if (level >= 70) {
    digitalWrite(LOWLED, LOW);
    digitalWrite(MIDLED, LOW);
    digitalWrite(HIGHLED, HIGH);
}

// Enviar los datos a ThingSpeak
ThingSpeak.setField(1, temperature); // Temperatura
ThingSpeak.setField(2, humidity); // Humedad
ThingSpeak.setField(3, level); // Nivel de aceite en cm
ThingSpeak.setField(4, volumen_galones); // Nivel de aceite
en g1
ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey); // Enviar
los datos

// Esperar 15 segundos antes de la siguiente medición
delay(15000);
}

```

**Anexo 3** Código del circuito desarrollado en Arduino IDE utilizado para el monitoreo y control del almacenamiento de aceite usado de motor de vehículos con componentes IoT.

La imagen No. 8, que se presenta a continuación consta del Código de programación en Arduino IDE

```
#include <SPI.h>
  //#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Definir pines del sensor de flotador y otros componentes
#define PIN_DHT 14 // Pin donde está conectado el sensor
DHT22
#define PIN_TRIG 32 // Pin del sensor de flotador (HC-SR04)
#define PIN_ECO 35 // Pin de eco del sensor de flotador
#define LED_N3 17 // LED de nivel alto
#define LED_N2 16 // LED de nivel medio
#define LED_N1 15 // LED de nivel bajo
#define SIRENA 18 // Buzzer de alarma
#define VENTILADOR 33 // Ventilador
#define NIVEL_BAJO 50 // Mínimo nivel permitido de aceite
#define NIVEL_ALTO 75 // Alto nivel permitido de aceite
#define SDA 22 // Pin SDA para comunicacion i2c
#define SCL 21 // Pin SCL para comunicacion i2c
#define DHTTYPE DHT21 // DHT21 (AM2301)
#define MAX6675_CS 19
#define MAX6675_SO 4
#define MAX6675_SCK 5
// Parámetros del tanque
#define DIAMETRO_TANQUE 55 // Diámetro del
tanque en cm
#define RADIO_TANQUE (DIAMETRO_TANQUE / 2) // Radio del
tanque en cm
#define ALTURA_TANQUE 103 // Altura libre
del tanque en cm
// Conversión de volumen de cm3 a galones
#define CONVERSION_CM3_A_GALONES (1 / 3785.41) // 1 galón =
3785.41 cm3
```

```

// Configuración del sensor DHT
  DHT sensor(PIN_DHT, DHTTYPE);

// Cliente WiFi y ThingSpeak
  WiFiClient client;

// Canal de ThingSpeak
  unsigned long myChannelNumber = 2796811;
  const char * myWriteAPIKey = "BZ2JQG03YMDVSBDI"; // API Key de
ThingSpeak

// Variables de control
  long tiempoVentilador=0.0;
  int nivel = 0;
  float distanciaVacia = 0.0,distanciaVacia0 = 0.0;
  float temperaturaDHT21 = 0.0;
  float humedadDHT21 = 0.0;
  int tiempoECO;
  float tempTermocupla = 0.0;
  float temVentilador=30;
  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27 , 16 , 2); // esto depende del tipo
de lcd usado

void setup() {
  // Inicializar la comunicación serial
  Serial.begin(9600);

  // Configurar los pines de los LEDs y otros componentes
  pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(PIN_ECO, INPUT);
  pinMode(LED_N3, OUTPUT);
  pinMode(LED_N2, OUTPUT);
  pinMode(LED_N1, OUTPUT);
  pinMode(SIRENA, OUTPUT); // Pin para el buzzer de alarma
  pinMode(VENTILADOR, OUTPUT); // Pin para el ventilador

  // Iniciar los LEDs y el buzzer apagados
  digitalWrite(LED_N1, LOW);
  digitalWrite(LED_N2, LOW);
  digitalWrite(LED_N3, LOW);
  digitalWrite(SIRENA, LOW);
  digitalWrite(VENTILADOR, LOW);
  sensor.begin();

