

Diseño y Construcción de un Tanque para Crudo de 80 BLS o 13000 Litros, con Chasis.

Andrés Enríquez, Francisco Salvador, Oswaldo Jácome, Ernesto Santillán

Departamento de Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas Espe

Latacunga, Ecuador.

sebastian22.87@hotmail.com

golfgt8@hotmail.com

ojjacome@espe.edu.ec

ersantillan@espe.edu.ec

Resumen

Un auto-tanque en condición de funcionamiento se somete a diversos esfuerzos, cargas dinámicas y de presión, al momento de transportar cualquier líquido según su finalidad, en este caso, crudo pesado. Se hizo un análisis de las normas que existen para la construcción de auto-tanques. Se han realizado análisis de los materiales con los que se va a construir los diferentes componentes del auto-tanque. A partir de las especificaciones obtenidas de un análisis funcional, se realizó un diseño en el software Solidworks 2013 y se realizó un estudio de los componentes en funcionamiento, para comprobar la efectividad del diseño. Para la construcción se realizó un cursograma de construcción y finalmente se analizaron los costos de materia prima y de construcción.

PALABRAS CLAVE: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ / TRANSPORTE DE CRUDO PESADO / TANQUES PARA CAMIONES – DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN / SOLIDWORKS

Abstract

A tank in operating conditions support several efforts, dynamic loads and pressure, when any liquid is transported according to his purpose, in this case, crude oil. An analysis of the norms that exist for building tanks has been made. An

analysis of materials that will conform the different components of the tank has been made. From the specifications obtained from a functional analysis, the design was done in Solidworks 2013 software and was performed a study of the components in operation, to verify the effectiveness of the design. A flowchart for the construction of the tank was conducted and finally the costs of the materials and construction were analyzed.

KEYWORDS: AUTOMOTIVE ENGINEERING / HEAVY CRUDE OIL TRANSPORTATION / TANKS FOR TRUCKS – DESIGN AND CONSTRUCTION / SOLIDWORKS

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad industrial de expandirse nacionalmente e internacionalmente compromete a las industrias del país a entregar un producto en las más óptimas condiciones. En el país se desarrollan numerosas empresas petroleras que extraen combustibles líquidos y los transportan en auto-tanques, estos auto-tanques se fabrican en pocas empresas a nivel nacional, y en su mayoría carecen de un proceso analítico y tecnológico.

En el presente artículo se realiza el diseño y la construcción de un tanque para la transportación de crudo, con la finalidad de ser utilizado como referencia para construcciones futuras de tanques de este tipo.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Auto-tanque

El auto-tanque es un depósito especial dedicado al transporte normalmente de sección cilíndrica o más o menos elipsoidal, de eje horizontal, con casquetes o fondos abombados en sus extremos y provisto de valvulería, conducciones y dispositivos de carga y descarga. Una de las muchas variedades de camión que sirve tanto para el transporte de líquidos como para su mantenimiento por tiempo prolongado según sus características. [1]



Figura 1: Camión Cisterna
Fuente: Wikipedia.org[2]

NORMAS A UTILIZAR

Para el diseño y la construcción se analizaron distintas normas que se las pueden visualizar en la Tabla 1.

Tabla 1: Normas a utilizar

Normas a utilizar
INEN 2261 "Tanques para gases a baja presión. Requisitos e Inspección"
Norma NFPA 385
Código de Regulaciones Federales de EEUU (CFR).
Especificaciones DOT (Department of Transportation).
Norma NTE INEN 2341.
Normativas existentes en la DNH
Disposiciones de Seguridad Industrial para Transporte, Carga y Descarga de Combustible en Auto-tanque.
NTE INEN 440

Fuente: Los autores

El cuerpo del tanque debe tener espejos en su interior, cada espejo es una división interior hermética del tanque, que da lugar a los compartimentos y no permite el desplazamiento brusco de la carga durante su transportación, en su exterior, el tanque, debe poseer anillos circunferenciales que van soldados al cuerpo del tanque, por otro lado, el tanque debe poseer bocas de carga, de descarga, de inspección, dispositivos de venteo de presión y vacío, valvulería, etc. El cuerpo del tanque va soportado en un bastidor. [3]

Con independencia de las válvulas y elementos propios de llenado y vaciado, los auto-tanques suelen ir provistos de otros dispositivos, cuya misión es conferir seguridad intrínseca a las operaciones de carga y descarga. A título simplemente de reseña, los más importantes son: plataformas superiores, inferiores, escaleras de acceso, barandillas, entre otras.

