



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Rediseño de planta cubicadora según NMP 023 para optimizar  
aferición de vehículos tanque en la empresa S&H Ingenieros  
S.R.L.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Carhuatanta Castro, Junior Adrian (ORCID: 0000-0003-0462-5609)

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO - PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a DIOS, porque a pesar de todas las adversidades que hubo en mi camino universitario me ha permitido seguir adelante hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

El trabajo realizado lo dedico con mucho cariño a mi ESPOSA e HIJO por haber sido mi apoyo inquebrantable a lo largo de toda mi carrera universitaria. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

También se lo dedicó a mi PADRE que está en el cielo quien me inculco el gusto por la mecánica, a que nunca dejara de aprender cosas nuevas y a seguir siempre adelante apesar de todos los obstáculos que hubiera en el camino.

***Junior Adrian Carhuatanta Castro***

## **Agradecimiento**

A Dios, por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres y hermanos, por ser mi ejemplo y transmitirme la importancia de la vida.

A mi esposa e hijo, por su paciencia, comprensión y darme el coraje para seguir adelante como familia.

A mis compañeros de trabajo, de la empresa S&H Ingenieros S.R.L. por apoyarme en esta etapa de mi vida.

A la prestigiosa Universidad “Cesar Vallejo”, la cual abrió sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A mis docentes, que les debo parte de mis conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza.

***Junior Adrian Carhuatanta Castro***

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
3.1.- Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2.- Variables y operacionalización .....	14
3.3.- Población, muestra y muestreo .....	14
3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5.- Procedimientos:.....	15
3.6.- Métodos de análisis de datos: .....	15
3.7.- Aspectos éticos: .....	15
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
REFERENCIAS .....	50
ANEXOS.....	52
Declaratoria de originalidad del autor.....	57
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	58
Reporte de Turnitin .....	59
Acta de sustentación de tesis .....	60
Autorización de publicación en repositorio institucional UCV .....	61

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Tabla de características de las bombas instaladas.....</i>	19
<b>Tabla 02.</b> <i>Ejemplos del mejoramiento de tiempo de descargas.....</i>	37
<b>Tabla 03.</b> <i>Comparación de los datos obtenidos después de la modificación.....</i>	37
<b>Tabla 04.</b> <i>Tiempo de llenando desde el reservorio hacia los MVP y hacia el tanque cisterna.....</i>	38
<b>Tabla 05.</b> <i>Tiempos estimados del servicio de aferición.....</i>	42
<b>Tabla 06.</b> <i>Tabla de verificaciones realizadas con su capacidad y numero de compartimientos.....</i>	43
<b>Tabla 07.</b> <i>Tabla de procesos y costos.....</i>	44
<b>Tabla 08.</b> <i>Tabla de lista de materiales.....</i>	45
<b>Tabla 09.</b> <i>Tabla de costos e implementación.....</i>	45
<b>Tabla 10.</b> <i>Tabla de Operacionalizacion de variables.....</i>	52
<b>Tabla 11.</b> <i>Tabla de técnicas de recolección de datos e instrumentos.....</i>	522
<b>Tabla 12.</b> <i>Tabla de población (registros de hidrocarburos hábiles - OSINERGMIN)</i> .....	53
<b>Tabla 13.</b> <i>Tabla de muestra (registros de hidrocarburos hábiles - OSINERGMING)</i> .....	533

## Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Ubicación de las bombas en el sistema de bombeo. ....	19
<i>Figura 02.</i> Especificaciones técnicas de la bomba A. ....	20
<i>Figura 03.</i> Especificaciones técnicas de la bomba B. ....	20
<i>Figura 04.</i> Vista del estrangulamiento en la parte interna de la brida.....	21
<i>Figura 05.</i> Brida de acoplamiento del reservorio con el sistema de bombeo. ....	21
<i>Figura 06.</i> Vista interna de las tuberías de succión que generan el estrangulamiento. .....	21
<i>Figura 07.</i> Manhole para ingresar a la parte interna del tanque principal.....	21
<i>Figura 08.</i> Imagen referencial de donde medir dimensiones externas del tanque. .....	30
<i>Figura 09.</i> Imagen referencial de la lectura del termómetro. ....	31
<i>Figura 10.</i> Vista de corte transversal del vehículo tanque.....	32
<i>Figura 11.</i> Corte transversal de eje y dispositivo de referencia a ajustar. ....	34
<i>Figura 12.</i> Modelo de placa de verificación. ....	35
<i>Figura 13.</i> Trabajos de corte y soldadura realizados en la parte interna del reservorio. ....	36
<i>Figura 14.</i> Mostramos el antes y el después de las tuberías de succión. ....	36

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de tesis es el de realizar un rediseño de la planta cubicadora de vehículos tanque en la empresa cubicadora ubicada en la ciudad de Pimentel, para así aumentar la capacidad de aferición y minimizar los tiempos de aferición de la empresa S&H Ingenieros S.R.L., optimizando nuestra línea de succión de agua hacia los medidores volumétricos patrones y la línea descarga de agua del vehículo tanque hacia nuestro tanque de almacenamiento de agua, ya que con ello se lograría reducir pérdidas de eficiencia y aumentar el rendimiento de las bombas que fueron instaladas.

Así mismo reducir los tiempos de carga y descarga en el procedimiento para el servicio de aferición de vehículos tanques cumpliendo a cabalidad con la Norma Metrológica Peruana NMP 023: 2017 “VEHÍCULOS Y VAGONES TANQUE.

En la actualidad nos enfrentamos a un mundo competitivo, es por eso que la empresa debe prepararse para innovar en su rubro aplicando herramientas de mejora continua mejorando sus procedimientos de seguridad y salud en el trabajo para todo el personal de la empresa, de acuerdo con el mandato de la normativa legal vigente, determinando los controles necesarios, para así minimizar el impacto sobre las personas e instalaciones.

**Palabras clave:** aferición, vehículos tanque, NMP 023.

## **ABSTRACT**

The main objective of this thesis work is to carry out a redesign of the tank vehicle cubing plant in the cubing company located in the city of Pimentel, in order to increase the adhering capacity and minimize the adhering times of the company S&H Ingenieros. SRL, optimizing our water suction line to the standard volumetric meters and the water discharge line from the tank vehicle to our water storage tank, since this would reduce efficiency losses and increase the performance of the pumps that were installed. The main objective of this thesis work is to carry out a redesign of the tank vehicle cubing plant in the cubing company located in the city of Pimentel, in order to increase the adhering capacity and minimize the adhering times of the company S&H Ingenieros. SRL, optimizing our water suction line to the standard volumetric meters and the water discharge line from the tank vehicle to our water storage tank, since this would reduce efficiency losses and increase the performance of the pumps that were installed.

Likewise, reduce the loading and unloading times in the procedure for the service of tank vehicles, fully complying with the Peruvian Metrological Standard NMP 023: 2017 "VEHICLES AND TANK WAGONS.

At present we face a competitive world, that is why the company must prepare to innovate in its field by applying improvement tools continues to improve its occupational health and safety procedures for all company personnel, according to the mandate of current legal regulations, determining the necessary controls, in order to minimize the impact on people and facilities.

**Keywords:** aferition, tank vehicles, NMP 023.



## I. INTRODUCCIÓN

Es importante resaltar que en este trabajo de investigación se da a conocer como la aplicación de los procedimientos de metrología legal sirven para asegurar las transacciones de combustibles líquidos.

Un servicio que brinda la empresa S&H INGENIEROS S.R.L. es la cubicación o aferición de vehículos tanque que transportan combustibles líquidos cuyo proceso nos permite determinar la capacidad en volumen a diferentes alturas.

En el sector hidrocarburos, la diferencia en los inventarios físicos y contables sería común debido a errores de redondeo por utilizar conversiones entre diferentes unidades de medición o por la poca precisión al utilizar los equipos e instrumentos con los que realizan las medidas.

El medir las cantidades de combustibles reduce las pérdidas económicas de los negocios mundiales de químicos y productos derivado de los combustibles.

El problema de la empresa se basa que al ejecutar la aferición de los vehículos tanque nos demanda de tiempos prolongados para realizar el proceso y reduce la producción de la empresa es por ende que necesitamos realizar el rediseño de la planta cubicadora para optimizar el tiempo de los procedimientos de aferición así también adaptarnos a los requerimientos de la nueva normativa que entró en vigencia, así optimizamos las afericiones de los vehículos tanque que transportan combustibles líquidos y fortalecemos el servicio para el usuario y la producción para la empresa.

### **Formulación del problema:**

¿De qué manera el rediseño de la planta cubicadora según la Norma Metrológica Peruana NMP 023 optimizara la aferición de vehículos tanque en la empresa S&H INGENIEROS S.R.L?

### **Justificación de la investigación:**

Con el fin de optimizar el proceso de aferición de vehículos tanque en la empresa S&H INGENIEROS S.R.L es de vital importancia para reducir las pérdidas en el comercio de productos del sector hidrocarburos.

La finalidad de este proyecto de investigación es rediseñar la planta cubicadora de vehículos tanque para optimizar los procesos de aferición basándonos en la NORMA METROLOGICA PERUANA 023 poniendo énfasis en lo importante que son las mediciones realizadas en el proceso para determinar el volumen real de cada vehículo tanque que transporta combustible líquido, la misma que contribuirá a los siguientes aspectos:

Técnica: La exactitud para determinar las mediciones del vehículo tanque son factores de importancia que determinan el volumen del agua (líquido), utilizando métodos, equipos y realizando procedimientos técnicos establecidos en la norma metrológica peruana NMP 023.

Económica: La aferición de vehículos tanques es indispensable porque afecta tanto al comprador como al vendedor de los productos, si es que los procedimientos no han sido realizados en forma correcta.

El rediseño en la planta cubicadora nos permitirá reducir los tiempos del proceso, de tal forma que se pueda mejorar la producción y competitividad en el mercado

Al elaborar y ejecutar proyectos de aseguramiento metrológico generarán un impacto económico cuando la norma metrológica peruana NMP 023 sea implementada de este modo poder asegurar los procedimientos de medición realizados en el entorno de las competencias, identificando la necesidad de capacitaciones del personal y verificar las deficiencias en metrología. De esta manera reduciremos el costo en las acciones metrológicas cumpliendo con las disposiciones técnicas y legales con respecto a la prestación del servicio.

Social: Las mediciones en volumen representan una mejor solución para de la relación contractual y así poder reducir mermas en las transacciones realizando y mejorando la calidad de los procesos y condiciones de trabajo. Consta en realizar capacitaciones dirigidas a los directivos de proyectos y especialistas de empresas comprometidas, de tal manera elevaremos los resultados de sus competencias para un mejor uso de los instrumentos que nos da la metrología.

Ambiental: Elaborar el proyecto contribuye en el descenso de la contaminación del medio ambiente porque los vehículos que transportan combustibles líquidos son

inspeccionados para evitar derrames de combustible en la totalidad de sus accesorios.

**Hipótesis:**

Al rediseñar la planta cubicadora según la NORMA METROLOGICA PERUANA 023 se logrará optimizará la aferición de vehículos tanque en la empresa S&H Ingenieros S.R.L

**Objetivo general:**

“Rediseñar la planta cubicadora según NORMA METROLOGICA PERUANA 023 para optimizarla aferición de vehículos tanque en la empresa S&H Ingenieros S.R.L.

**Objetivos específicos:**

Evaluar la situación actual del proceso de aferición según la norma metrológica peruana 023 en la empresa S&H Ingenieros S.R.L.

Describir los procedimientos de seguridad en el trabajo en el área de aferición de vehículos tanque de la empresa S&H INGENIEROS S.R.L.

Describir el proceso de aferición de vehículos tanque según Norma Metrológica Peruana 023.

Rediseñar la planta cubicadora basados en la Norma Metrológica Peruana 023.

Elaborar análisis económico de la propuesta de rediseño de la planta cubicadora.

## II. MARCO TEÓRICO

Es oportuno aclarar detalladamente como las distintas investigaciones que se han realizado en los últimos años servirán como precedente para atenuar los problemas en los procesos de aferición y esclarecer las aplicaciones de la metrología en el Perú.

### **A nivel internacional:**

En Cuba: (Hernandez Apaceiro, 2012). El boletín científico técnico INIMET “APLICACIÓN DE NORMAS INTERNACIONALES EN LA METROLOGIA LEGAL PARA LA MEDICION DE LOS COMBUSTIBLES EN CUBA”. Nos dice que la aplicación de las normas internacionales en Cuba correspondientes a las magnitudes de volumen y flujo será para asegurar metrológicamente la entrega fiscal del hidrocarburo, en especial lo que concierne a las condiciones metrológicas y los procedimientos para calibrar.