  // Iniciar pines de termocupla
  pinMode(MAX6675_CS, OUTPUT);
  pinMode(MAX6675_SO, INPUT);

```

```

pinMode(MAX6675_SCK, OUTPUT);
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Iniciar....");

// Conectar al Wi-Fi
WiFi.begin("TP-LINK_5A595A", "115A595A");
//WiFi.begin("TP-LINK_5AC1BB", "115AC1BB");
// WiFi.begin("Doc_Telematica", "Lamismadelaotravez");
//WiFi.begin("NETLIFE-gyektvallen1 5G", "0912236502");
while (WiFi.status() !=WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando a WiFi...");
}
Serial.println("Conectado a WiFi");

// Iniciar ThingSpeak
ThingSpeak.begin(client);
distanciaVacia0 = medirDistencia();
delay(5000); // tiempo de espera para que el sensor de humedad y
temperatura se inicialicen
}

void loop() {
    // Leer datos del sensor de temperatura y humedad
    temperaturaDHT21 = sensor.readTemperature();
    humedadDHT21 = sensor.readHumidity();
    tempTermocupla = readThermocouple();

    // Verificar si la lectura fue exitosa
    if (isnan(temperaturaDHT21) || isnan(humedadDHT21)) {
        Serial.println("Error al leer el sensor DHT21");
        // return;
    }

    // Leer el nivel de aceite usando el sensor ultrasónico
    distanciaVacia = medirDistencia();
    if (abs(distanciaVacia-distanciaVacia0)<10){
        nivel=ALTURA_TANQUE - distanciaVacia;
        if (nivel<0 ){nivel=0;}
    }
    // Calcular el volumen del tanque en cm³ y convertirlo a galones
    float volumen_cm3 = 3.14159265358979 * (RADIO_TANQUE) *
(RADIO_TANQUE) * nivel; // Volumen en cm³

```

```

    float volumen_galones = volumen_cm3 *
CONVERSION_CM3_A_GALONES; // Volumen en galones

    // Mostrar los valores de temperatura, humedad, nivel de aceite
y volumen en galones
    Serial.print("Temperatura ambiente: " + String(temperaturaDHT21)
+ " °C \t");
    Serial.println("Humedad ambiente: " + String(humedadDHT21) + "
%");

    Serial.println("Temperatura tanque: " + String(tempTermocupla) +
" °C \t");
    Serial.print("Nivel de Aceite: " + String(nivel) + " cm \t");
    Serial.println("Volumen de aceite: " + String(volumen_galones) +
" galones\n");

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("T: " + String(temperaturaDHT21) + "°C");
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("H: " + String(humedadDHT21) + "%");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("N: " + String(nivel) + "cm");
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("V: " + String(volumen_galones) + "gal");
    if(temperaturaDHT21>=temVentilador){
        digitalWrite(VENTILADOR, HIGH);
    }

    // Control de LEDs según el nivel de aceite
    if (nivel <= NIVEL_BAJO) {
        digitalWrite(LED_N1, HIGH);
        digitalWrite(LED_N2, LOW);
        digitalWrite(LED_N3, LOW);
        digitalWrite(SIRENA, LOW);
    } else if (nivel > NIVEL_BAJO && nivel <= NIVEL_ALTO) {
        digitalWrite(LED_N1, HIGH);
        digitalWrite(LED_N2, HIGH);
        digitalWrite(LED_N3, LOW);
        digitalWrite(SIRENA, LOW);
    } else if (nivel>NIVEL_ALTO) {
        digitalWrite(LED_N1, HIGH);
        digitalWrite(LED_N2, HIGH);
        digitalWrite(LED_N3, HIGH);
        digitalWrite(SIRENA, HIGH);
    }
    // Enviar los datos a ThingSpeak

```

```

    ThingSpeak.setField(1, temperaturaDHT21); // Temperatura
    ThingSpeak.setField(2, humedadDHT21);    // Humedad
    ThingSpeak.setField(3, nivel);           // Nivel de aceite en cm
    ThingSpeak.setField(4, volumen_galones); // Nivel de
aceite en gl
    ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey); //
Enviar los datos

