



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**APLICACIÓN DE LA NORMATIVIDAD EN
DISEÑO DE AUTOTANQUES PARA
SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIEROS QUÍMICOS**

PRESENTAN:

**ELVIA HERNÁNDEZ ÁVILA
PABLO ARMANDO MÉNDEZ VARGAS**

ASESOR:

I.Q. ELVIA MAYEN SANTOS



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Yo Elvia agradezco...

A mis padres Esteban y Guillermina...

Papá eres mi mejor ejemplo de seguir adelante pero sobre todo de seguir aprendiendo; mamá siempre me has brindado lo mejor de ti, eres para mí la mejor madre, amiga y mujer. Los dos se han esforzado en convertirme en la persona que soy, gracias a su apoyo y consejo he llegado a realizar una meta muy importante que constituye la mejor herencia que pudiera recibir.

A mi hermana Liliana...

No solo mi hermana mayor también mi amiga siempre estás dispuesta a escucharme y ayudar en todos los proyectos que emprenda eres para mí un excelente ejemplo de una mujer triunfadora y feliz.

A mi hermana Ana...

Porque aún en la distancia estás conmigo, presente en lo que hago y en mis decisiones; compartimos pensamientos e ideas, espero estés tan orgullosa de mí como yo de ti.

A mi hermana Paty...

A ti porque con todas nuestras diferencias logramos estar de acuerdo, me has dado tu apoyo incondicional y me has enseñado que se puede lograr todo lo que nos proponamos cuando tenemos un motivo, eres una mujer fuerte y muy inteligente.

A mis sobrinos Estefanía, Itzel, Aranza, Alan, Johanna y Santiago...

La alegría de la familia sin duda ustedes son parte importante de esto, he aprendido de sus travesuras y me han hecho reír demasiado.

A Pablo...

A ti por darme la oportunidad de lograr esto juntos, por tu confianza e infinita paciencia de explicarme y responder todas mis preguntas; además de escuchar todo lo que platico. Tienes siempre las palabras correctas para darme ánimo y tranquilizarme cuando la mala suerte nos asecho.

A Claudia...

Al ser mi mejor amiga y la más rara; juntas hemos superado diversos obstáculos demostrando que tenemos una verdadera amistad.

A la profesora Elvia...

Por apoyarnos incondicionalmente en este proyecto y ser nuestra guía.

A Areisha...

Por todo el apoyo que me has brindado, la confianza y el cariño; sé que pronto todos tus esfuerzos y sacrificios te darán muchas satisfacciones pues las mereces.

A Luis...

Mi pequeño amigo Chiquis; no solo por hacerme una infinita cantidad de travesuras que me hacen reír, sino por ser una excelente persona y un gran amigo (no solo por la estatura).

A Ara...

A ti por regalarme siempre una sonrisa, demostrarme tu apoyo y ofrecerme una bonita amistad.

A Edgar...

Siempre conmigo con una palabra de apoyo y cariño, por festejar mis triunfos como si fueran tuyos además de ser el amor que me anima cuando pierdo el paso, que me escucha en silencio y confía en mi tanto. Muchas gracias por ser sin duda mi mejor compañero.

Yo Pablo agradezco...

A mis padres Pablo y Nora...

Les dedico esta tesis por haberme brindado los dos mayores regalos que se puedan dar: Amor y Educación.
Gracias por su comprensión, sacrificio y apoyo incondicional.
Por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones y por creer en mí.

Papá...

Gracias por ser todo un ejemplo de superación, de éxito y estudio.
Por darme la pauta para poder realizarme en mi educación y en mi vida.

Mamá...

Gracias por toda tu bondad, amabilidad y generosidad.
Por todos los valores que me has enseñado y por ser el ejemplo para ser cada día una mejor persona.
Por todo tu esfuerzo y tiempo que dedicaste en mí desde el kinder y hasta hoy.
Sin ti, nada de esto hubiera sido posible.

A mis abuelos...

Por su cuidado y atención en todo el tiempo que he estado con ustedes.
Por demostrarme su preocupación, apoyo y paciencia en cada aspecto de mi vida.
Agradezco los consejos sabios que en todo momento han sabido darme y todas las lecciones que jamás olvidaré.

A Paola...

Por ser la mejor hermana del mundo.
Aquella persona con la que puedo platicar, jugar y compartir mis gustos y pasatiempos
Con tu amor incondicional eres mi hermana pero también eres de mis mejores amigas.

A toda mi familia...

En especial a Mundo y a Eduardo.
Uno por demostrarme que nunca está de más adquirir conocimiento y cultura de sobra.
El otro por demostrarme que en el trabajo y en la vida, el carácter y la actitud con la que se hagan las cosas es de lo más importante.

A Nohemi...

Mi novia y amiga.

Por estar siempre a mi lado todo este tiempo y llenar de alegría y amor mi vida.
En esta aventura lloramos, reímos y vivimos tantas experiencias juntos que no cambiaría por nada.

Gracias por demostrarme que en todo momento cuento contigo
y por ser mi compañera inseparable de cada día.

A mi amiga Elvia...

Por permitirme realizar este trabajo y muchos otros más contigo.

Agradezco mucho haber tenido la oportunidad de conocer
a alguien tan alegre, ocurrente y feliz como tú.

Ha sido un completo honor estudiar, trabajar, reír, escuchar y aprender contigo.

Gracias por todo.

A mis amigos de la Universidad...

Jon, Yely, Andrés, Chinos, Erick, Adán y Celina

Por su gran apoyo desde el comienzo de esta aventura
(como olvidar esas tardes estudiando Termodinámica).

Por escucharme en todo momento, por sus consejos y todos esos momentos alegres e inolvidables.

Es complicado encontrar amistades como las suyas.

Unidos y ayudándonos unos a los otros sacamos esto adelante.

A mis amigos de toda la vida...

Daniel, Victor, Morro, Alan, Yahir y Huitzi.

Por esta amistad que a perdurado con el pasar de los años.

Todos y cada uno de ustedes son para mi un ejemplo a seguir en las profesiones que eligieron.

Y aunque ya la distancia y el poco tiempo libre nos ha distanciado
sé que siempre podré contar con ustedes.

A la profesora Elvia...

Por haberme brindado la oportunidad de realizar este proyecto.

Llegó en el momento adecuado y cuando más me preguntaba yo qué haría.

Gracias en verdad por su apoyo.

Y a todas las personas que desinteresadamente me ayudaron a culminar mi carrera profesional.

Índice

Objetivos.....	6
Introducción.....	7
Capítulo 1. Generalidades.....	9
1.1 Recipientes a Presión.....	9
1.2 Autotanques.....	9
1.2.1 Definición.....	9
1.2.2 Clasificación.....	9
1.2.3 Partes y Accesorios.....	11
1.3 Criterios de Selección utilizados en el Diseño.....	14
1.3.1 Diseño del Cuerpo.....	14
1.3.2 Forma de la Tapa.....	19
1.3.3 Selección del Material.....	22
1.4 Normas Aplicables a Autotanques.....	23
1.5 Substancias Químicas Peligrosas.....	25
Capítulo 2. Normas Aplicadas al Transporte de Substancias Químicas Peligrosas.....	28
2.1 Normas de Identificación, Clasificación y Representación de S.Q.P.	28
2.2 Normas de Compatibilidad.....	34
2.3 Normas de Dimensión de Autotanques.....	35
2.4 Normas de Diseño.....	39

2.5 Normas de Etiquetado.....	44
2.6 Normas de Pruebas de Inspección.....	55
2.7 Normas de Construcción y Mantenimiento.....	63
2.8 Normas de Documentación.....	73
Capítulo 3. Diseño de Autotanques.....	80
3.1 Pasos Generales para el Diseño de Autotanques.....	80
3.2 Diseño de Autotanque para el Transporte de Ácido Sulfúrico.....	81
3.2.1 Bases de Diseño.....	81
3.2.2 Tipo de Recipiente.....	81
3.2.3 Material del Recipiente.....	82
3.2.4 Soldadura.....	82
3.2.5 Presión.....	83
3.2.6 Dimensionamiento.....	85
3.2.7 Presión Hidrostática.....	91
3.2.8 Cálculo de Espesores.....	94
3.2.9 Peso.....	95
3.2.10 Refuerzo Circunferencial.....	100
3.2.11 Rompeolas.....	108
3.2.12 Accesorios.....	116
3.3 Diseño de Autotanque para el Transporte de Gas L.P.....	119
3.3.1 Bases de Diseño.....	119

3.3.2 Tipo de Recipiente.....	119
3.3.3 Material del Recipiente.....	120
3.3.4 Soldadura.....	121
3.3.5 Presión.....	122
3.3.6 Dimensionamiento.....	123
3.3.7 Presión Hidrostática.....	127
3.3.8 Cálculo de Espesores.....	129
3.3.9 Peso.....	131
3.3.10 Refuerzo Circunferencial.....	134
3.3.11 Rompeolas.....	135
3.3.12 Accesorios.....	139
Capítulo 4. Verificación del Cumplimiento de Normas y Revisión de Diseño.....	140
4.1 Autotanke para el Transporte de Ácido Sulfúrico.....	140
4.1.1 Espesor.....	140
4.1.2 Presión de Diseño.....	141
4.1.3 Integridad Estructural.....	142
4.1.4 Altura y Ancho.....	142
4.1.5 Largo.....	143
4.1.6 Peso.....	143
4.1.7 Pruebas de Presión y Fugas.....	144
4.2 Autotanke para el Transporte de Gas.....	145