El asegurar los lineamientos metrológicos en Cuba en el mensurando fiscal de hidrocarburos teniendo el propósito fundamental en la precisión de las entregas este dentro de los parámetros internacionales fijados, asegurando los resultados que den confiabilidad en el proceso de mensurando.

“La OIML R 80-1: 2009 tiene datos normativos importancia para la entrega y almacenamiento del hidrocarburo.” En este documento se especifica requisitos técnicos y metrológicos para la medición dinámica de líquidos, tomando el metro como componente de medida en el proceso de metrología. “Estos datos se utilizarán de antecedente para aplicar el error máximo permisible y seleccionar el proceso de medida, por tipos precisión, teniendo en cuenta donde se aplicarán.”

El Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) nos dice que esta norma asimilara las sugerencias internacionales afrontando las discusiones de países que se están desarrollando, debido a las materias tangibles exigidas para su desarrollo. En tal motivo el funcionamiento tendrá un extenso proceso de observación y controversia que hasta el momento sigue.

En Cuba: (Hernandez Leonard, 2015) En su boletín científico “ACERCAMIENTO A LA NORMA GUÍA CUBANA PARA LA ORGANIZACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO” nos dice que el perfeccionar la base metrológica legal de cuba, con la meta de modernización de un patrón de economía moderno, incluyendo perfeccionamiento de la norma en cuestión, basándose en documentos que sirvan en la organización metrológica de compañías y agrupaciones, con datos útiles para el apoyo de los fundamentos metrológicos de las compañías y agrupaciones, conformando planes que aseguren la metrología en todos los aspectos relacionados.

La conclusión metrológica a los datos técnicos y los planes de inversión mantiene las siguientes proposiciones:

Garantizar la incorporación en la producción, de los procedimientos y equipos que garantizaran la precisión solicitada en la medición, buen rendimiento y una excelente calidad en el producto y servicio.

Consolidar una perfecta selección en el procedimiento y equipos para medir de acuerdo con las cualidades en diseño y tecnología del producto.

Hacer factibles preferencias en procedimientos y equipos para medir de acuerdo a las normativas.

Proveer el equipamiento técnico a utilizar para realizar la verificación metrológica en los equipos para medir, por el ente facultado.

Determinar los equipos de medición y mediciones que serán sometidas a verificación metrológica legal.

Garantizar el buen uso y expresar las unidades de medición del sistema internacional de unidades (S.I.) y demás unidades permitidas.

Precisar las proposiciones de soluciones técnicas que garanticen trazabilidad en las mediciones de las unidades del S.I., definir mantenimiento y reparación en los equipos para medir que se involucren en algún proceso de medición.

En Ecuador: (Vásquez Nugra, y otros, 2012). Con la tesis que titula “Estudios comparativos entre los métodos de cubicación líquida y cubicación geométrica para tanques cilíndricos verticales estacionarios para almacenamiento de derivados líquidos de petróleo para minimizar la incertidumbre.”

Por el procedimiento para calibrar líquidos se verifico que a medida que los niveles de agua (líquido utilizado para la calibración) se iban incrementando por arriba de la altura del cono y una vez que superó la altura de la obra muerta positiva los incrementos de volumen por altura se van volviendo semejantes.

La calibración por el método geométrico se realizó con los equipos certificados y calibrados, lo que nos debe dar una mayor certeza que la toma de datos realizada tendrá la precisión deseada y por ende la incertidumbre en la aferición será mínima.

Al realizar los cálculos comparativos entre las tablas de calibración elaborada por ambos métodos de calibración comprobamos que los porcentajes de desviación tomados a los diferentes niveles muestran que están dentro del error permitido dentro de la norma.

#### **A nivel nacional:**

(OSINERGMIN, 2014). En Perú los servicios de medición y calibración son administrados por la Dirección de Metrología - DM del Instituto Nacional de Calidad, INACAL) tiene el objetivo fundamental la normalización, acreditación y metrología en las normas que regularan los principios de los diferentes sectores en el mercado del Perú con la finalidad de aportar en el crecimiento y cumplir la política de calidad, certificando su calidad en la productividad local en el Perú a fin de adaptarlos a las normas internacionales y promocionar de esta manera la exportación.

Sin embargo, actualmente, la falta de información clara, cuantitativa y confiable tanto de la oferta como de la demanda de servicios metrológicos impide planificar las actividades para el desarrollo de la metrología por parte de la DM en corto y mediano plazo.

(CONSULTORIA, APOYO, 2015) El objetivo principal del estudio es identificar las necesidades metrológicas industriales y científicas a nivel nacional a partir de la

aplicación de encuestas y entrevistas a empresas, institutos, laboratorios y universidades.

Asimismo, se han considerado los siguientes objetivos específicos:

Identificar la demanda a nivel nacional de necesidades metrológicas del sector industrial y científico, así como la oferta de los servicios metrológicos existentes provistos por los sectores públicos y privados.

Determinar la situación actual de la implementación de servicios metrológicos.

Realizar un análisis prospectivo de la demanda y oferta futura de servicios de metrología en los próximos años.

(INACAL, 2016) En noviembre de 2016 la Dirección de Metrología de INACAL envió a las empresas del sector y las entidades en el Perú el proyecto de norma metrológica peruana NMP 023, por medio de Informe técnico DM N° 103-2016 se brindó a saber y se sustentaron los motivos de elaborar el Proyecto de Norma Metrológica Peruana LVD - 004: 1992: Vehículos Tanque. En este documento se especificaron las condiciones metrológicas y técnicas aplicables a procedimientos en medición de volumen de fluidos sometidos a controles de metrológicos legales para sus observaciones y comentarios.

(Cruz Soles, y otros, 2015). Con la tesis que titula “Diseño de un sistema de control automático para aferición y certificación de cisternas para transporte de hidrocarburos según la norma LVD-004 en el departamento de la Libertad.” Se basa en la implementación de un sistema de control automatizado que a través de un software con su correspondiente programación, con la aplicación de este diseño se hizo la automatización del procedimiento de aforo.

### **Teorías relacionadas al tema:**

Vehículo tanque: Es todo vehículo equipado con un tanque de medición fijado de forma permanente al chasis y pueden ser:

Camión tanque: Vehículo automotor provisto con tanque de medición que está fijado encima del chasis. (ITINTEC, 1992)

Semirremolque tanque: Vehículo que no cuenta con propulsión propia, provisto de tanque de carga y su construcción es de tal manera que, al ser remolcado por un tracto camión, una parte del peso está dividido encima de un vehículo de propulsión. (ITINTEC, 1992)

Remolque tanque: Vehículo que no cuenta con propulsión propia, provisto con tanque de carga y su construcción es de tal manera que la totalidad del peso reposa encima de sus correspondientes neumáticos. (ITINTEC, 1992)

Concepto de aferición: Es el proceso de determinación de la totalidad del volumen de un tanque o determinar la capacidad parcial a distintos niveles de fluido en circunstancias de trabajos reales.

Las tablas de aferición señalan cantidades de líquido acumulado a determinados niveles de un tanque, las mediciones son tomadas teniendo en cuenta un punto de referencia. (Florero Maldonado, 2016)

Importancia de aferición: La precisión para determinar las medidas del tanque constituye un aspecto de importancia para determinar el volumen del fluido, tenemos que considerar los efectos de las medidas erróneas en las tablas de aferición erradas, las cuales permanecerán siendo usadas a lo largo del tiempo antes que se den cuenta del error. (Florero Maldonado, 2016).

La mayoría de tanques en un mismo parque de hidrocarburos puede parecer idénticos al aplicar las medidas con la precisión adecuada notaremos cada uno de estos tiene dimensiones únicas. Por este motivo no se debe realizar tablas de aferición basados en planos de construcción ingenieriles en especial si las medidas serán utilizadas para crear bases de datos las mediciones serán de utilidad en la creación de una base de datos para los próximos cálculos en volumen y masa.

Métodos de aferición de tanques:

Los tanques pueden ser aforados mediante los siguientes métodos:



Geométrico.

Volumétrico.

Gravimétrico.

Para seleccionar el método o procedimiento debemos tener en cuenta las capacidades nominales de tanques, su ubicación, su forma, condiciones de uso, entre otras.

Métodos Geométricos: El método geométrico consta en realizar mediciones directas e indirectas de las medias interiores o exteriores, de los trabajos acabados negativos, positivos de la pantalla flotante o techo, en caso estén acoplados. (Perez Flores , y otros, 2004)

Para este tipo de calibración se utilizan los métodos siguientes:

Métodos en encintados a tanque cilíndrico vertical (NC-ISO 7507-1).

Método de líneas ópticas en referencia a tanque cilíndrico vertical (ISO-7507-2).

Método en triangulaciones ópticas a tanque cilíndrico vertical (ISO – 7507 – 3).

Métodos electro ópticos de distancia ordenada por medio de medición interna (ISO – 7507 – 4).

Métodos electro ópticos de distancia ordenada por medio de medición externa (ISO – 7507 – 5).

Las desventajas en este procedimiento son:

La determinación del volumen interno se determina midiendo las circunferencias externas.

Las influencias de las irregularidades como el grosor de la pared y la pintura no pueden ser medibles solo estimadas.

La calibración del tanque requiere un trabajo intenso y es demasiado costosa.

Notas: Para los métodos mencionados necesitaremos realizar correcciones de temperatura, ya que es frecuente al instante de calibrar el tanque pueda existir residuos en la parte interna, pues su estructura puede verse forzada por la alteración producida en el casco.

El método geométrico es usado en tanque co geometría regular, sin deformaciones y con capacidad nominal de 50 m<sup>3</sup> a más.

Método volumétrico: Este método es usado para cualquier tipo de tanque, la norma API25555 recomienda capacidades entre los 8 y los 80 metros cúbicos (como delimitación de volumen).

Las medidas son realizadas en una instalación patrón que cuenta con medidores volumétricos patrones de clase 0.1 que asegure su precisión requerida y con la cinta de sondaje patrón clase I (cinta metálica con plomada), en ambos casos deben contar con calibración y certificación de una institución metrológica acreditada.

Este método de verificación debe realizarse con un líquido (agua o combustible), se prefiere usar el agua para trabajar, por garantizar mayor seguridad por ser no inflamable y escasamente volátil.

Los métodos volumétricos son utilizados en aferición de tanques con estas características:

Cualquier clase de tanque enterrado.

Tanque con capacidad nominal de hasta 100 m<sup>3</sup> a ras de piso o por encima de este.

Tanque con estructura inadecuada para usar el método geométrico.

Requisitos para realizar la aferición:

En el proceso de aferición debe tomarse los protocolos que garanticen la prevención y seguridad en caso de incendio para evitar algún accidente.

Antes que comencemos a trabajar el recipiente debe de estar vacío y limpio.

El recipiente no debe tener fugas en su estructura, debe ser hermético.

Establecemos verificación de temperatura ambiente y del combustible o agua que son el líquido a trabajar de forma rigurosa.

La resultante se toma de antecedente para la colocación de instrumentos para sondear de manera apropiada y así determinar su capacidad del tanque en forma automatizada.

Existen dos procedimientos para realizar la calibración volumétrica:

Por llenado.

Por vaciado.

Para tanques soterrados es recomendable usar el método por llenado pos la postura en relación al piso, por lo que es de poco uso el proceso de vaciado. Pero en uno y otro procedimiento debemos usar el caudalímetro o medidor volumétrico patrón portátil o estacionario.

Estos procedimientos constan en llenar o vaciar (según sea el caso), el tanque a calibrar en varias etapas de acuerdo con su forma y capacidad del tanque, empleamos una cinta de sondaje (cinta metálica con plomada) para tomar medidas en los distintos niveles que se van llenando, así se forma una tabla de volumen contra nivel (TCT).

Con el fin de conseguir la mejor exactitud en la medición el diámetro del tanque patrón de prueba tiene que ser menor al tanque que se calibrara específicamente en tanques de prueba estacionarios se debe calibrar por medio del caudalímetro master o una medición crítica. (Florero Maldonado, 2016).

En algunos casos el fondo del tanque cilíndrico vertical tiende a sufrir deformaciones irregulares por la presión ejercida por el fluido en el proceso por este motivo es necesario calibrarlos mediante este método.

Método gravimétrico: Este procedimiento consta en precisar la masa del tanque que será calibrado primero con carga y luego vacío con balanzas de perfecta exactitud.

