



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

“Diseño de una planta de cubicación de tanques cisterna para
determinar el aforo en camiones de transporte de combustibles
líquidos”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Valcarcel Navarro, Edwin Josseph (orcid.org/0000-0001-6546-6598)

ASESOR:

Mgr. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico esta Tesis a mis padres Luz Maria Navarro Chero y José Valcárcel Céspedes, que siempre me apoyaron moralmente para lograr ser un gran profesional formado con principios y valores

Dedicado también a mis hermanos y principalmente a mi esposa e hijos por el gran apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Edwin Josseph

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi esposa Deysi Cumpa Medina por apoyarme en la toma de decisiones para cumplir mis objetivos, por soportarme en este gran esfuerzo en todo este camino, la cual me privó y limitó de muchas cosas, pero con la plena seguridad que, con la formación de mis padres, con aptitud y actitud, pude cumplir y cerrar esta etapa muy importante para sacar adelante a mi familia.

De igual manera agradezco a mis queridos docentes de la facultad de ingeniería de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quienes me guiaron de la manera correcta para la realización de la presente Tesis.

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo por formar parte de esta etapa de mi formación profesional.

EDWIN JOSSEPH

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN.....	75
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Condiciones nominales de funcionamiento-----	09
Tabla 2. Tabla de Operacionalización de variables-----	11
Tabla 3. Población de empresas cubicadoras-----	13
Tabla 4. Número de tanques cisterna de acuerdo con capacidad en galones-----	18
Tabla 5. Formato de registro de datos-----	28
Tabla 6. Tiempos de llenado de los tanques cisterna-----	35
Tabla 7. Características de Electrobomba-----	43
Tabla 8. Cubicación de cisterna-----	54
Tabla 9. Inversión del Proyecto-----	59
Tabla 10. Costos de los servicios de cubicación-----	60
Tabla 11. Egresos totales mensuales-----	62
Tabla 12. Flujo de caja 1-----	63
Tabla 13. Flujo de caja 2-----	64
Tabla 14. Cálculo del Valor Neto-----	65
Tabla 15. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno Valor Neto-----	66
Tabla 16. Simulación de Prestamos-----	68
Tabla 17. Número de cisterna para transporte de combustible-----	70

Índice de figuras

Figura 1: Tanque Cisterna de Transporte de Combustible-----	5
Figura 2: Tarjeta de Cubicación de Tanque de Combustible-----	6
Figura 3: Tanque cilíndrico para líquidos-----	6
Figura 4: Tanque elíptico para líquidos-----	7
Figura 5: Geometría de sección elíptica-----	7
Figura 6: Esfuerzos en tanques cilíndricos-----	8
Figura 7: Diagrama de flujo-----	16
Figura 8: Vista Posterior tanque cisterna-----	19
Figura 9: Dimensiones de tanque cisterna-----	20
Figura 10: Dimensiones de tanque cisterna-----	21
Figura 11: Procesos de Cubicación de tanque cisterna-----	23
Figura 12: Proceso de Cubicación De tanque cisterna-----	24
Figura 13: Modelo de ficha de servicio-----	25
Figura 14: Registro de Información de cubicación-----	27
Figura 15: Tarjeta de Cubicación de tanque cisterna-----	29
Figura 16: Geometría de Tanque de almacenamiento de agua-----	31
Figura 17: Vista Superior de Tanque de almacenamiento de agua-----	32
Figura 18: Electrobomba de impulsión de agua-----	33
Figura 19: Dimensiones de tanque cisterna de sección circular-----	45
Figura 20: Geometría de tanque circular-----	46
Figura 21: Área del sector circular-----	47
Figura 22: Área del Triángulo-----	48
Figura 23: Dimensiones de dispositivo de indicación de nivel-----	51
Figura 24: Volumen del cono truncado vacío-----	53
Figura 25: Volumen del tornillo-----	56
Figura 26: Número de cisternas para transporte de combustible-----	71

Resumen

El presente trabajo de investigación denominado: “DISEÑO DE UNA PLANTA DE CUBICACIÓN DE TANQUES CISTERNA PARA DETERMINAR EL AFORO EN CAMIONES DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS”, pertenece a la línea de investigación MODELAMIENTO Y SIMULACION DE SISTEMAS ELECTROMECHANICOS, y tuvo como objeto de estudio, el cálculo y selección de los elementos electromecánicos, que se requieren, de acuerdo con la normativa vigente.

Se hizo el diagnóstico de la situación actual, en cuanto a la forma de determinación de los volúmenes en el interior de los tanques cisterna de combustible, los cuales se hacen solamente de manera teórica, sin comprobar físicamente que el volumen es el calculado, lo cual hace que no se cumpla con la normativa de la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

Así mismo, con las teorías científicas existentes, en cuanto a geometrías, análisis estructural, mecánica de fluidos, así como también la reglamentación en cuanto al transporte de combustible en el Perú, se realizó la cuantificación de los parámetros de funcionamiento, y con ello se hizo el dimensionamiento de las instalaciones electromecánicas, teniendo en cuenta la eficiencia de cada uno de los equipos. Se hizo el cálculo y la selección del tanque de almacenamiento de agua que se utiliza para la cubicación de los tanques con volúmenes entre 1000 y 12000 Galones, el equipo de bombeo y su control eléctrico, así como también el equipo de medición de agua, que registra la capacidad del tanque a medida que se llena de agua.

Finalmente, con el análisis económico, el cual tiene un VAN de S/. 43888.79, una tasa interna de retorno de 16% y una relación beneficio / costo de 2.58, se determinó que es factible la implementación de esta planta en la región Lambayeque; siendo una de las regiones que no cuenta con este tipo de planta, a pesar de que se tiene una demanda alta en el transporte de combustibles.

Palabras Clave: Cubicación, aforo, combustibles líquidos.

Abstract

The present investigation work called: "DESIGN OF A CUBAN TANK CUBANATION PLANT TO DETERMINE THE ATTACHMENT IN TRANSPORT UNITS OF LIQUID FUELS", belongs to the line of research MODELING AND SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS, and has as object of study, the calculation and selection of electromechanical elements, which are required, in accordance with current regulations.

The diagnosis of the current situation was made, in terms of the way of determining the volumes inside the fuel tanks, which are only done theoretically, without physically checking that the volume is calculated, which it does not comply with the regulations of the General Directorate of Hydrocarbons of the Ministry of Energy and Mines.

Likewise, with the existing scientific theories, in terms of geometries, structural analysis, fluid mechanics, as well as the regulation regarding the transportation of fuel in Peru, quantification of the operating parameters was carried out, and with this He made the sizing of the electromechanical installations, taking into account the efficiency of each of the equipment.

The calculation and selection of the water storage tank that is used for the tank cubication with volumes between 1000 and 12000 Gallons, the pumping equipment and its electrical control, as well as the water measurement equipment, were made. records the capacity of the tank as it fills with water.

Finally, with the economic analysis, which has a NPV of S /. 43888.79, an internal rate of return of 16% and a benefit / cost ratio of 2.58, it was determined that the implementation of this plant in the Lambayeque region is feasible; being one of the regions that does not have this type of plant, although there is a high demand in the transportation of fuels.

Keywords: Cubulation, Capacity, Liquid Fuels

I. INTRODUCCIÓN

El volumen de los combustibles almacenados en recipientes de diferentes geometrías para fines industriales, es un parámetro que muchas veces no se realiza con exactitud, utilizando métodos aproximados, los cuales conllevan a errores de proporción, así como también la distorsión de los costos de éstos; por lo cual la determinación exacta del volumen, en diferentes empresas dedicadas al transporte y almacenamiento de combustible, fue uno de los factores que influyó en la búsqueda de técnicas de medición con precisión y exactitud.

(Ribeiro,2017) Menciona que los tanques de combustible, por más resistentes que parezcan, sienten la acción del tiempo y sufren pequeñas deformaciones en función de la acomodación del suelo o los movimientos de la capa freática. Estas variables afectan totalmente la geometría del tanque, lo que compromete el funcionamiento de sus sistemas de medición. En una escala normal, estas modificaciones no dan lugar a situaciones de riesgo ambiental (fugas), pero sí afectan los sistemas de medición de los tanques.

En Colombia, los vehículos acoplados con tanques cisternas de combustible, se determinó que la exactitud de las dimensiones de un tanque es un factor muy importante para la cuantificación del volumen del líquido si tenemos en cuenta las consecuencias que tienen las mediciones incorrectas en una Tabla de Capacidad errónea, la cual puede permanecer en uso durante un largo periodo de tiempo antes de que sea advertido el error.

Los errores en la Tabla de Capacidad originan errores en la contabilización de los contenidos del tanque, por tanto, que las transacciones comerciales y pagos están sujetos a litigios y discusiones. Los problemas que se plantean por estos errores son muy difíciles, y a veces, imposibles de resolver sin pérdidas por una de las partes involucradas. Como resulta tan importante el método y el grado de exactitud empleados al tomar las dimensiones de un tanque, deben ser presenciadas por todas las partes interesadas en determinar las existencias en un tanque calibrado. En las principales ciudades del Perú, no existen las plantas cubicadoras de tanques de combustible, y sólo en las 2 ciudades aparte de Lima y Arequipa, existen las plantas cubicadoras. Ambas ciudades poseen en los registros el 44% del total de

unidades para el transporte de combustible en el año 2019; siendo en estas ciudades donde si se realiza la cubicación.

En el departamento de La Libertad es el tercer Departamento en cuanto al número de unidades de transporte de combustible con 1014 unidades que representan el 10% del total nacional, y no cuentan con plantas cubicadoras de los tanques cisterna, por lo tanto, los propietarios tienen que trasladarse hasta la ciudad de Lima, o recurrir a la cubicación teórica con las consecuencias de la no exactitud de las medidas.

El Transporte de combustible en la región Lambayeque, se realiza en camiones cisterna con capacidades desde 2500 hasta 11000 Galones, desde la planta de Petroperú de Eten hacia las diferentes estaciones de servicios y grifos de las principales ciudades de la Región.

La determinación teórica del aforo de los tanques de combustible, presentan diferencias que son significativas, ello debido a que el tanque al momento de fabricarse no tiene la forma de una figura regular, es decir circular o elíptica, razón por lo cual, al realizar la medición de los volúmenes a diferentes alturas, existe una diferencia positiva o negativa, de acuerdo con las irregularidades de la forma regular del tanque.

En los operativos que realiza OSINERGMIN, se ha encontrado que los camiones cisterna de combustible, tienen compartimientos adicionales en los cuales se almacena el combustible y no es declarado; estos compartimientos tienen acceso con el tanque principal, lo cual conlleva a que los volúmenes de transporte no sean los correctos, ocasionando perjuicio económico tanto para las estaciones de servicios, los propietarios de los camiones cisterna, así como también para la misma planta Eten.

El problema se formuló: ¿Cómo determinar el aforo en unidades de transporte de combustibles líquidos con el diseño de una planta de cubicación de tanques?

Se justificó técnicamente la realización de la investigación, debido a que con las mediciones a diferentes volúmenes, se tiene valores precisos en cuanto a la capacidad de los tanques, con lo cual las mediciones del volumen del combustible en galones en función a la altura del tanque, coinciden con la tabla de aforo y la

tarjeta de cubicación del tanque; económicamente la investigación se justificó debido a que se garantiza que los despachos de combustibles de los tanques cisterna coincida con el precio de venta a diferentes volúmenes; la utilización de agua tratada para el llenado de los tanques y su medición, no causa efectos al medio ambiente, debido a que previo a su cubicación, el tanque no debe presentar impurezas ni residuos líquidos; Socialmente se justificó la realización del proyecto, debido a que los usuarios finales de combustible, tendrán un despacho con el volumen correcto, sin la adulteración del volumen.

El objetivo de la investigación fue diseñar una planta de cubicación de tanques cisternas para determinar el aforo en camiones destinadas al transporte de combustibles líquidos, para lo cual se establecieron objetivos específicos, que nos permitan analizar y determinar el aforo de los tanques cisternas montados en los camiones destinados al transporte de combustible, así como también analizar los procesos de cubicación de las diferentes geometrías de los tanques cisternas de acuerdo a la legislación vigente, diseñar sistemas electromecánicos, así como también estudiar la factibilidad económica de la implementación de la planta de cubicación de tanques cisternas.

La hipótesis de la investigación fue: el Diseño de una planta de cubicación de tanques cisterna que determina el aforo en camiones de transporte de combustibles líquidos.

II. MARCO TEÓRICO

Entre las investigaciones realizadas en cuanto al diseño de las plantas cubicadoras, se puede mencionar:

“(ARCE, 2013), en su tesis de grado denominado diseño, construcción e instalación de un tanque cilíndrico horizontal, para identificar la variación del nivel del líquido en función del tiempo en la FIQ-UNAP, presentado a la Universidad Nacional de la Amazonía del Perú, presenta en sus conclusiones: Se diseñó, construyó e instaló un equipo electrónico automático para calcular el tiempo de llenado y vaciado de un tanque cilíndrico horizontal en la FIQ-UNAP. • Se determinó los parámetros de diseño para el equipo, como la altura, el diámetro y el volumen total del tanque cilíndrico horizontal. Mediante un modelo matemático usando ecuaciones se determinó que permite calcular el volumen del líquido contenido en el tanque cilíndrico horizontal, a cualquier nivel del líquido”.

“(Fukushima, 2010), en su Tesis de Grado, denominada análisis, diseño e implementación de un sistema de control de inventarios para empresas de almacenamiento de hidrocarburos, sustentado a la pontificia universidad católica del Perú, presenta en su resumen”:

“El presente de tesis probó ser una tarea que exigió mucha planificación y análisis. La mayor parte del esfuerzo fue invertido para encontrar una manera de controlar los inventarios contables y físicos tomando en cuenta la realidad del sector hidrocarburos. A diferencia de otros rubros, sus sistemas contables en los que los errores de inventario son usualmente producto del error humano, en este se debe tener siempre en cuenta que los inventarios calculados no son iguales a los reales, debido a que no es posible ni práctico instalar medidores en las líneas.”

“(MESTA, 2012) en su tesis de grado denominado: Planta de recepción, almacenamiento y despacho de productos químicos líquidos a granel, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, concluye: Que cada compartimiento debe tener de manera independiente una válvula de control de presión y estas deben ser calibradas a la presión de vapor del producto a transportar. Teniendo en consideración los esfuerzos que se producirán en la plancha del tanque. El sistema minimiza la emanación de vapores al medioambiente. Reducción de pérdidas de

combustible (mermas) por volatilización. La calibración apropiada y certificada de las válvulas de presión puede reducir los gastos de mantenimiento.”

“Los combustibles líquidos (Gasolinas, Alcoholes, Bio-Diesel, Gasoholes, Turbo A1, Deseles y Petróleos Industriales) son distribuidos y transportados vía terrestre desde las plantas de abastecimiento en camiones cisterna, hacia los distintos puntos autorizados (Estaciones de Servicio, Grifos, Consumidores Directos, entre otros) (OSINERGMIN, 2018, p.3)”

“El transporte acuático, que comprende a todos los medios usados para el transporte de hidrocarburos por vía marítima, fluvial y lacustre desde las instalaciones de producción a las plantas de refinamiento del petróleo, así como también el transporte desde las refinerías hacia las plantas de abastecimiento. (OSINERGMIN, 2018, p.6)”

Figura 1. Tanque Cisterna de Transporte de Combustible



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, 2019

El diario oficial El peruano, con fecha 31 de octubre de 2017, publicó el Decreto Supremo N° 036-2017-EM, el cual modificó el artículo 16A del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 045-2001-EM, indicando que solamente aquellas empresas que cuenten con registro y autorización ante INACAL podrán prestar los servicios de cubicación de cisternas de carga montados sobre vehículos automotores, semirremolques, remolques destinados al transporte de combustibles líquidos y OPDH.”; dicha norma entra en vigencia al día siguiente de su publicación.

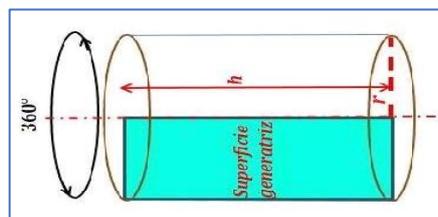
Figura 2. Tarjeta de Cubicación de Tanque de Combustible

CUBICACION & PRUEBAS S.A.C.				CUBICACION & PRUEBAS S.A.C.	
RUC 20488117522 Calle Tarapeca N°322 -Int.1 Of. 201 -Urb. Campodonico-Chiclayo Planta: Parcela "A" Km 2 + 838.45 B Carretera Regue Puerto Elen, Congr: C Elen, Chiclayo-Lambayeque Tel.RPM # 979210443/RPC N°956320840 correo:cubicacionypruebasac1@gmail.com				Tel.RPM # 979210443 / RPC N°956320840 Correo:cubicacionypruebasac1@gmail.com	
REGISTRO DE CUBICACION N° CPS:0658 (antes:PI-32243)				F. Emision :02/11/2018	Reg.Cubicacion N°: CPS-0658
				F. Vencimiento :02/11/2019	
Razon Social: CORPORACION TRANSPORTE TERRESTRE SAC					
Direccion: Av. Santa Rosa Mz. L-Lt.2y3 Santa Anita- Lima					
Compartimiento	Capacidad(liga)	A la fecha	RUC N°:20390386924		
1°	11,000	1,734 mm			
2°					
3°					
4°					
5°					
6°					
7°					
CAPACIDAD TOTAL		11,000 GALS		OBSERVACIONES:Tipo 1 sin cofre de expansion CUBICADO SEGUN NORMA NTP-LVD-004-1992-INDECOPI Autorizado por: H= (delante) 141.0cm L= (posterior) 114.0cm cubicado con H2O 21°C: peso 13.00 t/m medida de plataforma de medicion a tapa de manifold 2.082 mm	
Cubicado por: Tomas Ruiz					

Fuente: Cubicación y Pruebas SAC, 2018

La geometría de los Tanques Cilíndricos, se generan cuando el eje de rotación es de forma perpendicular a las bases. Las bases son de forma circular.

Figura 3. Tanque cilíndrico para líquidos



Fuente: García, 2018.

El volumen total del cilindro se determina:

$$V = 2 * \pi * r * h$$

Dónde:

V: Volumen en m3. r: Radio de la base circular del cilindro, en m. h: Longitud del cilindro, en m.

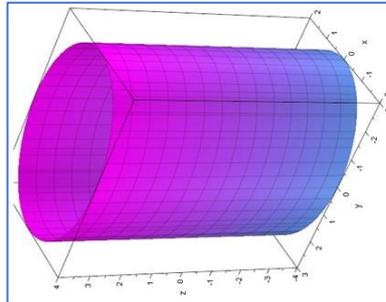
El volumen del cilindro expresado en galones es:

$$V = \frac{2 * \pi * r * h}{3785}$$

V: Volumen en Galones. r: Radio en cm. h: Altura en cm.

Otra geometría son los Tanques Elípticos, Se caracterizan por tener las bases de forma elíptica.

Figura 4. Tanque elíptico para líquidos



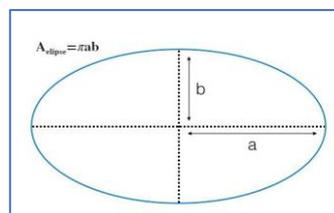
Fuente: García, 2018.

El volumen del tanque elíptico se expresa:

$$V = A * L$$

V: Volumen en m3. A: Área de la sección elíptica, en m2. L: Longitud del tanque

Figura 5. Geometría de sección elíptica



Fuente: García, 2018.