4.1.2 Espesor.....	145
4.2.2 Presión de Diseño.....	146
4.2.3 Apertura de Llenado y Domos.....	146
4.2.4 Ventilass o Válvulas de Desfogue.....	146
4.2.5 Altura y Ancho.....	147
4.2.6 Largo.....	147
4.2.7 Peso.....	148
4.2.8 Pruebas de Presión y Fuga.....	149
Capítulo 5. Documentación.....	150
5.1 Autotanque para el Transporte de Ácido Sulfúrico.....	150
5.1.1 Identificación de Sustancia y su Etiqueta.....	150
5.1.2 Placa Técnica.....,	152
5.1.3 Hoja de Emergencia para Transporte de Sustancias,	153
Materiales y Residuos Peligroso	
5.1.4 Etiqueta del SETIQ.....	155
5.1.5 Otros.....	156
5.2 Autotanque para el Transporte de Gas L.P.....	157
5.2.1 Identificación de Sustancia y su Etiqueta.....	157
5.2.2 Placa Técnica.....,	159
5.2.3 Hoja de Emergencia para Transporte de Sustancias,	160
Materiales y Residuos Peligrosos	
5.2.4 Otros.....	162

Conclusiones.....	163
Anexo.....	163
Bibliografía.....	164

Objetivos

General

- Llevar a cabo el diseño de autotankes para el transporte de sustancias químicas peligrosas bajo las normas mexicanas vigentes de seguridad, mantenimiento e inspección establecidas en las normas mexicanas vigentes emitidas por la Secretaría de Caminos y Transporte (SCT), con el propósito de utilizar los criterios emitidos por éstas.

Particular

- Buscar, analizar y utilizar las normas mexicanas (SCT) vigentes para la selección de material, accesorios, dimensionamiento, peso, etiquetado y documentación de autotankes para sustancias químicas peligrosas en México.
- Diseñar dos autotankes para las sustancias químicas clase 8 (ácido sulfúrico) y clase 2.1 (Gas L.P.) presentando sus características de diseño (accesorios, dimensionamiento y mantenimiento).
- Aplicar la normatividad a dos autotankes diseñados; con el fin de verificar que cumplan con lo establecido en las normas mexicanas vigentes (SCT).

Introducción

En la actualidad las sustancias químicas tienen un papel muy importante ya que se encuentran presentes en la mayoría de los procesos industriales de modo que resulta difícil no tomarlas en cuenta en nuestra vida cotidiana. A pesar de la importancia que tienen por sus aplicaciones es necesario conocer sus propiedades ya que representan un riesgo a la salud y en el medio ambiente.

Algunas de estas sustancias químicas no son utilizadas en las industrias donde se producen, por esta razón se deben almacenar y transportar; debido a esto, se tuvo la necesidad de idear medios de traslado tales como ductos y recipientes móviles o también llamados autotanques. Se resalta que de estas dos alternativas, la más común es el empleo de autotanques, estos nos ofrecen mayores ventajas con respecto a los ductos, como son: disminución de costos, mantenimiento, facilidad de uso y permisos para su operación.

Conforme se fue desarrollando el diseño de autotanques se tomaron en cuenta las diferencias que hay entre un recipiente fijo y uno móvil tales como:

1. El movimiento del fluido en el interior del recipiente
2. La forma de la estructura, sus dimensiones y peso del recipiente necesarios para que un camión pueda transportarlo
3. Las diferentes presiones y temperaturas que ejerce el fluido durante el traslado y los aditamentos necesarios para la carga/descarga del recipiente.

Al emplear un autotanque la seguridad es primordial, a diferencia de un recipiente fijo donde se tienen más controladas las variables de presión y temperatura; esto no ocurre en un autotanque, debido a que estas condiciones pueden cambiar de un lugar a otro, aunado a la diferencia que existe entre el personal de una planta que está debidamente capacitado para toda clase de situaciones de emergencia y las personas que transitan cerca de estos vehículos que no conocen el riesgo al que están expuestas.

Con esto se dio la necesidad de crear normas que garanticen la seguridad y eficacia del transporte de sustancias químicas peligrosas, no sólo con el fin de que el traslado se realice adecuadamente sino también tomando en cuenta las características químicas del fluido que pueden representar un riesgo

durante su transporte, la seguridad de aquellos que podrían estar en contacto con dichas sustancias, su identificación, clasificación, forma de etiquetar, el posible daño al ambiente, las condiciones y características que debe tener el vehículo destinado a esta tarea.

Actualmente en nuestro país las Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) y la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) han emitido una serie de normas que legislan el uso de autotanques y manejo adecuado de sustancias químicas peligrosas pero en este tema aún hay mucho por hacer para completar el marco normativo y fortalecer su aplicación.

Así mismo, en el rubro internacional, la normatividad y diseño de autotanques es un tema que sigue siendo muy estudiado por su importancia en la prevención de accidentes y desastres. Entre las especificaciones más utilizadas en este ámbito son las publicadas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT por sus siglas en inglés), el código ASME (American Society of Mechanical Engineers) y el Código de Regulaciones Federales (CFR por sus siglas en inglés). Cabe señalar que la normatividad mexicana está basada en estas especificaciones.

Considerando la importancia de la seguridad buscaremos, seleccionaremos, estudiaremos y aplicaremos la normatividad vigente en el país para el diseño de autotanques como medio de transporte para sustancias químicas ya que estas unidades deben cumplir con requerimientos específicos. Además se estudiará la metodología para el diseño de autotanques y criterios de selección tanto de diseño, material y soldadura. Se usará esta metodología para ejemplificar el diseño de autotanques que transportarán sustancias de la clase 8 (ácido sulfúrico) y de la clase 2.1 (gas L.P.) basándonos en la normatividad mexicana existente.

Capítulo 1. Generalidades

1.1 Recipientes a Presión

Se considera como un recipiente a presión cualquier contenedor cerrado que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, independientemente de su forma y dimensiones. Cuando la presión de operación es superior a las $15 \text{ lb/pulg}^2 = 1.054 \text{ Kg/cm}^2$ se le considera un recipiente a presión.

Exceptuando los equipos de almacenamiento atmosférico, el resto de los recipientes de proceso se pueden clasificar dentro de esta categoría, sin importar su función, sus interiores o su forma exterior.

Según su posición, uso, condiciones de operación y tipo de proceso, los recipientes a presión toman una forma y poseen accesorios determinados.

1.2 Autotanques

1.2.1 Definición

Vehículo cerrado, camión recipiente o semirremolque, destinado al transporte de materiales y residuos peligrosos; en forma de líquidos, gases en fase líquida o sólidos en suspensión.

1.2.2 Clasificación

- Por su acoplamiento al vehículo motorizado:

- Sobre Chasis o Vehículo Cisterna: es aquel que se encuentra unido permanentemente o forma parte del vehículo motorizado tal y como lo muestra la figura 1.1. Su peso total descansa sobre ruedas propias.



Figura 1.1. Autotanque acoplado al chasis.

- Semirremolque: es aquel que se encuentra separado del vehículo motorizado pero que por su tamaño, construcción y forma de unión se puede montar y desmontar de este tal y como se muestra en la figura 1.2. Su peso descansa parcialmente sobre sus propias ruedas y parcialmente sobre el vehículo motorizado.



Figura 1.2. Autotanque desmontado del vehículo motorizado.

- Por su forma:

Hay dos formas generales que se utilizan en el diseño de autotanques. Estas están representadas en las figuras 1.3 y 1.4.

- Elíptica

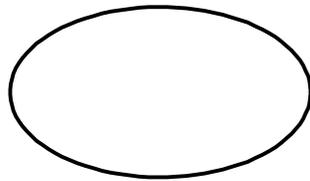


Figura 1.3. Vista frontal de un autotanque con forma elíptica.

- Cilíndrica

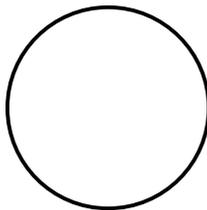


Figura 1.4. Vista frontal de un autotanque con forma cilíndrica.

Las ventajas y desventajas de usar una geometría u otra, se presentan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Ventajas y Desventajas de usar la geometría cilíndrica o la elíptica en el cuerpo del autotanque.

Geometría	Ventajas	Desventajas
Cilíndrica	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño más sencillo • Fácil construcción • Alto índice de seguridad al 85% de su capacidad • Costo más pequeño en comparación al elíptico 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca estabilidad debajo del 85% de su capacidad.
Elíptica	<ul style="list-style-type: none"> • Muy estable • Alto índice de seguridad a diferentes niveles de capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño más complicado • Difícil construcción • Alto costo

1.2.3 Partes y accesorios

Básicamente, las partes más importantes de un autotanque son,

-Entrada Hombre

Por cada compartimento que pase de los 400 galones de carga debe tener una entrada hombre instalada de al menos unas 15 pulgadas de diámetro.