SOLIDWORKS

Solidworks es un modelador de sólidos paramétrico, el software permite modelar piezas y conjuntos con sistemas CAD, permite simular análisis de fuerzas en los diferentes componentes de las piezas diseñadas, así como también tiene una gran base de datos de materiales que se pueden definir para los propósitos que se desee utilizar el diseño.

III. PROCEDIMIENTO

METODOLOGIA DEL PROYECTO

Para empezar el desarrollo del proyecto se tienen que seguir los siguientes pasos para obtener los resultados descritos más adelante.

SECUENCIA PARA DEFINIR LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

1. Analizar y estudiar los procesos y las normas utilizadas para la construcción de tanques a nivel nacional e internacional

- Se realizó un análisis funcional, mediante el cual, se postularon varias alternativas de construcción para determinar cuál es la más adecuada para construir el tanque, como resultado se obtuvo que el diseño de un tanque horizontal en la forma de cigarro con tapas torisféricas es el más conveniente.
- Elaborar la casa de la calidad para conocer cuáles son los requerimientos que el cliente quiere implementar en el diseño del tanque, el resultado se tiene a continuación:

- Normas de construcción, se seguirán las normas INEN así como las del código ASME.
- Normas de pintura, se regirá a la norma INEN 439 y 440 de colores y etiquetas para tanques bajo presión.
- Bajo costo de mantenimiento, que en este caso la misma empresa es la que proporciona el mantenimiento de los tanques, previamente a la entrega del tanque terminado se le realiza una inspección para verificar la correcta construcción del tanque (soldaduras, espejos, refuerzos, tapas, etc.).

- Analizar los materiales del mercado y su resistencia, el tanque se lo va a construir con material ASTM A-36 que posee las siguientes características:

Tabla 2: Propiedades Acero ASTM A-36

Propiedades	Valor
Módulo de Elasticidad	2×10^5 Mpa
Coefficiente de Poisson	0.26
Modulo Cortante	7.93×10^4 kg/m ³
Densidad	7850 kg/m ³
Limite de tracción	400000000 N/m ²
Coefficiente de Expansión Térmica	11.7×10^{-6} /K
Conductividad térmica	44.99 W/(m.K)
Calor Especifico	0.5 KJ/(kg.K)
Resistencia a la Fluencia Tracción	2.5×10^3 Mpa
Resistencia a la Compresión	-

Fuente: (SOLIDWORKS, 2013) [4]

Fuente: Los autores

SECUENCIA PARA DISEÑAR LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

- Diseño de la alternativa seleccionada en Solidworks como se observa en la fig. 2 y fig. 3 las dimensiones generales de construcción son:

- Ancho 2.3 metros.
- Altura 3.1 metros
- Longitud del tanque 7.3 metros



Figura 2: Auto-tanque vista lateral
Fuente: Los autores

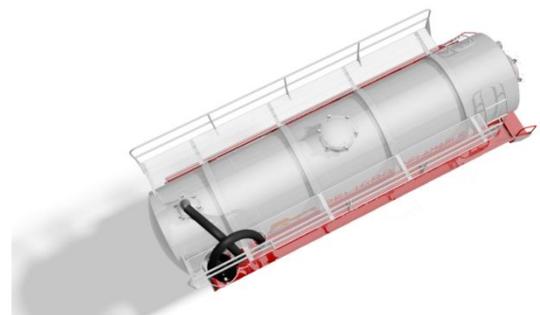


Figura 3: Auto-tanque vista superior
Fuente: Los autores

- Definir la presión, las fuerzas, las reacciones y el lugar en donde van a ubicarse las fuerzas en el tanque, los resultados son:

- Carga hidrostática en el fondo del tanque: **2.52 Psi**
- Carga de riesgo de accidentes: **5912.22 N**
- Carga de frenado y aceleración: **1426.17 N**

- La carga que genera la aceleración de la masa al momento que el tanque soporte un movimiento como un salto o un hueco mientras esta en movimiento, donde también se considera el peso del fluido: $F_{rs} = 29561.11 \text{ N}$