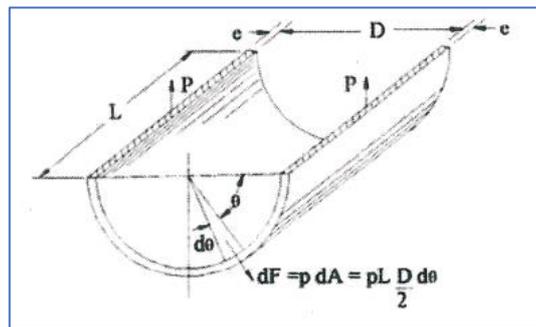
Por lo tanto, el volúmen del tanque elíptico es:

$$V = \frac{\pi * a * b * L}{3785}$$

V: Volumen en Galones. a: radio mayor en cm. b: radio menor en cm h: Altura en cm.

En cuanto a la estructura de los tanques de almacenamiento de combustibles, el análisis estructural se realice, utilizando las expresiones de los diferentes tipos de esfuerzos a lo que es sometido el material, debido a la presión estática que ejercen los líquidos en las paredes de los tanques.

Figura 6. Esfuerzos en tanques cilíndricos



Fuente: Berr Jhonston, 2018

El valor del esfuerzo normal se expresa:

$$\sigma = \frac{p * D}{2e}$$

Dónde:

σ : Esfuerzo Normal, expresado en MPa. p: Presión interna, en MPa. D: Diámetro del tanque en mm. E: Espesor de la plancha en mm

El espesor de los tanques de almacenamiento de líquidos, no solo toma en cuenta la presión interior en el tanque, sino también aspectos como

$$t_{d \min} = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$$

$$t_{t \min} = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$$

$$t_{\min} = MAX(t_{d \min}, t_{t \min})$$

Dónde:

D = Diámetro nominal del tanque (m), a menos que se especifique otra cosa el diámetro nominal será considerado desde el centro del tanque hacia el punto medio de las patinas. H = Nivel de líquido de diseño (m), altura considerando incluso el pequeño desnivel si la tapa es cónica. G = Gravedad específica de diseño del líquido a ser almacenado. CA = Corrosión permitida (mm) Rc = R +

LOSS (mm:in). R = Radio interno (mm:in). LOSS = Pérdida de metal igual a espesor nominal menos el mínimo espesor leído al momento de la inspección (mm:in). S_d = Esfuerzo permisible para las condiciones de diseño. S_d = Esfuerzo permisible para las condiciones de prueba hidrostática

Tabla 1. Condiciones nominales de funcionamiento

Condiciones nominales de funcionamiento		
a) Temperatura ambiente	Baja	0 °C *
	Alta	40 °C *
b) Humedad	Hasta la condensación	
c) Inclinación	Horizontal	
* Este valor puede ser modificado por la Dirección de Metrología del INACAL, de acuerdo con las reglamentaciones vigentes, puesto que depende de las condiciones climáticas y las condiciones esperadas de aplicación (en interiores, al aire libre, etc.).		

Fuente: OSINERGMING, 2018

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada, debido que toda la teoría que se utilizó sobre el diseño de la planta cubicadora fue en función al dimensionamiento de los mecanismos electromecánicos que cumplen funciones específicas dentro del proceso de medición de los líquidos.

Diseño de investigación: Diseño no experimental, debido a que no se manipularon y controlaron las variables de estudio.

3.2. Variables y operacionalización

- Variable Independiente: **DISEÑO DE UNA PLANTA DE CUBICACIÓN DE TANQUES CISTERNA**
- Variable Dependiente: **AFORO EN UNIDADES DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

3.2.1. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2. Tabla de operacionalización de variables

Variables de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	DIMENSIÓN	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE Diseño de una Planta de Cubicación de Tanques Cisterna.	Es el conjunto de mecanismos del proceso de cubicación del tanque de combustible, y que consiste en el llenado con agua del tanque para verificar su volumen a diferentes alturas.	Dimensionamiento de los distintos elementos electromecánicos, que forman parte de la planta de cubicación, y se realiza en función a los parámetros de funcionamiento, demanda de tanques a cubicar y la normativa vigente.	Aspectos Eléctricos	Energía Eléctrica	Intervalo
			Aspectos Hidráulicos.	Presión Caudal.	Intervalo
			Mediciones	Volumen	Intervalo
DEPENDIENTE Aforo en Unidades Vehiculares destinadas al Transporte de Combustibles	Es el volumen de combustible en el interior del tanque medido a cada mm de altura del tanque, y se expresa en galones.	Se mide mediante un equipo que capte la variación de la interface del fluido a medida que se incrementa el volumen en el tanque.	Medición de volumen por la variación de la altura	Volumen	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra, muestreo

La población: está constituida por las plantas cubicadoras de tanques de combustibles existentes en el Perú, que, según registros existentes, son 8 a nivel nacional, estando autorizadas 6.

Tabla 3: Población de empresas cubicadoras

ITEM	EMPRESAS CUBICADORA	LUGAR DE UBICACION	RUC	AUTORIZADAS
01	Cubicaciones HD E.I.R.L	Lima	20602243215	Si
02	Inversiones Petroinsa S.A.C	Lima	20545384214	No
03	RMS SATECI	Lima	20508596732	Si
04	Group Service Marel S.A.C	Lima	20510910274	No
05	G&S Cubicación y Metrología S.A.C	Arequipa	20558871874	Si
06	Lo Justo S.A.	Arequipa	20413815071	Si
07	Software y Hardware Ingenieros S.R.L.	Piura	20231363255	Si
08	Cubicaciones Industriales del Norte S.A.C	Trujillo	20539700449	No

La muestra: la muestra lo constituyen 2 plantas cubicadoras, las cuales se determinaron:

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{Z^2(p)(q) + e^2(N - 1)}$$

N = Población (8)

p = Proporción máxima a favor de la muestra 10% (0.1)

q = Proporción máxima que afecta a la muestra 10% (0.1)

Z = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%) (Nivel de confianza)

e = Margen de error de muestra (0.09)

Remplazando en mi fórmula para hallar el tamaño de mi muestra:

$$n = \frac{1.96^2(6)(0.1)(0.1)}{1.96^2(0.1)(0.1) + (0.09)^2(6 - 1)}$$

$$n = 2$$

Muestreo: El muestreo fue intencionado, ya que no se aplicó ninguna técnica estadística.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se emplearon la técnica de la observación y del Análisis Documental. La técnica de la observación consistió en observar los parámetros de medición del volumen de los líquidos dentro de un tanque de almacenamiento, así como también los factores que determinan la precisión y exactitud de la medición mediante métodos indirectos. Además, se empleó el análisis documental, tales como los registros de los aforos de los tanques cisterna dedicadas al transporte de combustible en la región Lambayeque.

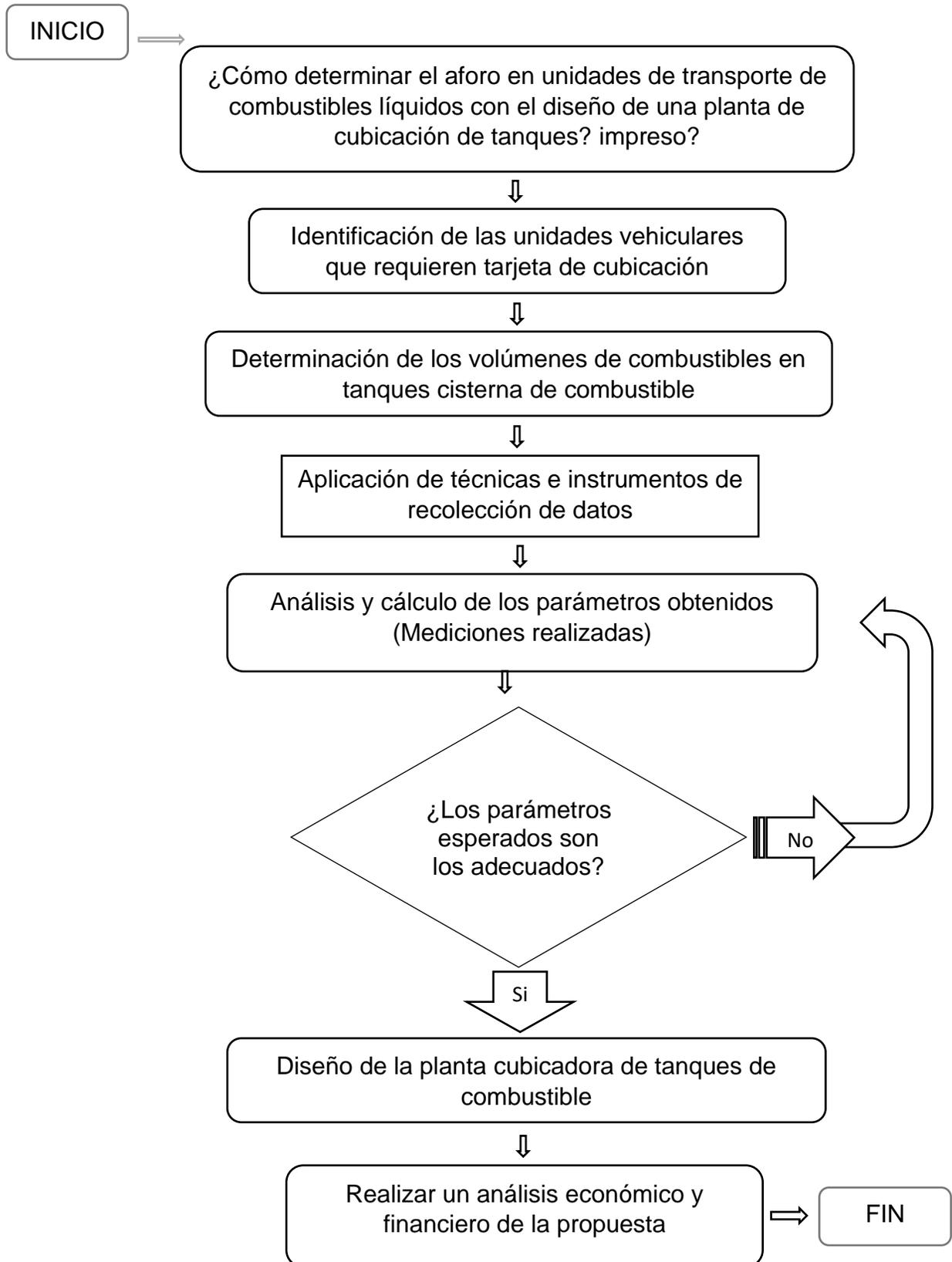
Entre los instrumentos de recolección de información, se empleó la ficha de registro, en el cual se hizo la Medición de Nivel de Combustible a diferentes alturas utilizando un sensor óptico

Además, se utilizó, la guía de observación, que es aquel registro donde se hizo el seguimiento a los parámetros de diseño de los diferentes elementos electromecánicos que componen la planta cubicadora

3.5. Procedimientos

La información necesaria para la investigación se inició con la identificación de las unidades vehiculares en la región Lambayeque, que utilizan la tarjeta de cubicación, que es necesaria para la compra de combustible en la planta de venta de combustibles al por mayor; luego en función a ello, se determinó la capacidad de la planta, a fin de determinar el mercado a satisfacer de las unidades cisternas. Con dicha información, se hizo una planificación de los sistemas de almacenamiento de agua, equipos hidráulicos de bombeo de agua, así como también los sistemas de medición y control; finalmente se hizo la conversión de los registros de medición en el formato de certificado de cubicación de los tanques cisterna de transporte de combustible.

Figura 7 Diagrama de flujo



3.6. Método de análisis de datos

En nuestra investigación, se utilizó la estadística descriptiva como método para el análisis de los datos obtenidos mediante nuestros instrumentos. Entre ellos, se encuentra el análisis cuantitativo, refiriéndose a la investigación, con la finalidad de ser medidos, siendo útiles al momento de desarrollar un análisis estadístico de los cambios que trae la misma en ciertos aspectos que son fácilmente cuantificables.

3.7. Aspectos éticos

La recolección de la información se desarrolló atendiendo los principios éticos de los autores, lo cual se vio reflejado únicamente la realidad observada, sin alterar donde garantice que el trabajo es original y sea de gran utilidad como una nueva fuente de información.

IV. RESULTADOS

4.1. Realizar un análisis de la situación en cuanto a la determinación del aforo de los tanques cisterna de combustible montado en las unidades vehiculares, destinado al transporte de combustible.

4.1.1. Cubicación actual de tanques cisterna

La cubicación de los tanques se realizó de acuerdo con lo estipulado en la Norma Metrológica Peruana NPM 023 2017, el cual establece las inspecciones, mediciones, ensayos, dilatación del tanque, sensores, tablas de capacidades, mecanismos de medición externa y bombeo entre otras.

La cubicación teórica de un tanque de almacenamiento de combustible se realizó en una tabla de aforo; para efectos se realiza el cálculo del aforo de un tanque cisterna de las siguientes características:

Tabla 4. Número de tanques cisterna de acuerdo con capacidad en galones.

	Capacidad en Galones					
	2500	4000	5000	7000	10000	11000
N° Unidades	45	43	32	30	56	59

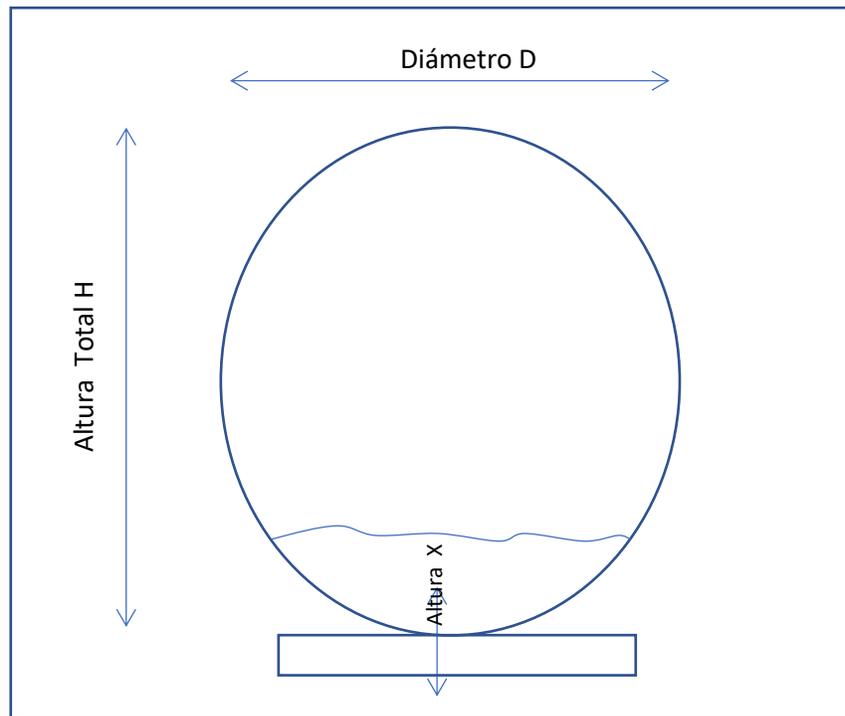
Fuente. Dirección General de Hidrocarburos, MEM, 2017

De las unidades que tienen tarjeta de cubicación para el transporte de combustible, la determinación del aforo por cada mm de altura medido desde el fondo del tanque se realizó de manera teórica, y no como lo establece la legislación actual, que es la cubicación en planta, utilizando el agua como líquido de prueba y un equipo de medición de nivel.

4.1.2. Determinación teórica del volumen de combustible.

El análisis teórico realizado para la determinación del volumen de combustible a diferentes alturas se muestra en la figura 8.

Figura 8. Vista Posterior tanque cisterna

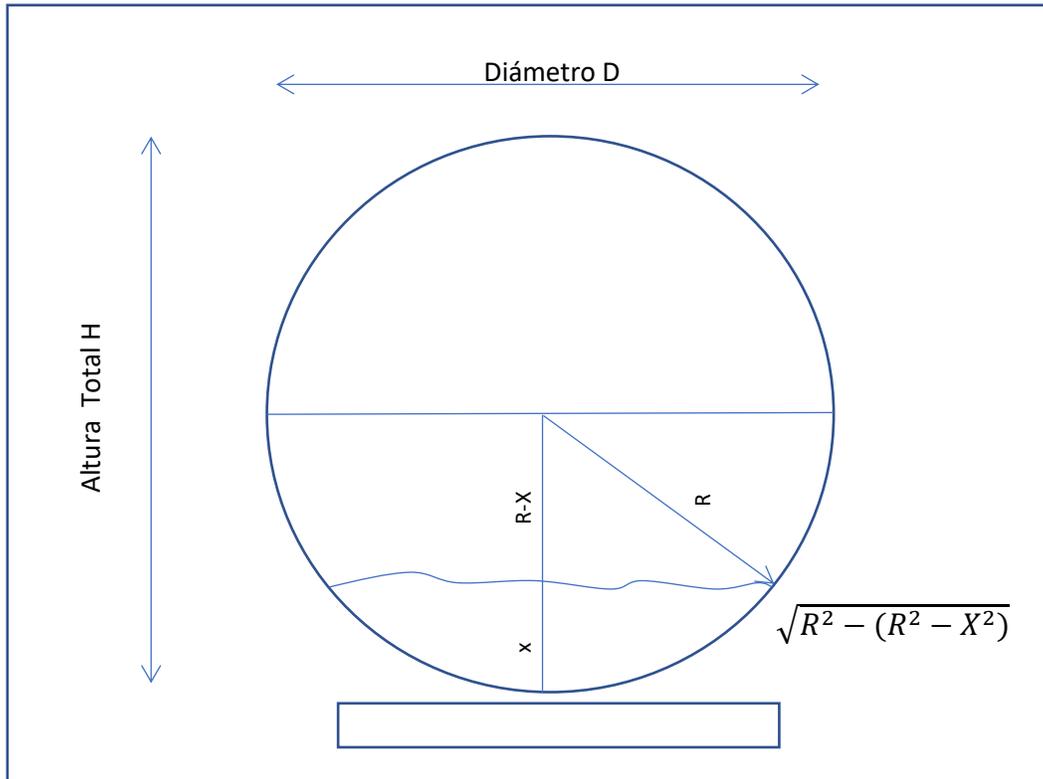


Fuente: Elaboración Propia

La altura X determinó la cantidad de galones que tiene el combustible, y la empresa fiscalizadora realiza la medición utilizando una regla graduada que es introducida desde la parte superior del tanque para determinar en función a los mm de altura del combustible, la capacidad de éste.