Cada entrada hombre o boquilla de llenado, debe ser estructuralmente capaz de resistir, libre de fugas o deformaciones permanentes, a la presión interna de $36 \text{ lb/in}^2 = 2.53 \text{ Kg/cm}^2$ o la presión de prueba. Las entrada hombre deben ser probados teniendo en cuenta que las válvulas de seguridad se encuentren bloqueadas. Cada fuga o deformación que pueda afectar a la capacidad de retención del fluido debe ser considerada como una falla. La entrada hombre debe estar provisto con un dispositivo de seguridad que prevenga que se abra la tapa cuando exista una presión interna.

Cada entrada hombre y boquilla de llenado debe estar asegurado con pernos para prevenir que se abran las tapas como resultado de vibraciones producidas por condiciones normales de transporte.

Todos los accesorios y dispositivos montados sobre la tapa de los manholes (entradas hombre), que están en contacto con la solución deben resistir la misma presión que se requiere para las tapas de los manholes. Estos accesorios y dispositivos deben ser verificados usando la misma presión interna que se usa para la comprobación de los manholes.

-Escalera

Tienen la finalidad de permitir al personal el acceso en la zona más alta del autotank donde, generalmente, se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad al personal. Generalmente se construyen de lámina antideslizante y va colocada en el costado derecho.

-Válvulas

Cada compartimento del autotank debe estar provisto con una válvula de alivio o de seguridad, la cual debe estar especialmente diseñada para funcionar en el caso de que la presión debida a la sustancia química que ejerce se sobrepase, activando así la válvula de alivio de presión o venteo.

Se debe contar con válvulas de seguridad las cuales son requeridas para el paso o cierre de líquido.

-Mangueras

El carrete de la manguera debe estar debidamente certificado para el uso que se solicita, de modo que garantice la no contaminación del fluido, así como deben traer sus respectivas válvulas de operación, conexiones rápidas y los alojamientos laterales con sus respectivas tapas con los diámetros de acuerdo a las necesidades y regulación existente y con la longitud necesaria para realizar la descarga del líquido transportado.

-Medidor de Nivel

El autotank debe contar con un control de nivel para llenado y mínima remanente de tipo sensor y/u otro medio de control visual.

-Rompeolas

También llamados baffles, es un elemento aparte de la estructura del cuerpo del recipiente ubicado en el interior de este mismo. Su función es la de evitar la formación de oleaje dentro de los compartimientos esto con el fin de proporcionar mayor estabilidad a la hora del transporte del autotank por carretera.

Otra función de los rompeolas al estar soldados al cuerpo del recipiente es otorgar mayor resistencia a la tensión y por lo tanto brindar un refuerzo a la estructura.

-Refuerzo Circunferencial

Un recipiente con espesor de pared menor a $3/8$ plg = .9525 cm debe estar circunferencialmente reforzado con mamparas, rompeolas, anillos de refuerzo o alguna combinación de ellos en adición a las cabezas del autotanque. Estos deben ser localizados de tal manera que el espesor y la resistencia a la tensión del material del cuerpo en combinación con el chasis produzcan una estructura integral igual a lo prescrito anteriormente y de tal manera que la porción de la pared del recipiente sin protección no exceda 60 plg = 152.4 cm.

-Bomba

Esta es utilizada principalmente en el sistema de descarga, generalmente son bombas rotatorias, de desplazamiento positivo con flujo de 87 GPM mínimo. Debe ser fabricada con materiales que no contaminen el líquido transportado; esta debe permitir operar y suministrar sin interrupción del líquido transportado.

-Silletas

El camión tendrá silletas que soportan el recipiente, van unidas al chasis principal del remolque; las sillitas estarán soldadas al recipiente, con refuerzos, que van a hacer más resistente la unión entre silletas y recipiente así se evita posibles roturas en las secciones del recipiente.

1.3 Criterios de Selección utilizados en el Diseño

1.3.1 Diseño del Cuerpo

En la actualidad, para el transporte de sustancias químicas se utilizan tres estructuras principales: cilíndrico, elíptico y tolvas. La selección de la forma del autotanque se basa en 3 puntos:

- Minimizar el oleaje de la sustancia química en el interior del autotanque, resultante por el movimiento del remolque.
- Mayor estabilidad del remolque y el autotanque.
- Lograr que el cuerpo del recipiente tenga una forma regular y simétrica.

En primera instancia se puede descartar por completo una tolva; debido a su forma y la cantidad de vértices que llega a tener en su construcción, no se recomienda para el transporte de gases y líquidos; como es el caso que se está tratando. Esta estructura y forma es ideal para el transporte de sólidos a granel.

La estabilidad que puede tener la forma cilíndrica o elíptica en un autotanque está cercanamente relacionada con el centro de gravedad que tiene cada una de estas figuras geométricas.

Para comparar los centros de gravedad se puede tomar como base un mismo volumen (1m^3) y una misma longitud (1m) para tener de referencia los diámetros.

La ecuación que define el volumen para la elipse es:

$$V = A * L$$

Donde,

V = volumen

L = longitud

$$A = \pi ab$$

Siendo a y b los semiejes (o radios) de la elipse, es decir, los 2 radios perpendiculares que la conforman tal y como se representan en la figura 1.5.

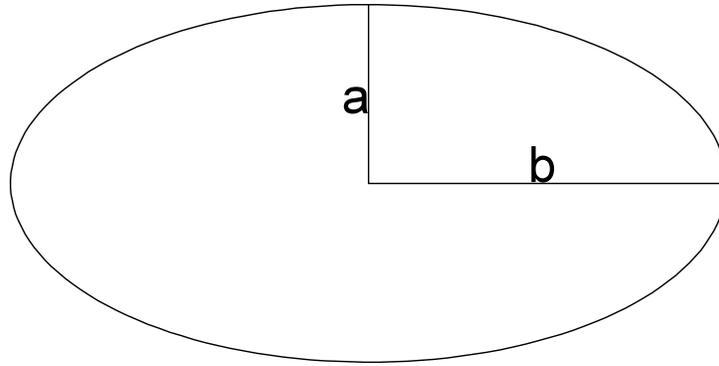


Figura 1.5. Representación de los dos semiejes que conforman una elipse.

Para el ejemplo se utilizó una elipse como cuerpo donde sus semiejes tienen la siguiente relación $b=2a$
 Despejando y sustituyendo,

$$A = \pi ab = 2\pi a^2$$

$$V = 2\pi a^2 L$$

$$a = \sqrt{\frac{V}{2L\pi}}$$

$$a = \sqrt{\frac{1m^3}{2(1m)\pi}}$$

$$a = 0.3989m$$

$$b = 0.7978m$$

Para el círculo,

$$V = A * L$$

Donde,

V = volumen

L = longitud

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Despejando y sustituyendo,

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad A = \frac{V}{L}$$
$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\left(\frac{V}{L}\right)}{\pi}} = \sqrt{\frac{4\left(\frac{1m^3}{1m}\right)}{\pi}} = 1.1283m$$

En la figura 1.6 y 1.7 se pueden apreciar la comparación de los resultados.

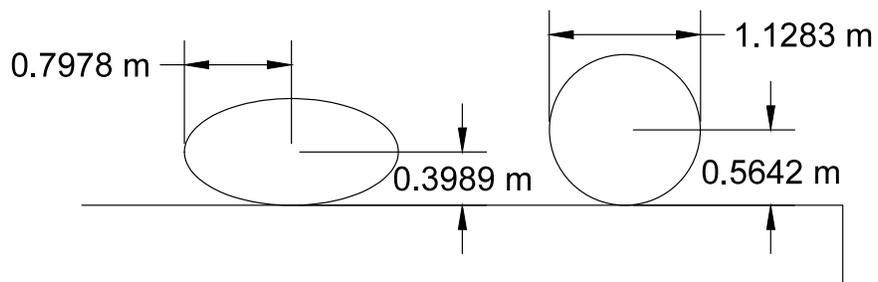


Figura 1.6. Comparación de centros de gravedad.

Vemos que el centro de gravedad al sobreponer las imágenes, en la elipse de este ejemplo se encuentra más cercano al suelo en comparación con la forma circular. Esto se encuentra representado en la figura 1.7.

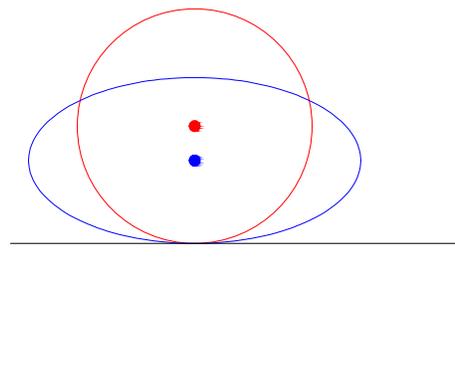


Figura 1.7. Sobreposición de los centros de gravedad cilíndrico y elíptico.

Esto hace a la forma elíptica más estable ante situaciones donde no se lleve el nivel máximo de líquido dentro del autotanque evitando así oleaje en el interior del recipiente.

También debe considerarse el aspecto económico y la conveniencia por diseño; debido a la forma que presenta el recipiente elíptico, su precio es más elevado por lo que resulta más económico el diseño de un recipiente cilíndrico.