    // Esperar 3 segundos antes de la siguiente medición
    delay(3000); //se prefiere dejar por lo menos 2 segundos entre
lecturas para no saturar al DHT22
}
double medirDistancia(){
    digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
    tiempoECO = pulseIn(PIN_ECO, HIGH);
    return tiempoECO * 0.01715; // Convertir el tiempo en distancia
(cm)
}
double readThermocouple() {
    uint16_t v;
    // Read in 16 bits,
    // 15 = 0 always
    // 14..2 = 0.25 degree counts MSB First
    // 1 = 1 if thermocouple is open circuit
    // 0 = uninteresting status
    digitalWrite(MAX6675_CS, LOW);
    delay(10);
    v = shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);
    v <<= 8;
    v |= shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);
    digitalWrite(MAX6675_CS, HIGH);
    if (v & 0x4) { return NAN; } // Bit 2 indicates if the
thermocouple is disconnected
    v >>= 3; // The lower three bits (0,1,2) are discarded status
bits
    // The remaining bits are the number of 0.25 degree (C) counts
    return v*0.25;
}

```

**Anexo 4** Extracto de datos tomados por el sistema automatizado

Creado el.....Fecha/Hora	Dato				
	#	Temperatura	Humadad	Nivel	Cantidad
2025-04-07T23:19:26-05:00	18493	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:19:42-05:00	18494	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:19:58-05:00	18495	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:20:14-05:00	18496	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:20:29-05:00	18497	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:20:46-05:00	18498	28.6	75.8	27	16.3