El modelo teórico para la determinación del volumen a diferentes alturas se realizó tal como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Dimensiones de tanque cisterna

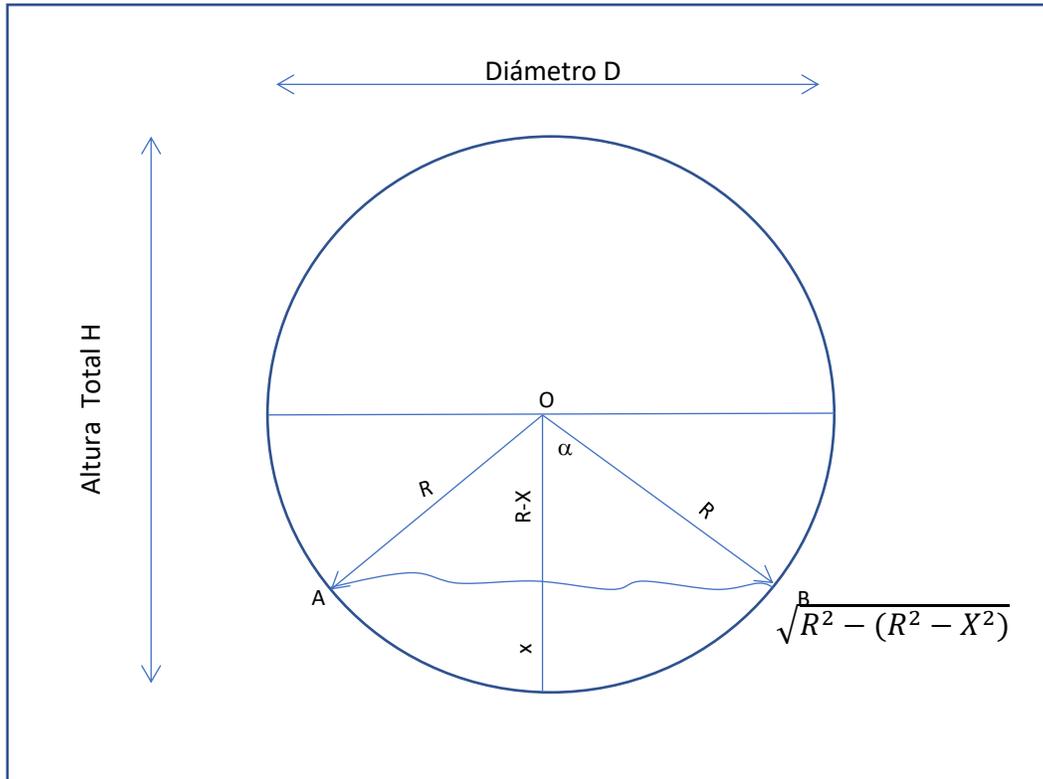


Fuente: Elaboración Propia.

El volumen de combustible en el tanque a una altura x , está dado por la multiplicación del área que forma la película del combustible con el contorno del tanque por la longitud del tanque

La determinación del volumen de combustible en el interior del tanque en función a la altura x ; se muestra en la figura 10

Figura 10. Dimensiones de tanque cisterna



Fuente: Elaboración Propia.

El área bajo la cuerda AB, es el área del sector circular AOB menos el área del triángulo isósceles AOB.

El área del sector circular AOB, se expresa:

$$Asc = \frac{\pi * D^2}{4} * \frac{\alpha}{360}$$

Dónde:

Asc: Área del sector circular AOB.

D: Diámetro del tanque cisterna.

α : Angulo del sector circular AOB.

El ángulo α , se obtiene:

$$\text{Sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{(R - X)}{X}$$

$$\alpha = 2 \text{ arc sen } \frac{(R - X)}{X}$$

Por lo cual el área del sector circular es:

$$A_{sc} = \frac{\pi * D^2}{4} * \frac{2 \text{ arc sen } \frac{(R - X)}{X}}{360}$$

El área del triángulo AOB se expresa:

$$A_t = \sqrt{R^2 - (R^2 - X^2)} * (R - X)$$

Por lo tanto, el área bajo la cuerda AB con el contorno de la circunferencia del tanque es la diferencia entre el área de la sección circular y el área del triángulo:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} * \frac{2 \text{ arc sen } \frac{(R - X)}{X}}{360} - \sqrt{R^2 - (R^2 - X^2)} * (R - X)$$

El volumen del combustible a una altura x, es la multiplicación del área antes descrita por la longitud L del tanque cisterna, es decir:

$$V_x = \left(\frac{\pi * D^2}{4} * \frac{2 \text{ arc sen } \frac{(R - X)}{X}}{360} - \sqrt{R^2 - (R^2 - X^2)} * (R - X) \right) * L / 3780000$$

Dónde:

V_x: Volumen a una altura x, en galones

x: Altura medida en mm desde el fondo del tanque hasta la interface del fluido.

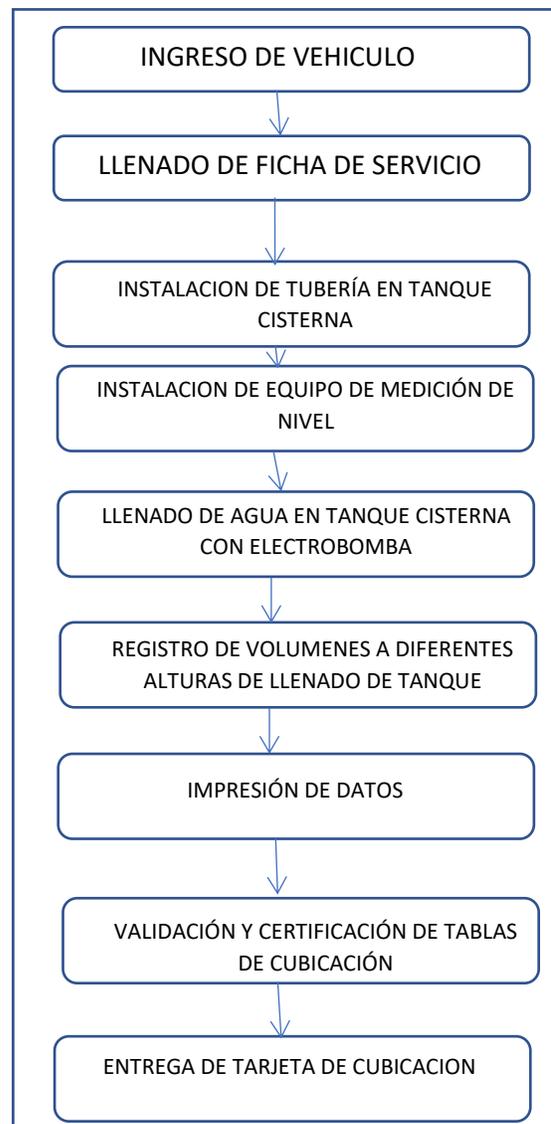
R: Radio del tanque cisterna, en cm.

L: Longitud del tanque cisterna, en cm.

4.2. Describir los procesos para la cubicación de las diferentes geometrías de los tanques cisterna, de acuerdo con la legislación vigente.

La cubicación del aforo de los tanques de combustible se realiza con procesos definidos en el interior de la planta de cubicación, desde el ingreso del camión cisterna hasta la impresión de la tarjeta de cubicación de tanque de combustible.

Figura 11. Procesos de Cubicación de tanque cisterna



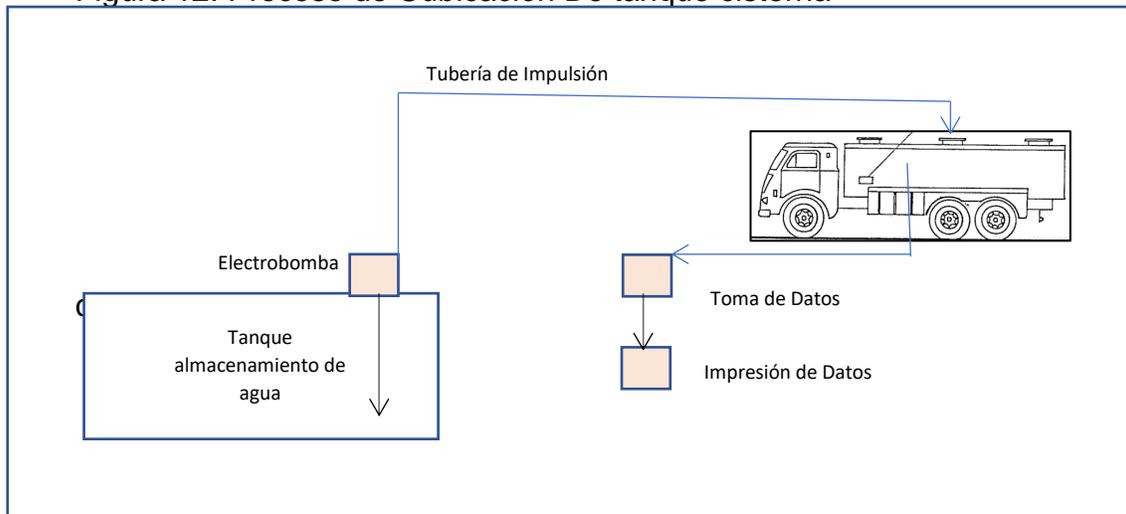
Fuente: Elaboración Propia.

a) Ingreso de Vehículo.

El vehículo al momento de ingresar a la planta de cubicación no debe tener combustible en el interior del tanque, para lo cual se debe verificar mediante la inspección por personal de la planta; luego se estaciona en el lugar asignado para la cubicación respectiva, además deberá tener la siguiente documentación:

1. Tarjeta de Propiedad.
2. Seguro contra accidente de tránsito.
3. Tarjeta de cubicación (No aplica para vehículo de primera cubicación).
4. Licencia de conducir del conductor.
5. Tabla de cubicación de tanque cisterna.
6. Autorización de la Dirección General de Hidrocarburos para el transporte de combustibles líquidos.

Figura 12. Proceso de Cubicación De tanque cisterna



Fuente: Elaboración Propia.

b) Llenado de ficha de servicio.

Una vez recepcionada la documentación solicitada, se procede al llenado en forma virtual de los datos técnicos de la unidad.

Figura13. Modelo de ficha de servicio

Fecha:		
Nombre del conductor:		
Placa de Vehículo		
Año de Fabricación:		
Capacidad del tanque		
N° Compartimientos		
1er Compartimiento: Capacidad / Tipo de Combustible		
2do Compartimiento: Capacidad / Tipo de Combustible		
3er Compartimiento: Capacidad / Tipo de Combustible		
N° Serie del tanque		
Espesor de plancha de tanque en Pulgadas:		
Tubería de recuperación de vapores	Si	No
Válvulas de descarga	Si	No
Manhole	Si	No
Sensor optico.	Si	No
Hora de Inicio de Prueba		
Hora de fin de Prueba		

Fuente: Elaboración Propia.

c) Instalación de tubería en tanque cisterna.

La tubería de 3" de diámetro con la que cuenta la instalación, conduce el agua desde la electrobomba de impulsión hacia el tanque cisterna; se instala con acoples en forma de brida el ingreso de la tubería al manhole del tanque cisterna.

La tubería que impulsa el agua en un tramo es rígida, y en un segundo tramo es flexible. La flexibilidad del segundo tramo de la tubería es para que pueda acoplarse a la posición del manhole, debido a que los tanques cisterna tienen ubicado en manhole en diferentes lugares en la parte superior del tanque cisterna.

d) Instalación de equipo de medición de combustible.

Consiste en la instalación del equipo que mide el nivel de combustible en el tanque; este equipo de medición consta de dos sensores, que son ópticos, uno fijo ubicado en la parte inferior del tanque, y el otro sensor se ubica en la boya que flota a medida que el tanque se va llenando con agua.

Todo el equipo de medición presenta hermeticidad, por lo tanto, no hay contacto del agua al interior del equipo.

e) Llenado de agua en tanque cisterna con electrobomba.

Luego de instalar el equipo de medición, se procede a llenar el tanque desde la electrobomba, la cual succiona el agua desde el tanque de almacenamiento hacia el tanque cisterna.

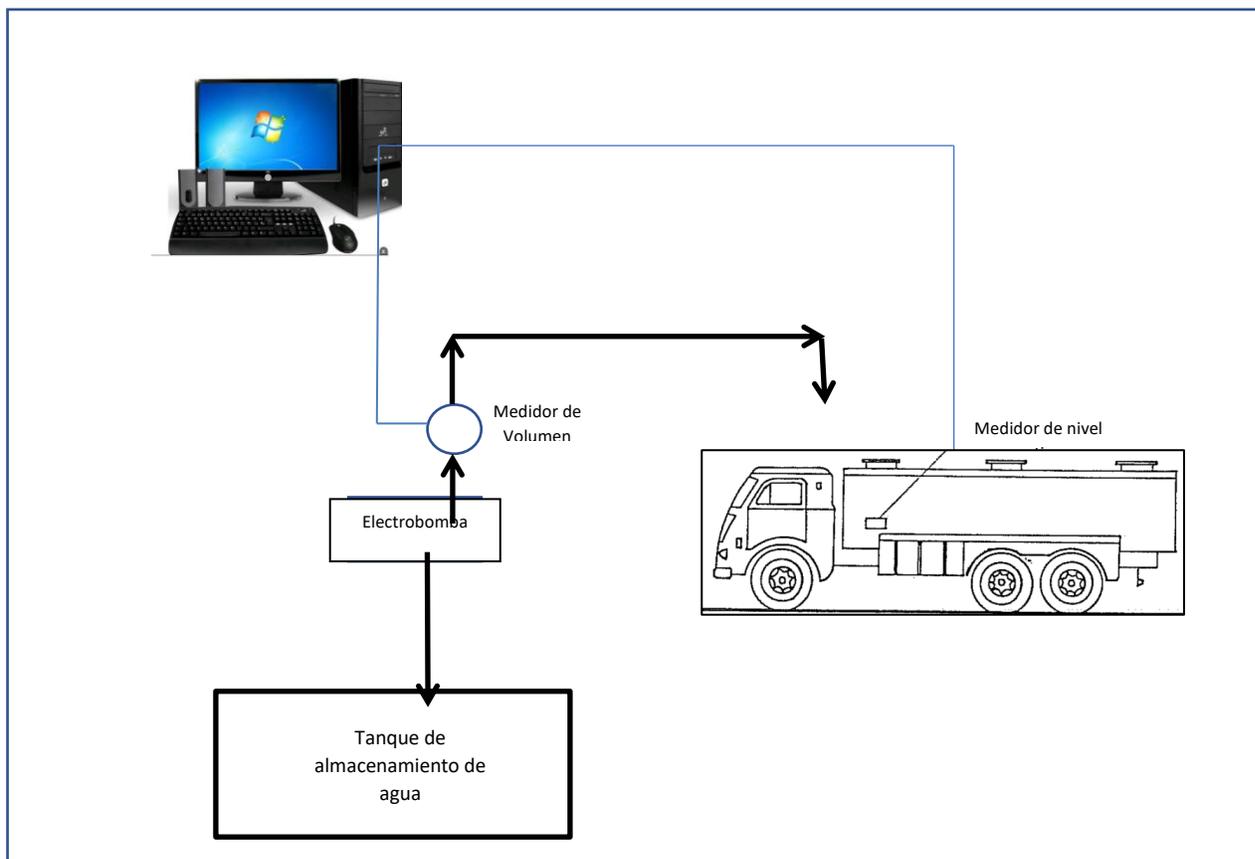
Mediante un medidor de volumen ubicado a la salida de la electrobomba, se conoce la cantidad de agua que va ingresando; el llenado es de forma continua, y en caso de fugas de agua que podrían ocurrir en la tubería o en el tanque cisterna, el sistema eléctrico de la electrobomba tiene un botón de emergencia para ser utilizados en caso de eventualidades.

f) Registro de volúmenes a diferentes alturas de llenado de tanque.

El registro de los volúmenes a diferentes alturas se realiza mediante el incremento de 1mm de altura del nivel de combustible; para lo cual, se requiere tener como dato el diámetro del tanque y la altura total.

Este valor será del medidor digital de volumen de agua, el cual está instalado en la salida de la electrobomba; es decir que relaciona el incremento de 1mm de altura del nivel de agua con la variación del volumen de agua de ingreso al tanque cisterna.

Figura 14. Registro de Información de cubicación.



Fuente: Elaboración Propia.

La información del sensor óptico de nivel de combustible y del medidor de volumen de combustible, son enviadas hacia un computador, el cual recibe los datos que son almacenados en una hoja del Software Microsoft Excel, el cual está configurado previamente para presentar los datos, desde un valor de 1mm de altura hasta la altura en donde se establece la flecha. La flecha es la altura máxima de llenado del tanque de combustible.

Tabla 5. Formato de registro de datos

Mm	Galones
1	
Flecha	

Fuente: Elaboración Propia.

g) Impresión de datos.

Los datos configurados en formato de tablas son impresos, desde la PC del sistema.

h) Validación y certificación de tablas de cubicación.

Las validaciones de los datos se corroboran mediante el cálculo aproximado teórico, en cualquier posición del sensor.

Se emite un certificado de cubicación del tanque, consignado datos del vehículo, del tanque, de los volúmenes a cada mm de altura de nivel, firmados por un Ingeniero Mecánico Electricista Colegiado y Habilitado.

i) Entrega de tarjeta de cubicación.

Figura 15. Tarjeta de Cubicación de tanque cisterna

CUBICACION & PRUEBAS S.A.C.			
RUC 20488117522			
Calle Tarapaca N°322 -Int.1 Of. 201 -Urb. Campodonico-Chiclayo			
Planta: Parcela "A" Km.2 + 838.45 B Carretera Roque Puerto Eten, Comp:C. Eten, Chiclayo-Lambayeque Tel.RPM # 979210443/RPC N°956320840			
correo:cubicacionypruebassac1@gmail.com			
REGISTRO DE CUBICACION N° CPS:0656		F.Emision	:02/11/2018
(antes:PI-32243)		F. Vencimiento	:02/11/2019
Razon Social: CORPORACION TRANSPORTE TERRESTRE SAC			
Direccion: Av.Santa Rosa Mz. L-Lt.2y3 Santa Anita- Lima			
Compartimiento	Capacidad(gal)	A la fecha:	RUC N°:20390386924
1°	11,000	1,724 mm	
2°			
3°			
4°			
5°			
6°			
7°			
CAPACIDAD TOTAL		11,000 GLNS	
Cubicado por: Tomas Ruiz			

Fuente: Cubicación y Pruebas SAC.

4.3. Diseñar los dispositivos electromecánicos en el proceso de cubicación, así como también el sistema de medición del aforo de los tanques cisterna.

4.3.1. Tanque de almacenamiento de agua.

El tanque de almacenamiento de agua se diseñó en función al número de servicios diarios y/o semanales que oferta la empresa. El tanque que se diseñó se hizo teniendo en cuenta que la cantidad de agua para el suministro hacia los tanques cisterna sea de diferentes capacidades.

Se prevé que, para una operación de 3 servicios por día, considerando que las mayores capacidades de los tanques cisterna, en la región norte del Perú, en promedio son de 11000 Galones, es decir que, para satisfacer esta demanda, se requiere de un tanque que contenga una cantidad de agua superior a los 33,000 Galones. Si el servicio es para cisternas de menos capacidad, el número de servicios diarios se incrementa.

El tanque de almacenamiento de agua, en su estructura se determinó que sea de concreto armado, subterráneo, y se abastece de agua de la red pública.

Para un volumen de 33000 galones, se determinó las dimensiones:

$$Volumen = 33000 \text{ Galones} * \left(\frac{3.78 \text{ Litros}}{1 \text{ Galón}} \right) * \left(\frac{1m^3}{1000 \text{ Litros}} \right) = 124.74 m^3$$

El tanque de almacenamiento subterráneo para tener el volumen de 124.74 m³, se diseñó de forma de un prisma rectangular; para una profundidad de 3.00 m, se tiene un área transversal del tanque de $124.74 / 3 = 41.58$ m².

El área transversal de 41.58 m², será de una longitud de 9.00 metros, con lo cual el ancho del tanque es de $41.58 / 9.00 = 4.62$ m.