Si el propósito principal del autotanque es realizar reparticiones o recolecciones y, por lo mismo, no se puede garantizar el llevar el nivel máximo de fluido todo el tiempo es indispensable diseñar un autotanque de forma elíptica.

Si, por el contrario, se puede garantizar el transporte de la capacidad máxima es recomendable diseñar y construir un autotanque cilíndrico, ya su diseño es más barato comparándolo con el elíptico, y el oleaje es mínimo porque el líquido no tiene mucho espacio dentro de la estructura para movimientos bruscos.

Con estos argumentos, se presentan los criterios de selección en el diagrama 1.1,

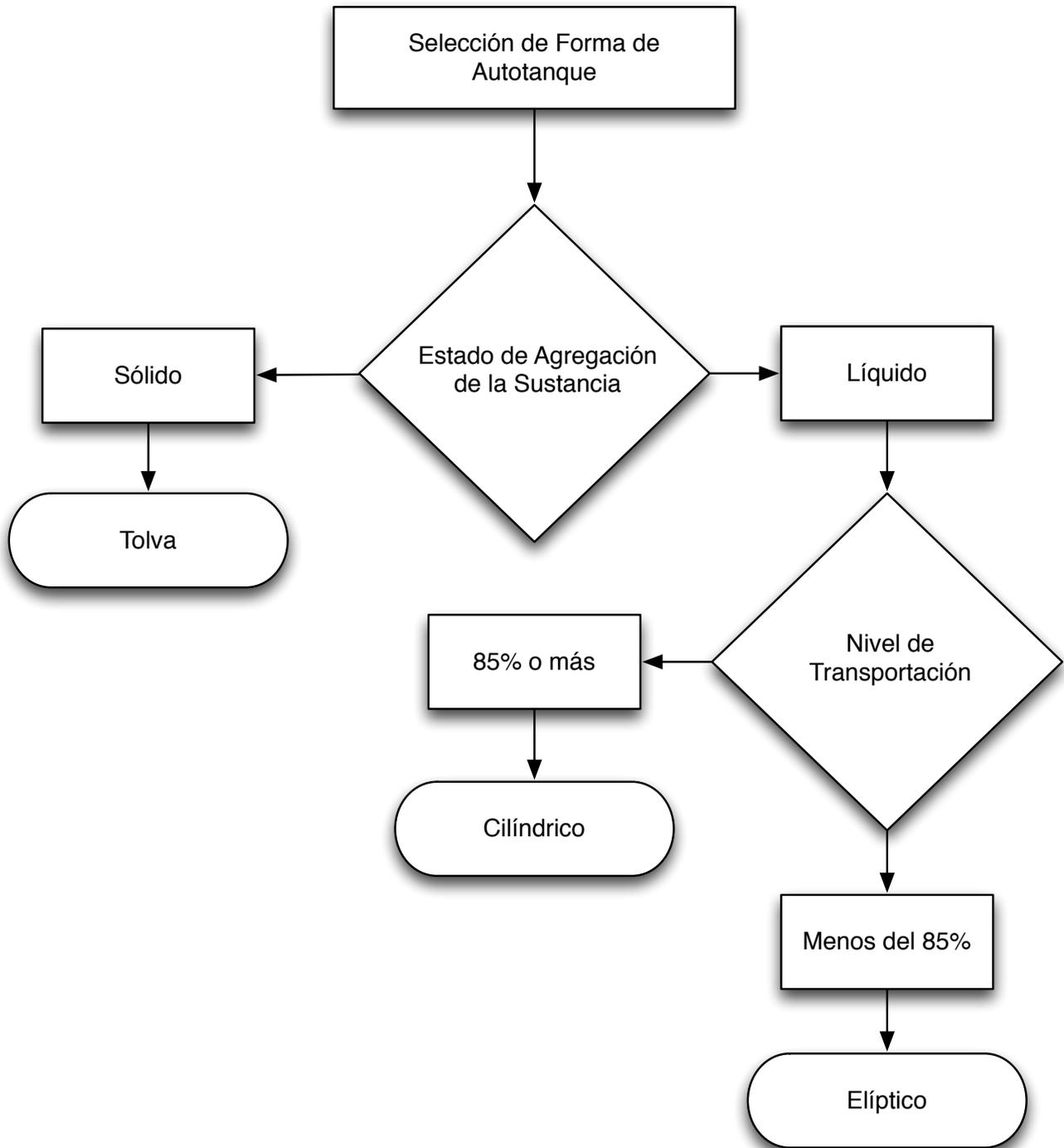


Diagrama 1.1. Diagrama de Flujo para Seleccionar la Forma del Autotanque

1.3.2 Forma de la Tapa

En la manufactura de autotanques se encuentran cuatro tipos de tapas,

- Plana
- Semiesférica
- Semi-elíptica
- Toriesférica

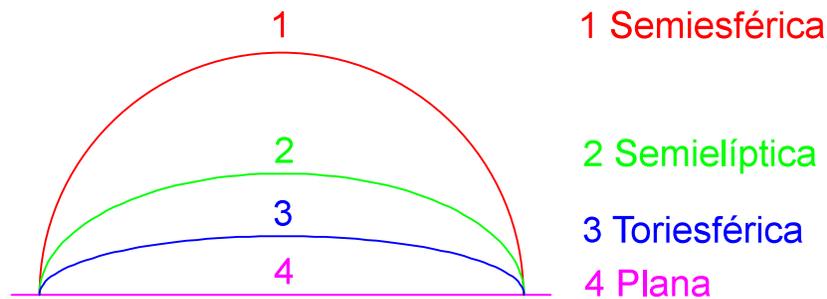


Figura 1.8. Comparación Lateral entre los tipos de Tapas para Recipientes.

La diferencia entre usar una u otra radica en los intervalos de presión en el interior del recipiente que se usan durante el transporte. Frecuentemente, la tapa semiesférica se utiliza para el transporte de gases que necesitan presiones altas para ser transportados como líquidos, como lo puede ser el gas L.P.

Las tapas planas son utilizadas generalmente en la industria alimenticia, debido a las sustancias que se transportan las cuales no desprenden gases peligrosos por lo cual no existe una presión alta sobre la tapa y por lo mismo no es de gran preocupación la formación de deformaciones en la soldadura de la misma.

El criterio de selección entre una tapa semi-elíptica y una toriesférica, al menos en recipientes de almacenamientos fijos, radica en la presión interna del recipiente. Para un rango de presión de 1.054 kg/cm² man. a 10.546 kg/cm² man. se recomienda utilizar una tapa toriesférica y para presiones mayores a los 10.546 kg/cm² man. se recomienda una tapa semi-elíptica. En el diseño de autotanques, donde la seguridad toma más importancia debido a que hay otros factores que deben considerarse al

compararlo con un recipiente fijo (como lo es el movimiento, cambios de temperaturas, el estar en lugares cercanos a civiles, etc.) esta regla a dejado de utilizarse desplazando casi por completo las tapas toriesféricas en autotanques por las semielípticas aunque el precio aumente un poco más, siempre y cuando conlleve mayor seguridad.