La resta de estas medidas nos permitirá cuantificar volumen del tanque por medio de la densidad del agua o combustible (líquido usado para calibrar). (Florero Maldonado, 2016).

La tabla de volumen contra nivel (TCT) se procede a realizar, así como el método volumétrico llenando o vaciando el líquido por etapas obteniendo la capacidad parcial a distintas alturas usando como referencia intermedia a la masa. Realizamos corrección como resultado de la temperatura sobre la densidad del agua, además de las correcciones por el procedimiento de pesaje.

Especificación para tanque especial:

Tanque esférico:

Método geométrico: Este procedimiento se debe a su forma del tanque la cual es esférica, por eso la medición externa mediante los métodos de encintados es muy difícil de hacer, en tal caso procedemos a calcular la totalidad del volumen de la esfera tomando en cuenta 3 mediciones:

1° Consiste en medir el ecuador de la esfera con la cinta métrica.

2° Pasar de forma vertical por los polos.

2° pasando verticalmente por los polos.

3° formar ángulo de 90° en los polos.

El cálculo de volumen parcial a distinta altura de medición lo haremos con fórmula o con tablas parciales de volumen VS. la altura de líquido medida dentro de la esfera.

Establecemos 2 líneas de capacidad para este modelo de tanques:

La primera llamada líneas de capacidades de fondo está de forma tangencial al extremo inferior de la parte interna del tanque.

La segunda también llamada línea de tope de capacidad se sitúa en el extremo superior de la parte interna del tanque. De ninguna manera existirá agua libre en el fondo del tanque.

Método volumétrico: Primero, debemos llenar la totalidad de su capacidad del tanque con agua. Paso seguido se descargará el agua en medidores volumétricos patrones calibrados. “Luego efectuamos la medición de volumen del tanque, por cada pulgada cuadrada que llegue a bajar en la parte interna del tanque esférico de la zona que comprende los  $\frac{1}{4}$  superior e inferior en la línea central y por 2 mililitros (5.08 cm.).

En su zona intermedia se establece de tal manera una tabla de volumen contra nivel. (Florero Maldonado, 2016)

Tanques esferoidales:

Método geométrico: En el Perú este tipo de tanques no existen. La Norma API 2552 (medición y calibración de esferas y esferoide), hace referencia a este método de calibración.

“La tabla de capacidad está formada por el método volumétrico basado en un porcentaje de los ciclos de llenado VS. El volumen parcial ya que el instrumento a cargo de verificar el inventario de nivel expresa en proporciones de líquido en la parte interna del tanque en correspondencia con altura total del tanque. (Florero Maldonado, 2016).

Método volumétrico: Este método es semejante a los esféricos con la diferencia que tienen líneas de capacidades inferior y superior en tal forma distinta, que los ciclos que llenan y vacían son realizados de esta forma:

Introducimos líquido (agua) logrando que alcance su capacidad superior para luego descargarla a los medidores volumétricos patrones, en tal sentido registramos el volumen drenado por pulgada comprometida en medio del  $\frac{1}{4}$  superior e inferior. Finalizando las tablas de capacidades mostrara alturas de llenado contra el volumen parcial.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1.- Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** La investigación realizada es aplicada por que usamos el conocimiento adquirido de las aulas con el transcurrir del tiempo, la investigación pretende dar solución a una dificultad práctica, teniendo en cuenta los datos que recolectamos producto de la observación directa.

**Diseño de investigación:** El modelo de diseño es experimental ya que manipularemos las variables.

#### 3.2.- Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Rediseño de planta cubicadora.

**Variable dependiente:** Optimizar aferición.

Ver tabla en los anexos.

#### 3.3.- Población, muestra y muestreo

**Población:** Nuestra población total es 11245 vehículos tanque, está determinada por todos los vehículos cisternas que están sujetos a procesos de aferición y transitan dentro del territorio nacional con capacidades entre los 500 galones hasta los 14000 galones y están registradas en OSINERGMIN en los registros hábiles de transportistas de combustible líquido y otros derivados de los hidrocarburos en vehículos tanque. (Actualizado al 05 DE NOVIEMBRE DE 2018) **(Ver anexos)**

**Muestra:** Tomamos como muestra 533 vehículos tanque por estar dentro del departamento de LAMBAYEQUE donde está ubicada la empresa S&H INGENIEROS S.R.L. la cual ofrece sus servicios de aferición de vehículos tanque. **(Ver anexos)**

#### 3.4.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnicas:** La observación facilitara que el investigador realice una revisión visual a fin de reconocer y llevar un registro de los hechos conforme con el objetivo de nuestra investigación dentro de la empresa cubicadora,

clasificando y revisando la información y documentación observada para precisar los criterios a usar en las fichas sin variar nuestro entorno, ni el fenómeno.

**Instrumentos:** La ficha de recolección de datos será el instrumento a usar y por medio de la observación iremos descubriendo los distintos criterios que influirán en el rediseño de la planta cubicadora para optimizar la aferición de vehículos tanque. **(Ver en los anexos.)**

### **3.5.- Procedimientos:**

Estas fichas de recolección de datos constan de 2 partes:

En primer lugar, mostraremos el nombre completo del observador, su ubicación y la respectiva fecha.

En segundo lugar, describiremos los equipos utilizados y parámetros en la aferición según corresponda.

Ver en los anexos la tabla de técnicas de recolección de datos e instrumentos a utilizar en la investigación

### **3.6.- Métodos de análisis de datos:**

Para analizar y apreciar los datos, perseguiremos a Taylor y Bogdan (1986), que plantean tratar los datos mediante el análisis comprensivo y articular la comprensión y rastreo del mismo, por medio de la investigación de condiciones esenciales basadas en acontecimientos descritos mediante distintos instrumentos usados en el análisis.

### **3.7.- Aspectos éticos:**

La investigación tiene el compromiso por el respeto al resultado de forma honesta y leal, respetando la privacidad y protegiendo los resultados conseguidos en la planta cubicadora y dialogaremos con veracidad del estudio efectuado.

**Validez:** Nuestros instrumentos los validaremos por medio de la opinión de especialistas en la materia tomando las precauciones que conlleva el

procedimiento metodológico. Usamos las opiniones ya que nos permitieron tomar la medición de nuestras variables en estudio y nuestro conocimiento de los factores que influirán para el rediseño en la planta cubicadora para la mejora de los procesos de aferición de vehículos tanque que transportan combustibles líquidos.

**Confiabilidad:** La confiabilidad del instrumento medición nos indica el grado en la que su aplicación repetida aun mismo objetivo produce efectos iguales compactos y congruentes (Hernández Sampieri, y otros, 2011).

El estudio se estableció con esta perspectiva, tomando a la observación de datos y describiendo el registro de la ficha de recolección. También, debemos ser responsables al utilizar bibliografía confiable en todo momento.

El total de la información recolectada en esta investigación no será cambiada, manipulada o adulterada y deberá guardar la interpretación de los datos recolectados.



## IV. RESULTADOS

### 4.1.- **Evaluar la situación actual del proceso de aferición según Norma Metroológica Peruana 023 en la empresa S&H Ingenieros S.R.L.**

**Situación actual:** S&H Ingenieros S.R.L. es una entidad competente que se dedica a varios rubros dentro de estos se ubican la planta cubicadora de vehículos tanque acreditada por INACAL para realizar el servicio de Aferición de Vehículos tanques: camión tanque, semirremolque tanque y remolque tanque, que se dedican al transporte y comercialización de combustibles líquidos cumpliendo con la normatividad vigente está acreditada bajo la norma NTP-ISO/IEC 17020:2012 como Organismo de Inspección ante el INACAL. Siendo una de las primeras con la actualización de la NORMA METROLOGICA PERUANA 023: “VEHÍCULOS Y VAGONES TANQUE: requisitos y métodos de ensayo.”

**Misión:** Brindar servicios de calidad, satisfaciendo las expectativas de nuestros clientes, ofreciendo el compromiso y la transparencia en la ejecución del servicio, a través de una atención profesional cumpliendo la normativa vigente en la ejecución del servicio.

**Visión:** S&H Ingenieros espera convertirse en la empresa líder como entidad certificadora y cubicadora en el Perú, en los rubros de Ingeniería y diagnóstico automotriz.

**Política de calidad:** S&H Ingenieros es una empresa certificadora de conformidades autorizadas por el MTC, aferición de vehículos tanque, operatividad de vehículos y maquinaria, que aspira alcanzar el liderazgo dentro de las empresas del rubro, basándose en los requisitos de la norma ISO 9001, mediante el compromiso de satisfacer plenamente los requisitos y expectativas de sus clientes y la mejora continua de su sistema de gestión de calidad, con personal calificado, cumpliendo los requisitos legales, técnicos, y otros que la organización asuma.

Garantizamos impulsar una cultura de calidad basada en valores de honradez, verdad, trabajo en equipo y compromiso.

### **Capacidad de aferición de vehículos tanque en la planta cubicadora:**

Debido a las elevadas solicitudes en el servicio de cubicación, atendiendo a los procedimientos fijados en el reglamento como unidad de verificación metrológica con las exigencias que la acreditación amerita, la experiencia obtenida en este tiempo nos ha permitido optimizar nuestra línea de succión de agua hacia los medidores volumétricos patrones y la línea descarga de agua del tanque cisterna hacia nuestro reservorio, procesos que demandaban mayor tiempo a los logros obtenidos, las mejoras han consistido en reducir pérdidas y aumentar la eficiencia de las bombas instaladas el mismo que reduce los tiempos en el procedimiento para el servicio de aferición de vehículos tanques, sin modificar los procedimientos auditados y así mismo se está cumpliendo a cabalidad la NMP023: 2017 – Vehículos y Vagones Tanque.

Para evaluar la situación actual del proceso de aferición según norma metrológica peruana 023 en la empresa S&H Ingenieros S.R.L. debemos revisar y analizar la eficiencia en el proceso de llenado de los medidores volumétricos patrones y la línea de descarga al vehículo tanque, con la finalidad de tener mejoras en el rendimiento del sistema y la reducción del tiempo del proceso de aferición de vehículos tanque.

De acuerdo a la revisión y análisis del sistema de bombeo este se encuentra compuesto por 2 bombas centrifugas de gran caudal, ambas bombas suministran agua desde el tanque principal hacia los medidores volumétricos.



Figura 01. Ubicación de las bombas en el sistema de bombeo.

En la tabla 03, se detalla las características de las bombas instaladas en el sistema de bombeo de la planta cubicadora.

**Tabla 01.** Tabla de características de las bombas instaladas.

<b>Bombas instaladas:</b>		
Descripción	Bomba A	Bomba B
Marca	EPLI	Pentax
Modelo	GHE55-80	CST 300/3
Potencia	5.5 HP	3.0 HP
Rendimiento según ficha técnica H=7.5 metros	1330 litros / minuto 350 galones / minuto	1000 litros / minuto 264 galones / minuto
Caudal obtenido de ensayos realizados con los medidores de 500 galones y el medidor de tiempo	250 galones / minuto 500 galones en 4 minutos 0 segundos	176 galones / minuto 500 galones en 2 minutos 50 segundos
Rendimiento	35.7 %	66.6 %

La bomba A según especificaciones técnicas presenta un rendimiento de 90 m<sup>3</sup>/h a una altura de 5 m el cual representa 396 galones / minuto; o de 60 m<sup>3</sup>/h a una altura de 14 m el cual representa 264 galones / minuto. Debido a

tener instalado en la planta una altura de 7.5 metros se estima un rendimiento de 350 galones / minuto.

De acuerdo a los resultados obtenidos la bomba A presenta una baja eficiencia, con respecto a lo especificado en la ficha técnica de cada bomba.

**TECHNICAL DATA**

Model	HP	KW	V(3~)		A(3~)		P(kW)(3~)		Q			H		
			50HZ		220	380	220	380	(m³/h)			(m)		
GHE 55-80	5.5	4	220	380	14.4	8.3	4.7	4.7	30	60	90	17.5	14	5
GHE75- 80	7.5	5.5	220	380	19.0	11.0	6.3	6.3	30	60	90	20.5	17.5	9
GHE100- 80	10	7.5	220	380	25.6	14.8	8.6	8.6	30	60	90	23.5	21.5	16
GHE125-125-9.2	12.5	9.2		380		17.9		10.5	90	150	165	18	14	12
GHE125-125-11	15	11		380		21		12.5	105	180	240	18	15.3	11.2
GHE150-125-15	20	15		380		28		16.9	105	180	240	20	18	14
GHE150-125-18.5	25	18.5		380		34.3		20.6	105	180	240	21	19	15

Figura 02. Especificaciones técnicas de la bomba A.