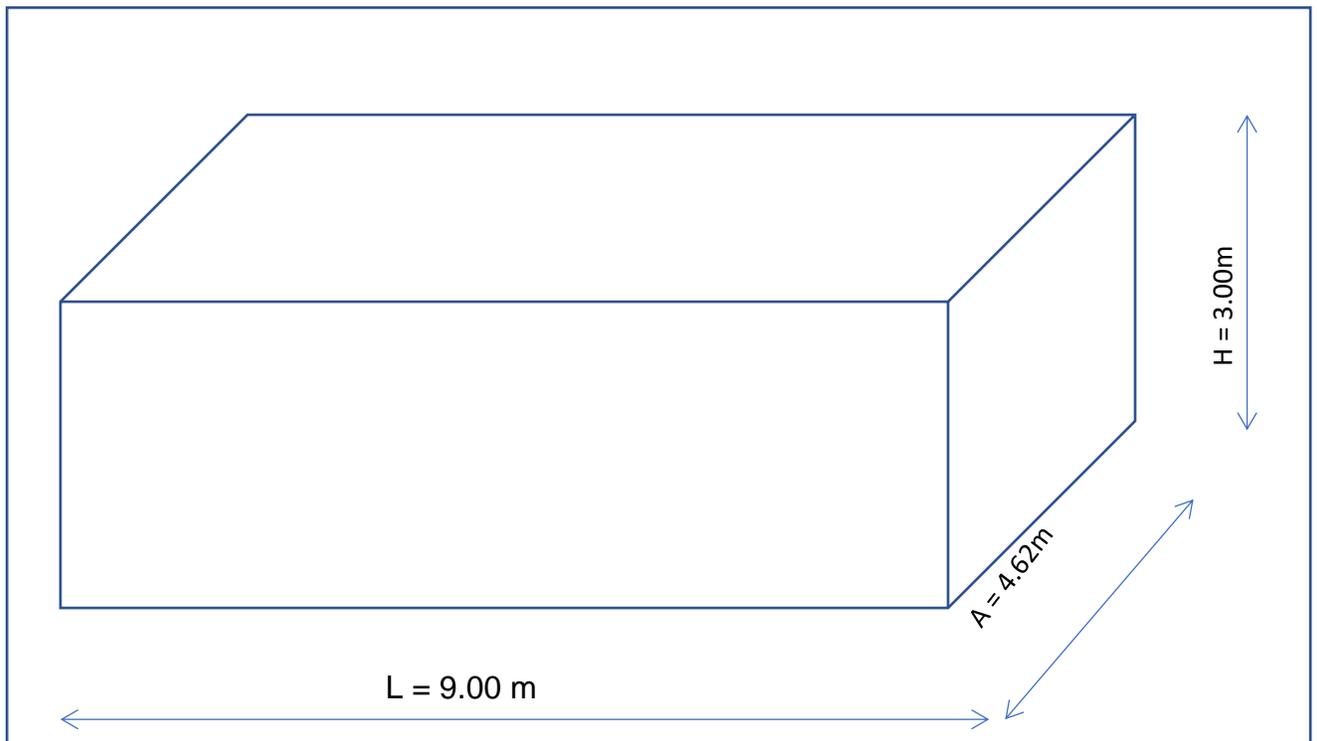
Es decir que el tanque de almacenamiento de agua fue:

Longitud: 9.00 m.

Ancho: 4.62m

Profundidad: 3.00 m

Figura 16. Geometría de Tanque de almacenamiento de agua.



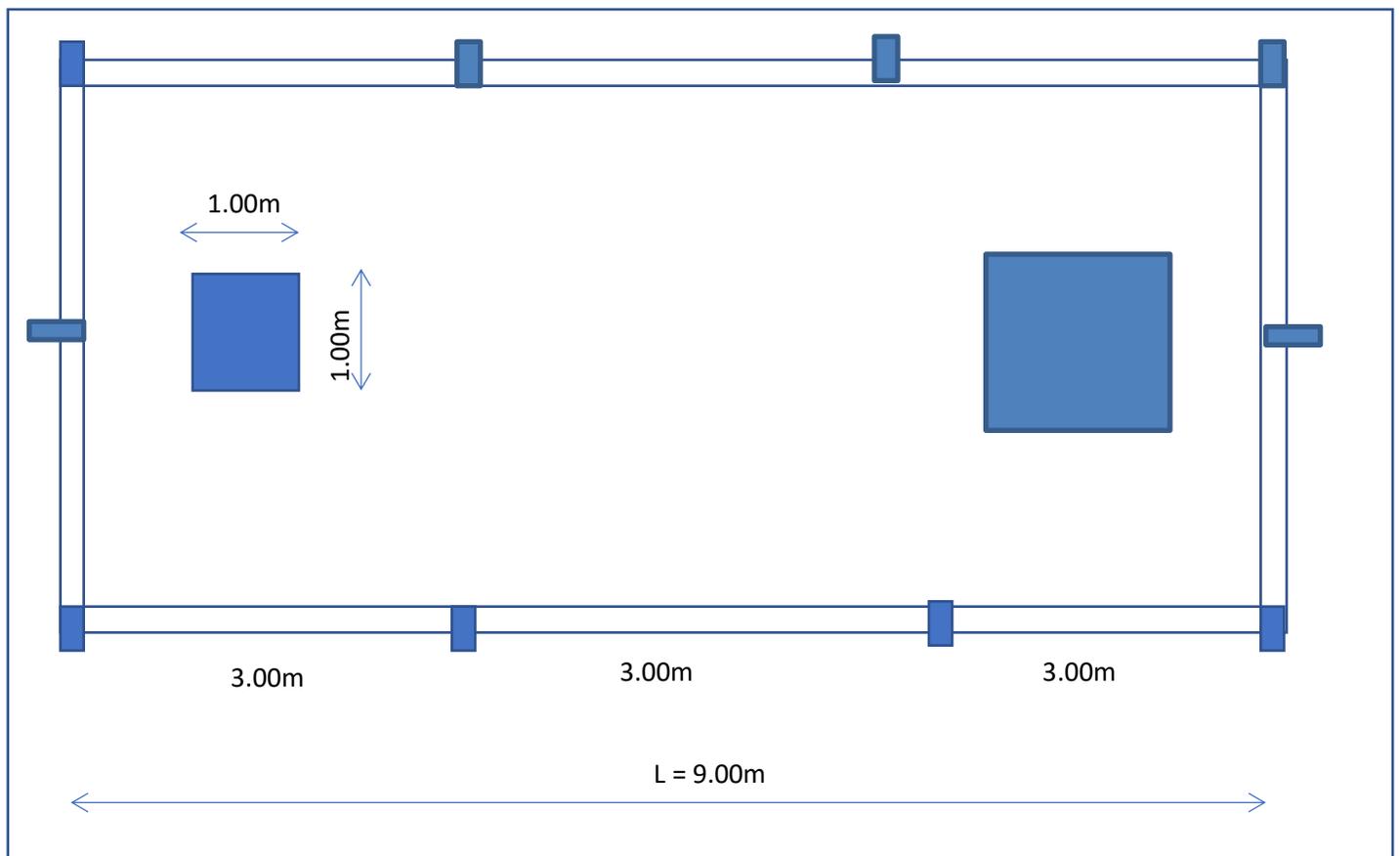
Fuente: Autoría Propia.

El tanque en mención se seleccionó que el material fue de concreto armado de 210 Kg/cm² de resistencia, para lo cual, el acero es de 5/8" de diámetro, con un espesor de pared de 40cm, separados por columnas de sección de 60 x 60 cm, a cada tres metro de distancia.

El revestimiento del tanque es con mortero en base a cemento y arenilla,

El tanque en la parte superior posee dos tapas rectangulares para el ingreso de las personas que realizan las labores de mantenimiento y/o reparación, y las dimensiones fueron de 1.00 m x 1.00m.

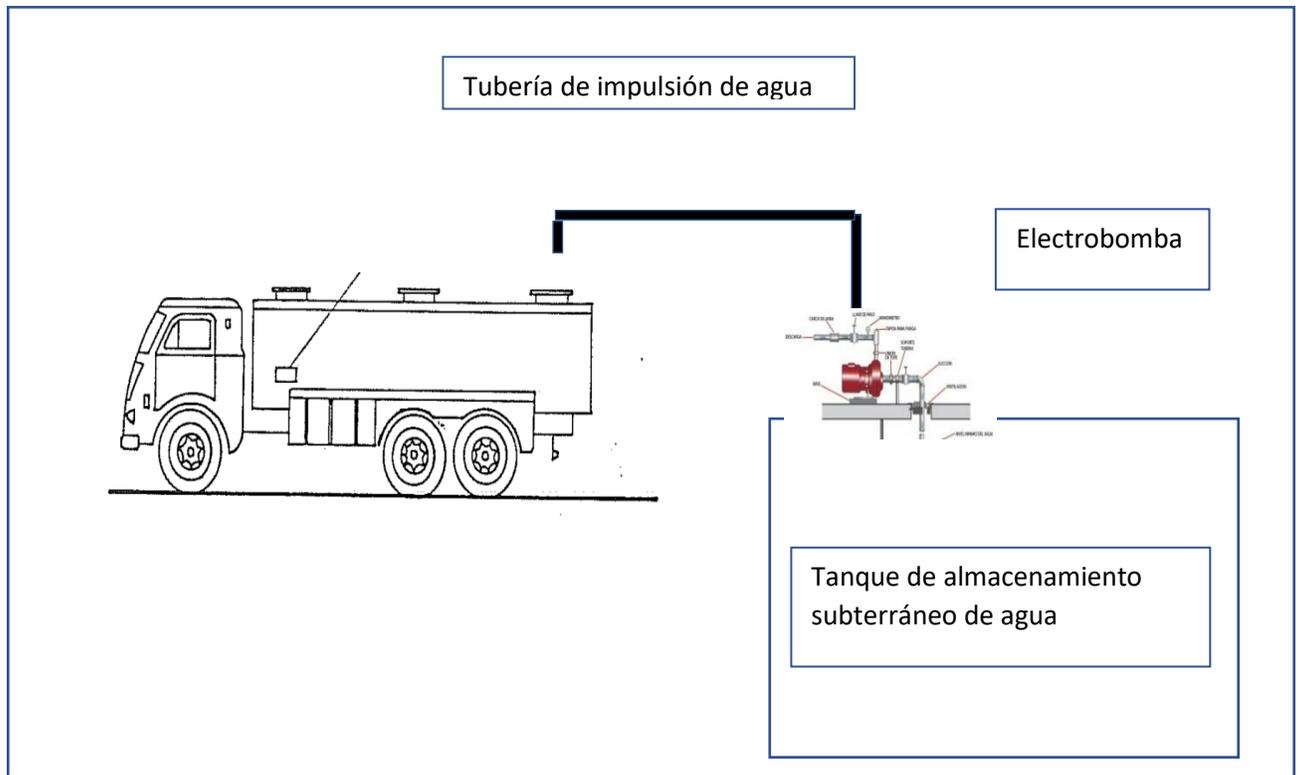
Figura 17. Vista Superior de Tanque de almacenamiento de agua



Fuente: Autoría Propia.

4.3.2. Electrobomba.

Figura 18. Electrobomba de impulsión de agua



Fuente: Autoría Propia.

La electrobomba seleccionada, tiene las siguientes características: de un caudal de 600 Litros /minutos, es decir que el tanque cisterna de 11000 galones y el llenado en el tiempo de:

$$t = \frac{\text{Volumen de Tanque cisterna}}{\text{Caudal de Electrobomba}}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$t = \frac{11000 \text{ Galones}}{600 \text{ Litros /Minuto}} * \frac{3.78 \text{ Litros}}{1 \text{ galon}} = 69.3 \text{ Minutos}$$

Es decir que para los tanques cisterna a cubicar de 11,000 galones, utilizando una electrobomba de 600 litros / minutos de caudal, se requiere de un tiempo de 69.3 minutos (1.15 Horas).

Para los tanques de menor capacidad, el tiempo de llenado, se muestra en la tabla:

Tabla 6. Tiempos de llenado de los tanques cisterna (Minutos)

Capacidad de Cisterna (Galones)	Tiempo de Llenado (Minutos)
11000	69.3
10000	63
9000	56.7
7000	44.1
5000	31.5
3000	18.9
2000	12.6
1000	6.3

Cálculo de Potencia de la Bomba

La potencia que necesita la bomba para este caudal a una altura estática, que es la altura entre el nivel de succión de agua en el interior del tanque de almacenamiento y el punto más alto de ingreso de la tubería al tanque cisterna a cubicar, el cual es de 8.5m.

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\epsilon_1 * \epsilon_2 * 1000}$$

Dónde.

P: Potencia (Kw.)

γ : Peso específico del agua (N/ m³)

Q: Caudal (m³/s).

H: Altura manométrica (m)

ϵ_1 : Eficiencia del motor eléctrico

ϵ_2 : Eficiencia de la bomba.

Cálculo de Pérdidas de Carga (hf):

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

hf: Altura de Pérdida de presión, (m).

f: Factor de fricción.

L: Longitud (m)

V: Velocidad del fluido, en (m/s.)

D: Diámetro de la tubería. (m)

El factor de fricción se determina mediante dos formas:

a) Ecuación de Coolebrok.

b) Diagrama de Moody.

La ecuación de Coolebrok:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

Dónde:

λ: Factor de fricción.

D: Diámetro de la tubería (m)

Re: Número de Reynolds. (adimensional)

k: Factor por tipo de accesorio. (adimensional)

El Número de Reynolds se determina: (Re)

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\vartheta}$$

Re: Número de Reynolds.

V: Velocidad (m/s).

D: Diámetro de la tubería, (m).

ϑ : Viscosidad (Pa. s)

ρ : Densidad del agua (kg/ m³)

La velocidad aproximada de flujo en tuberías:

Se determina a partir de la ecuación:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

El caudal Q de la electrobomba es de 600 litros / Minuto, equivalente a 0.01 m³/s Y el diámetro de la tubería es de 3" = 0.0762 m la existente.

$$V = \frac{4 \times 0.01}{\pi (0.0762)^2} = 2.19 \text{ m/s}$$

La viscosidad del agua a 20°C es 0.001 Pascal por segundo, y la densidad de 1000 Kg/m³.

Por lo tanto

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\vartheta}$$

$$Re = \frac{1000 \times 2.19 \times 0.0762}{0.001} = 167091$$

El número de Reynolds mayor a 4000 se considera **un flujo turbulento**.

Factor de fricción:

Reemplazando en la ecuación de Coolebrok, se tiene que el factor λ de fricción, con una rugosidad E para tubería de PVC de 0,0015mm o sea 0.0000015m es de:

Remplazando en la en esta ecuación se tiene:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

λ : 0.0232

Ecuación de Darcy: La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido.

Reemplazando en la ecuación de Darcy, la longitud total de la tubería es de 15 m.

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = \frac{0.0232 \cdot 15 \cdot (2.19)^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.0762} = 1.11 \text{ m.}$$

h_f = Pérdidas por fricción en la tubería.

Las pérdidas por accesorios se determinan:

$$H_{acc} = \frac{KV^2}{2gD}$$

Dónde:

Hacc: Pérdida de carga por accesorios, en metros.

K: Factor por tipo de accesorio.

V: Velocidad del fluido. (m/s)

D: Diámetro de la tubería, 3" = 0.0762 m

El factor por tipo de tubería depende del accesorio, se tiene K = 0.08, para cambios de dirección.

Reemplazando:

$$H_{acc} = \frac{KV^2}{2gD}$$

$$H_{acc1} = \frac{0.08 \cdot (2.19)^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.0762} = 0.25 \text{ m}$$

Debido a que tenemos dos curvas, de 90°, asumiremos que las pérdidas en los accesorios serán:

$$H_{acc T} = H_{acc1} \times 2 = 0.25 \times 2 \text{ m}$$

$$H_{acc T} = 0.50 \text{ m}$$

Pérdidas totales en la Tubería. (Pt)

Las pérdidas de carga por fricción, en la tubería y accesorios, son:

$$P_t = 1.11 \text{ m.} + 0.50 \text{ m}$$

$$P_t = 1.61 \text{ m}$$

La altura dinámica. (Hm)

Será la suma de la altura estática, que es la altura entre la ubicación del tanque cisterna a cubicar y el tanque de almacenamiento de agua, más la altura de pérdidas de carga.

$$H_m = H + P_t$$

$$H_m = 8.5 + 1.61 = 10.11 \text{ m}$$

La potencia que desarrolla la electrobomba:

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\varepsilon_1 * \varepsilon_2 * 1000}$$

$$P = \frac{9810 * 0.01 * 10.11}{0.8 * 0.8 * 1000} = 1.54 \text{ KW o } 2.077 \text{ HP}$$

La electrobomba por adquirir es de 2.5 HP, se puede encontrar comercialmente en el mercado con acoplamiento directo entre motor y bomba.

Tabla 7 Características de Electrobomba

Atributo	Detalle
Caudal máximo	600 l/min
Características	Impulsor de latón, protector térmico, eje rotor montado en rodamientos y sello mecánico grafito cerámico
Marca	Pedrollo
Uso	Suministro de presión a caudales de agua
Voltaje	220 V
Altura elevación máxima	30 m
Profundidad	36.4 cm
Material	Acero
Temperatura máxima	90°C
Fase	Monofásico
Capacidad de succión	5 m
Alimentación	Red eléctrica
Protección	IP44
Potencia	2.5 HP
Conexión	3"

4.3.3. Equipo de Medición de nivel con sensor óptico en interior de tanque cisterna.

Se selecciona un sensor de nivel ultrasónicos sin contacto

Estos sensores incorporan un procesador de señal analógica, un microprocesador, decimal codificado en binario (BCD) switches de rango, y un circuito de salida del controlador. Transmite los impulsos a una puerta de señal de la ruta del microprocesador a través del procesador de la señal analógica del sensor, que envía un haz ultrasónico a la superficie del líquido.

El sensor de nivel detecta el eco de la superficie y la envía de vuelta al microprocesador para una representación digital de la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie.

A través de una actualización constante de las señales recibidas, el microprocesador calcula los valores promedios para medir el nivel de líquido.

Con un sensor de nivel continuo, el microprocesador convierte el valor promediado para una señal analógica de 4 a 20 mA lineal con el nivel de líquido.

Cuando el eco de nivel no vuelve al sensor en 8 segundos, la señal de salida del sistema cae por debajo de 4 mA, lo que indica una condición de bajo nivel o de tubo vacío. Con un sensor de punto, el microprocesador compara el valor medio con el ajuste del interruptor BCD y energiza un relé de salida, ya sea para la indicación de nivel alto o bajo.

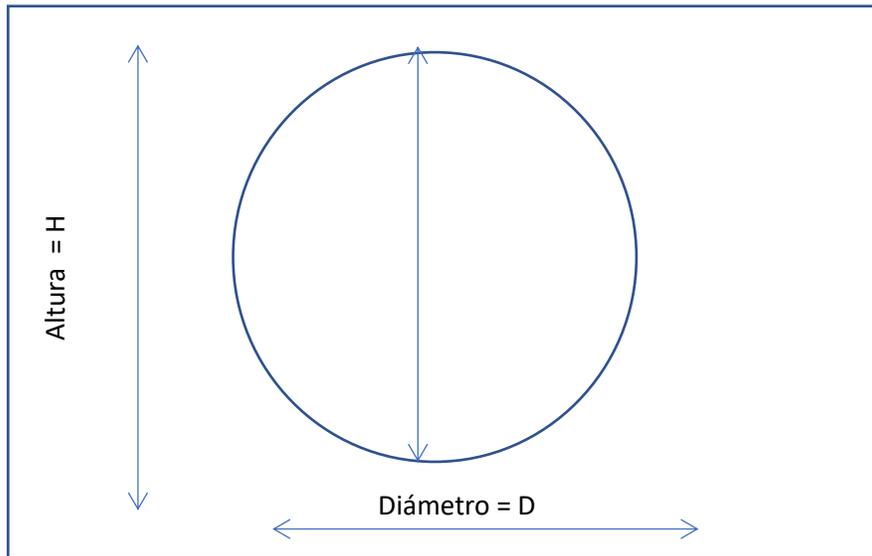
Una pérdida de señal superior a 8 segundos desactiva el relé y restaura su estado original.