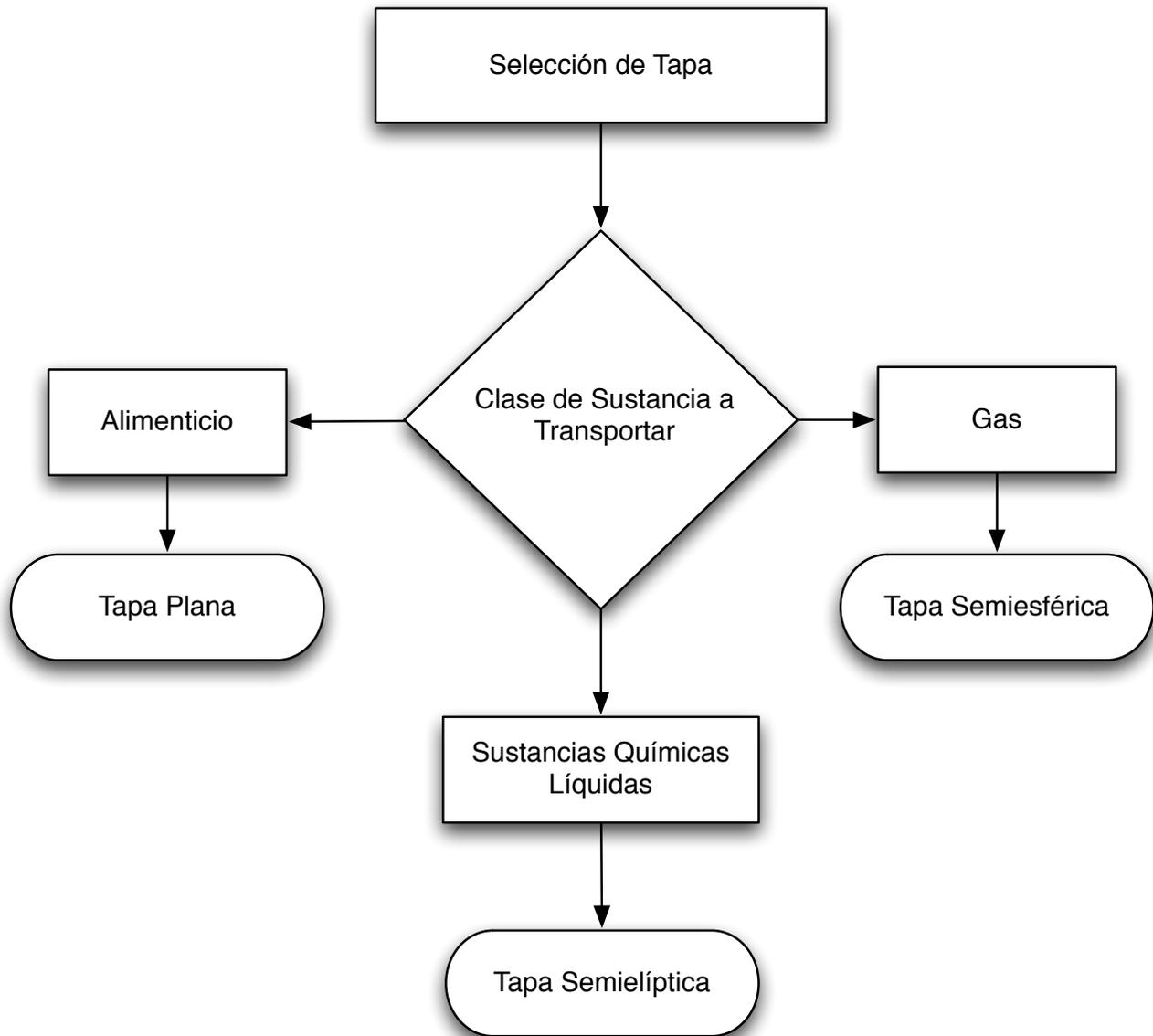


Diagrama 1.2. Diagrama de Flujo para la Selección de la Tapa de un Autotanque

1.3.3 Selección del Material

En la actualidad se tienen 2 materiales para la construcción de un autotanque:

1. Acero al Carbón: Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Dependen principalmente del porcentaje de carbono que contienen.

- El acero al carbón se puede clasificar como:

- * Acero dulce: El porcentaje de carbono es de 0,25%, tiene una resistencia mecánica de 45 kgf/mm² a 55 kgf/mm² y una dureza de 135-160 HB¹. Se puede soldar con una técnica adecuada.
- * Acero semidulce: El porcentaje de carbono es de 0,35%. Tiene una resistencia mecánica de 55 kgf/mm² a 62 kgf/mm² y una dureza de 150-170 HB. Se temple bien, alcanzando dureza de 215-245 HB.
- * Acero semiduro: El porcentaje de carbono es de 0,45%. Tiene una resistencia mecánica de 62 kgf/mm² a 70 kgf/mm² y una dureza de 280 HB.
- * Acero duro: El porcentaje de carbono es de 0,55%. Tiene una resistencia mecánica de 70 kgf/mm² a 75 kgf/mm², y una dureza de 200-220 HB.

El acero al carbón es utilizado en la construcción de autotanques para el transporte de las siguientes clasificaciones de sustancias:

- * Derivados del Petróleo
- * Combustibles
- * Desperdicios
- * Residuos Peligrosos

¹ HB = Hardness Brinell Unidad de medición de Dureza por medio de un Durómetro

2. Acero Inoxidable: Son aleaciones con base de hierro, que contienen un mínimo del 10.5% de cromo.

Es utilizado para el transporte de las siguientes clasificaciones de sustancias:

- * Grado alimenticio
- * Ácidos
- * Térmicos
- * Explosivos
- * Residuos Peligrosos

Es un acero de elevada pureza y resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro. Se dividen en 4 tipos:

- * Acero Inoxidable Austeníticos: Aquellos que contienen cromo y níquel se identifican como la serie AISI 300. Las aleaciones que contienen cromo, níquel y manganeso se identifican como la serie AISI 200. Entre sus características están el de no magnéticos, excelente resistencia a la corrosión, muy buena ductabilidad y una mayor dureza.
- * Acero Inoxidable Ferríticos: Sólo contienen cromo y pertenecen a la serie AISI 400. Entre sus características están el ser magnéticos, buena ductabilidad, resistencia a la corrosión y oxidación.
- * Acero Inoxidable Martensíticos: Contienen menos cromo que la clasificación anterior. Son magnéticos y resisten a la corrosión en ambientes templados. Tienen una ductabilidad bastante buena. Pertenecen a la serie AISI 400.
- * Aceros Inoxidables Duplex: Presentan una estructura doble al tener austenita y ferrita a partes iguales. Tienen varias ventajas sobre los aceros austeníticos. Son muy resistentes a la corrosión bajo cloruros y presenta el doble de límite elástico. Su serie es la 2205.

Los utilizados en la construcción de autotanques son los austeníticos. Entre la gran variedad de aceros austeníticos se encuentran:

- * Tipo 304: Sirve para una gama muy amplia de aplicaciones. Resiste la corrosión normal, es inmune en los procesos alimentarios (excepto en altas temperaturas y en contenidos de ácidos y cloro), resiste sustancias químicas orgánicas, tintes y gran variedad de sustancias químicas inorgánicas. El tipo 304L (bajo en carbono) resiste bien el ácido nítrico a temperaturas y concentraciones moderadas. Se suele utilizar en el almacenamiento de gases líquidos, para uso

criogénico, hospitales, transporte, etc. Se puede usar, pero solo a temperatura ambiente hasta en concentraciones del 95% del ácido sulfúrico.

- * Tipo 316: Contiene un poco más de níquel que el 304 y el 2-3% de Molibdeno, ofreciendo una mayor resistencia a la corrosión que el 304, especialmente en ambientes de cloro, que tienden a causar picaduras. El tipo 316L (bajo en carbono) es muy resistente a los componentes del ácido sulfúrico. Sin embargo, su uso se ha ampliado a la manipulación de numerosos productos químicos en procesos industriales. Se puede usar en contacto con el sulfúrico en proporciones mayores al 10% a temperaturas de hasta 50°C.
- * Tipo 2205: Utilizada para ambientes clorados.

1.4 Normas aplicables a Autotanques

Toda industria química tiene diversos riesgos durante el proceso de transformación de sus productos. Para aminorar estos riesgos y salvaguardar la vida y salud de trabajadores así como también los bienes materiales de la planta se han creado ciertas normas y códigos, nacionales e internacionales.

El transporte de sustancias químicas en carreteras federales produce riesgos diferentes a los que hay en una planta ya que no se traduce tan solo a trabajadores y bienes materiales de la empresa sino que se extrapola a civiles, bienes materiales externos, medio ambiente y territorios federales.

Estas razones han obligado a extremar precauciones de parte de las empresas en el tema del transporte de sustancias químicas peligrosas y a la creación, revisión y supervisión de parte del gobierno para la aplicación de normas que estén ligadas al diseño, construcción, mantenimiento y uso de autotanques.

Una norma es un documento que se formula según acuerdo previo, o se establece bajo una autoridad reconocida, en el que se define un producto, material, procedimiento, calidad, construcción, características de funcionamiento, rendimiento, nomenclatura y otros datos análogos. Contienen especificaciones técnicas o criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías, o definiciones de características, asegurando de esta forma que los materiales, productos, procesos y servicios son apropiados para lograr el fin para el que se concibieron.

En México las que se refieren al transporte de sustancias químicas y uso de autotanques son las siguientes:

- **SCT:** El sector Comunicaciones y Transportes, tiene como uno de sus objetivos prioritarios, mejorar los niveles de seguridad en las Vías de Jurisdicción Estatal y Federal de Comunicación, a través de la prevención y disminución de los accidentes que ocurren en ellas.

Los Accidentes en las Vías de Jurisdicción Estatal y Federal de Comunicación están considerados como un problema de salud pública, ya que generan una alta tasa de mortalidad, un número elevado de discapacitados y cuantiosas pérdidas materiales.

La gran mayoría de las normas mexicanas tienen sus homólogos en especificaciones internacionales. En el caso del transporte de sustancias químicas mediante autotanques, podemos citar las expedidas por el Departamento de Transporte (DOT por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos y el código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Las aplicables para este tema son:

- **DOT 406:** utilizada para cuando la máxima presión admisible de trabajo de cada auto-tanque no debe ser menor que 2.65 psi (18.29 kPa) y no mayor de 4 psi (27.6 kPa). Los materiales a transportar pueden ser líquidos inflamables a baja presión de vapor, principalmente productos de petróleo. (Ejemplo: Gasolina, gas, etc.).

Las especificaciones para un recipiente de carga DOT-406 se encontrarán en la parte 49 del Código de Regulaciones Federales (CFR por sus siglas en inglés) sección 178.346.

- **DOT 407:** Cada auto-tanque debe ser de sección circular y tener una máxima presión admisible de trabajo de al menos 25 psi (172.5) mínimo y 35 psi típico máximo. Los materiales a transportar pueden ser líquidos inflamables con presión de vapor moderada, líquidos venenosos, materiales líquidos de múltiples clases de peligros (Ejemplo: Inflamable, corrosivo y venenoso).

Las especificaciones para un recipiente de carga DOT-407 se encontrarán en la parte 49 del Código de Regulaciones Federales (CFR por sus siglas en inglés) sección 178.347.