2025-04-07T23:21:02-05:00	18499	28.6	75.8	27	16.3
2025-04-07T23:21:18-05:00	18500	28.6	75.7	27	16.3
2025-04-07T23:21:33-05:00	18501	28.6	75.7	27	16.3

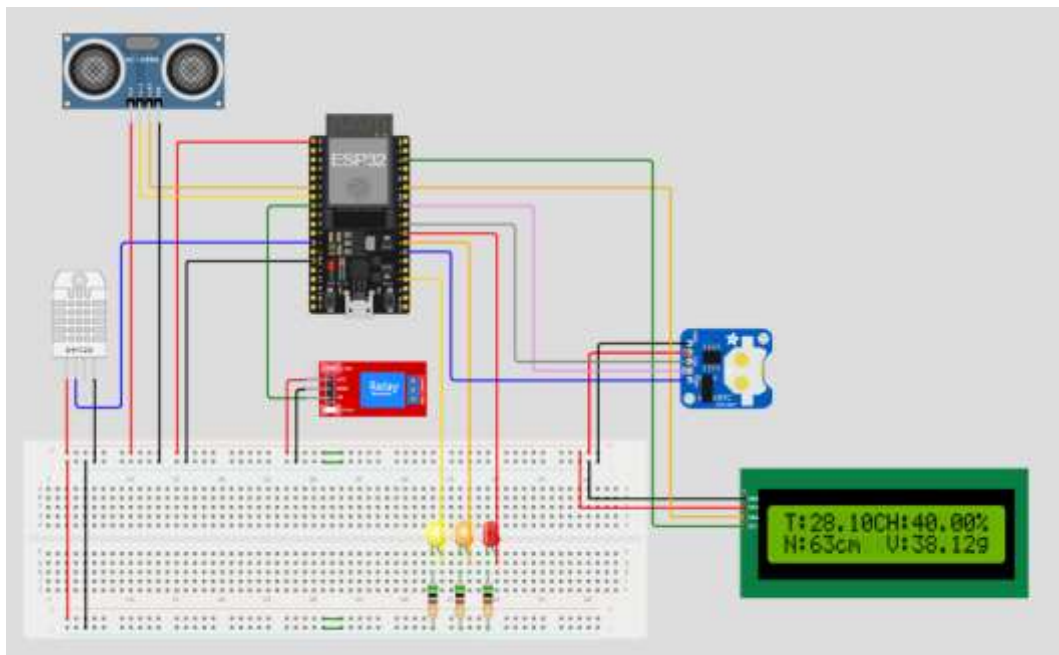
**Anexo 5** Extracto de mediciones de Temperatura – para calcular Errores Absoluto y Relativo

Temperatura Digital (C)	Temperatura Sensor (C)	Error Absoluto (C)	Error Relativo (%)
29	28.6	0.4	1.4
29	28.6	0.4	1.4
29	28.6	0.4	1.4
29	28.7	0.3	1.0
29	28.6	0.4	1.4
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0
29	28.7	0.3	1.0

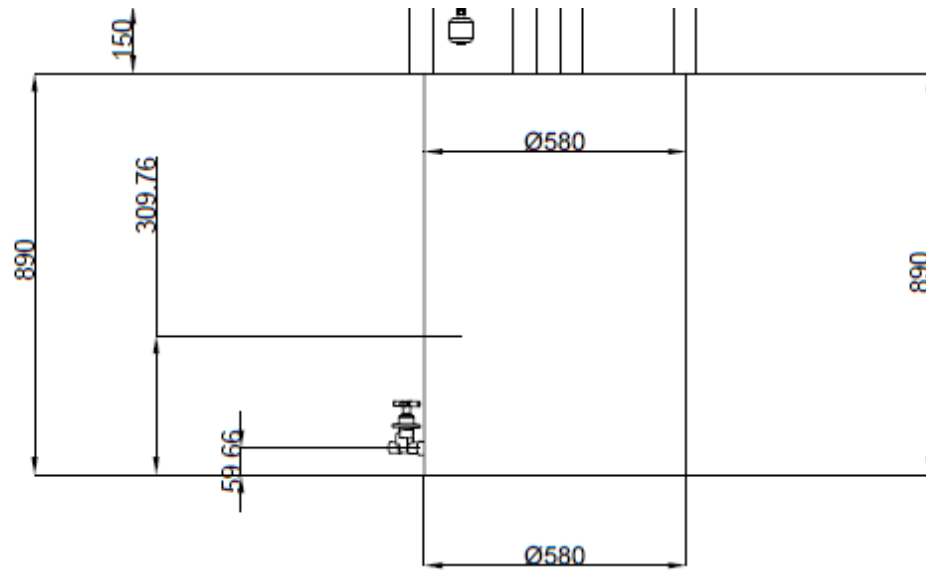
**Anexo 6** Extracto de mediciones de humedad tomadas tanto por el sensor como por el termómetro digital para calcular errores absolutos y errores relativos.

Humedad Digital (%)	Humedad Sensor (%)	Error Absoluto (%)	Error Relativo (%)
65	72.7	7.7	10.6
65	72.7	7.7	10.6
66	72.9	6.9	9.5
65	72.9	7.9	10.8
65	72.8	7.8	10.7
65	72.7	7.7	10.6
65	72.7	7.7	10.6
65	72.6	7.6	10.5
64	72.7	8.7	12.0
64	72.5	8.5	11.7
64	72.5	8.5	11.7
64	72.3	8.3	11.5
64	72.4	8.4	11.6
63	72.3	9.3	12.9
63	72.2	9.2	12.7
63	72.2	9.2	12.7

**Anexo 7** Esquema de conexión en Wokwi y su funcionamiento

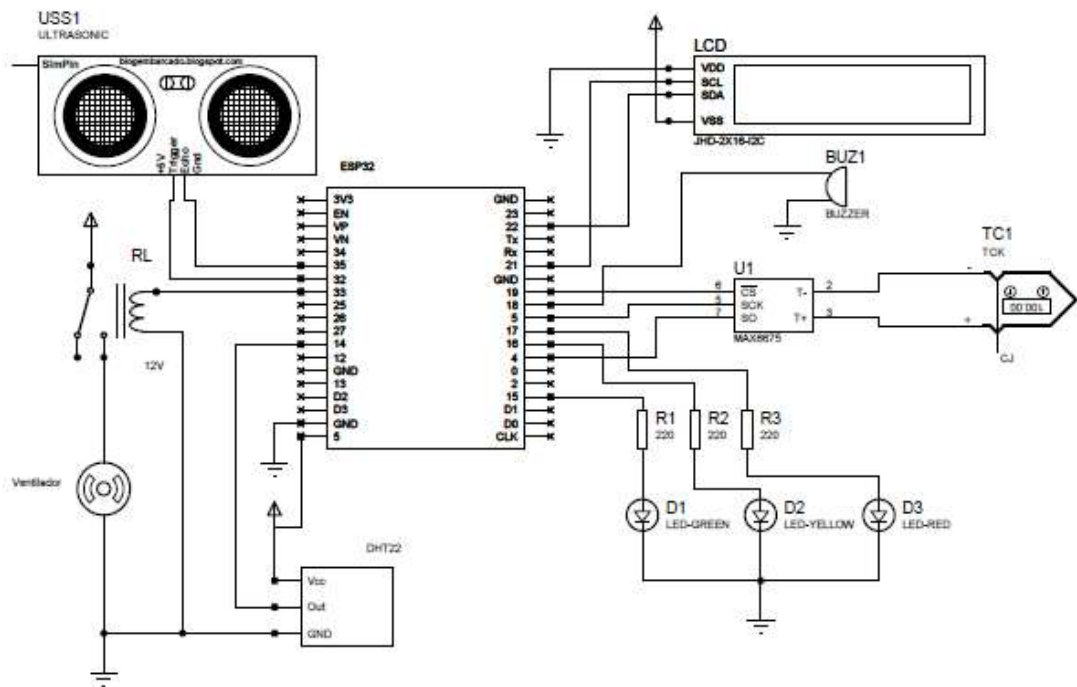