La electrónica incorpora un retraso de medio segundo que minimiza los efectos de superficie debidos a la turbulencia.

La salida de la tensión del sensor varía desde un valor de 2 voltios para un nivel cero y un valor de 8 voltios para un valor de nivel máximo.

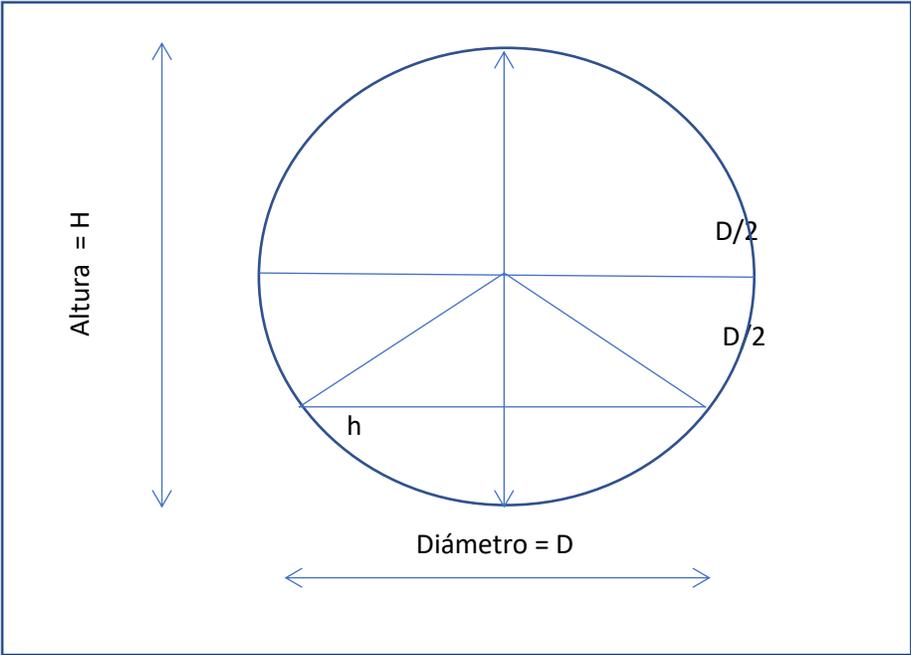
Aplicación de sensor para tanque cisterna de sección circular.

Figura 19. Dimensiones de tanque cisterna de sección circular



La altura H , del tanque cisterna de sección circular, por geometría es igual al diámetro, por lo tanto, cuando el nivel de combustible esté a un nivel cero, el sensor indica 2 voltios, y a medida que se incrementa el nivel de combustible por cada mm de altura, el sensor envía un nivel de tensión mayor, hasta llegar a 8 voltios cuando el nivel del combustible alcanza los 8 voltios.

Figura 20. Geometría de tanque circular



La función que relaciona el volumen en función a la variación de la altura h , será:

$$V = \text{Área} \times \text{Longitud del tanque.}$$

El área del líquido se refiere al área que existe entre el nivel del líquido y el contorno del tanque, el cual se calcula de la forma siguiente:

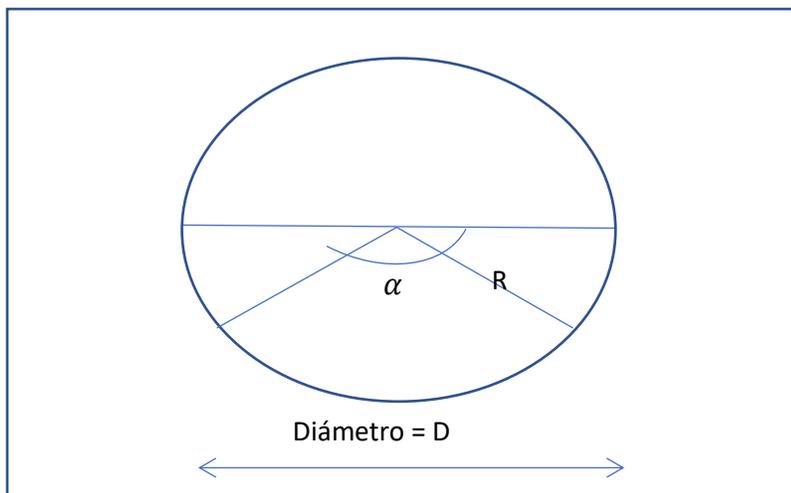
$$A = A_c - A_t$$

Dónde:

A_c : Área del sector circular.

A_t : Área del triángulo.

Figura 21. Área del sector circular.



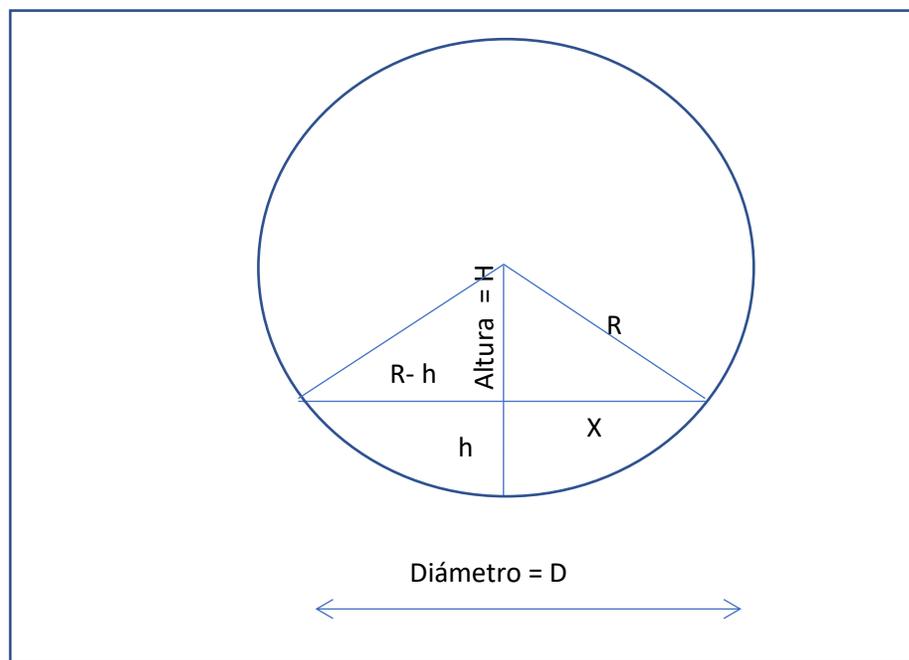
El área bajo el sector circular:

$$A_c = \frac{\pi * D^2}{4} * \frac{\alpha}{360}$$

El ángulo α , se determina:

$$\text{Sen} (\alpha/2) = X / R$$

Figura 22. Área del Triángulo.



La distancia X, se determina:

$$X = \sqrt{R^2 - (R - h)^2}$$

El área del triángulo es:

$$A_t = \frac{(2X) * (R - h)}{2}$$

El área bajo el nivel del líquido es:

$$A = A_c - A_t$$

$$A = \left(\frac{\pi * D^2}{4} * \frac{\alpha}{360} \right) - \left(\frac{(2X) * (R-h)}{2} \right)$$

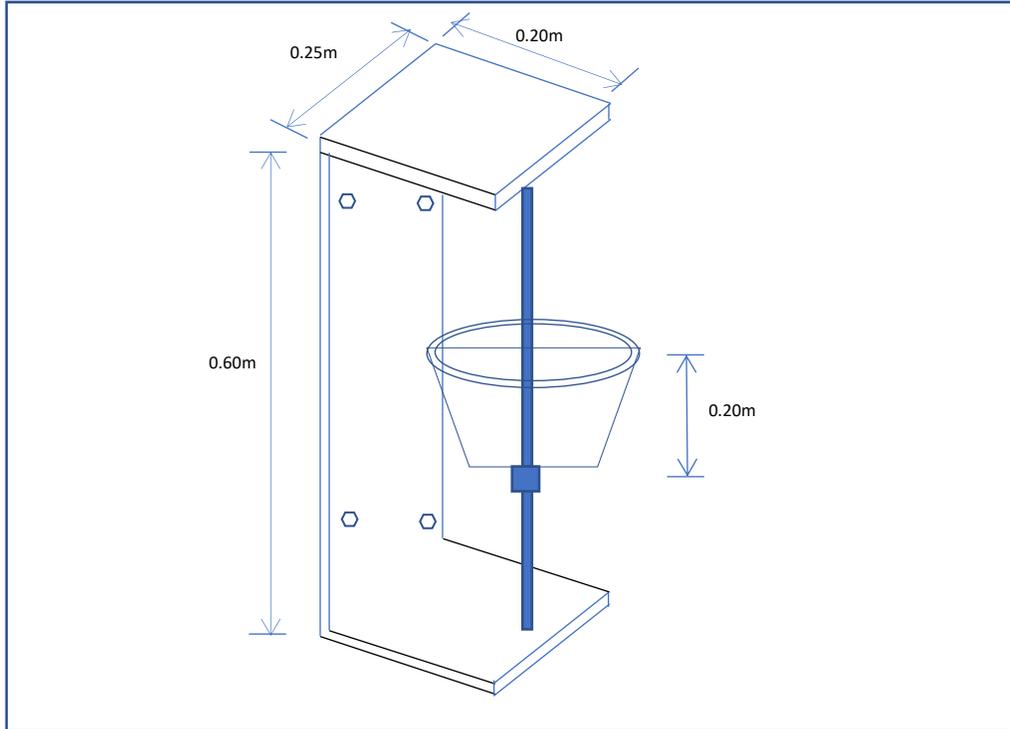
El volumen del tanque en función a la altura (hasta la altura h/2), será:

$$V = \left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} * \frac{\alpha}{360} \right) - \left(\frac{(2X) * (R-h)}{2} \right) \right] * L$$

4.3.4. Dispositivo de Indicación de Nivel

Se describe las características y dimensiones del dispositivo de indicación de nivel, de acuerdo con lo especificado en la Norma Metrológica Peruana 023 – 2017, el cual especifica en el acápite 5.4. los requisitos generales, así como también la sensibilidad del tanque para la descarga completa de compartimientos; teniendo como finalidad determinar el incremento de la indicación del volumen del compartimiento del tanque, con el dispositivo de indicación de nivel en el interior de este.

Figura 23. Dimensiones de dispositivo de indicación de nivel



Cálculo de Volumen de la estructura de apoyo

Para efectos de cálculo, se tiene que el volumen total del dispositivo de medición será igual al volumen de las 3 piezas, que son el soporte, el cono truncado vacío y el tornillo

Volumen del Soporte.

El volumen se determina con la expresión del volumen de un prisma:

$$V_s = L * A * e$$

Dónde:

Vs: Volumen del Soporte.

L: Longitud total del soporte.

A: Ancho del soporte.

e: Espesor de la plancha.

Reemplazando valores:

$$L: 0.6+0.2+0.2 = 1.00\text{m}$$

$$A: 0.25\text{m}$$

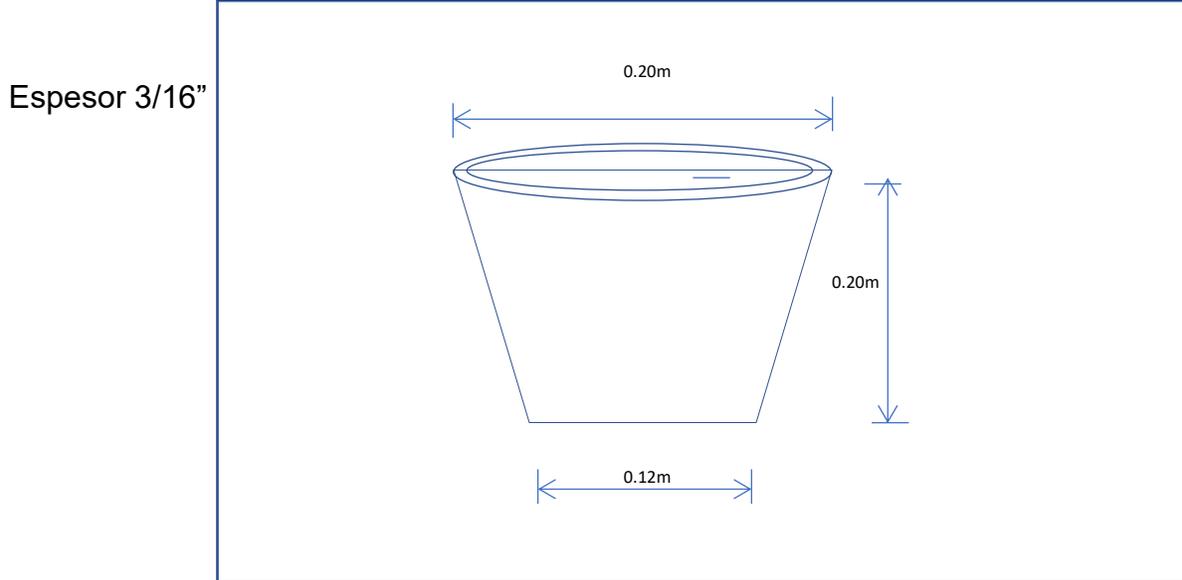
$$e: 3/16'' (0.0047\text{m})$$

$$V_s = 1.00 * 0.25 * 0.0047$$

$$V_s = 0.00119 \text{ m}^3$$

$$V_s = 0.314 \text{ Galones.}$$

Figura 24 Volumen del cono truncado vacío.



El volumen del cono truncado vacío se determina con la expresión:

$$V_c = V_{ce} - V_{ci}$$

Dónde:

V_c : Volumen del cono truncado vacío.

V_{ce} : Volumen del cono exterior.

V_{ci} : Volumen del cono interior.

Cálculo del Volumen del cono exterior:

$$V_{ce} = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Dónde:

R: Radio mayor superior 0.10m

r: Radio menor inferior 0.06m

h: Altura del cono 0.20m

Reemplazando valores, se tiene:

$$V_{ce} = \frac{1}{3}\pi h(0.1^2 + 0.06^2 + 0.1 * 0.06)$$

$$V_{ce} = 0.00409 \text{ m}^3$$

$$V_{ce} = 1.083 \text{ Galones}$$

Cálculo del Volumen del cono Interior:

$$V_{ce} = \frac{1}{3}\pi h(Ri^2 + ri^2 + Ri.ri)$$

Dónde:

Ri: Radio mayor superior del cono interior $0.10 - e = 0.1 - 3/16''(0.0254) = 0.095\text{m}$

r: Radio menor inferior del cono interior $0.06 - e = 0.06 - 3/16''(0.0254) = 0.055\text{m}$

h: Altura del cono 0.20m

Reemplazando valores, se tiene:

$$V_{ce} = \frac{1}{3}\pi h(0.095^2 + 0.055^2 + 0.095 * 0.055)$$

$$V_{ce} = 0.0037 \text{ m}^3$$

$$V_{ce} = 0.979 \text{ Galones}$$

El volumen de cono truncado vacío es:

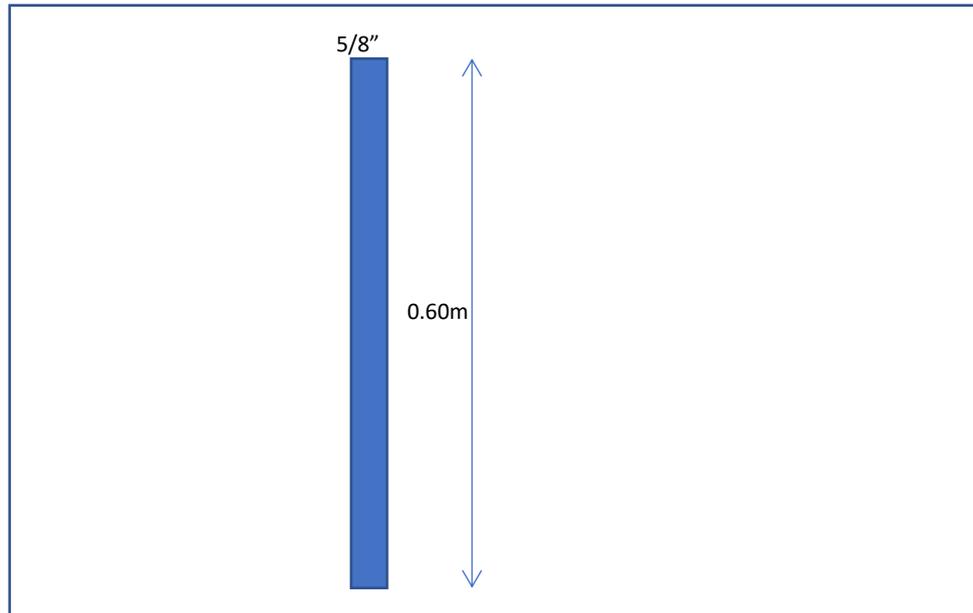
$$V_c = V_{ce} - V_{ci}$$

$$V_c = 1.083 - 0.979 = 0.11 \text{ Galones.}$$

Volumen del tornillo.

El volumen se determina con la expresión:

Figura 25 Volumen del tornillo



$$V_t = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

Dónde:

V_t: Volumen del Tornillo.

D: Diámetro del tornillo. 5/8" = 0.0158m

L: Longitud del tornillo 0.6m

Reemplazando valores:

$$V_t = \frac{\pi * 0.0158^2}{4} * 0.6$$

V_t = 0.000184 m³.

V_t = 0.0314 Galones.

Finalmente, el volumen total del dispositivo indicador de nivel será:

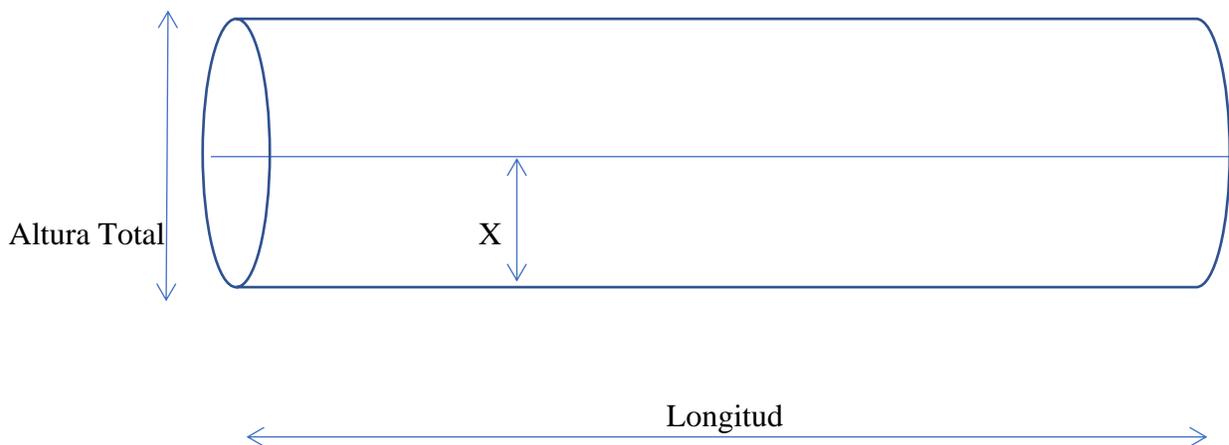
$$VT = Vs + Vc + Vt$$

$$VT = 0.314 + 0.11 + 0.0314$$

$$VT = 0.4554 \text{ Galones.}$$

Cubicación de tanque cisterna cilíndrico de 1 a 11,000 galones

Por el principio de Arquímedes, el cual establece que el volumen de un cuerpo introducido dentro de un líquido desplaza el mismo volumen que el cuerpo; es decir que, al introducir dentro de un compartimiento del tanque de combustible, el volumen final será el volumen del combustible almacenado más el volumen del dispositivo indicador de nivel; es decir un incremento de 0.4554 Galones.