- **DOT 412:** La máxima presión admisible de trabajo de cada recipiente debe ser al menos 5 psi (34.5 kPa). Los materiales a transportar pueden ser líquidos corrosivos, materiales líquidos de múltiples

peligros (Ejemplo: flamable, corrosivo y venenoso).

Las especificaciones para un recipiente de carga DOT-412 se encontrarán en la parte 49 del Código de Regulaciones Federales (CFR por sus siglas en inglés) sección 178.348.

1.5 Substancias Químicas Peligrosas

Son elementos, compuestos, mezclas, soluciones y sustancias, las cuales al ser liberadas al ambiente ocasionan peligros sustanciales a la salud pública y al ecosistema. Por lo tanto y dada la peligrosidad asociada a estas sustancias, se requiere de una atención prioritaria para su manejo adecuado. La peligrosidad de las sustancias químicas constituye una propiedad inherente o intrínseca que las puede hacer corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológicas infecciosas.

Los efectos adversos que pueden llegar a derivarse del manejo de las sustancias químicas peligrosas comprenden, entre otros:

- Contaminación y deterioro de la calidad del agua, aire, suelo y alimentos.
- Intoxicaciones y enfermedades a personas.
- Daños a los materiales que entran en contacto con ellas.
- Accidentes que involucran explosiones, incendios fugas o derrames.

El manejo ambientalmente adecuado de las sustancias químicas peligrosas debe estar basada en cuatro premisas básicas:

- La determinación de su peligrosidad y de la relación entre la exposición y sus efectos.
- La evaluación o caracterización de la magnitud de sus riesgos ambientales y sanitarios, tanto derivados de su liberación súbita como continua o intermitente.
- La administración o manejo de los riesgos para prevenirlos o reducirlos.
- La comunicación de los riesgos.

Basándose en la peligrosidad de las sustancias químicas se pueden establecer los siguientes grupos de sustancias:

- **Materiales Inflamables:** Son compuestos que por sus propiedades químicas son propensos a generar combustión en presencia de oxígeno y una fuente de ignición. Los materiales inflamables pueden ser de muy diversos tipos, pero generalmente son sustancias orgánicas.
- **Materiales corrosivos:** Son sustancias que liberan iones hidrógeno e iones hidróxido que reaccionan metales y minerales se convierten en subproductos indeseables al entrar en contacto con sustancias que destruyen las características químicas de éstos.
- **Substancias reactivas al agua:** Son sustancias como los metales alcalinos u otros metales combustibles, hidruros metálicos y compuestos de aluminio que reaccionan con el agua para generar sustancias tóxicas o corrosivas o productos inflamables.
- **Substancias tóxicas:** Son sustancias, las cuales cuando se absorben en cantidades relativamente pequeñas pueden causar enfermedades, lesiones o la muerte. Su toxicidad se mide mediante la DL 50 (Dosis Letal 50) que es la dosis a la cual se presentó la muerte de la mitad de los especímenes de laboratorio en los que se probó la sustancia.
- **Oxidantes:** Son las sustancias que participan en reacciones de óxido-reducción, las cuales generalmente involucran una liberación de energía. Los agentes oxidantes mantienen los procesos de combustión de otros materiales.
- **Compuestos orgánicos:** Los compuestos orgánicos están compuestos por moléculas con uno o más átomos de carbono. En la mayoría de los casos, los átomos de carbono comparten electrones con átomos no metálicos como hidrógeno, cloro, oxígeno y azufre.
- **Materiales poliméricos:** Los polímeros son sustancias que se caracterizan por el tamaño de sus moléculas. Cada molécula de un polímero generalmente se compone de una cierta cantidad de pequeñas unidades conocidas como monómeros.
- **Materiales explosivos:** Las sustancias explosivas son aquellas que pueden explotar como resultado de la aplicación de la fricción, de un impacto mecánico o del calor. Cuando explotan estos materiales, se lleva a cabo una transformación química generando gases y vapores, junto con una gran cantidad de energía en forma de calor y ondas de sobrepresión.

- **Materiales radiactivos:** En estas sustancias, el núcleo de sus átomos tiene el mismo número de protones, pero puede tener diferente número de neutrones. A este átomo se le conoce como isótopo. Muchos isótopos son estables, pero existen algunos núcleos de isótopos que están sujetos a transformaciones espontáneas o transmutaciones; entonces se dice que este núcleo decae o se desintegra, lo cual se conoce como radioactividad. Estos dos procesos son acompañados de una emisión simultánea de energía (radiaciones tipo: α , β , γ) dañina para el ser humano y el ambiente.
- **Gases:** Se refiere a cualquier tipo de gas comprimido, licuado o disuelto bajo presión. Se distinguen tres subclases:
 - * Gases inflamables. Incluyen generalmente a hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo o de fuentes de gas natural (propano, hidrógeno).
 - * Gases no inflamables, no venenosos y no corrosivos. Son gases que no se queman con facilidad, y la combustión puede llevarse a cabo solo en condiciones extremas (nitrógeno, helio).
 - * Gases venenosos. Conformado por mezclas estables de gases, pero capaces de reaccionar con los compuestos orgánicos de las células produciendo la muerte (cloro, fosgeno).
 - * Gases corrosivos.
- **Plaguicidas:** El término plaguicida se utiliza para denotar a una sustancia que ha sido específicamente diseñada para destruir o controlar insectos, hongos, roedores, plantas, y otro tipo de plagas. Cabe señalar que a pesar de que no fueron diseñados para esto, algunos pueden dañar al organismo de los seres humanos y el ecosistema.

Capítulo 2. Normas Aplicadas al Transporte de Substancias Químicas Peligrosas

2.1 Normas de Identificación, Clasificación y Representación de Substancias Químicas Peligrosas

NOM-002-SCT/2003

Listado de Substancias y Materiales Peligrosos más usualmente transportado.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, así como las disposiciones especiales a que deberá sujetarse su transporte y el método de envase y embalaje.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- Para la identificación y designación oficial de las sustancias y materiales peligrosos por su clase de riesgo o división, se utilizará un número asignado por la Organización de las Naciones Unidas (denominado “número UN”), riesgos secundarios inherentes y disposiciones generales.
- Tablas que incluyen las sustancias y materiales peligrosos más usualmente utilizados en México especificando: No. UN, Nombre y descripción, clase o división, riesgo secundario, grupo de envase, disposiciones especiales, cantidad máxima por envase, Instrucciones de embalaje (P para peróxidos orgánicos, IBC para embalajes aplicables a la utilización de Recipientes Intermedios a Granel, LP para uso de grandes envases, N/R para cuando no es necesario embalar.), Disposiciones especiales de embalaje, instrucción para recipiente portátiles y disposiciones especiales para recipiente portátiles.
- En caso de que la sustancia en cuestión no aparezca en la tabla antes mencionada, utilizar la indicación N.E.P. (no especificado en otra parte). La sustancia sólo podrá transportarse cuando se hayan determinado sus propiedades fisicoquímicas intrínsecas de peligrosidad.

- La designación oficial de transporte es la parte de la denominación que mejor describa a las sustancias y materiales peligrosos, y que aparece en letras mayúsculas en la Lista de Sustancias y Materiales Peligrosos en algunos casos con cifras, letras griegas o los prefijos "sec", "terc", m, n, o, p, que forman parte integrante de la designación.
- Para las soluciones y mezclas que se clasifiquen con arreglo a las disposiciones relativas a la sustancia peligrosa, se añadirá a la designación oficial de transporte, según sea el caso, la palabra "SOLUCION" o la palabra "MEZCLA", por ejemplo: "ACETONA EN SOLUCION". Asimismo debe indicarse la concentración de la solución o mezcla, por ejemplo, "ACETONA, SOLUCION AL 75%"
- A menos que ya figure en las Listas de Sustancias y Materiales Peligrosos en mayúsculas con su nombre expreso y, a causa del distinto estado físico de sus diversos isómeros, pueda ser un líquido o un sólido (por ejemplo: DINITROTOLUENOS LIQUIDOS; DINITROTOLUENOS SOLIDOS), se agregarán a las designaciones oficiales de transporte, los calificativos "LIQUIDO" o "SOLIDO" según sea el caso o "FUNDIDO", cuando una sustancia que es sólida se presenta para el transporte, en estado fundido (por ejemplo: ALQUILFENOL SOLIDO, N.E.P., FUNDIDO).