**Anexo 8** Plano del tanque de almacenamiento



				Tolerancias ±10mm	Peso 63.5 Kg	Denominación: MEDIDAS GENERALES				
				ACTV	FECHA	NOMBRE	Aplicación:			
				Dir.	23-06-20	Ing. Katero Vela	SISTEMA AUTOMATIZADO DE ALMACENAJE IOT			
				Rev.			Material:			
				Asno.			ASTM A36		Sistema	Escala
				Verif.			Observaciones:		Dimensiones	N° Láms.
							TANQUE PROTOTIPO		mm	1

## Anexo 9 Plano del Circuito Electrónico



**Anexo 10** Imagen del ventilador 110V, prende a 29C



**Anexo 11** Imagen del foco led amarillo prendido, indica cuando está prendido el sistema.



**Anexo 12** Imagen de los focos amarillo y naranja prendidos ( rango entre 50 y75C)



**Anexo 13** Imagen de los focos amarillo, naranja y rojo, prendidos (nivel de aceite mayor de 75cm)



**Anexo 14** Altura de 15 cm a la cual se encuentra acoplado el sensor ultrasónico.



**Anexo 15** Pantalla LCD con datos de temperatura, humedad, nivel y cantidad de aceite usado.

Temperatura ambiente: 28.70 °C Humedad ambiente: 73.10 %

Temperatura tanque: nan °C

Nivel de Aceite: 52 cm Volumen de aceite: 35.41 galones



Anexo 16 Captura de pantalla ThingSpeak Visualización en teléfono celular



Anexo 17 Producto Final a comercializar en el mercado



## Anexo 18 Manual de uso del prototipo automatizado con IoT

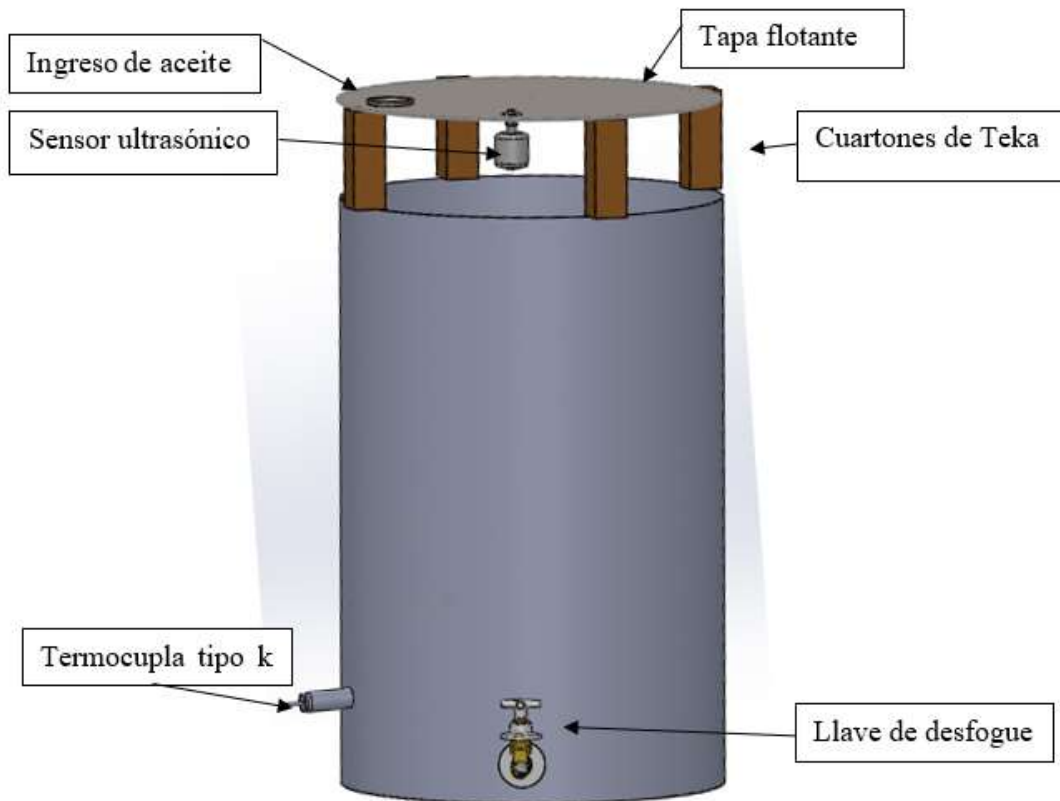