Dimensiones Tanque Circular.

Se realiza el análisis para un tanque, con las siguientes dimensiones, y se determina los volúmenes a cada mm de altura, medido desde el fondo del tanque cisterna.

Altura : 1910 mm/1630 mm

Ancho : 2810 mm

Largo : 10068 mm

Capacidad : 11000 Galones

N° de Compartimientos : 01

Medida de disco de medición a tapa de manhole: 2096 mm

Tabla 8: Cubicación de cisterna de 11,000 galones

mm	Galones				
1	0.80	29	23.52	58	47.88
2	1.60	30	24.35	59	48.74
3	2.39	31	25.18	60	49.59
4	3.19	32	26.00	61	50.45
5	4.00	33	26.83	62	51.31
6	4.80	34	27.66	63	52.17
7	5.60	35	28.49	64	53.03
8	6.41	36	29.33	65	53.89
9	7.21	37	30.16	66	54.75
10	8.02	38	30.99	67	55.61
11	8.82	39	31.83	68	56.48
12	9.63	40	32.66	69	57.34
13	10.44	41	33.50	70	58.21
14	11.25	42	34.34	71	59.07
15	12.06	43	35.18	72	59.94
16	12.87	44	36.02	73	60.81
17	13.69	45	36.86	74	61.68
18	14.50	46	37.70	75	62.55
19	15.32	47	38.54	76	63.42
20	16.13	48	39.39	77	64.30
21	16.95	49	40.23	78	65.17
22	17.77	50	41.08	79	66.04
23	18.59	51	41.93	80	66.92
24	19.41	52	42.77	81	67.80
25	20.23	53	43.62	82	68.68
26	21.05	54	44.47	83	69.55
27	21.87	55	45.32	84	70.43
28	22.70	56	46.18	85	71.31
		57	47.03	86	72.20
				87	73.08
				88	73.96
				89	74.85
				90	75.73
				91	76.62
				92	77.51
				93	78.40
				94	79.29
				95	80.18
				96	81.07
				97	81.96
				98	82.86
				99	83.75
				100	84.65
				101	85.54
				102	86.44
				103	87.34
				104	88.24
				105	89.14
				106	90.04
				107	90.95
				108	91.85
				109	92.75
				110	93.66
				111	94.57
				112	95.47
				113	96.38
				114	97.29
				115	98.20

116	99.11
117	100.03
118	100.94
119	101.86
120	102.77
121	103.69
122	104.61
123	105.52
124	106.44
125	107.36
126	108.29
127	109.21
128	110.13
129	111.06
130	111.98
131	112.91
132	113.84
133	114.77
134	115.70
135	116.63
136	117.56
137	118.49
138	119.42
139	120.36
140	121.29
141	122.23
142	123.17
143	124.11
144	125.05
145	125.99
146	126.93
147	127.87
148	128.81
149	129.76
150	130.70
151	131.65
152	132.60
153	133.55
154	134.50
155	135.45
156	136.40

157	137.35
158	138.31
159	139.26
160	140.22
161	141.17
162	142.13
163	143.09
164	144.05
165	145.01
166	145.97
167	146.93
168	147.90
169	148.86
170	149.82
171	150.79
172	151.76
173	152.73
174	153.70
175	154.67
176	155.64
177	156.61
178	157.58
179	158.56
180	159.53
181	160.51
182	161.49
183	162.47
184	163.45
185	164.43
186	165.41
187	166.39
188	167.37
189	168.36
190	169.34
191	170.33
192	171.32
193	172.31
194	173.30
195	174.29
196	175.28
197	176.27

198	177.26
199	178.26
200	179.25
201	181.90
202	184.57
203	187.26
204	189.96
205	192.68
206	195.41
207	198.16
208	200.92
209	203.70
210	206.49
211	209.30
212	212.12
213	214.96
214	217.81
215	220.68
216	223.57
217	226.47
218	229.38
219	232.31
220	235.25
221	238.21
222	241.18
223	244.17
224	247.18
225	250.20
226	253.23
227	256.28
228	259.35
229	262.42
230	265.52
231	268.63
232	271.75
233	274.89
234	278.05
235	281.22
236	284.41
237	287.61
238	290.82

239	294.05
240	297.30
241	300.56
242	303.84
243	307.13
244	310.43
245	313.75
246	317.09
247	320.44
248	323.81
249	327.19
250	330.59
251	334.00
252	337.43
253	340.87
254	344.33
255	347.80
256	351.29
257	354.79
258	358.31
259	361.84
260	365.39
261	368.95
262	372.53
263	376.12
264	379.73
265	383.35
266	386.99
267	390.64
268	394.31
269	398.00
270	401.69
271	405.41
272	409.14
273	412.88
274	416.64
275	420.42
276	424.20
277	428.01
278	431.83
279	435.66

280	439.51
281	443.38
282	447.26
283	451.15
284	455.06
285	458.99
286	462.93
287	466.89
288	470.86
289	474.84
290	478.84
291	482.86
292	486.89
293	490.94
294	495.00
295	499.07
296	503.17
297	507.27
298	511.39
299	515.53
300	519.68
301	523.85
302	528.03
303	532.23
304	536.44
305	540.67
306	544.91
307	549.17
308	553.44
309	557.73
310	562.03
311	566.35
312	570.68
313	575.03
314	579.39
315	583.77
316	588.17
317	592.57
318	597.00
319	601.44
320	605.89

321	610.36
322	614.84
323	619.34
324	623.86
325	628.39
326	632.93
327	637.49
328	642.07
329	646.66
330	651.26
331	655.88
332	660.52
333	665.17
334	669.83
335	674.51
336	679.21
337	683.92
338	688.64
339	693.38
340	698.14
341	702.91
342	707.70
343	712.50
344	717.32
345	722.15
346	726.99
347	731.85
348	736.73
349	741.62
350	746.53
351	751.45
352	756.39
353	761.34
354	766.31
355	771.29
356	776.29
357	781.30
358	786.33
359	791.37
360	796.43
361	801.50

362	806.59
363	811.69
364	816.81
365	821.95
366	827.09
367	832.26
368	837.44
369	842.63
370	847.84
371	853.06
372	858.30
373	863.56
374	868.83
375	874.11
376	879.41
377	884.73
378	890.06
379	895.40
380	900.76
381	906.14
382	911.53
383	916.93
384	922.35
385	927.79
386	933.24
387	938.70
388	944.18
389	949.68
390	955.19
391	960.72
392	966.26
393	971.81
394	977.39
395	982.97
396	988.57
397	994.19
398	999.82
399	1005.47
400	1011.13
401	1016.84
402	1022.61

403	1028.41
404	1034.27
405	1040.17
406	1046.11
407	1052.10
408	1058.13
409	1064.21
410	1070.34
411	1076.51
412	1082.72
413	1088.98
414	1095.28
415	1101.63
416	1108.03
417	1114.46
418	1120.95
419	1127.48
420	1134.05
421	1140.67
422	1147.34
423	1154.05
424	1160.80
425	1167.60
426	1174.44
427	1181.33
428	1188.27
429	1195.25
430	1202.27
431	1209.34
432	1216.46
433	1223.62
434	1230.82
435	1238.07
436	1245.37
437	1252.71
438	1260.09
439	1267.52
440	1275.00
441	1282.52
442	1290.08
443	1297.69

444	1305.35
445	1313.05
446	1320.79
447	1328.58
448	1336.42
449	1344.30
450	1352.22
451	1360.19
452	1368.21
453	1376.27
454	1384.38
455	1392.53
456	1400.72
457	1408.96
458	1417.25
459	1425.58
460	1433.96
461	1442.38
462	1450.84
463	1459.35
464	1467.91
465	1476.51
466	1485.16
467	1493.85
468	1502.58
469	1511.36
470	1520.19
471	1529.06
472	1537.98
473	1546.94
474	1555.95
475	1565.00
476	1574.09
477	1583.24
478	1592.42
479	1601.65
480	1610.93
481	1620.25
482	1629.62
483	1639.03
484	1648.49

485	1657.99
486	1667.54
487	1677.13
488	1686.76
489	1696.45
490	1706.17
491	1715.94
492	1725.76
493	1735.62
494	1745.53
495	1755.48
496	1765.48
497	1775.52
498	1785.61
499	1795.74
500	1805.92
501	1816.14
502	1826.41
503	1836.72
504	1847.08
505	1857.48
506	1867.93
507	1878.42
508	1888.96
509	1899.54
510	1910.17
511	1920.84
512	1931.56
513	1942.32
514	1953.13
515	1963.98
516	1974.88
517	1985.83
518	1996.81
519	2007.85
520	2018.93
521	2030.05
522	2041.22
523	2052.43
524	2063.69
525	2074.99

526	2086.34
527	2097.73
528	2109.17
529	2120.66
530	2132.18
531	2143.76
532	2155.38
533	2167.04
534	2178.75
535	2190.50
536	2202.30
537	2214.14
538	2226.03
539	2237.97
540	2249.95
541	2261.97
542	2274.04
543	2286.15
544	2298.31
545	2310.52
546	2322.77
547	2335.06
548	2347.40
549	2359.78
550	2372.21
551	2384.69
552	2397.21
553	2409.77
554	2422.38
555	2435.03
556	2447.73
557	2460.48
558	2473.27
559	2486.10
560	2498.98
561	2511.91
562	2524.88
563	2537.89
564	2550.95
565	2564.06
566	2577.21

567	2590.40
568	2603.64
569	2616.93
570	2630.26
571	2643.63
572	2657.05
573	2670.52
574	2684.03
575	2697.58
576	2711.18
577	2724.83
578	2738.52
579	2752.25
580	2766.03
581	2779.86
582	2793.73
583	2807.64
584	2821.61
585	2835.61
586	2849.66
587	2863.76
588	2877.90
589	2892.08
590	2906.31
591	2920.59
592	2934.91
593	2949.28
594	2963.69
595	2978.14
596	2992.65
597	3007.19
598	3021.78
599	3036.42
600	3051.10
601	3057.69
602	3064.30
603	3070.92
604	3077.55
605	3084.19
606	3090.84
607	3097.50

608	3104.16
609	3110.84
610	3117.52
611	3124.22
612	3130.92
613	3137.63
614	3144.36
615	3151.09
616	3157.83
617	3164.58
618	3171.34
619	3178.10
620	3184.88
621	3191.67
622	3198.47
623	3205.27
624	3212.09
625	3218.91
626	3225.74
627	3232.59
628	3239.44
629	3246.30
630	3253.17
631	3260.05
632	3266.94
633	3273.84
634	3280.74
635	3287.66
636	3294.59
637	3301.52
638	3308.47
639	3315.42
640	3322.38
641	3329.35
642	3336.34
643	3343.33
644	3350.33
645	3357.34
646	3364.36
647	3371.38
648	3378.42

649	3385.47
650	3392.52
651	3399.59
652	3406.66
653	3413.75
654	3420.84
655	3427.94
656	3435.05
657	3442.17
658	3449.30
659	3456.44
660	3463.59
661	3470.75
662	3477.92
663	3485.09
664	3492.28
665	3499.47
666	3506.68
667	3513.89
668	3521.11
669	3528.35
670	3535.59
671	3542.84
672	3550.10
673	3557.37
674	3564.64
675	3571.93
676	3579.23
677	3586.53
678	3593.85
679	3601.17
680	3608.51
681	3615.85
682	3623.20
683	3630.57
684	3637.94
685	3645.32
686	3652.71
687	3660.11
688	3667.51
689	3674.93

690	3682.36
691	3689.79
692	3697.24
693	3704.69
694	3712.16
695	3719.63
696	3727.11
697	3734.61
698	3742.11
699	3749.62
700	3757.14
701	3764.66
702	3772.20
703	3779.75
704	3787.31
705	3794.87
706	3802.45
707	3810.03
708	3817.62
709	3825.23
710	3832.84
711	3840.46
712	3848.09
713	3855.73
714	3863.38
715	3871.04
716	3878.71
717	3886.38
718	3894.07
719	3901.77
720	3909.47
721	3917.19
722	3924.91
723	3932.64
724	3940.38
725	3948.14
726	3955.90
727	3963.67
728	3971.44
729	3979.23
730	3987.03

731	3994.84
732	4002.65
733	4010.48
734	4018.31
735	4026.16
736	4034.01
737	4041.87
738	4049.75
739	4057.63
740	4065.52
741	4073.42
742	4081.32
743	4089.24
744	4097.17
745	4105.11
746	4113.05
747	4121.01
748	4128.97
749	4136.95
750	4144.93
751	4152.92
752	4160.92
753	4168.93
754	4176.95
755	4184.98
756	4193.02
757	4201.07
758	4209.13
759	4217.19
760	4225.27
761	4233.36
762	4241.45
763	4249.55
764	4257.67
765	4265.79
766	4273.92
767	4282.06
768	4290.21
769	4298.37
770	4306.54
771	4314.72

772	4322.90
773	4331.10
774	4339.31
775	4347.52
776	4355.74
777	4363.98
778	4372.22
779	4380.47
780	4388.73
781	4397.00
782	4405.28
783	4413.57
784	4421.87
785	4430.18
786	4438.50
787	4446.82
788	4455.16
789	4463.50
790	4471.86
791	4480.22
792	4488.59
793	4496.97
794	4505.36
795	4513.76
796	4522.17
797	4530.59
798	4539.02
799	4547.46
800	4555.91
801	4562.73
802	4569.57
803	4576.41
804	4583.25
805	4590.08
806	4596.92
807	4603.76
808	4610.60
809	4617.45
810	4624.29
811	4631.13
812	4637.97

813	4644.82
814	4651.66
815	4658.51
816	4665.35
817	4672.20
818	4679.05
819	4685.90
820	4692.75
821	4699.60
822	4706.45
823	4713.30
824	4720.15
825	4727.00
826	4733.85
827	4740.71
828	4747.56
829	4754.42
830	4761.27
831	4768.13
832	4774.99
833	4781.85
834	4788.71
835	4795.57
836	4802.43
837	4809.29
838	4816.15
839	4823.01
840	4829.87
841	4836.74
842	4843.60
843	4850.47
844	4857.33
845	4864.20
846	4871.07
847	4877.94
848	4884.80
849	4891.67
850	4898.54
851	4905.42
852	4912.29
853	4919.16

854	4926.03
855	4932.91
856	4939.78
857	4946.66
858	4953.53
859	4960.41
860	4967.29
861	4974.16
862	4981.04
863	4987.92
864	4994.80
865	5001.68
866	5008.56
867	5015.45
868	5022.33
869	5029.21
870	5036.10
871	5042.98
872	5049.87
873	5056.75
874	5063.64
875	5070.53
876	5077.42
877	5084.31
878	5091.20
879	5098.09
880	5104.98
881	5111.87
882	5118.76
883	5125.66
884	5132.55
885	5139.45
886	5146.34
887	5153.24
888	5160.14
889	5167.03
890	5173.93
891	5180.83
892	5187.73
893	5194.63
894	5201.53

895	5208.44
896	5215.34
897	5222.24
898	5229.15
899	5236.05
900	5242.96
901	5249.86
902	5256.77
903	5263.68
904	5270.59
905	5277.49
906	5284.40
907	5291.31
908	5298.23
909	5305.14
910	5312.05
911	5318.96
912	5325.88
913	5332.79
914	5339.71
915	5346.62
916	5353.54
917	5360.46
918	5367.38
919	5374.30
920	5381.22
921	5388.14
922	5395.06
923	5401.98
924	5408.90
925	5415.82
926	5422.75
927	5429.67
928	5436.60
929	5443.52
930	5450.45
931	5457.38
932	5464.31
933	5471.24
934	5478.16
935	5485.10

936	5492.03
937	5498.96
938	5505.89
939	5512.82
940	5519.76
941	5526.69
942	5533.63
943	5540.56
944	5547.50
945	5554.44
946	5561.37
947	5568.31
948	5575.25
949	5582.19
950	5589.13
951	5596.06
952	5603.00
953	5609.94
954	5616.88
955	5623.82
956	5630.76
957	5637.69
958	5644.63
959	5651.57
960	5658.50
961	5665.43
962	5672.37
963	5679.30
964	5686.23
965	5693.16
966	5700.09
967	5707.02
968	5713.95
969	5720.88
970	5727.81
971	5734.73
972	5741.66
973	5748.58
974	5755.51
975	5762.43
976	5769.36

977	5776.28
978	5783.20
979	5790.12
980	5797.04
981	5803.96
982	5810.88
983	5817.80
984	5824.72
985	5831.63
986	5838.55
987	5845.46
988	5852.38
989	5859.29
990	5866.21
991	5873.12
992	5880.03
993	5886.94
994	5893.85
995	5900.76
996	5907.67
997	5914.58
998	5921.49
999	5928.39
1000	5935.30
1001	5942.21
1002	5949.11
1003	5956.02
1004	5962.92
1005	5969.82
1006	5976.72
1007	5983.62
1008	5990.53
1009	5997.43
1010	6004.32
1011	6011.22
1012	6018.12
1013	6025.02
1014	6031.91
1015	6038.81
1016	6045.70
1017	6052.60

1018	6059.49
1019	6066.39
1020	6073.28
1021	6080.17
1022	6087.06
1023	6093.95
1024	6100.84
1025	6107.73
1026	6114.62
1027	6121.50
1028	6128.39
1029	6135.27
1030	6142.16
1031	6149.04
1032	6155.93
1033	6162.81
1034	6169.69
1035	6176.57
1036	6183.45
1037	6190.34
1038	6197.21
1039	6204.09
1040	6210.97
1041	6217.85
1042	6224.73
1043	6231.60
1044	6238.48
1045	6245.35
1046	6252.22
1047	6259.10
1048	6265.97
1049	6272.84
1050	6279.71
1051	6286.58
1052	6293.45
1053	6300.32
1054	6307.19
1055	6314.06
1056	6320.92
1057	6327.79
1058	6334.65

1059	6341.52
1060	6348.38
1061	6355.25
1062	6362.11
1063	6368.97
1064	6375.83
1065	6382.69
1066	6389.55
1067	6396.41
1068	6403.27
1069	6410.13
1070	6416.98
1071	6423.84
1072	6430.69
1073	6437.55
1074	6444.40
1075	6451.26
1076	6458.11
1077	6464.96
1078	6471.81
1079	6478.66
1080	6485.51
1081	6492.36
1082	6499.21
1083	6506.06
1084	6512.90
1085	6519.75
1086	6526.59
1087	6533.44
1088	6540.28
1089	6547.13
1090	6553.97
1091	6560.81
1092	6567.65
1093	6574.49
1094	6581.33
1095	6588.17
1096	6595.01
1097	6601.85
1098	6608.69
1099	6615.52