La bomba B según especificaciones técnicas presenta un rendimiento de 60 m³/h a una altura de 7.5 m el cual representa 264 galones / minuto.

TYPE		P2		P1 (kW)		AMPERE		Q (m³/h - l/min)								
1~	3~	(HP)	(kW)	1~	3~	1~	3~	0	15	24	36	48	60	72	84	96
230 V - 50 Hz	230 / 400 V - 50 Hz					1~	3~	0	250	400	600	800	1000	1200	1400	1600
						1X230V 50Hz	3X400V 50Hz	H (m)								
CS 200/3	CST 200/3	2.2	1.65	2.35	2.15	11.0	3.6	14.2	14.2	13.8	11.7	7.8	-	-	-	-
CS 300/3	CST 300/3	3	2.2	3.3	2.9	15.0	4.9	17.5	17.5	17.2	15.3	12.3	7.5	-	-	-
-	CST 400/3	4	3	-	4	-	6.7	21.5	21.5	21.4	19.9	17.7	13.5	-	-	-
CS 450/4	CST 450/4	4	3	3.7	3.6	18.0	6.2	13.5	-	-	14.1	18.4	12.1	10.3	8.3	6.1
-	CST 550/4	5.5	4	-	5.05	-	8.8	17	-	-	17.3	16.8	15.7	14.4	12.2	10

Figura 03. Especificaciones técnicas de la bomba B.

Analizados los rendimientos de cada una de las bombas se procedió a determinar la baja eficiencia de las bombas determinando que los ingresos de agua del tanque principal a las bombas tenían internamente una reducción de 3 pulgadas a 1 ¼ pulgadas de diámetro, el cual generaba un estrangulamiento del flujo de agua al ingreso de la bomba. En la figura 05 se muestra un acercamiento del estrangulamiento de la brida de acoplamiento del reservorio con el sistema de bombeo.



Figura 04. Vista del estrangulamiento en la parte interna de la brida.



Figura 05. Brida de acoplamiento del reservorio con el sistema de bombeo.

En la figura 06 se muestra, el acceso para el ingreso a la parte interna del tanque, donde se aprecia las 2 tuberías de succión de 1 ¼ pulgadas de diámetro y en la figura 07, muestra que la parte del tanque principal tenía un agujero de un diámetro de 1 ¼ de pulgadas el cual no permitía la buena alimentación hacia las bombas.



Figura 06. Manhole para ingresar a la parte interna del tanque principal.



Figura 07. Vista interna de las tuberías de succión que generan el estrangulamiento.

#### 4.2.-

**Describir los procedimientos de seguridad en el trabajo en el área de aferición de vehículos tanque de la empresa S&H INGENIEROS S.R.L.**

**Objetivo:** Establecer los procedimientos de Seguridad en el Trabajo para todo el personal del Organismo de Inspección, clientes y visitantes de la empresa S&H INGENIEROS S.R.L., identificando los peligros y evaluando los riesgos en el trabajo con el propósito de garantizar que los hábitos profesionales, rutinarios o no rutinarios, serán valuados respecto a los riesgos para determinar reglas de control que eviten o minimicen los posibles daños en personas o en las instalaciones cumpliendo con normativa legal.

**Alcance:** Los procedimientos se aplican en todo el personal del área de aferición de vehículos tanque: gerente, supervisor, inspectores, asistentes, clientes, visitas y personas que lleguen a la empresa S&H Ingenieros S.R.L.

**Referencias:**

Ley 29783: Ley de seguridad y salud en el trabajo.

Decreto Supremo N°005 – 2012 - TR, Reglamento de la Ley 29783

D.S. 003 – 98 - SA - Normas técnicas de seguro complementario de trabajo  
De riesgo.

Decreto Supremo N°043 - 2007 - EM. Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos.

OHSAS 18. 001: 2007, punto normativo 4.3.1.

**Definiciones:**

Procedimiento de Trabajo: Documento donde describe como realizar de manera específica de principio a fin los pasos consecutivos para un trabajo.

Paso: acto indivisible que si se excluye el potencial de daño se incrementa

Tarea / Trabajo: Parte específica de una actividad.

Peligro: situación de amenaza potencial que puede causar daño a la salud del trabajador, equipo y/o instalaciones.

Identificación de peligro: procedimiento mediante el cual se reconoce que se encuentra en peligro y se define sus particularidades.

Riesgo: posibilidad que pueda ocurrir un evento o exposición que ocasione perjuicio o daño.

Magnitud del riesgo: criterio que enlaza la posibilidad y seriedad de que ocurra una exposición o suceso.

Evaluación del riesgo: es el procedimiento por el cual debemos medir el nivel del riesgo para aplicar medidas de control.

Lugar de trabajo: es todo sitio donde se realicen actividades asociadas al trabajo.

### **Descripción de la actividad:**

Identificación de procesos: para cada tarea o trabajo a realizar debemos identificar y establecer en un documento cada uno de los procesos necesarios a ejecutar.

Identificación de las actividades de cada proceso: debemos reconocer de manera secuencial las actividades rutinarias imprescindibles para su realización. También debemos tomar en cuenta las actividades no rutinarias que se presentan esporádicamente y debemos anexar como porción del procedimiento.

Identificación de los peligros y aspectos de cada actividad: en las actividades debemos identificar peligros para la salud, seguridad de las personas y aspectos medio ambientales.

Para identificar los peligros debemos considerar algunos aspectos como: Equipos e instrumentos a usar, materia prima a necesitar, inspeccionar el lugar del trabajo, reportes de incidentes/accidentes, otros peligros en el área a trabajar que afecten la salud y seguridad del personal.

Condiciones legales útiles

Entre los tipos de incidente podemos considerar algunos:

Caída del mismo o diferente nivel, contacto con cosas cortantes o electricidad o sustancias químicas, golpes contra objetos, equipos, herramientas o estructuras fijas, atropello o aprisionamiento entre cosas fijas o móviles, exposición al polvo o emisiones, a gases y/o vapores, a rayos ultravioletas, frío o calor, ruido, a vibraciones, a presiones anormales.

Incendio, Explosión o Derrames.

### **Evaluación de los riesgos:**

Para todo equipo de trabajo implicado en alguna actividad se deben evaluar los riesgos por cada peligro identificado (inspectores y asistentes de cada especialidad) acompañados por el prevencionista de riesgos.

### **Medidas de Control de riesgos:**

Eliminación: como acción primordial debemos considerar eliminar cualquier peligro que origine un riesgo

Sustitución: si no hay posibilidad de eliminar, consideremos sustituir la actividad o el proceso que tiene cualquier peligro que origine riesgo

Control de ingeniería: establecemos controles con el objeto de poner en marcha barreras para minimizar la exposición

Controles administrativos: señalización advertencias hojas de seguridad entre otras medidas que aseguren los trabajos tomando en cuenta la protección del personal.

Equipos de protección personal: es la última medida a ser tomada y debe ser una medida complementaria, siendo usada en la mayoría de los casos

### **Identificación de peligros y evaluación de riesgos en el traje: (IPER)**

Debemos tener identificados los peligros y evaluado cada riesgo en el área a trabajar.



Registraremos, valoraremos, y priorizaremos los datos en la matriz IPER y determinaremos los controles de cada sede, teniendo en cuenta los métodos legales vigentes.

Formular recomendaciones: Incluir en el IPERC de la empresa S&H Ingenieros todas las recomendaciones a implementar y/o acciones a realizar, así como los recursos, indicadores y responsables de estas, teniendo la finalidad la reducción y/o eliminación de los riesgos existentes

Realizar seguimiento: Debemos hacer seguimiento documentado a las recomendaciones a implementar con la ayuda de los controles establecidos.

Nota: Siempre aplicar la **metodología del “toma DOCE”**, para identificar y controlar los peligros antes durante y después del trabajo.

**D** ----- Deténgase

**O** ----- Observe

**C** ----- Controle

**E** ----- Ejecute

Ver en los anexos la matriz IPER

#### **Análisis de Trabajo Seguro (ATS):**

El ATS es un instrumento de precaución y nos sirve para: Reconocer los posibles peligros latentes en el entorno, valorar sus riesgos derivados de cada paso que nos lleva a la tarea para disponer reglas de control que eviten o minimicen los posibles perjuicios y deben realizarse antes de empezar en las tareas.

Vea en los anexos ATS.

#### **4.3.- Describir el proceso de aferición de vehículos tanque según la Norma Metrológica Peruana 023:**

Generalidades del proceso de aferición de vehículos tanque, para determinar la cantidad de estos debemos tener en cuenta:

El método de medición para obtener el volumen.

El tipo de descarga/recepción del compartimiento para el cual el tanque fue diseñado: únicamente por descarga/recepción del compartimiento completo.

Los Factores de influencia que pueden tener un efecto importante durante la determinación de capacidad y el uso de los tanques, son la presión atmosférica y la temperatura con o sin calentamiento y con o sin aislamiento térmico del contenido.

La Capacidad del tanque: por lo general los vehículos tanque se encuentran entre  $1,9 \text{ m}^3$  y  $50 \text{ m}^3$

Por el método de montaje del tanque: pueden estar montados directamente y de manera permanente sobre un chasis de camión, remolque o semirremolque.

Si un tanque está dividido en compartimientos, cada uno debe ser considerado como un tanque separado y estar sometido a las disposiciones de la normativa de metrología en Perú.

Las unidades de medida autorizadas por el SLUMP (Sistema Legal de Unidades del Perú). Las longitudes deben darse en milímetros (mm), centímetros (cm) o metros (m) y los volúmenes en litros (L o l).

Mientras se termine de implementar el SLUMP se acepta usar tanques en galones. En tales casos, las indicaciones de volumen se deben realizar primero en litros seguido de la equivalencia en galones ( $1 \text{ galón} = 3,785 \text{ 412 L}$ ).

La temperatura de base es  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . La presión de base es la presión atmosférica normal ( $0,1 \text{ MPa}$ ). Se permite el uso de otros valores por razones justificadas.

Las dimensiones y presiones de los neumáticos deben ser las recomendadas por el fabricante.

Los compartimientos deben ser identificados en forma numérica ascendente, desde el compartimiento que está más cercano a la cabina de la cisterna y sus respectivas capacidades nominales deben indicarse

La superficie del tanque no debe presentar abolladuras, rajaduras, perforaciones u otros que ocasionen fugas. Las válvulas deben estar en buenas condiciones y con dispositivos para ser precintados y/o sellados.

**Descripción del proceso aferición de vehículos tanque:** procederemos a describir el proceso desde el comienzo hasta el final de la aferición de los vehículos tanque:

Recepción documentaria: todos los documentos son entregados al gerente del organismo de inspección para ser procesados. Luego de la aprobación del gerente se emite la orden de trabajo la cual llega a manos de los inspectores y asistentes para comenzar con el proceso de aferición del vehículo tanque. Después de haber recibido la orden de trabajo los inspectores y asistentes procederán a llenar su respectivo ATS y reporte de campo con los requisitos establecidos en la NMP 023 con la seguridad y consideraciones del caso.

Lineamientos de seguridad al personal: los inspectores y asistentes involucrados en la aferición de los vehículos tanque están obligados a llenar y firmar el ATS, asegurándose de cumplir el procedimiento y utilizar los siguientes implementos de seguridad, tales como calzado antideslizante, chaleco reflectivo, guantes, arnés y línea de vida, anteojos de protección, tapones auditivos u orejeras. Una vez que el personal cuenta con sus implementos de seguridad puede proseguir con el proceso de aferición del vehículo tanque.

Consideraciones de seguridad en el área de trabajo: el inspector ordena al conductor estacionar el vehículo tanque dentro de la plataforma a nivel y lo envía a la sala de espera hasta que el proceso culmine y continua con el proceso, colocando los tacos para evitar que el vehículo se mueva y conos de seguridad en el área de trabajo, conectando la puesta a tierra para evitar

las corrientes estáticas, inspeccionando visualmente el vehículo tanque y realizando un sondeo con el Explosímetro para evitar vapores residuales.

**Requisitos técnicos:** verificamos los requisitos técnicos que debe cumplir vehículo tanque de acuerdo a la normativa los cuales son:

Ningún componente interno debe dificultar al llenar o vaciar en su totalidad.

El tanque debe ser tal que, en la zona donde se realiza la indicación de nivel se logre una sensibilidad igual o superior a 1,5mm.

El tanque tiene un error máximo permitido en el volumen de 0,3 %.