### SISTEMA VIRTUAL DE MONITOREO Y CONTROL DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE DE DESECHO

Este manual está diseñado para proporcionar instrucciones detalladas sobre el uso y mantenimiento de un sistema de control de aceite de desecho. Este sistema está equipado con tecnología avanzada que permite monitorear y controlar la temperatura y el nivel del aceite almacenado, garantizando un manejo eficiente y seguro del producto.

Componentes del sistema:

- Tanque de almacenamiento
- Componentes del tanque de almacenamiento
- Circuito integrado con componentes acoplados para WiFi y visualización en sitio y remota

Tanque de almacenamiento y sus componentes



## **Mantenimiento del sistema y componentes**

**Limpieza del tanque:** Se recomienda limpiar el tanque de almacenamiento de aceite de acuerdo con las necesidades del cliente.

**Limpieza de la tapa del tanque:** La tapa está equipada con un sensor de nivel a prueba de agua. Debe ser limpiada con un paño suave y sin el uso de ácidos ni líquidos abrasivos para proteger los componentes electrónicos.

**Tapa flotante a 15 cm:** Instalación a 15 cm sobre el tanque para permitir que el sensor de nivel tome mediciones sin obstrucciones. Limpie con no abrasivos.



### **Pantalla LCD**

Limpier suavemente el polvo acumulado en la pantalla con un paño seco.

Evite el uso de ácidos o productos abrasivos que puedan dañar el sensor de nivel o el circuito electrónico.

**Circuito Integrado en una caja, no abrir el sello de seguridad para que no expire su garantía**

Autor: Katusca Valle