NOM-027-SCT2/2009

Especificaciones especiales y adicionales para los envases, embalajes, recipientes intermedios a granel, recipiente portátiles y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las especificaciones especiales y adicionales para los envases y/o embalajes, recipientes intermedios para granel (RIG's) y recipiente portátiles, para el transporte de las sustancias peligrosas de la División 5.2 Peróxidos Orgánicos. Así como especificaciones sobre la clasificación; la insensibilización, en el caso de los que deben transportarse a una temperatura determinada; la regulación de la misma; y el tipo de transporte.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Especificaciones especiales para transporte. Cuando se agrupan varios envases y/o embalajes en un contenedor, en un vehículo cerrado que transita en carretera o en una unidad de carga, la cantidad total de sustancia, el tipo y número de envases y/o embalajes y la forma de apilarlos serán tales que no entrañen riesgo de explosión.
- La temperatura de las sustancias que reaccionan espontáneamente deberá regularse si su temperatura de descomposición autoacelerada (TDAA) es igual o inferior a 55°C.
- La "temperatura de regulación" es la temperatura máxima a que puede transportarse sin riesgos la sustancia. Se da por sentado que, durante el transporte, la temperatura no será nunca superior a 55°C en las proximidades del envase y/o embalaje, y que esa temperatura no se mantendrá más que durante un tiempo relativamente breve cada 24 horas. En caso de que surjan dificultades en cuanto a la regulación de la temperatura, puede ser necesario adoptar medidas de emergencia.
- Los peróxidos orgánicos se clasifican en siete tipos, según su grado de peligrosidad. Los tipos de peróxidos orgánicos van del tipo A, que no se admite al transporte en envase y/o embalaje en que se haya sometido a una prueba, al tipo G, que está exento de las especificaciones relativas a los peróxidos orgánicos de la división 5.2.
- La clasificación de los tipos B a F está directamente relacionada con la cantidad máxima autorizada por envase y/o embalaje.
- Los siguientes peróxidos orgánicos se someterán a una regulación de la temperatura durante el transporte:
 - ◆ Peróxidos orgánicos de tipo B y C con una TDAA < 50°C.
 - ◆ Peróxidos orgánicos de tipo D que reaccionan moderadamente al calentamiento en un espacio reducido con una TDAA < 50°C o que reaccionan débilmente o no reaccionan al calentamiento en un espacio reducido con una TDAA < 45°C; y
 - ◆ Peróxidos orgánicos de los tipos E y F con una TDAA < 45°C.

- Las recipientes portátiles deberán diseñarse para una presión de prueba de 0.4 MPa (4 bar), como mínimo.
- Las recipientes portátiles deberán ir provistas de dispositivos indicadores de temperatura.
- Las recipientes portátiles deberán ir provistas de dispositivos de descompresión y dispositivos de descompresión de emergencia. Los dispositivos de vacío también podrán utilizarse. Los dispositivos de descompresión deberán funcionar a presiones determinadas en función de las propiedades de la sustancia y de las características de construcción de la cisterna portátil. No se permite instalar elementos fusibles en el depósito.
- Diluyentes del tipo A: líquidos orgánicos compatibles con el peróxido orgánico y que tienen un punto de ebullición de al menos 150°C. Los diluyentes del tipo A pueden utilizarse para la insensibilización de cualquier tipo de peróxidos orgánicos;
- Diluyentes del tipo B: líquidos orgánicos compatibles con el peróxido orgánico y que tienen un punto de ebullición inferior a 150°C pero al menos igual a 60°C, y un punto de inflamación de 5°C como mínimo. Los diluyentes del tipo B pueden emplearse para la insensibilización de todos los peróxidos orgánicos siempre que su punto de ebullición sea por lo menos 60°C más elevado que la TDAA en un envase y/o embalaje de 50 kg.
- Los Envases y/o embalajes que contengan peróxidos orgánicos pertenecientes a los tipos B, C, D, E o F llevarán la etiqueta correspondiente a la división 5.2 (véase NOM-003-SCT/2008). Dicha etiqueta significa también que el producto puede ser inflamable, razón por la que no se prescribe la etiqueta de riesgo secundario de "LIQUIDO INFLAMABLE" (véase NOM-003-SCT/2008). Se utilizarán, además, las siguientes etiquetas indicativas de riesgos secundarios:
 - Una etiqueta de riesgo secundario de "EXPLOSIVO" (véase NOM-003-SCT/2008) para los peróxidos orgánicos de tipo B, a menos que la autoridad competente haya permitido prescindir de ella respecto de un determinado envase y/o embalaje fundándose en que, según los resultados de las pruebas, el peróxido no experimenta en aquéllas reacciones propias de los explosivos.
 - Una etiqueta de riesgo secundario de "CORROSIVO" (véase NOM-003-SCT/2008), en los casos en que se cumplan los criterios relativos al grupo de envase y/o embalaje I o II de la clase 8.

NOM-021-SCT2/1994

Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.

Esta Norma tiene como objetivo, establecer las disposiciones generales que deben seguirse para que en ciertos casos y por razones económicas, los transportistas y las unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos puedan transportar otro tipo de bienes.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Requerimientos para el transporte de bienes o artículos no peligrosos en carrotaques, autotankes y recipientes portátiles, que por su diseño están destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos.
 - a. Pueden transportarse en estas unidades todos aquellos bienes no peligrosos que por sus características físicas y químicas son susceptibles a ser transportados en este tipo de vehículos.
 - b. No pueden transportarse en estas unidades los bienes destinados al consumo humano o animal, así como las materias primas destinadas a la elaboración de dichos bienes.
 - c. Los vehículos de este tipo, cuando transporten bienes no peligrosos, no estarán sujetos a las disposiciones de la NOM-004-SCT2/1994 "Sistema de Identificación de Unidades Destinadas al Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos", y se debe eliminar cualquier señalamiento que indique el material peligroso que se transportaba. Así mismo deberá tenerse un certificado que acredite la limpieza y descontaminación de la unidad, mencionando el material que transportó (poner el nombre químico o comercial de las sustancias, materiales o residuos peligrosos y número UN).
- Requerimientos para el transporte de los bienes ya mencionados, en unidades de autotransporte, furgones y góndolas de ferrocarril destinados al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

- a. Pueden ser transportados en este tipo de unidades todos aquellos bienes no peligrosos, a granel o empacados, de acuerdo con las disposiciones específicas de transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- b. No pueden transportarse en estas unidades personas o animales; productos alimenticios de consumo humano o animal o artículos de uso personal; y residuos sólidos municipales.
- c. Para el transporte de bienes no peligrosos en estas unidades, debe asegurarse que no existan remanentes, contaminación del material o sustancias peligrosas en su unidad, cumpliendo con lo estipulado en la NOM-019-SCT2-1994 "Disposiciones Generales para la Limpieza y Control de Remanentes de Sustancias y Residuos Peligrosos en las Unidades que Transportan Materiales y Residuos Peligrosos".

2.2 Normas de Compatibilidad

NOM-010-SCT/2009

Disposiciones de Compatibilidad y Segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos

La presente Norma Oficial Mexicana establece las disposiciones de compatibilidad y segregación, que deben aplicarse para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, debidamente envasados y embalados, a fin de proteger la seguridad de las personas y sus bienes, así como el medio ambiente y las vías generales de comunicación.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- Tabla de Compatibilidad

Tabla 2.1. Tabla de Compatibilidad entre varias clases de sustancias químicas peligrosas para su transporte.

Clase o división de riesgo	N o t a s	1.1 1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3 Zona A	2.3 Zona B	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1 GEE I Zona A	7	8 Líquidos
Explosivos	1.1 1.2	A	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Explosivos	1.3		*	*	*	*	X		X	X	X		X	X	X	X	X		X
Explosivos	1.4		*	*	*	*	O		O	O	O		O				O		O
Explosivos muy sensibles	1.5	A	*	*	*	*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Explosivos extremadamente insensibles	1.6		*	*	*	*													
Gases inflamables	2.1		X	X	O	X			X	O							O	O	
Gases no tóxicos no inflamables	2.2		X			X													
Gases tóxicos Zona A	2.3		X	X	O	X	X				X	X	X	X	X	X			X
Gases tóxicos Zona B	2.3		X	X	O	X	O				O	O	O	O	O	O			O
Líquidos inflamables	3		X	X	O	X			X	O					O		X		
Sólidos inflamables	4.1		X			X			X	O							X		O
Sólidos de combustión espontánea	4.2		X	X	O	X			X	O							X		X
Sólidos que reaccionan con el agua	4.3		X	X		X			X	O							X		O
Oxidantes	5.1	A	X	X		X			X	O	O						X		O
Peróxidos orgánicos	5.2		X	X		X			X	O							X		O
Líquidos tóxicos agudos GEE I Zona A	6.1		X	X	O	X	O				X	X	X	X	X	X			X
Materiales radiactivos	7		X			X	O												
Líquidos corrosivos	8		X	X	O	X			X	O		O	X	O	O	O	X		

La ausencia de cualquier clase o división de riesgo o “un espacio en blanco” en la intersección vertical-horizontal de la Tabla, indica que no se aplica ninguna restricción de segregación y compatibilidad de los materiales peligrosos. Sin embargo, tratándose de la división 6.2 y de la clase 9 para su transporte

conjunto con sustancias, materiales o residuos peligrosos de otra clase o división, se deberá proceder de acuerdo a lo que se determine en las normas respectivas.

La letra "X", en la intersección vertical-horizontal de la Tabla, indica que las sustancias, materiales o residuos peligrosos no deben cargarse, transportarse o almacenarse juntos, en la misma unidad o vehículo de transporte, así como en cualquier instalación de almacenamiento.

La letra "O" en la intersección vertical-horizontal de la Tabla, indica que las sustancias, materiales y residuos peligrosos no deben cargarse, transportarse o almacenarse juntos, en la misma unidad o vehículo de transporte, así como en cualquier instalación de almacenamiento, a menos que se encuentren separados de manera tal que, en caso de derrame de los envases y embalajes, en condiciones de incidentes normales del transporte, no se propicie la mezcla y reacción de las sustancias, materiales o residuos peligrosos.