La capacidad nominal de cada compartimiento no debe variar más de 0,1 % independientemente de si los compartimientos vecinos estén llenos o vacíos.

El tanque y los compartimientos deberán ser construidos en formas, materiales y dimensiones tales que eviten en condiciones nominales de funcionamiento, deformaciones que puedan modificar las capacidades en más de 0,2 % entre 2 ensayos consecutivos.

La altura de referencia H de un tanque o cada compartimiento no debe cambiar a lo largo del llenado, entre los valores; 2 mm o  $H/1000$ .

Todo tanque o compartimiento deberá tener un volumen de expansión como mínimo de 1 % de su capacidad nominal.

El indicador de nivel deberá estar fijo y deberá ubicarse al centro del compartimiento y a una distancia como máximo del 10% de la altura del compartimiento o 155 mm medidos desde la parte superior del domo del compartimiento el que sea menor.

### **Ensayos para verificación:**

Consideraciones previas:

El vehículo tanque se estaciona sobre el piso o plataforma horizontal, donde se verifica que se acaten los requisitos en metrología de la norma actual.

El piso o plataforma debe ser totalmente plano y horizontal. Se hace la revisión colocando el nivel de burbuja en las zonas donde se ubicarán los neumáticos de los vehículos.

El vehículo tanque debe presentarse en condiciones normales de uso, con sus accesorios, con los compartimientos sin combustible y limpios (desgasificado).

La manguera y/o la tubería mediante la cual se descarga el agua desde el medidor volumétrico patrón hacia el tanque, debe estar instalada de tal manera que escurra completamente sin necesidad de movimientos manuales. Esto implica además que no tenga ninguna sección horizontal y que tampoco haya estrangulamiento de la manguera. La manguera o tubería no debe moverse por acciones como el encendido o apagado de la bomba ni por la apertura o cierre de válvulas.

La verificación debe ser realizada con agua como líquido de ensayo. Si el agua es reciclada, debe ser tratada con filtros u otros medios de tratamiento que eviten que sus impurezas puedan contaminar los patrones de medición o los tanques a evaluar.

La verificación de los compartimientos debe ser realizada a una temperatura ambiente de  $20\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ .

La variación de la temperatura del líquido durante la verificación no debe sobrepasar de  $\pm 2\text{ °C}$ . Las mediciones de temperatura se realizan al inicio y al final de la verificación.

Características externas del tanque de medición:

Se registra las dimensiones externas del vehículo tanque con la ayuda de una cinta métrica de acuerdo a la imagen mostrada:

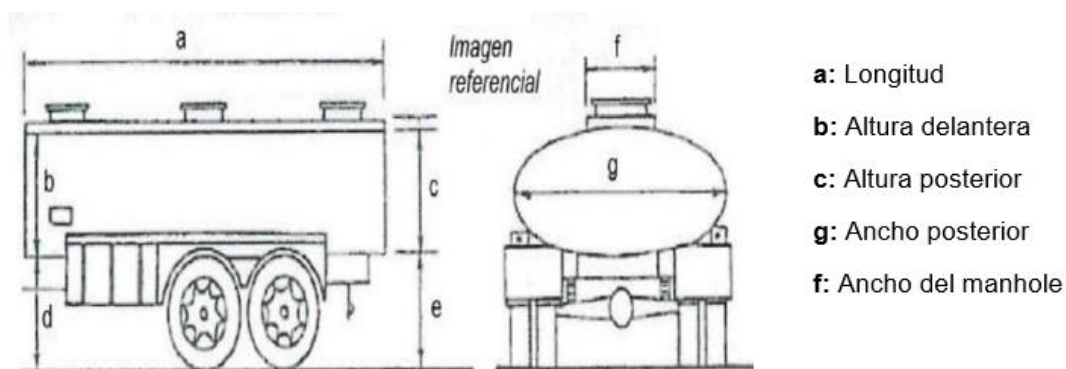


Figura 08. Imagen referencial de donde medir dimensiones externas del tanque.

Dimensiones y presiones del vehículo vacío o sin carga:

Para cada extremo del tanque, se registran las distancias desde su borde inferior hasta el piso o plataforma horizontal:

**d:** Altura del piso al tanque delantera.

**x:** Altura del piso al acoplamiento (solo remolques y semirremolques).

**e:** Altura del piso al tanque posterior.

La diferencia de distancias dividida entre el largo del tanque es la tangente del ángulo de inclinación. Esto se realiza con el tanque vacío y con el tanque lleno.

El ángulo se puede calcular como el Arcotangente  $\times 180^\circ/3,1416$ . Si el ángulo es mayor o igual que  $1,2^\circ$  es conforme al requisito.

Se registran las dimensiones de los neumáticos delanteros y posteriores con la ayuda de una regla T y un nivel de burbuja y en seguida tomaremos las presiones de los neumáticos utilizando un manómetro de presión, en ambos casos deben ser las recomendadas por el fabricante.

**Determinación de la capacidad:** siguiendo con el proceso energizamos las bombas de alimentación y así mismo abrimos las llaves del sistema de carga hacia los tanques medidores volumétricos patrones.

Se registra la altura total del compartimiento, desde la mesa de medición hasta el borde superior.

Se introduce una varilla de metal a cada orificio que hay encima del tanque entre las paredes de los compartimientos, para verificar que no haya líquido almacenado. De haberlo sería indicativo de fuga interna a través del mamparo.

Se abre el conducto que hay debajo del tanque, entre mamparos, para verificar que no caiga nada de líquido. De haberlo sería indicativo de fuga interna a través del mamparo. Se deja abierto el conducto para revisarlo cuando los compartimientos se estén llenando.

Se moja las paredes interiores de cada compartimiento. Para tal efecto no es necesario ingresar al compartimiento. Se puede usar una manguera de presión para lavado, o de lo contrario, se puede llenar cada compartimiento con agua, hasta por lo menos un tercio de su capacidad. Luego se descarga y se deja escurrir 30 segundos.

En el caso de tanques o compartimientos que posean una tubería de descarga comprendida entre dos válvulas de descarga, una a la salida del compartimiento y otra en el extremo de la tubería, la determinación de la capacidad del compartimiento se debe efectuar con la primera válvula abierta y la otra del extremo cerrada, teniendo la precaución de eliminar el aire encerrado en la tubería.



*Figura 09.* Imagen referencial de la lectura del termómetro.

Se registra la temperatura ambiente y la temperatura del agua iniciales.

Se llena el tanque o compartimientos con agua con el medidor volumétrico de metal.

Cualquier error debido a la calibración del patrón o a la descarga en exceso o defecto debe ser corregido usando los medidores volumétricos de menor capacidad.

El orden de llenado de los compartimientos es del número menor al mayor, es decir, empezando por el más próximo al tracto.

Al llenar el primer compartimento se mide la altura de líquido dos veces consecutivas, la diferencia debe ser menor o igual que 1 mm. La segunda de estas medidas será la medida principal contra la que se harán las posteriores restas.

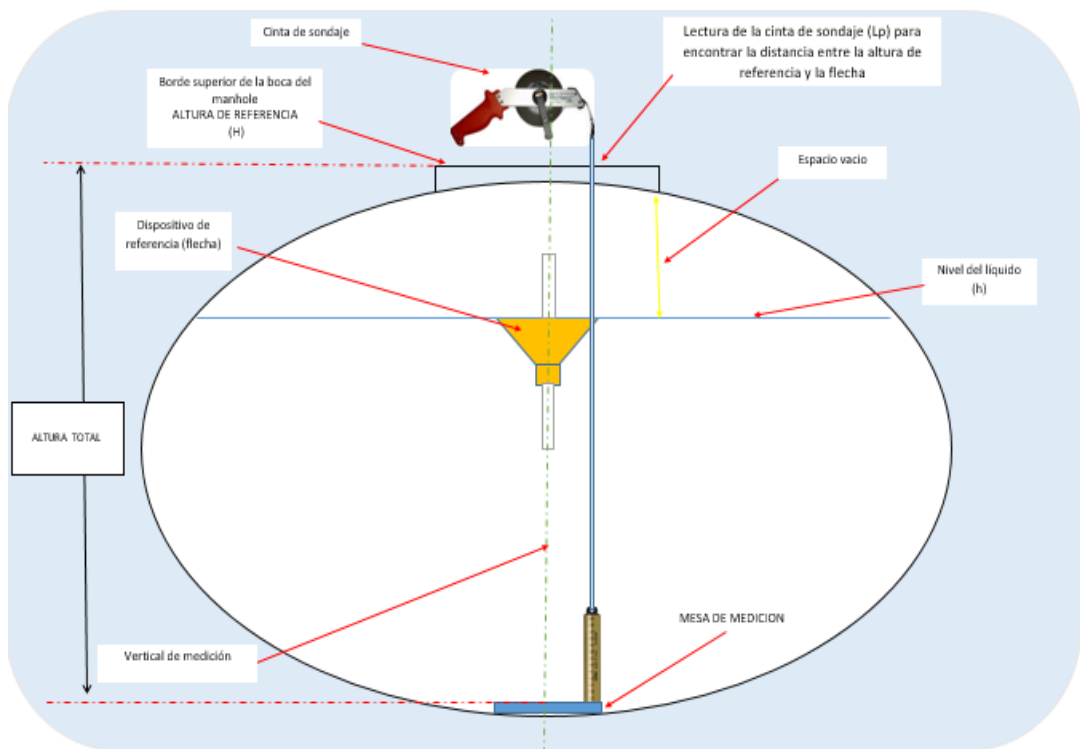


Figura 10. Vista de corte transversal del vehículo tanque.

**Determinación de la sensibilidad:** Estando el compartimento lleno hasta su nivel de referencia, se agrega con uno o varios medidores volumétricos un volumen medido que permita variar la altura de líquido en exactamente 2,0 mm o 3,0 mm.



Se calcula:  $\Delta h = d \times V_n / (V_a \times 1000)$

Si:  $\Delta h \geq 1,5$  mm entonces es conforme al requisito

La forma del tanque debe ser tal que, en la zona donde se realiza la indicación de nivel, se logre una sensibilidad igual o superior a los datos especificados en el recuadro siguiente.

**Determinación del error:** si la diferencia entre la altura de la flecha y la altura del líquido es menor o igual que el triple de  $\Delta h$  entonces es conforme al requisito los vehículos o vagones tanque error máximo permitido que debe presentar un tanque de medición transportable debe de ser igual a 0,3 %.

La incertidumbre expandida del volumen de líquido en el tanque para la verificación inicial no debe exceder un tercio del error máximo permisible.

Se llena el segundo compartimiento y se sigue los mismos pasos que para el primer compartimiento.

Se vuelve a medir la altura de líquido del primer compartimiento. Si la variación es menor o igual que  $\Delta h$  entonces es conforme al requisito por lo tanto la capacidad nominal de cada compartimiento no debe variar más de 0,1%.

Se sigue la misma secuencia para los demás compartimientos.

Se repite el llenado del primer compartimiento.

Se determina la altura de líquido del primer compartimiento y se compara con la medida anterior (medida principal). Si la diferencia con la medición anterior es menor o igual que el doble de  $\Delta h$  se declara conforme al requisito.

Se sigue la misma secuencia para los demás compartimientos, sin repetir la determinación de la sensibilidad.

Se registra la temperatura ambiente y la temperatura del agua finales.

Para cada compartimiento se registra la altura total, desde la mesa de medición hasta el borde superior cuando está lleno y se obtiene su variación. Si la variación es menor o igual que el mayor de 2 mm y  $H/1000$  entonces es conforme al requisito. La variación máxima permitida en altura de referencia  $H_2$  en (mm) o  $H/1000$  (mm).

Para cada compartimiento se determina la altura de espacio vacío por la diferencia de la altura total con la altura del líquido. Si la altura de espacio vacío resulta como máximo el 10% de la altura total o 155 mm (el que sea menor) entonces es conforme al requisito.

**Condición para realizar el ajuste del indicador:** en todas las verificaciones mencionadas el error del tanque o compartimiento debería cumplir con el error máximo permitido que es 0.3 %. Sin embargo, si el error encontrado es mayor que 0,1% se procederá con el ajuste del indicador del nivel de referencia (flecha).