- El cuerpo del tanque, **78400 N**
- El peso del fluido, **118244 N**

3. Seleccionar el material y aplicar las fuerzas obtenidas anteriormente en:

- Las tapas fig. 4

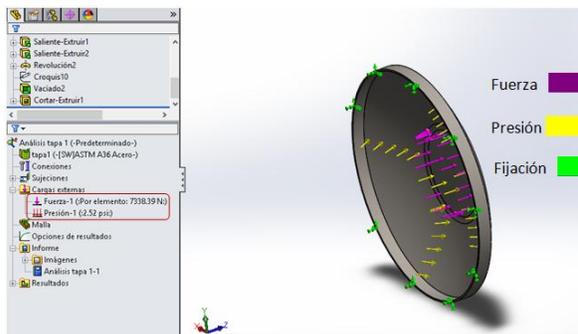


Figura 4: Tapa del tanque con fuerzas y presión aplicadas
Fuente: Los autores

- El cuerpo fig. 5

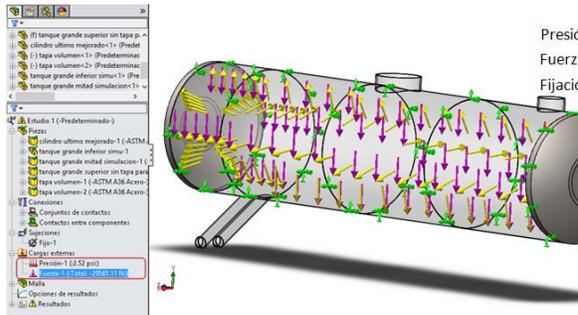


Figura 5: cuerpo del tanque con fuerzas y presión aplicadas
Fuente: Los autores

- El bastidor fig. 6

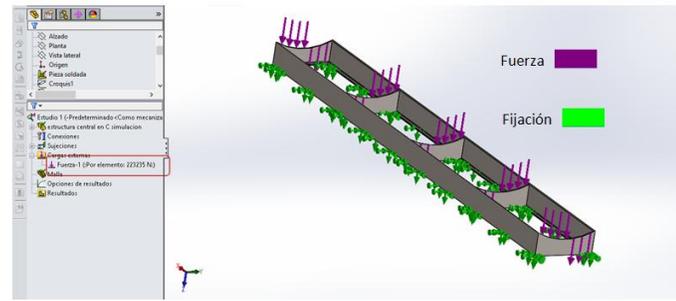


Figura 6: Bastidor del tanque con fuerzas y presión aplicadas
Fuente: Los autores