1100	6622.35
1101	6630.80
1102	6639.24
1103	6647.66
1104	6656.08
1105	6664.49
1106	6672.89
1107	6681.28
1108	6689.67
1109	6698.04
1110	6706.40
1111	6714.75
1112	6723.10
1113	6731.43
1114	6739.76
1115	6748.08
1116	6756.39
1117	6764.68
1118	6772.97
1119	6781.25
1120	6789.52
1121	6797.78
1122	6806.04
1123	6814.28
1124	6822.51
1125	6830.74
1126	6838.95
1127	6847.16
1128	6855.35
1129	6863.54
1130	6871.72
1131	6879.89
1132	6888.05
1133	6896.20
1134	6904.34
1135	6912.47
1136	6920.59
1137	6928.70
1138	6936.81
1139	6944.90
1140	6952.99

1141	6961.06
1142	6969.13
1143	6977.19
1144	6985.23
1145	6993.27
1146	7001.30
1147	7009.32
1148	7017.33
1149	7025.33
1150	7033.33
1151	7041.31
1152	7049.28
1153	7057.25
1154	7065.20
1155	7073.15
1156	7081.09
1157	7089.01
1158	7096.93
1159	7104.84
1160	7112.74
1161	7120.63
1162	7128.51
1163	7136.38
1164	7144.25
1165	7152.10
1166	7159.94
1167	7167.78
1168	7175.60
1169	7183.42
1170	7191.23
1171	7199.02
1172	7206.81
1173	7214.59
1174	7222.36
1175	7230.12
1176	7237.87
1177	7245.61
1178	7253.35
1179	7261.07
1180	7268.79
1181	7276.49

1182	7284.19
1183	7291.87
1184	7299.55
1185	7307.22
1186	7314.88
1187	7322.52
1188	7330.16
1189	7337.80
1190	7345.42
1191	7353.03
1192	7360.63
1193	7368.23
1194	7375.81
1195	7383.38
1196	7390.95
1197	7398.51
1198	7406.05
1199	7413.59
1200	7421.12
1201	7428.64
1202	7436.15
1203	7443.65
1204	7451.14
1205	7458.63
1206	7466.10
1207	7473.56
1208	7481.02
1209	7488.46
1210	7495.90
1211	7503.32
1212	7510.74
1213	7518.15
1214	7525.55
1215	7532.94
1216	7540.32
1217	7547.69
1218	7555.05
1219	7562.40
1220	7569.75
1221	7577.08
1222	7584.41

1223	7591.72
1224	7599.03
1225	7606.33
1226	7613.61
1227	7620.89
1228	7628.16
1229	7635.42
1230	7642.67
1231	7649.91
1232	7657.14
1233	7664.37
1234	7671.58
1235	7678.78
1236	7685.98
1237	7693.16
1238	7700.34
1239	7707.51
1240	7714.67
1241	7721.81
1242	7728.95
1243	7736.08
1244	7743.20
1245	7750.32
1246	7757.42
1247	7764.51
1248	7771.59
1249	7778.67
1250	7785.73
1251	7792.79
1252	7799.84
1253	7806.87
1254	7813.90
1255	7820.92
1256	7827.93
1257	7834.93
1258	7841.92
1259	7848.90
1260	7855.87
1261	7862.84
1262	7869.79
1263	7876.74

1264	7883.67
1265	7890.60
1266	7897.51
1267	7904.42
1268	7911.32
1269	7918.21
1270	7925.09
1271	7931.96
1272	7938.82
1273	7945.67
1274	7952.51
1275	7959.35
1276	7966.17
1277	7972.99
1278	7979.79
1279	7986.59
1280	7993.37
1281	8000.15
1282	8006.92
1283	8013.68
1284	8020.43
1285	8027.17
1286	8033.90
1287	8040.62
1288	8047.34
1289	8054.04
1290	8060.73
1291	8067.42
1292	8074.09
1293	8080.76
1294	8087.42
1295	8094.06
1296	8100.70
1297	8107.33
1298	8113.95
1299	8120.56
1300	8127.16
1301	8141.84
1302	8156.47
1303	8171.07
1304	8185.61

1305	8200.11
1306	8214.57
1307	8228.98
1308	8243.35
1309	8257.67
1310	8271.94
1311	8286.17
1312	8300.36
1313	8314.50
1314	8328.60
1315	8342.65
1316	8356.65
1317	8370.61
1318	8384.53
1319	8398.40
1320	8412.22
1321	8426.00
1322	8439.74
1323	8453.43
1324	8467.08
1325	8480.68
1326	8494.23
1327	8507.74
1328	8521.21
1329	8534.63
1330	8548.00
1331	8561.33
1332	8574.62
1333	8587.86
1334	8601.05
1335	8614.20
1336	8627.31
1337	8640.37
1338	8653.38
1339	8666.35
1340	8679.27
1341	8692.15
1342	8704.99
1343	8717.78
1344	8730.52
1345	8743.22

1346	8755.88
1347	8768.49
1348	8781.05
1349	8793.57
1350	8806.04
1351	8818.47
1352	8830.86
1353	8843.20
1354	8855.49
1355	8867.74
1356	8879.95
1357	8892.10
1358	8904.22
1359	8916.29
1360	8928.31
1361	8940.29
1362	8952.22
1363	8964.11
1364	8975.96
1365	8987.76
1366	8999.51
1367	9011.22
1368	9022.88
1369	9034.50
1370	9046.07
1371	9057.60
1372	9069.09
1373	9080.52
1374	9091.92
1375	9103.27
1376	9114.57
1377	9125.83
1378	9137.04
1379	9148.21
1380	9159.33
1381	9170.41
1382	9181.44
1383	9192.43
1384	9203.37
1385	9214.27
1386	9225.12

1387	9235.93
1388	9246.70
1389	9257.41
1390	9268.09
1391	9278.71
1392	9289.30
1393	9299.83
1394	9310.33
1395	9320.77
1396	9331.18
1397	9341.53
1398	9351.85
1399	9362.11
1400	9372.34
1401	9382.51
1402	9392.65
1403	9402.73
1404	9412.78
1405	9422.77
1406	9432.73
1407	9442.63
1408	9452.49
1409	9462.31
1410	9472.08
1411	9481.81
1412	9491.49
1413	9501.13
1414	9510.72
1415	9520.27
1416	9529.77
1417	9539.23
1418	9548.64
1419	9558.01
1420	9567.33
1421	9576.60
1422	9585.84
1423	9595.02
1424	9604.16
1425	9613.26
1426	9622.31
1427	9631.32

1428	9640.28
1429	9649.19
1430	9658.07
1431	9666.89
1432	9675.67
1433	9684.41
1434	9693.10
1435	9701.75
1436	9710.35
1437	9718.90
1438	9727.41
1439	9735.88
1440	9744.30
1441	9752.68
1442	9761.01
1443	9769.29
1444	9777.53
1445	9785.73
1446	9793.88
1447	9801.99
1448	9810.05
1449	9818.06
1450	9826.03
1451	9833.96
1452	9841.84
1453	9849.67
1454	9857.46
1455	9865.21
1456	9872.91
1457	9880.57
1458	9888.18
1459	9895.74
1460	9903.26
1461	9910.74
1462	9918.17
1463	9925.55
1464	9932.89
1465	9940.19
1466	9947.44
1467	9954.64
1468	9961.80

1469	9968.91
1470	9975.98
1471	9983.01
1472	9989.99
1473	9996.92
1474	10003.81
1475	10010.66
1476	10017.46
1477	10024.21
1478	10030.92
1479	10037.59
1480	10044.20
1481	10050.78
1482	10057.31
1483	10063.79
1484	10070.23
1485	10076.63
1486	10082.97
1487	10089.28
1488	10095.54
1489	10101.75
1490	10107.92
1491	10114.04
1492	10120.12
1493	10126.16
1494	10132.15
1495	10138.09
1496	10143.99
1497	10149.84
1498	10155.65
1499	10161.41
1500	10167.13
1501	10172.79
1502	10178.43
1503	10184.07
1504	10189.68
1505	10195.28
1506	10200.87
1507	10206.44
1508	10212.00
1509	10217.54

1510	10223.07
1511	10228.58
1512	10234.07
1513	10239.55
1514	10245.02
1515	10250.47
1516	10255.91
1517	10261.33
1518	10266.73
1519	10272.12
1520	10277.50
1521	10282.86
1522	10288.20
1523	10293.53
1524	10298.85
1525	10304.15
1526	10309.43
1527	10314.70
1528	10319.95
1529	10325.19
1530	10330.42
1531	10335.63
1532	10340.82
1533	10346.00
1534	10351.16
1535	10356.31
1536	10361.44
1537	10366.56
1538	10371.67
1539	10376.75
1540	10381.83
1541	10386.88
1542	10391.93
1543	10396.96
1544	10401.97
1545	10406.97
1546	10411.95
1547	10416.92
1548	10421.87
1549	10426.80
1550	10431.73

1551	10436.63
1552	10441.53
1553	10446.40
1554	10451.26
1555	10456.11
1556	10460.94
1557	10465.76
1558	10470.56
1559	10475.35
1560	10480.12
1561	10484.87
1562	10489.61
1563	10494.34
1564	10499.05
1565	10503.75
1566	10508.43
1567	10513.09
1568	10517.74
1569	10522.38
1570	10527.00
1571	10531.60
1572	10536.19
1573	10540.77
1574	10545.33
1575	10549.87
1576	10554.40
1577	10558.91
1578	10563.41
1579	10567.90
1580	10572.37
1581	10576.82
1582	10581.26
1583	10585.68
1584	10590.09
1585	10594.48
1586	10598.86
1587	10603.23
1588	10607.57
1589	10611.91
1590	10616.23
1591	10620.53

1592	10624.82
1593	10629.09
1594	10633.35
1595	10637.59
1596	10641.82
1597	10646.03
1598	10650.23
1599	10654.41
1600	10658.57
1601	10662.73
1602	10666.86
1603	10670.99
1604	10675.09
1605	10679.18
1606	10683.26
1607	10687.32
1608	10691.37
1609	10695.40
1610	10699.41
1611	10703.41
1612	10707.40
1613	10711.37
1614	10715.33
1615	10719.27
1616	10723.19
1617	10727.10
1618	10731.00
1619	10734.88
1620	10738.74
1621	10742.59
1622	10746.43
1623	10750.25
1624	10754.05
1625	10757.84
1626	10761.62
1627	10765.37
1628	10769.12
1629	10772.85
1630	10776.56
1631	10780.26
1632	10783.94

1633	10787.61
1634	10791.27
1635	10794.91
1636	10798.53
1637	10802.14
1638	10805.73
1639	10809.31
1640	10812.87
1641	10816.42
1642	10819.95
1643	10823.47
1644	10826.97
1645	10830.46
1646	10833.93
1647	10837.39
1648	10840.83
1649	10844.26
1650	10847.67
1651	10851.07
1652	10854.45
1653	10857.82
1654	10861.17
1655	10864.50
1656	10867.82
1657	10871.13
1658	10874.42
1659	10877.70
1660	10880.96
1661	10884.20
1662	10887.44
1663	10890.65
1664	10893.85
1665	10897.04
1666	10900.21
1667	10903.36
1668	10906.50
1669	10909.63
1670	10912.74
1671	10915.83
1672	10918.91
1673	10921.98

1674	10925.03
1675	10928.06
1676	10931.08
1677	10934.08
1678	10937.07
1679	10940.05
1680	10943.01
1681	10945.95
1682	10948.88
1683	10951.79
1684	10954.69
1685	10957.57
1686	10960.44
1687	10963.30
1688	10966.13
1689	10968.96
1690	10971.76
1691	10974.56
1692	10977.33
1693	10980.10
1694	10982.84
1695	10985.58
1696	10988.29
1697	10991.00
1698	10993.68
1699	10996.36
1700	10999.00
1701	11000.00

4.4. Realizar con indicadores económicos la factibilidad del proyecto de implementación de la planta de cubicación de tanques cisterna.

4.4.1. Costo de la Inversión.

La inversión del proyecto se muestra en la tabla.

Tabla 8 Inversión del Proyecto

Item	Unidad	Cant.	Precio Unitario (S/.)	Precio Total (S/.)
Alquiler de Local 1000 m2	Unidad	1	6000	6000
Tanque de almacenamiento subterráneo 9*4.62 * 3 m, de concreto armado 210 kg/cm2	Unidad	1	14500	14500
Electrobomba 2.5 HP	Unidad	1	850	850
Tuberías y accesorios	Conjunto	1	340	340
Cable para instalación Electrobomba 10 AWG	Metros	20	1.4	28
Sensor Ultrasónico 220 V	Unidad	1	1200	1200
Computadora e Impresora	Unidad	1	2200	2200
Obras civiles	Conjunto	1	2500	2500
TOTAL				27618

Fuente: Autoría Propia

Costo de la Inversión 27618 soles.

4.4.2. Ingresos económicos del Proyecto.

El ingreso económico del proyecto está en función al costo por el servicio de cubicación de tanque, que tiene como referencia el servicio de cubicación de tres tanques por día, para una capacidad de 11,000 galones.

El costo del servicio de cubicación es de 500 Soles para una cisterna de 11,000 Galones, siendo proporcional, el costo del servicio a la capacidad del tanque cisterna, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 9 Costos de los servicios de cubicación

Capacidad de tanque cisterna (Galones)	Número de Servicios al mes	Costo de Servicio (Soles)	Total (Soles)
11000	6	300	1800
10000	3	280	840
9000	5	260	1300
7000	6	240	1440
5000	2	220	440
3000	6	200	1200
2000	6	180	1080
1000	6	160	960
TOTAL	40		9060

4.4.3. Egresos del proyecto.

Costo de Mantenimiento.

El costo del mantenimiento representa el 5% del costo de la inversión, es decir de $0.05 * 27618 = 1380.9$ Anual. (115.07 Mensual)

Costo de energía eléctrica.

Para la operación de la electrobomba de 2.5 HP, en promedio de 06 horas diarias, se tiene un consumo de energía de $2.5 * 0.746 * 6 = 11.19$ KW-h, que equivale a 268.56 KW-h, para un funcionamiento de 24 días al mes.

Adicionalmente a ello, se tiene un consumo en equipo de cómputo e iluminación de 4 KW-h por día, es decir de 96 KW-h al mes (24 días). Lo cual el consumo de energía mensual es de 364.56 KW-h. El cual tiene una facturación mensual de 291.64 Soles.

Mano de Obra.

La operación de la planta la realizan un técnico y dos ayudantes, los cuales tienen el siguiente costo por mano de obra

Útiles de oficina y Certificación.

Se tiene un gasto por este rubro de 300 Soles al mes

Tabla 10 Egresos Totales mensuales

Egresos	Total (Soles)
Mantenimiento	115.07
Energía Eléctrica	291.64
Pago de Personal	3900
Útiles de Oficina	300
Total	4315.07

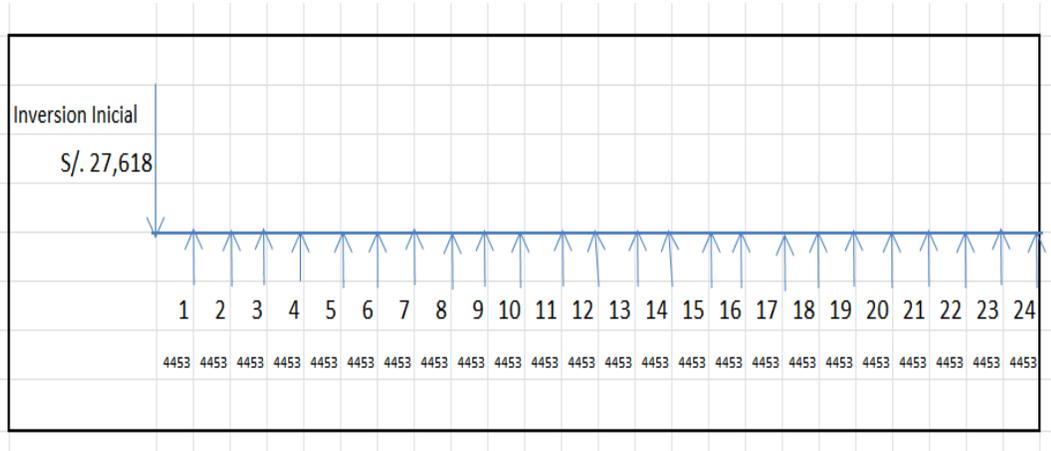
4.4.4. Flujo de caja del proyecto.

El flujo de caja se realiza con todos los ingresos, egresos e inversión inicial del proyecto, se analiza en el tiempo de 24 meses, debido a que es un proyecto de mediano plazo, tal como se detalla en la tabla.

Tabla 11 Flujo de caja

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Inversión Inicial		27618																								
Ingresos			9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060	9060
Egresos	Mantenimiento		115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115
	Energía Eléctrica		292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292
	Mano de Obra		3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900
	Utiles de oficina		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ingresos - Egresos (Soles)			4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453

Tabla 12 Flujo de caja 2



4.4.5. Análisis con indicadores económicos.

Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos y egresos mensuales, llevándolas al mes cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 18% Anual, que es la tasa de interés para proyectos de inversión del sector privado. Esta tasa es una tasa para proyectos de inversión de mediano plazo. La tasa de 18% anual, es equivalente a una tasa de 3.5% mensual.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * [(1 + i)] ^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

Ia: Utilidad actualizada al mes 0.