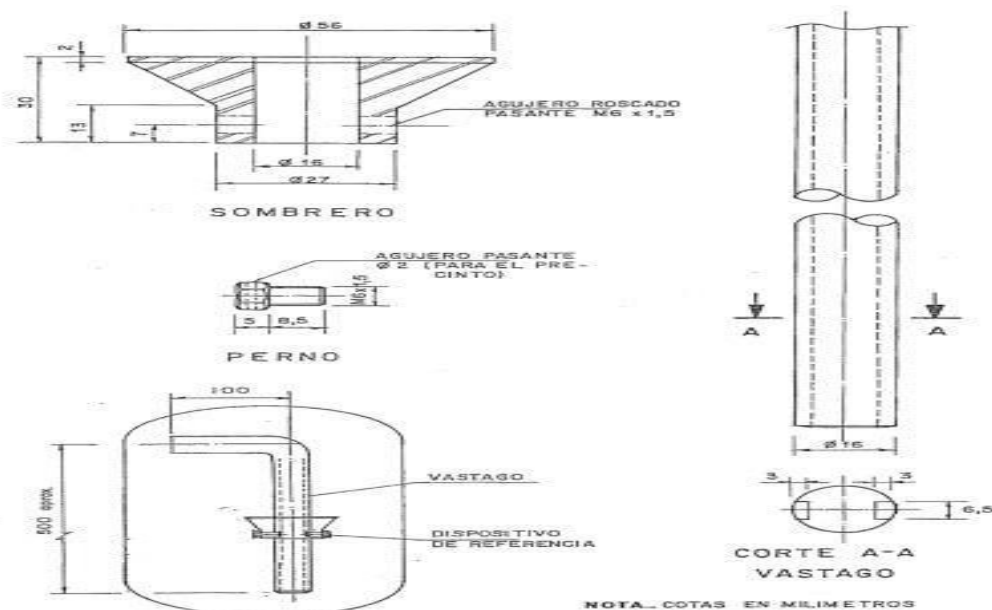


Figura 11. Corte transversal de eje y dispositivo de referencia a ajustar.

Si todos los requisitos son conformes o el único requisito no conforme es el error máximo permitido debido a un error mayor que el error máximo permitido, se procede con el precintado. Si en cambio hay otro requisito no conforme no se realiza el precintado. Para realizar el precintado, si la

diferencia entre la altura de la flecha y la altura del líquido (medida principal) es mayor que  $\Delta h$  entonces se ajusta el indicador del nivel de referencia (flecha) al nivel del agua, colocando un precinto como elemento de fijación y como distintivo de verificación. Si la diferencia es menor o igual que  $\Delta h$  entonces se permite omitir el ajuste del nivel de referencia, pero sí se le coloca un precinto como elemento de fijación y como distintivo de verificación.

Dimensiones y presiones del vehículo lleno o con carga:

Registramos dimensiones de los extremos del tanque al piso donde descansan las llantas de la cisterna ya cubicada a la flecha.

Se registra la presión final de las llantas de la cisterna.

**Colocación de plaqueta de identificación:** Se fija la placa de identificación de verificación con cuatro puntos de apoyo con remaches.

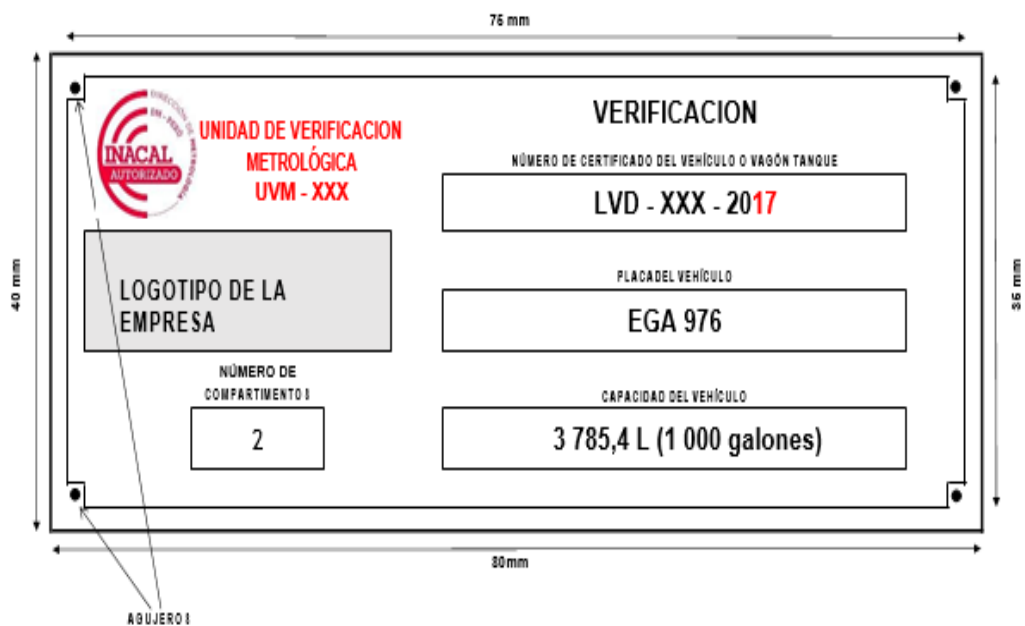


Figura 12. Modelo de placa de verificación.

Nota: el espesor de la placa debe ser 1 milímetro, deberá estar adherida a un soporte fijo e instalado en el vehículo o vagón tanque

#### 4.4.- Rediseñar la planta cubicadora basados en la Norma Metroológica Peruana 023:

En las próximas figuras mostraremos como se hicieron algunos de los trabajos de corte y soldadura que se realizaron en la planta cubicadora de vehículos tanque de la empresa S&H Ingenieros S.R.L.



Figura 13. Trabajos de corte y soldadura realizados en la parte interna del reservorio.

En la siguiente imagen mostramos las tuberías de succión remplazadas en el interior del tanque



Figura 14. Mostramos el antes y el después de las tuberías de succión.

En conclusión, después de haber realizado las modificaciones internas en el tanque principal, los rendimientos de la bomba aumentaron de 35.7 % a 71.4 % para la bomba A y de 66.6 % a 87.4 % para la bomba B, ambas mejoras reducen el tiempo de llenado de los medidores volumétricos patrones y del mismo modo el llenado y descarga del tanque cisterna. Además, Cuando los tanques tienen 2 compartimientos, cada bomba descarga un compartimiento

logrando que el TIEMPO DE DESCARGA del tanque cisterna sea de la mitad de tiempo en la etapa final de la verificación.

Mediante 2 casos típicos se explica, como se reduce el tiempo de descarga a la mitad solo en la etapa final.

**Tabla 02.** Ejemplos del mejoramiento de tiempo de descargas.

	Caso A:	Caso B:
<b>Capacidad del tanque</b>	9 000 galones	9 000 galones
<b>N° de compartimientos</b>	1 compartimiento de 9000 galones	2 compartimientos 4500 galones cada uno
<b>Tiempo de descarga con Bomba A</b> Conociendo que el caudal es: <b>250 galones / minuto</b>	36 minutos	18 minutos
<b>Tiempo de descarga con Bomba B</b> Conociendo que el caudal es: <b>230,8 galones / minuto</b>	-	20 minutos
	Debido a solo tener un compartimiento el inspector SOLO UTILIZA LA BOMBA A	Debido a tener dos compartimientos el inspector utilizara en la descarga la BOMBA A para el primer compartimiento y BOMBA B para el segundo compartimiento en la etapa final de la verificación.

**Tabla 03.** Comparación de los datos obtenidos después de la modificación.

Descripción	Bomba A	Bomba B
<b>Rendimiento según ficha técnica H=7.5 metros</b>	1 330 litros / minuto 350 galones / minuto	1 000 litros / minuto 264 galones / minuto
<b>Caudal obtenido de ensayos realizados con los medidores de 500 galones y el medidor de tiempo (ANTES)</b>	125 galones / minuto 500 galones en 4 minutos 0 segundos	176 galones / minuto 500 galones en 2 minutos 50 segundos
<b>Rendimiento (ANTES)</b>	35.7 %	66.6 %
<b>Caudal obtenido de ensayos realizados con los medidores de 500 galones y el medidor de tiempo (DESPUÉS)</b>	250 galones / minuto 500 galones en 2 minutos 0 segundos	230,8 galones / minuto 500 galones en 2 minutos 10 segundos
<b>Rendimiento (DESPUÉS)</b>	71,4 %	87,4 %

De acuerdo al número de descargas se tiene que en un lapso de 1 hora se realizan 25 descargas, el cual representa un volumen de 12 500 galones por hora, trabajando ambas bombas.

El número de descargas de los medidores hacia el tanque se obtiene mediante la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ desc MVP 1} = \frac{1 \text{ hora}}{316 \text{ segundos}} = \frac{3600 \text{ segundos}}{316 \text{ segundos}} = 11.3 \approx 11 \frac{\text{descargas}}{\text{hora}}$$

$$N^{\circ} \text{ desc. bomba A} = \frac{1 \text{ hora}}{256 \text{ segundos}} = \frac{3600 \text{ segundos}}{256 \text{ segundos}} = 14 \frac{\text{descargas}}{\text{hora}}$$

**Tabla 04.** Tiempo de llenando desde el reservorio hacia los MVP y hacia el tanque cisterna.

Descripción	MVP 1 (se llena con bomba B)	MVP 2 (se llena con bomba A)	Unidad
Volumen nominal	500	500	galones
Tiempo de llenado del medidor	130	120	segundos
Tiempo de descarga del medidor según certificado (certificado)	126	76	segundos
Tiempo de escurrimiento	30	30	segundos
Tiempo de enrase	30	30	segundos
Tiempo aproximado por descarga de MVP hacia el vehículo tanque	316	256	segundos
Numero de descargas en el lapso de 1 hora	11	14	Descargas x hora

En las descargas por hora de cada medidor se está considerando los tiempos de llenado desde las bombas el tiempo de descarga según certificado, el tiempo de enrase aproximado y el tiempo de escurrimiento.

### **Cálculo aproximado de capacidad de verificación:**

A continuación, se muestra el cálculo correspondiente para determinar la capacidad de verificación.

### **Cálculo del tiempo de llenado de los MVP hacia el tanque cisterna – T llenado**

Se tiene que el número de DESCARGAS EN UNA HORA utilizando las 2 bombas es:

$$N^{\circ} \text{ desc} = N^{\circ} \text{ desc. bomba B} + N^{\circ} \text{ desc. bomba A}$$

$$N^{\circ} \text{ desc} = 11 + 14$$

$$N^{\circ} \text{ desc} = 25$$

Para obtener el tiempo de llenado, se utiliza la siguiente formula; conociendo que se trabaja con medidores de 500 galones y el número de descargas por hora es 25, el cual equivale a 12 500 galones por hora.

$$T_{\text{llenado}} = \frac{\text{Capacidad del tanque a llenar}}{N^{\circ} \text{ desc} * 500 \text{ galones}}$$

**Caso A:** Para 1 compartimiento de 9 000 galones, utilizando la bomba A y B

$$T_{\text{llenado}} = \frac{9\,000 \text{ galones}}{25 * 500 \text{ galones}}$$

$$T_{\text{llenado}} = 0.72 \text{ horas} = 43 \text{ minutos } 12 \text{ segundos}$$

**Caso B:** Para 1 compartimiento de 4 500 galones, utilizando la bomba A y B

$$T_{\text{llenado}} = \frac{4\,500 \text{ galones}}{25 * 500 \text{ galones}}$$

$$T_{\text{llenado}} = 0.36 \text{ horas} = 21 \text{ minutos } 6 \text{ segundos}$$

### **Cálculo del tiempo de descarga del tanque cisterna – T descarga**

El tiempo de descarga aproximado es de acuerdo al caudal de la bomba.