- Los espejos fig. 7

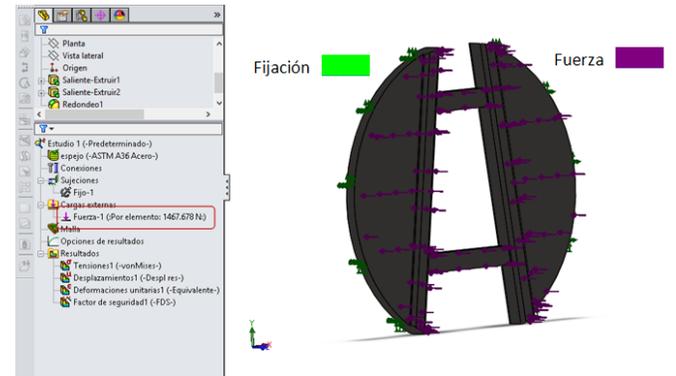


Figura 7: Espejo del tanque con fuerza aplicada
Fuente: Los autores

4. Analizar los resultados de los análisis estructurales de esfuerzos, deformación total:

- Esfuerzos en tapa fig. 8

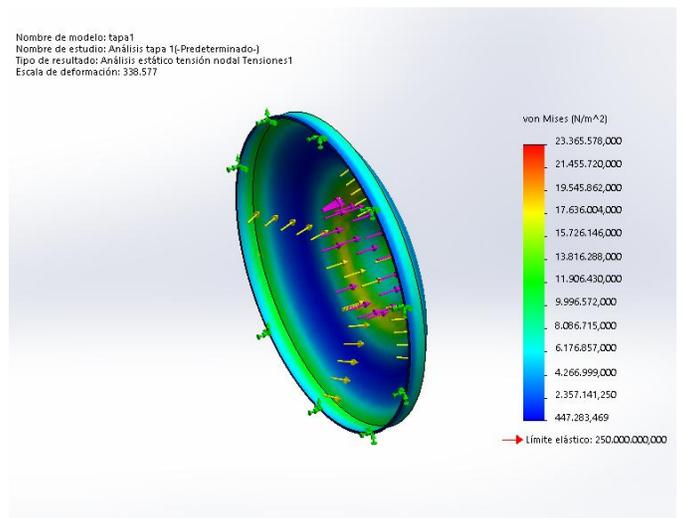


Figura 8: Esfuerzos en tapa del tanque
Fuente: Los autores

- Deformación en cuerpo fig. 9

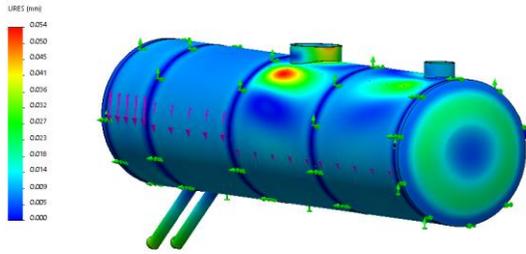


Figura 9: Deformación en cuerpo del tanque

Fuente: Los autores

- Esfuerzos en bastidor fig. 10

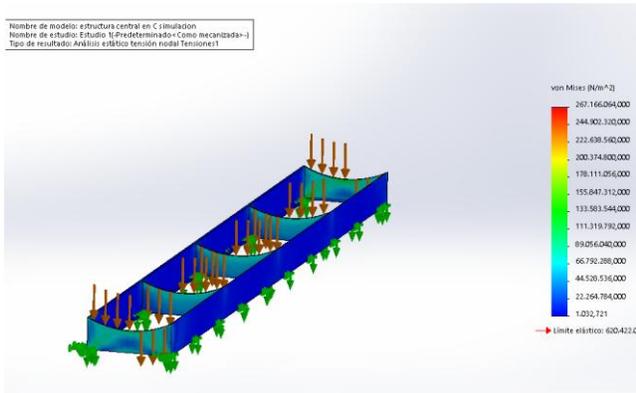


Figura 10: esfuerzos en bastidor del tanque

Fuente: Los autores

- Deformación en espejos fig. 11

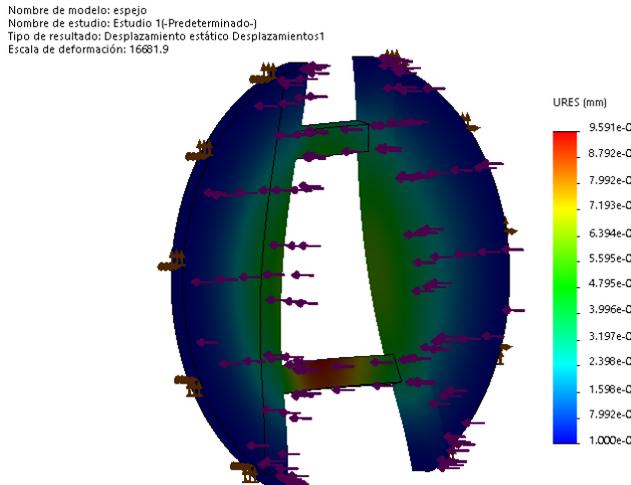


Figura 11: deformación en espejo del tanque

Fuente: Los autores

5. Seleccionar las válvulas para el auto-tanque

6. Realizar el análisis de la soldadura a partir de los esfuerzos máximos obtenidos en los análisis estructurales, calculando el factor de seguridad en cada uno de los componentes.
7. Detallar mediante un diagrama de flujo de procesos, la metodología de construcción y los costos de la materia prima y también de la mano de obra:

Tabla 3: Detalle de costos del auto-tanque

Descripción	Costo
Costo Total de Materiales:	14899.78 USD
Costos de Fabricación	2150 USD
Costos de Diseño	1200 USD
Costo Total del Tanque	18249.78 USD

Fuente: Los autores

EXPERIMENTACION

Después de realizar el estudio completo se procedió a construir el tanque con las especificaciones detalladas anteriormente en un mes y una semana como se muestra en la fig. 12:



Figura 12: Tanque real construido

Fuente: Los autores

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Realizado las simulaciones en Solidworks según la alternativa seleccionada se pudo constatar que todas las reacciones obtenidas permiten tener un diseño con un factor de seguridad alto.

Este estudio permite obtener mejores resultados en la construcción del auto-tanque, ya que, al no tener un diseño del producto que se desea obtener, se dan pérdidas en insumos y horas hombre, necesarios para la construcción.

La opción de construcción cilíndrica con tapas toriesféricas es la determinada con el análisis de varias alternativas existentes en el mercado, por lo que asegura el transporte de crudo de la manera más confiable.

Este estudio elabora el diseño del auto-tanque regido por normas nacionales y extranjeras las cuales aportan una importante información al momento de elegir la opción del material que mejor soporte el trabajo al cual va a ser sometido la estructura.