Ia: Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos): S/. 4453.00

i: Tasa de Interés: 3.5% Mensual

n: Número de Meses: 24

Reemplazando valores, para lo cual utilizamos el comando VNA, del Software Microsoft Excel:

Tabla 13

	0	1	2	3	21	22	23	24	
Ingresos - Egresos (Soles)		4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	S/. 71,506.79
									=VAN(0.035,E13:AB13)

Cálculo del Valor Actual Neto

Se obtiene: Ia = S/. 71506,79

Fuente: Hoja de cálculo, comando VNA Excel

Por lo tanto, el valor actual neto es la diferencia entre la utilidad actualizada del proyecto (Ia) y el valor de la inversión:

$$s/ 71,506.79 - s/ 27,618 = s/ 43,888.79$$

Tasa Interna de Retorno

Para calcular la tasa interna de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados con una tasa de interés a determinar son igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Ia * [(1 + TIR)] ^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv: Inversión Inicial S/. 27,618

Ia: S/. 4453 de Utilidades Mensuales

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses: 24

Tabla 14

	0	1	2	3	4	5	6	18	19	20	21	22	23	24	
	-27618	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	4453	16%
															=TIR(B13:Z13)
															TIR(valores, [estimar])

Fuente: Hoja de cálculo,

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo este igual a 16% mensual, que representa un valor superior a la tasa de interés mensual que oscila al 3.5% mensual.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo está dado por:

$B/C = \text{Utilidades Actualizadas al mes 0} / \text{Inversión inicial del Proyecto}$

Reemplazando valores: $s/ 71,506.79 / s/ 27,618$ es de 2.58

La amortización mensual por el pago del préstamo a una entidad Bancaria de $s/ 27,618$ se realiza el análisis financiero para el periodo de 24 meses, en el cual la cuota fija mensual de pago del préstamo es de $s/1,378.80$

Tabla 15: Simulación de Préstamos

SIMULACION DE PRÉSTAMOS SISTEMA FRANCÉS						
FECHA DE FORMALIZACIÓN		01/04/2018			PAGOS TOTALES	
CAPITAL INICIAL		27,618.00			PRINCIPAL	27,618.00
FORMA DE PAGO		MENSUAL			COM Y	
PLAZO EN MESES		24			GASTOS	0.00
CARENCIA EN MESES		0			INTERESES	5,473.29
% INTERÉS NOMINAL ANNUAL		18.00%			TOTAL	33,091.29
COMISIÓN DE APERTURA		0.00%			COSTES	
GASTOS DE ESTUDIO		0.00			T.I.R	1.50%
FECHA FIN DE CARENCIA		01/04/2021			T.A.E	19.56%
MESES	FECHA	COM Y GASTOS	INTERESES	AMORTIZACIÓN	PAGO TOTAL	SALDO PENDIENTE
0	01/04/2018	0.00			0.00	27,618.00
1	01/05/2018		414.27	964.53	1,378.80	26,653.47
2	01/06/2018		399.80	979.00	1,378.80	25,674.46
3	01/07/2018		385.12	993.69	1,378.80	24,680.78
4	01/08/2018		370.21	1,008.59	1,378.80	23,672.19
5	01/09/2018		355.08	1,023.72	1,378.80	22,648.46
6	01/10/2018		339.73	1,039.08	1,378.80	21,609.39
7	01/11/2018		324.14	1,054.66	1,378.80	20,554.72
8	01/12/2018		308.32	1,070.48	1,378.80	19,484.24
9	01/01/2019		292.26	1,086.54	1,378.80	18,397.70
10	01/02/2019		275.97	1,102.84	1,378.80	17,294.86
11	01/03/2019		259.42	1,119.38	1,378.80	16,175.48
12	01/04/2019		242.63	1,136.17	1,378.80	15,039.31
13	01/05/2019		225.59	1,153.21	1,378.80	13,886.10
14	01/06/2019		208.29	1,170.51	1,378.80	12,715.58
15	01/07/2019		190.73	1,188.07	1,378.80	11,527.51
16	01/08/2019		172.91	1,205.89	1,378.80	10,321.62
17	01/09/2019		154.82	1,223.98	1,378.80	9,097.64
18	01/10/2019		136.46	1,242.34	1,378.80	7,855.30
19	01/11/2019		117.83	1,260.97	1,378.80	6,594.33
20	01/12/2019		98.91	1,279.89	1,378.80	5,314.44
21	01/01/2020		79.72	1,299.09	1,378.80	4,015.35
22	01/02/2020		60.23	1,318.57	1,378.80	2,696.78
23	01/03/2020		40.45	1,338.35	1,378.80	1,358.43
24	01/04/2020		20.38	1,358.43	1,378.80	0.00

V. DISCUSIÓN

En el Perú, existe la normativa en cuanto a la cubicación de los tanques cisterna, sin embargo, solo existen dos plantas cubicadoras, lo que obliga a los transportistas a sólo realizar la cubicación de los tanques de manera teórica, lo cual tiene diferencias de lecturas, que en muchos casos superan el 5% del valor real; esta situación tiene implicancias económicas para los transportistas.

La diferencia entre el valor aproximado y el valor medido de los volúmenes de combustible tiene influencia directa en los valores de venta del combustible; si se compra un volumen superior al volumen de venta, es evidente que existe un margen de pérdidas, que afectan a la empresa de transportes de combustible. En muchos casos a fin de prorratear dicha diferencia, los transportistas hacen estimados de volúmenes, lo cual finalmente afecta a los consumidores finales.

Actualmente OSINERGMIN, en su reglamentación, exige que todo tanque cuente con una tarjeta de cubicación, así como también con una tabla de aforo, dichos documentos son elaborados calculados con las dimensiones de los tanques, y no cubicados utilizando algún fluido (agua), como lo determina la correcta determinación de la tabla de aforo de los tanques cisterna de combustible.

En los operativos que realiza OSINERGMIN, se ha encontrado que los camiones cisterna de combustible, tienen compartimientos adicionales en los cuales se almacena el combustible y no es declarado; estos compartimientos tienen acceso con el tanque principal, lo cual conlleva a que los volúmenes de transporte no sean los correctos, ocasionando perjuicio económico tanto para las estaciones de servicios, los propietarios de los camiones cisterna, así como también para la misma planta Eten.

En el transporte de combustible desde las refinerías o de las plantas de almacenamiento hacia las estaciones de servicios de combustible, se evidencia

la sustracción y adulteración del combustible, siendo los mismos conductores que realizan dicha actividad ilícita.

La manera en que se modifican los registros de calibración con el objetivo de tener en cuenta la expansión debido al empuje horizontal del líquido sobre las paredes del tanque suele traer cierta confusión. Para explicar este principio se considera un tanque donde la cota del nivel del producto se localice a la altura del primer rolo. En este ocurre una pequeña dilatación debido a los efectos de la carga a presión, pero sin afectar a los anillos o rolos superiores.

De la tabla 16, se pudo determinar que, en la Región Lambayeque, existe inscritas 525 unidades vehiculares para el transporte de combustible, el cual representa el 5.34% del total nacional; sin embargo, la ciudad de Chiclayo por estar ubicada en un HUB en el Norte del Perú es un paso obligado hacia la costa norte, la sierra norte y el oriente; por lo cual es viable la instalación de una planta cubicadora en la región.

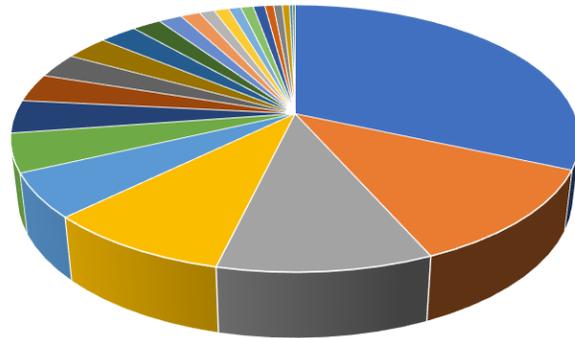
Tabla 16. Número de cisternas para transporte de combustible

Región	N° Unidades	Porcentaje
Lima	3112	31.64
Arequipa	1157	11.76
La Libertad	1014	10.31
Cusco	881	8.96
Lambayeque	525	5.34
Junín	456	4.64
Puno	392	3.99
Piura	336	3.42
Moquegua	297	3.02
Cajamarca	289	2.94
Ancash	252	2.56
Ica	193	1.96
San Martín	156	1.59
Madre de Dios	131	1.33
Tacna	100	1.02
Ayacucho	98	1.00
Huánuco	83	0.84
Ucayali	83	0.84
Loreto	78	0.79
Apurímac	58	0.59
Pasco	58	0.59
Amazonas	49	0.50
Tumbes	20	0.20
Huancavelica	17	0.17
Total	9835	100.00

Fuente: SUNARP, 2019.

Figura 26: Número de cisternas para el transporte de combustible

N° Unidades Cisternas de combustible



- | | | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|----------------|
| ■ Lima | ■ Arequipa | ■ La Libertad | ■ Cusco | ■ Lambayque | ■ Junín |
| ■ Puno | ■ Piura | ■ Moquegua | ■ Cajamarca | ■ Ancash | ■ Ica |
| ■ San Martín | ■ Madre de Dios | ■ Tacna | ■ Ayacucho | ■ Huánuco | ■ Ucajali |
| ■ Loreto | ■ Apurímac | ■ Pasco | ■ Amazonas | ■ Tumbes | ■ Huancavelica |

Las tarjetas de cubicación que se emiten determinan la fecha máxima de llenado de los tanques, dicho valor es la máxima capacidad que puede transportar el tanque cisterna, sin embargo, ese valor no corrobora haciendo la medición de volumen con agua, tal como dispone la normativa, y solo se hace calculando con las dimensiones del tanque cisterna.

En el diseño de la planta, se determinó los volúmenes de acuerdo con la demanda de cubicación, así como también por la limitación física, para un área de 1000 metros cuadrados, que es el área de la planta; sin embargo, la inexistencia de plantas cubicadoras en otras regiones aledañas obliga a ampliar las instalaciones. Las empresas de transporte realizan la cubicación anual de sus unidades; para lo cual se establecen convenios de cubicación, con la finalidad de no interferir el normal trabajo de las unidades.

El agua que se requiere para la cubicación del tanque es agua potable de la red, a la cual se agrega una solución basada en desinfectante, para remover los restos de combustibles en el tanque cisterna.

VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de la situación de cubicación de los tanques cisterna, y se evidenció que solamente se realiza el cálculo teórico del aforo de los tanques, y se emite las tarjetas de cubicación, a pesar de que no se ha realizado el llenado de tanque con agua para determinar su volumen, dicha situación lleva a que exista errores en la cubicación del tanque, y por ende pérdidas económicas a los transportistas.
2. Se hizo la descripción de los procesos de cubicación de los tanques tanto para geometrías circulares y elípticas, que son las que existen en el mercado, con volúmenes entre 2,000 y 11,000 Galones.
3. Se realizó el dimensionamiento de los dispositivos electromecánicos de la planta, el cual incluye el tanque de almacenamiento de agua, la electrobomba y el equipo de medición.
4. Se efectuó la evaluación económica del proyecto, y se determinó que tiene un valor actual neto de s/ 43,888.79, una tasa interna de retorno del 16% y una relación beneficio / costo de 2.58, valores que viabilizan la ejecución del proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de realizar las mediciones, los tanques cisterna sean descargados en su totalidad, para lo cual, se debe realizar una limpieza con detergente en el interior el tanque cisterna.
- Así mismo, los tanques antes de realizar las mediciones deben ser probados mediante las pruebas neumáticas de presión, la cual consiste en inyectar aire a una presión establecida, y en un tiempo de una hora por lo menos, observar la lectura en el manómetro, de que dicha medida no se altere, tomando como máxima pérdida de presión 1%.
- No reutilizar el agua, el agua que se ha llenado en la cubicación de un tanque, no debe ser utilizado nuevamente en otro tanque, ello porque el agua que pueda mezclarse con el combustible hace que tenga otro valor de densidad, y ello hace que la lectura no sea la apropiada.

REFERENCIAS

1. Gonçalves, A. H. D. R. M., da Silveira, B. V., Vieira, R. C., & da Silva, V. F. (2019). Construção de uma bancada para geração de eletricidade utilizando bomba hidráulica convertida em turbina.
2. Poon Flores, J. J. (2018). Diseño, montaje y operación de una planta de aferición para cisternas de combustibles líquidos en la región Junín.
3. Ribeiro, H. Problemática del sector hidrocarburos en América latina. Ecuador, 2017.
4. Huaquisto, C. Ñ., & Belizario Quispe, G. (2018). precio de fábrica de 30Mt de acero al carbono depósito de presión Tanque de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo Ñ de la ceniza volante en la dosificaciÑ del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225-234.
5. Casal, R. A. M., & Casal, J. R. M. (2019). Implementación de tablas de corrección al volumen del tanque cilíndrico horizontal inclinado, compatibles con la norma ISO 12917: 2017. *Ingeniería*, 29(2), 81-101.
6. Sales, V. H. T. N. (2019). *Análise dos caminhos de transferência de energia do sistema de acoplamento de uma bomba hidráulica* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).
7. Da Silva, C. M., & Junior, I. M. P. (2019). CLASSIFICAÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS E SUA UTILIZAÇÃO COMO COMPONENTES DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS*, 5(2), 197-197.
8. Hernández Espínola, L. (2020). *Diseño de una metodología para la inspección en operativas de carga/descarga de graneles líquidos, bunkering y peso por calados* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
9. Saldaña Delgado, Y. E. (2020). Diseño de tanques de agua con capacidad hasta 1200 m³ con techo cónico bajo norma API 650 con Excel y SolidWorks.

10. Reyes, J. S. V., & Cosgalla, J. J. M. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO EN LA EXTRACCIÓN DE AGUA DURA DE POZO PARA UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA POTABLE.
11. Pinco Robles, E. A. (2020). Diseño y construcción de 7 tanques de 585 m³ para almacenamiento de productos derivados de hidrocarburos en la empresa Perúquímicos SAC.
12. Llanos, S., & Franklin, A. (2021). Evaluación del abastecimiento de agua industrial para la zona superior de la mina Caridad–Unidad Minera Huancapeti-Ancash.
13. Valencia Valencia, M. E. (2019). Diseño y control automático de tanque de almacenamiento de crudo de petróleo para una refinería.
14. Núñez Thompson, A. M. (2020). Análisis comparativo de la cantidad de acero requerido en muros de tanques de concreto para almacenamiento de agua potable, según la metodología de diseño.
15. Yafac Torres, J. J. (2020). Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección catódica para la refinería de Iquitos.
16. Sifuentes Diaz, P. A. (2021). Plan de MCC para Tanques Atmosféricos de Techo Flotante Para Almacenamiento de Hidrocarburos Líquidos en Refinería Talara–PetroPerú.
17. González Dorta, D. (2018). Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura.
18. Álvarez Vitola, L. M., & Briceño Miranda, R. A. (2021). *Diseño y elaboración de un sistema de tuberías para el análisis de la ecuación general de la energía* (Bachelor's thesis, Corporación Universidad de la Costa).
19. Viñán, M. A. O., Arroba, S. M. A., Cantos, L. S. O., Safla, E. R. P., & Dominguez, E. A. J. (2018). Modelización CFD para determinar el comportamiento del fluido en tuberías de PVC. *Dominio de las Ciencias*, 4(1), 434-446.
20. Fonseca Ballesteros, A., & Fonseca Vanegas, J. S. (2019). *Diseño de una herramienta para el análisis del golpe de ariete en tubería recta en un*

laboratorio de mecánica de fluidos (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).

21. Serrano, D. A., Cerpa, F. Y., & Gutiérrez, G. A. (2021). Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos. *Información tecnológica*, 32(4), 3-12.
22. OSINERGMIN. Estadísticas del sector de hidrocarburos en el Perú, 2018.
23. ARCE, R. DISEÑO, Construcción e Instalación De Un Tanque Cilíndrico Horizontal, Para Calcular La Variación Del Nivel del Líquido en Función Del Tiempo EN LA FIQ-UNAP, 2017.
24. Quispe Quispe, N. U., & Aguilar Tejeda, A. E. (2019). Diseño de un tanque de almacenamiento de petróleo de 10 000 galones según norma API 650 y su análisis empleando un programa CAD/CAE.
25. Rivera Asto, C. B. (2018). Influencia del tanque elevado en la respuesta sísmica de edificaciones aporricadas de concreto armado, Pueblo libre, Lima-2018.
26. FUKUSHIMA, R. Análisis, diseño e Implementación de un Sistema de Control de Inventarios Para Empresas De Almacenamiento De Hidrocarburos. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2010.
27. Barra, J., & Javier, L. (2019). Diseño del sistema contra incendios para los tanques de almacenamiento del nuevo terminal de combustibles líquidos ubicado en la ciudad de Ilo.
28. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS, 2017.
29. Ángel Muñoz, J. E. (2020). *Diseño de un sistema para extracción, limpieza y almacenamiento de combustible diésel, para la empresa Multipersianas y Boceles SAS* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
30. CUBICACIÓN Y PRUEBAS SAC. Informe de medición de tanque cilíndrico de 11000 Galones. 2017.
31. Rodríguez Lázaro, J. A. (2020). Plan de mejora basado en la metodología Kaizen para aumentar la productividad de fabricación de tanques en la Empresa Industrias Metálicas El Sol, Concepción, 2020.

32. Espinoza, P., & Marco, J. (2020). Diseño de un tanque de 6500 galones para transporte de GLP según ASME VIII–2017 en la Empresa HALCÓN SA.
33. Espinosa, S. N., Jaca, R. C., & Godoy, L. A. (2017). Diseño de una batería de tanques de almacenamiento de combustible: análisis térmico. *Mecánica Computacional*, 35(37), 2113-2127.
34. Espinoza, P., & Marco, J. (2020). Diseño de un tanque de 6500 galones para transporte de GLP según ASME VIII–2017 en la Empresa HALCÓN SA.
35. Ballester Alcañiz, J. (2021). *Diseño de un sistema integrado de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
36. Barrios, J., Ferrer-Riquett, C., & Rosillón-Olivares, K. (2020). Planta piloto de bombas hidráulicas para la enseñanza aprendizaje de la mecánica de fluidos. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 9(1), 124-131.
37. BEER JHONSTON. *Mecánica de Materiales*, 2015.
38. GARCÍA, E. *Geometría de sólidos en revolución*, 2018.
39. Espinoza Cubas, D. (2015). Análisis, diseño e implementación de un sistema experto para la evaluación de la calidad de tanques de almacenamiento de combustibles.
40. Marcilla Tello, J. A. (2019). Cálculo hidráulico de una red de agua para la Planta Minera Inmaculada Ayacucho.
41. Cortez Diaz, D. U. (2020). Proyecto de planta móvil de cubicación bajo norma NMP-023 para la empresa Cubicaciones HD EIRL en el año 2019.
42. Narváez Rodríguez, F. D. M., & Vera Alva, S. J. (2019). Calidad del servicio y satisfacción del cliente con el servicio de cubicación industrial de la empresa cubicaciones industriales del norte SAC, Trujillo 2018.
43. Carhuatanta Castro, J. A. (2020). Rediseño de planta cubicadora según NMP 023 para optimizar aferición de vehículos tanque en la empresa S&H Ingenieros SRL.
44. Valenzuela, E. E. M., Zallas, F. A. E., Ruiz, R. A., Burgos, E. O. C., & Vega, P. G. (2021). Comportamiento de la presión y la velocidad de un flujo

incompresible a través de la reducción de una tubería utilizando CFD. *Revista de Investigación Académica sin Frontera*, (35), 36.

45. López Bonilla, J. M. Caracterización experimental del factor de fricción y la rugosidad hidráulica en tuberías de acero al carbono con costura y sin costura.
46. Bedón Jácome, S. O., & Beltrán Alava, F. S. (2022). *Implementación de un módulo didáctico para determinar las pérdidas de fricción en tuberías para el LTI de la ESFOT* (Bachelor's thesis, Quito, 2022).

ANEXOS



Guía de observación.

Medición de Nivel de Combustible a diferentes alturas

TESIS: DISEÑO DE UNA PLANTA DE CUBICACION DE TANQUES CISTERNA PARA DETERMINAR EL AFORO EN CAMIONES DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS”

Autor: VALCÁRCEL NAVARRO EDWIN JOSSEPH

mm	Volumen en Galones	Señal de sensor (Voltios)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
Flecha		

ANEXO 01

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

Apellidos y Nombres:

Profesión: _____

Grado académico: _____

Actividad laboral actual:

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una “X” conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	-----------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una “X” las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)			
b) Experiencia como profesional. (EP)			
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)			
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)			
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)			

Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo es recolectar información relacionada con respecto a Diseño de una planta de cubicación de tanques cisterna para determinar el aforo en camiones de transporte de combustibles líquidos.

De tal manera que, con la finalidad de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera importante analizar el uso de una nueva fuente de energía renovable?

Es pertinente: _____ Poco pertinente: _____ o es pertinente: _____

Por favor, indique las razones:

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: _____ Insuficientes: _____

Por favor, indique las razones:

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: _____ Poco adecuadas: _____ Inadecuadas: _____ Por favor, indique las razones:

4. Califique los ítems según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Ítem	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	

5. ¿Qué sugerencias haría usted para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación: _____

Firma del Experto



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JAMES SKINNER CELADA PADILLA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de la Tesis titulada: " Diseño de una planta de cubicación de tanques cisterna para determinar el aforo en camiones de transporte de combustibles líquidos ", cuyo autor es Edwin Josseph Valcárcel Navarro, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 22 de mayo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
James Skinner Celada Padilla DNI: 16782335 ORCID: 0000-0002-5901-2669	 Dr. James Skinner Celada Padilla