El caudal de la Bomba A es de 250 galones/minuto y de la Bomba B es 230,8 galones/minuto

De acuerdo al caudal de la bomba A se obtiene:

Caso A: Para 1 compartimiento de 9 000 galones

$$T_{descarga} = \frac{9\,000 \text{ galones}}{250 \text{ galones/minuto}} = 36 \text{ minutos}$$

Caso B: Para compartimiento de 4 500 galones, descargado con bomba A

$$T_{descarga} = \frac{4\,500 \text{ galones}}{250 \text{ galones/minuto}} = 18 \text{ minutos}$$

Para compartimiento de 4 500 galones, descargado con bomba B

$$T_{descarga} = \frac{4\,500 \text{ galones}}{230.8 \text{ galones/minuto}} = 20 \text{ minutos}$$

### **Cálculo del tiempo de verificación.**

Caso A: Para 1 compartimiento de 9 000 galones

$$T_{llenado} = T_{llenado \text{ repetibilidad.}}$$

$$T_{inspeccion} = 60 \text{ min}$$

$$T_{verificacion} = T_1 \text{ ensayo} + T_2 \text{ ensayo} + T_{inspeccion}$$

$$T_{verificacion} = T_{llenado} + T_{descarga} + T_{llenado \text{ repetibilidad.}} + T_{descarga} + T_{inspeccion}$$

$$T_{verificacion} = 2 \times T_{llenado} + 2 \times T_{descarga} + T_{inspeccion}$$

$$T_{verificacion} = 2(43 \text{ minutos } 12 \text{ segundos}) + 2(36 \text{ minutos}) + 60 \text{ minutos}$$

$$T_{verificacion} = 86 \text{ minutos } 24 \text{ segundos} + 72 \text{ minutos} + 60 \text{ minutos}$$

$$T_{verificacion} = 218 \text{ minutos } 24 \text{ segundos}$$

$$T_{verificacion} = 3 \text{ horas } 38 \text{ minutos}$$

Caso B: Para 1 tanque de 9000 galones con 2 compartimiento de 4 500 galones cada uno.

$$T_{llenado} = T_{llenado \text{ repetibilidad.}}$$

$$T_{inspeccion} = 60 \text{ min}$$

$$T_{verificacion} = T_1 \text{ ensayo} + T_2 \text{ ensayo}$$

$$T_1 \text{ ensayo} = T_{llenado} + T_{descarga \text{ de ambos compartimientos}} + T_{inspeccion}$$

$$T_1 \text{ ensayo} = 43 \text{ minutos } 12 \text{ segundos} + 36 \text{ minutos} + 60 \text{ minutos}$$



$$T_{1 \text{ ensayo}} = 79 \text{ minutos } 12 \text{ segundos} + 60 \text{ minutos}$$

$$T_{1 \text{ ensayo}} = 2 \text{ horas } 19 \text{ minutos}$$

Para el tiempo del segundo ensayo ya no se considera el tiempo de inspección, debido a solo ejecutarse solo el ensayo de Repetibilidad y los compartimientos son descargados al mismo tiempo. (Se utilizan ambas bombas)

$$T_{2 \text{ ensayo}} = T_{\text{llenado}} + T_{\text{descarga}}$$

Para el tiempo de descarga se considera el tiempo de la bomba de menor caudal.

$$T_{2 \text{ ensayo}} = 43 \text{ minutos } 12 \text{ segundos} + \frac{4500 \text{ galones}}{230.8 \text{ galones /minuto}}$$

$$T_{2 \text{ ensayo}} = 43 \text{ minutos } 12 \text{ segundos} + 19 \text{ minutos } 30 \text{ segundos}$$

$$T_{2 \text{ ensayo}} = 62 \text{ minutos } 42 \text{ segundos}$$

$$T_{2 \text{ ensayo}} = 1 \text{ hora } 2 \text{ minutos}$$

$$T_{\text{verificacion}} = 2 \text{ horas } 19 \text{ minutos} + 1 \text{ hora } 2 \text{ minutos}$$

$$T_{\text{verificacion}} = 3 \text{ horas } 21 \text{ minutos}$$

A continuación, se muestran los tiempos estimados de tanques hasta 13 000 galones de 1 compartimiento y 2 compartimientos, considerando siempre que cada cisterna tenga un tiempo de inspección adicional de 60 minutos, el cual es variable debido a que cisternas de menor capacidad de 4500 galones se tiene tiempo de inspección de 30 minutos. El tiempo de inspección es utilizado para la toma de datos de la unidad, verificación de mamparas, volumen de expansión, sensibilidad, variación de compartimientos contiguos cuando aplique.

**Tabla 05.** *Tiempos estimados del servicio de aferición.*

Capacidad Cisterna (gal)	Tanque cisterna con 1 Compartimiento				Tanque cisterna con 2 Compartimientos			
	Tiempo estimado de llenado del 1 <sup>er</sup> ensayo	Tiempo de descarga de 1 C con la bomba A	Tiempo del primer ensayo solo tanque con 1C	Tiempo de verificación de 1C	Tiempo del 1er ensayo tanque	Tiempo estimado de llenado para el segundo ensayo	Tiempo de descarga en etapa final cuando el tanque de 1 C	Tiempo de verificación de 2C
<b>13000</b>	1:02:24	0:52:00	1:54:24	4:48:48	1:54:24	1:02:24	0:28:05	4:24:53
<b>12500</b>	1:00:00	0:50:00	1:50:00	4:40:00	1:50:00	1:00:00	0:27:00	4:17:00
<b>12000</b>	0:57:36	0:48:00	1:45:36	4:31:12	1:45:36	0:57:36	0:25:55	4:09:07
<b>11500</b>	0:55:12	0:46:00	1:41:12	4:22:24	1:41:12	0:55:12	0:24:50	4:01:14
<b>11000</b>	0:52:48	0:44:00	1:36:48	4:13:36	1:36:48	0:52:48	0:23:46	3:53:22
<b>10500</b>	0:50:24	0:42:00	1:32:24	4:04:48	1:32:24	0:50:24	0:22:41	3:45:29
<b>10000</b>	0:48:00	0:40:00	1:28:00	3:56:00	1:28:00	0:48:00	0:21:36	3:37:36
<b>9500</b>	0:45:36	0:38:00	1:23:36	3:47:12	1:23:36	0:45:36	0:20:31	3:29:43
<b>9000</b>	0:43:12	0:36:00	1:19:12	3:38:24	1:19:12	0:43:12	0:19:26	3:21:50
<b>8500</b>	0:40:48	0:34:00	1:14:48	3:29:36	1:14:48	0:40:48	0:18:22	3:13:58
<b>8000</b>	0:38:24	0:32:00	1:10:24	3:20:48	1:10:24	0:38:24	0:17:17	3:06:05
<b>7500</b>	0:36:00	0:30:00	1:06:00	3:12:00	1:06:00	0:36:00	0:16:12	2:58:12
<b>7000</b>	0:33:36	0:28:00	1:01:36	3:03:12	1:01:36	0:33:36	0:15:07	2:50:19
<b>6500</b>	0:31:12	0:26:00	0:57:12	2:54:24	0:57:12	0:31:12	0:14:02	2:42:26
<b>6000</b>	0:28:48	0:24:00	0:52:48	2:45:36	0:52:48	0:28:48	0:12:58	2:34:34
<b>5500</b>	0:26:24	0:22:00	0:48:24	2:36:48	0:48:24	0:26:24	0:11:53	2:26:41
<b>5000</b>	0:24:00	0:20:00	0:44:00	2:28:00	0:44:00	0:24:00	0:10:48	1:48:48
<b>4500</b>	0:21:36	0:18:00	0:39:36	1:49:12	0:39:36	0:21:36	0:09:43	1:40:55
<b>4000</b>	0:19:12	0:16:00	0:35:12	1:40:24	0:35:12	0:19:12	0:08:38	1:33:02
<b>3500</b>	0:16:48	0:14:00	0:30:48	1:31:36	0:30:48	0:16:48	0:07:34	1:25:10
<b>3000</b>	0:14:24	0:12:00	0:26:24	1:22:48	0:26:24	0:14:24	0:06:29	1:17:17
<b>2500</b>	0:12:00	0:10:00	0:22:00	1:14:00	0:22:00	0:12:00	0:05:24	1:09:24
<b>2000</b>	0:09:36	0:08:00	0:17:36	1:05:12	0:17:36	0:09:36	0:04:19	1:01:31
<b>1500</b>	0:07:12	0:06:00	0:13:12	0:56:24	0:13:12	0:07:12	0:03:14	0:53:38
<b>1000</b>	0:04:48	0:04:00	0:08:48	0:47:36	0:08:48	0:04:48	0:02:10	0:45:46
<b>500</b>	0:02:24	0:02:00	0:04:24	0:38:48	0:04:24	0:02:24	0:01:05	0:37:53

Debido a que se ha optimizado el tiempo de verificación, la capacidad de verificación corresponde para un solo inspector. Actualmente tenemos un solo inspector acreditado y 4 asistentes.

La tabla de capacidad de verificación tiene en cuenta que en la industria existe una gran capacidad de camiones con más de 3 compartimientos, es necesario indicar el número máximo de compartimientos que se verifican regularmente.

Se indica que hasta el momento se tiene una base de datos de las capacidades de tanques y números de compartimientos verificados regularmente en nuestra planta. Donde las verificaciones de un (1) solo compartimiento son los más requeridos con tanques que van desde 1000 galones hasta 11000 galones.

**Tabla 06.** *Tabla de verificaciones realizadas con su capacidad y numero de compartimientos.*

<b>Capacidad</b>	<b>N° de compartimientos</b>	<b>N° de verificaciones realizadas</b>
<b>1 000 galones - 11 000 galones</b>	1	43
<b>1 000 galones - 10 000 galones</b>	2	31
<b>2 000 galones - 11 000 galones</b>	3	5
<b>2 000 galones - 10 000 galones</b>	4	9
<b>3 000 galones - 4 000 galones</b>	5	3
<b>11 000 galones</b>	8	1

#### **4.5.- Elaborar análisis económico del rediseño de la planta cubicadora**

A continuación, se expondrá el análisis económico sobre el rediseño de la planta cubicadora de vehículos tanque el cual es inversión propia de la

empresa S&H Ingenieros S.R.L sin necesidad de acudir a préstamo bancarios. Los trabajos se realizaron por personal de la empresa y operarios externos, en seguida detallamos el valor de cada hora del personal en cada proceso:

**Tabla 07. Tabla de procesos y costos.**

PROCESO	Drenado y Limpieza de Tanque
<b>Tiempo</b>	14 horas
<b>Numero de operarios</b>	3 operarios
<b>Salario por hora</b>	5 soles
<b>Costo mano de obra por proceso</b>	210 soles
PROCESO	Desarmado de Tuberías
<b>Tiempo</b>	10 horas
<b>Numero de operarios</b>	3 operarios
<b>Salario por hora</b>	10 soles
<b>Costo mano de obra por proceso</b>	300 soles
PROCESO	Corte y Soldadura de Tuberías
<b>Tiempo</b>	12 horas
<b>Numero de operarios</b>	3 operarios
<b>Salario por hora</b>	15 soles
<b>Costo mano de obra por proceso</b>	540 soles
PROCESO	Armado de tuberías
<b>Tiempo</b>	12 horas
<b>Numero de operarios</b>	3 operarios
<b>Salario por hora</b>	10 soles
<b>Costo mano de obra por proceso</b>	360 soles
PROCESO	Sellado y Llenado de Tanque
<b>Tiempo</b>	12 horas
<b>Numero de operarios</b>	3 operarios
<b>Salario por hora</b>	5 soles
<b>Costo mano de obra por proceso</b>	180 soles

A continuación, mencionamos los materiales utilizados en el rediseño de la planta cubicadora:

**Tabla 08.** *Tabla de lista de materiales.*

Lista de materiales	
<b>Tubería</b>	S/. 200.00
<b>Accesorios</b>	S/. 400.00
<b>soldadura</b>	S/. 40.00
<b>Empaquetaduras</b>	S/. 70.00
<b>Silicona y cinta teflón</b>	S/. 50.00
<b>Artículos de oficina</b>	S/. 50.00
<b>Total</b>	S/. 810.00

La inversión en el rediseño tiene como costos de mejoras de la planta cubicadora que facilitarían mejorar los tiempos de la aferición de vehículos tanque y la productividad de la empresa.

**Tabla 09.** *Tabla de costos e implementación.*

Costo de implementación	
Drenado y Limpieza de Tanque	S/. 210.00
Desarmado de Tuberías	S/. 300.00
Corte y Soldadura de Tuberías	S/. 540.00
Armado de tuberías	S/. 360.00
Sellado y Llenado de Tanque	S/. 180.00
materiales	S/. 810.00
<b>Costo total</b>	S/. 2400.00

Utilizamos los instrumentos financieros para verificar si el proyecto es o no viable en factores económicos, primero realizamos comparaciones a las sumas que teníamos para invertir en el plan, si traerían beneficios a la larga y comparamos las tasas efectivas que generan los bancos obteniendo buenos resultados.

## V. DISCUSIÓN

En este capítulo procederemos a recalcar cuán importante es comparar los resultados que se alcanzaron en ese trabajo de investigación con los aportes y teorías realizadas por otros investigadores en los últimos años, verificando se conceda o se contradiga los supuestos planteados en nuestro informe de investigación, también destacaremos las obras de investigación que guarden una mejor correspondencia con nuestra investigación.