Las normas nacionales y extranjeras son lo principal para la el diseño y la construcción del auto-tanque destinado para el transporte de crudo.

Se obtiene como análisis de normas para el transporte de crudo y tipos de materiales según sus propiedades, que se debe utilizar el acero ASTM A-36, el cual tiene las cualidades ideales para la estructura deseada.

El software de simulación y ayuda para obtención de resultados fue SOLIDWORKS ya que permite definir análisis de estructuras con el material que se desee trabajar. En este caso fue muy importante en este estudio por su alta precisión al momento de entregar resultados.

V. CONCLUSIONES

Después de realizar el proyecto de tesis de diseño y construcción de un tanque para crudo de 30000 galones se obtuvo que la fuerza del viento ejercida en los dos casos de barlovento y sotavento son $F_{v1} = 4209,37 \text{ N}$, para el primer caso y $F_{v1} = 14678 \text{ N}$, para el segundo caso, la presión hidrostática que sirvió para el cálculo computacional es $P = 18007.01 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 2.52 \text{ Psi}$. La fuerza ejercida por el riesgo de accidentes es $F_{ra} = 5912.22 \text{ N}$.

La velocidad que un Auto-tanque cargado puede obtener en 100 m de distancia es de 40 KPH (11.1 m/s^2), y el tiempo que requiere es de 15 segundos aproximadamente, esto

provoca una aceleración de $0.591 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, y la fuerza que ejerce esta aceleración es $F_a = 1426.17 \text{ N}$

El espesor mínimo para el cuerpo, cabezas, espejos y otros accesorios es 0.25 pulgadas o 6.35 mm lo que no excede los esfuerzos máximos especificados en las normas estudiadas (Comité Técnico sobre Transporte de Líquidos Inflamables, 2007).

La alternativa seleccionada para la construcción del tanque cumple satisfactoriamente con los requerimientos del mercado y se ha obtenido un tanque que se rige a las normas y estándares tanto nacionales como internacionales, de construcción, manejo y seguridad, existentes en la actualidad.

Este proyecto se ha elaborado para la empresa Noroccidental y para el uso de la misma, el análisis de costos del proyecto, demuestra que se ha optimizado la utilización de recursos para la realización con un costo total de 18249.78 USD. El tiempo en el que se realizó el proyecto es aproximadamente de 1 mes y medio en el diseño y simulación y 2 meses en la construcción.

Se realizó un esquema ordenado y comprensivo para la construcción de tanques de este tipo, en el cual se detalla un análisis completo de los materiales, herramientas y procesos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto, mediante el cual se optimizó el tiempo de construcción del mismo.

Se obtuvo resultados favorables mediante la simulación en SOLIDWORKS, la cual permitió un análisis completo de los materiales y las fuerzas a las que estos iban a ser sometidos cuando se encuentren en servicio.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS}

- [1] Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (1998). NTP 356: Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (I).
- [2] wikipedia.org. (09 de Noviembre de 2013). *Wikipedia la enciclopedia libre*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Cami%C3%B3n_cisterna
- [3] Comité Técnico sobre Transporte de Líquidos Inflamables. (2007). *NFPA 385 Estándar para Vehículos Tanque para Líquidos Inflamables y Combustibles*. Concilio de Estándares
- [4] SOLIDWORKS 2013

BIOGRAFIA



Andrés S. Enríquez S. nació en Quito, Ecuador, se graduó en el colegio Brasil de Quito en 2005 egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe.



Francisco J. Salvador R. nació en Quito, Ecuador, se graduó en el colegio Spellman de Cumbayá en 2004 egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe.



Oswaldo J. Jácome H. nació en Salcedo, provincia de Cotopaxi, se graduó de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica de Chimborazo, ha prestado sus servicios profesionales en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe durante 28 años, tiempo en el cual se ha desempeñado como Subdecano de la carrera de Ingeniería automotriz, Decano de la Ingeniería Automotriz, ahora se desempeña como Director de la carrera de Ingeniería en Petroquímica.



Ernesto R. Santillán M. nació en Riobamba, Ecuador, Ingeniero Mecánico, dispone estudios de Posgrado en Dirección de Empresas Mención Proyectos, Docente Tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga desde 2010. Maestrante en el programa de Diseño Producción y Automatización Industrial en la Escuela Politécnica Nacional. Miembro de la ACCE. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en Elaboración, Control y Evaluación de Proyectos.