Con lo referente a la aplicación de programas de metrología legal en la medición de los combustibles indica que se tiene como propósito fundamental mantener la precisión y aseguramiento metrológico de las entregas de combustibles líquidos, en tal sentido aceptamos la investigación de Hernández Apaceiro, 2012. En la cual se demuestra el aseguramiento metrológico con la aplicación de las normas internacionales correspondientes a magnitud y flujo, en especial lo concerniente a las condiciones metrológicas y los procedimientos para calibrar asegurando los resultados que den confiabilidad en el proceso de medición

En tanto los datos normativos de importancia para la entrega y almacenamiento de los hidrocarburos tienen relación con lo referido con la OIML R 80-1: 2009, donde se especifica los requisitos técnicos y metrológicos para la medición de combustibles líquidos, teniendo como componente de medida a el metro contador en todos los procesos de metrología. La aplicación de los resultados de los antecedentes de los errores máximos permisibles se usará para tomar selección de los procesos de medida, tomando en cuenta la precisión y teniendo el proceso en el que se aplicará.

En lo que se refiere a los estudios comparativos entre los métodos de cubicación geométrica para tanques cilíndricos verticales para almacenamiento de derivados líquidos de petróleo para minimizar la incertidumbre, por tal sentido aceptamos el estudio de Vásquez y Nugra, 2012. que nos explica que al realizar los cálculos comparativos entre las tablas de calibración elaboradas por ambos métodos de calibración comprobamos que los porcentajes de desviación tomados a diferentes

niveles muestran que están dentro del error permitido dentro de la norma minimizando así la incertidumbre.

Por tal motivo, la dirección metrológica de INACAL envió a las empresas del sector y las entidades en el Perú un proyecto de norma metrológica que a través del informe técnico DM N°103.2016 se brindó a saber y se sustentaron los motivos a elaborar una norma que sustituya la norma peruana LVD- 004, 1992. En este documento se establecieron las condiciones metrológicas y técnicas a ser aplicadas en los procedimientos de medición de volúmenes de fluidos sometidos a control metrológico legal para las observaciones y comentarios.

En el departamento de la libertad se realizó un sistema de control automatizado que a través de un software y su correspondiente programación se acepta la investigación de cruz soles,2015. En la cual sustenta que con la aplicación de este diseño se hizo la automatización de los procedimientos de aferición de vehículos tanque que transportan hidrocarburos.

Con la finalidad de optimizar los procesos de aferición de vehículos tanque en la empresa se tomó como referencia la norma metrológica peruana NMP 023 – 2017, con la finalidad de poner especial énfasis en la importancia de las mediciones en los procedimientos de aferición para determinar el volumen real que contenga cada vehículo tanque con sus respectivos compartimientos, utilizando los equipos e instrumentos y cumpliendo los procedimientos técnicos establecidos en la normativa legal vigente.

## VI. CONCLUSIONES

1. Con la revisión y análisis de los rendimientos de las 2 bombas centrifugas que suministran agua desde el tanque principal hacia los medidores volumétricos se procedió a determinar la baja eficiencia de las bombas determinando que los ingresos de agua del tanque principal a las bombas tenían internamente una reducción de 3 pulgadas a 1 ¼ pulgadas de diámetro, el cual generaba un estrangulamiento del flujo de agua al ingreso de la bomba.
2. En conclusión, después de haber realizado las modificaciones internas en el tanque principal, los rendimientos de la bomba aumentaron de 35.7 % a 71.4 % para la bomba A y de 66.6 % a 87.4 % para la bomba B, ambas mejoras reducen el tiempo de llenado de los medidores volumétricos patrones y del mismo modo el llenado y descarga del tanque cisterna.
3. Concluimos que los procedimientos establecidos por la Norma metrológica peruana NMP 023 – 2017, se describirán de manera veraz y objetiva en los procedimientos de aferición de vehículos tanque de la empresa siguiendo los lineamientos y protocolos de seguridad que se establecen en las normativas legales vigentes.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a la empresa S&H Ingenieros S.R.L. la capacitación constante del todo el personal que esté implicado en el área de cubicación de vehículos tanque, en la normatividad vigente y procedimientos de seguridad en el trabajo para evitar los incidentes o accidentes que generen daños al personal o a las instalaciones de la planta de aferición de vehículos tanque.
2. Es muy importante que todo el personal esté en constante actualización de su procedimiento de aferición y los ensayos que la norma exige, para así asegurar la confiabilidad en los resultados de medición obtenidos en proceso de aferición de vehículos tanque.
3. Finalmente se recomienda realizar una automatización en los procesos de llenado y descarga de los medidores, para mejorar los tiempos de aferición y así superar las expectativas del servicio ofrecido por la empresa.

## REFERENCIAS

**CONSULTORIA, APOYO. 2015.** *ESTUDIO DE NECESIDADES METROLÓGICAS INDUSTRIALES Y CIENTÍFICAS A NIVEL NACIONAL.* LIMA : s.n., 2015.

**Cruz Soles, Carlos Alberto y Espinola Zurita, Jorge Luis. 2015.** DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA AFERICION Y CERTIFICACION DE CISTERNAS PARA TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS SEGUN LA NORMA LVD-004 EN EL DEPARTAMENTO LA LIBERTAD. Pimentel, PERU : s.n., 2015.

**Florero Maldonado, Erian Andres. 2016.** *es.slideshare.net. es.slideshare.net.* [En línea] 22 de julio de 2016.

**G. Budynas, Richard y J. Keith Nisbett, J. .** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* Mexico, DF : The McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN-13: 978-970-10-6404-7.

**Hernandez Apaceiro, Maritza. 2012.**  
<http://www.redalyc.org/pdf/2230/223023835001.pdf>. [En línea] INIMET, 01 de enero de 2012.

**Hernandez Leonard, Alejandra Regla. 2015.**  
<http://www.redalyc.org/pdf/2230/223040405004.pdf>. [En línea] INIMET, ENERO-JUNIO de 2015.

**Hernández Sampieri, Roberto y Baptista Lucio, Pilar. 2011.** *Metodología de la investigación.* 2011. pág. 18.

**INACAL. 2016.**  
<http://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/eventos/files/17%20PNMP%20de%20Veh%C3%ADculos%20Tanque.pdf>. [En línea] 2016.

**ITINTEC, INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TECNICAS. 1992.** NORMA METROLOGICA PERUANA LVD-004, VEHICULOS TANQUE. LIMA : s.n., 1992.

**OSINERGMIN. 2014.** [En línea] 2014.

**Perez Flores , Jose Carmen, Garcia Urgell, Marco A. y Perez Flores, Hugo H. 2004.** <http://www.cenam.mx/simposio2004/memorias/ta-045.pdf>. [En línea] 25 al 27 de octubre de 2004.

**Vásquez Nugra, Rigoberto Javier y Delgado Páez, Oscar. 2012.** Estudio comparativos entre los métodos de Cubicación Líquida y Cubicación Geométrica para Tanques Cilíndricos Verticales Estacionarios Para Almacenamiento de Derivados Líquidos de Petróleo Para Minimizar la Incertidumbre. GUAYAQUIL, ECUADOR : s.n., 2012.

## ANEXOS

**Tabla 10.** *Tabla de Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición conceptual	Indicador	Escala de medición	Instrumento	
Independiente	<b>Rediseño de planta cubicadora</b>	Diseño es la formulación de un proyecto que satisfaga la ejecución de una idea resolviendo una dificultad (G. Budynas, y otros)	El diseño de la planta cubicadora se realiza con la finalidad de incrementar la producción y se define con los parámetros de aferición.	Volumen	Gal	
			Presión	Psi		
			Temperatura	°C		
			Caudal	Q		
			Voltaje Energía eléctrica	V		
Dependiente	<b>Optimizar aferición</b>	Consta en el procedimiento que determine los volúmenes totales o parciales a distintas alturas del líquido en condiciones de trabajo reales. (Florero Maldonado, 2016)	El aferición de vehículos tanque consiste en saber los volúmenes a diferentes alturas está definido mediante instrumentos de medición calibrados y certificados	Temperatura	°c	Observación  Ficha de recolección de datos
			Dimensio nes	cm.		
			Presión en neumáticos	Psi		
			Volumen	galones		
			Tiempo	segundos		

**Tabla 11.** *Tabla de técnicas de recolección de datos e instrumentos.*

Técnica	Objetivos / uso	Instrumento
<b>Observación</b>	Se usará para recolectar información de los equipos revisando los documentos relacionados.	Fichas de recolección de datos:  • Ficha de equipos.
	Se usará para cuantificar los volúmenes y tiempos de llenado de los vehículos tanque a realizar la aferición.	• Ficha de aferición.

**Tabla 12.** *Tabla de población (registros de hidrocarburos hábiles - OSINERGMIN)*

<b>Departamento</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>
Amazonas	57
Ancash	258
Apurímac	70
Arequipa	1315
Ayacucho	113
Cajamarca	287
Cusco	973
Huancavelica	21
Huánuco	105
Ica	449
Junín	406
La libertad	1358
Lambayeque	553
Lima	3048
Loreto	79
Madre de dios	153
Moquegua	436
Pasco	62
Piura	357
Prov. Const. Del callao	373
Puno	396
San Martín	169
Tacna	98
Tumbes	23
Ucayali	86
<b>Total, de vehículos</b>	<b>11245</b>

**Tabla 13.** *Tabla de muestra (registros de hidrocarburos hábiles - OSINERGMING)*

<b>Departamento</b>	<b>Provincia</b>	<b>Cantidad de vehículos</b>
<b>Lambayeque</b>	Chiclayo	518
	Lambayeque	33
	Ferreñafe	2
<b>Total, de vehículos</b>		<b>553</b>

**INSTRUMENTOS:**

**FICHA DE EQUIPOS:**

Observador: .....

Fecha: .....

Equipos utilizados en la aferición de vehículos tanque:

<b>Equipos</b>	<b>Precisión</b>	<b>Tamaño</b>
Cinta Métrica		
Huinchas		
Cinta De Sondaje		
Nivel De Mano		
Termómetro Digital		
Explosímetro		
Manómetro De Presión		
Medidor volumétrico patrón		
Cronometro		

Motores:

<b>Parámetros / motores</b>	<b>Motor 1</b>	<b>Motor 2</b>
Tensión		
Presión		
Caudal		
Altura de elevación		
Potencia		

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## FICHA DE AFERICIÓN:

Observador: .....

Fecha: .....

Parámetros que influyen en la aferición de los vehículos tanque:

1.-Informacion general del vehículo tanque:

Placa del vehículo: .....

Capacidad total: ..... Galones.

Numero de compartimientos: .....

2.-Dimensiones del tanque.

Altura delantera: ..... cm.                      Altura posterior: ..... cm.

Ancho delantero: ..... cm.                      Ancho posterior: ..... cm.

Longitud del tanque: ..... cm.                      Ancho del manhole: ..... cm.

3.-Presion y altura de los neumáticos: (de acuerdo al número de ruedas que tenga el vehículo)

Presión de neumáticos				Altura de neumáticos			
1	psi	13	psi	1	cm.	13	cm.
2	psi	14	psi	2	cm.	14	cm.
3	psi	15	psi	3	cm.	15	cm.
4	psi	16	psi	4	cm.	16	cm.
5	psi	17	psi	5	cm.	17	cm.
6	psi	18	psi	6	cm.	18	cm.
7	psi	19	psi	7	cm.	19	cm.
8	psi	20	psi	8	cm.	20	cm.
9	psi	21	psi	9	cm.	21	cm.
10	psi	22	psi	10	cm.	22	cm.
11	psi	23	psi	11	cm.	23	cm.
12	psi	24	psi	12	cm.	24	cm.

4.- Temperatura:

Temperatura ambiente	
Inicial	°C
Final	°C

Temperatura del liquido	
Inicial	°C
Final	°C

5.-Tiempo de llenado y descarga de los medidores volumétricos patrones:

Medidor volumétrico patrón (MVP)	Tiempo de llenado	Tiempo de descarga	Tiempo de escurrimiento
500 galones	segundos	segundos	segundos
500 galones	segundos	segundos	segundos
100 galones	segundos	segundos	segundos
50 galones	segundos	segundos	segundos

6.-Mediciones en el tanque (depende de la cantidad de compartimientos):

Numero de compartimientos	Altura de la mesa de medición al líquido:	Altura de la mesa de medición al manhole:
1	cm.	cm.
2	cm.	cm.
3	cm.	cm.
4	cm.	cm.
5	cm.	cm.
6	cm.	cm.
7	cm.	cm.
8	cm.	cm.

7.-tiempo total de descarga de la cisterna (depende de la capacidad de la cisterna):

La cisterna de..... galones tardara..... Segundos en descargar el líquido utilizado para el aforo.