2.3 Normas de Dimensión de Autotanques

NOM-012-SCT-2-2008

Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las especificaciones de peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte federal, sus servicios auxiliares y transporte privado que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, excepto los vehículos tipo grúa de arrastre y salvamento.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Clasificación de vehículos
 - ◆ Autobús
 - ◆ Camión Unitario

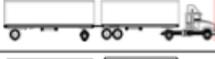
- ◆ Camión Remolque
- ◆ Tractocamión Articulado
- ◆ Tractocamión Doblemente Articulado

Tabla 2.2. Clasificación de Camiones.

CAMIÓN UNITARIO (C)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	
CAMIÓN – REMOLQUE (C – R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	
C3-R3	6	22	

TRACTOCAMIÓN ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	
T3-S2	5	18	
T3-S3	6	22	

Tabla 2.2. (Cont.) Clasificación de Camiones.

TRACTOCAMION SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2 ⁽¹⁾	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4 ⁽¹⁾	9	34	
T2-S2-S2	6	22	
T3-S2-S2	7	26	
T3-S3-S2	8	30	

- En cuanto a las dimensiones la presente norma establece lo siguiente:
 - a) El ancho máximo autorizado para todas las clases de vehículos que transitan en los diferentes tipos de caminos, será de 2,60 m, este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores, elementos de sujeción y demás aditamentos para el aseguramiento de la carga. Estos accesorios no deben sobresalir más de 20 cm a cada lado del vehículo.
 - b) La altura máxima autorizada para todas las clases de vehículos que transitan en los diferentes tipos de caminos, será de 4,25 m.
 - c) El largo total máximo autorizado para las configuraciones camión remolque (CR), según el tipo de camino por el que transitan se indica en la Tabla C “Largo Máximo Autorizado por Clase de Vehículo y Camino”; cuando la longitud del semirremolque sea mayor a lo especificado debe cumplir con las siguientes disposiciones de seguridad:

- I. El tractocamión deberá contar con espejos auxiliares en la parte delantera, ubicados en las salpicaderas (guarda fangos) y/o cubierta del motor, dependiendo del diseño de la carrocería.
 - II. Portar en la parte posterior del semirremolque, un letrero fijo (rótulo o calcomanía), con dimensiones de 0,80 X 0,60 m y una leyenda “PRECAUCIÓN AL REBASAR”, en fondo naranja reflejante y letras negras.
- d) El largo total máximo para las configuraciones tractocamión doblemente articulado (TSR y TSS), según el tipo de camino por el que transitan, se indica en la tabla “C” de esta Norma. Para las configuraciones camión con remolque y tractocamión doblemente articulado, no se permite el acoplamiento de semirremolques o remolques con longitudes mayores a 13,70 m, ni de 3 ejes (S3) para el caso de configuraciones de tractocamión semirremolque-remolque (T-S-R), excepto que el tercer eje sea retráctil, siempre y cuando éste, se encuentre levantado durante la circulación de la configuración vehicular.
- e) Los conductores que operan estas configuraciones vehiculares, deberán acreditar la capacitación que determine la SCT.
- f) Los pesos máximos se representan en la siguiente tabla

Tabla 2.3. Peso Bruto Vehicular Máximo según su Clasificación.

VEHICULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR	NÚM. EJES	NÚM. LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)			
			ET y A	B	C	D
B2	2	6	17,5	16,5	14,5	13,0
B3	3	8	21,5	19,0	17,0	16,0
B3	3	10	24,5	23,0	20,0	18,5
B4	4	10	27,0	25,0	22,5	21,0
C2	2	6	17,5	16,5	14,5	13,0
C3	3	8	21,5	19,0	17,0	16,0
C3	3	10	24,5	23,0	20,0	18,5
C2-R2	4	14	37,5	35,5	NA	NA
C3-R2	5	18	44,5	42,0	NA	NA
C3-R3	6	22	51,5	47,5	NA	NA
C2-R3	5	18	44,5	41,0	NA	NA
T2-S1	3	10	27,5	26,0	22,5	NA
T2-S2	4	14	34,5	31,5	28,0	NA
T3-S2	5	18	41,5	38,0	33,5	NA
T3-S3	6	22	48,0	45,5	40,0	NA
T2-S3	5	18	41,0	39,0	34,5	NA
T3-S1	4	14	34,5	32,5	28,0	NA
T2-S1-R2	5	18	47,5	45,0	NA	NA
T2-S1-R3	6	22	54,5	50,5	NA	NA
T2-S2-R2	6	22	54,5	50,5	NA	NA
T3-S1-R2	6	22	54,5	51,5	NA	NA
T3-S1-R3	7	26	60,5	57,5	NA	NA
T3-S2-R2	7	26	60,5	57,5	NA	NA
T3-S2-R4	9	34	66,5	66,0	NA	NA
T3-S2-R3	8	30	63,0	62,5	NA	NA
T3-S3-S2	8	30	60,0	60,0	NA	NA
T2-S2-S2	6	22	51,5	46,5	NA	NA
T3-S2-S2	7	26	58,5	53,0	NA	NA

2.4 Normas de Diseño

NOM-020-SCT2/1995

Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer los requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques dedicados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 Y SCT 312.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Especificaciones generales y requisitos para todo el material de lámina y placa para la fabricación del cuerpo, cabezas, mamparas y rompeolas para autotanques que no requieran ser construidos de acuerdo con el código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- Integridad estructural
 - a) Valores de esfuerzo. El valor máximo de esfuerzo calculado no deberá exceder del 25% de la resistencia a la tensión del material, excepto cuando los requerimientos de diseño de recipientes a presión del Código ASME así lo señalen.
 - b) Cargas. Los autotanques deberán estar provistos con los elementos estructurales necesarios a manera de soportar esfuerzos resultantes que excedan aquellas permitidas en el inciso (a) anterior, se deberán considerar individualmente las fuerzas resultantes por cada una de las cargas y donde sea aplicable una suma vectorial de cualquier combinación de esfuerzos.
- Requerimientos para todas las uniones entre las láminas del cuerpo del recipiente, tapas, mamparas o anillos de refuerzo:
 - a) Resistencia de las uniones de Aleación de Aluminio (AL). La eficiencia de una unión no será menor del 85% de las propiedades del material adyacente. Las aleaciones de aluminio deberán

ser unidas por un proceso de soldadura de arco con gas inerte usando un tipo de material de aporte de aluminio-magnesio que cumpla con las recomendaciones del fabricante.

b) Resistencia de las uniones de Acero dulce (AD), de Alta Resistencia Baja Aleación (ARBA). Acero Inoxidable Austenítico (AIA). Las uniones serán soldadas de acuerdo con prácticas recomendadas y la eficiencia de cualquier unión no será menor del 85 por ciento de las propiedades mecánicas del material adyacente en el recipiente.

c) Combinaciones de Acero dulce (AD). Alta Resistencia Baja Aleación (ARBA) y/o Acero Inoxidable Austenítico (AIA). Puede ser usado en la construcción de un mismo recipiente, tomando en consideración que cada material, donde sea usado, cumplirá con los requerimientos mínimos especificados. Para el material usado en la construcción de esta sección del recipiente, cuando sean usadas hojas de acero inoxidable en combinación con hojas de otros tipos de acero, las uniones hechas por soldadura estarán formadas por el uso de electrodos o por material de aporte en acero inoxidable de acuerdo al material de acero inoxidable adyacente según las recomendaciones del fabricante de los electrodos de acero inoxidable o barras de aporte.

- Soportes y anclaje. Los autotankes con bastidores que no estén integrados entre sí por medio de soldadura, estarán provistos con aditamentos para sujetar el recipiente al bastidor y eliminar cualquier movimiento que resulte del frenado, arranque o al dar vuelta el vehículo. Dichos aditamentos deberán estar fácilmente accesibles para su inspección y mantenimiento.

- Refuerzo circunferencial. Los recipientes con espesores en el cuerpo menores de 9.5 mm (3/8 pulgada) deberán reforzarse circunferencialmente además de las tapas o cabezas del recipiente, ya sea con rompeolas, mamparas o anillos. Se permite utilizar cualquier combinación de los elementos anteriormente mencionados en un solo autotank.

a) Localización: Dicho refuerzo circunferencial deberá estar localizado a no más de 2.5 centímetros (una pulgada) de los puntos donde la discontinuidad en alineamiento longitudinal del cuerpo exceda de 10 grados, a menos que se refuerce de otra manera con elementos estructurales capaces de mantener los niveles de tensión de la cubierta permitidos.

- b) Rompeolas, mamparas o anillos, acoplamiento de los mismos si se utilizan como elementos de refuerzo deberán ser soldados circunferencialmente al cuerpo del recipiente. La soldadura no deberá ser menor del 50% de la circunferencia total del recipiente y el máximo espacio sin soldadura sobre esta unión no excederá los límites de 40 veces el espesor de la lámina del cuerpo.
 - c) Doble mampara. Los recipientes diseñados para transportar diferentes materiales que si se combinarán durante el tránsito causen una condición peligrosa o emisión de calor o gas deberán estar provistas con compartimentos separados por una cámara de aire. Esta cámara de aire estará ventilada y estará dotada con drenaje, el cual, se conservará visible todo el tiempo y en operación.
 - d) Anillos de refuerzo. Los anillos de refuerzo, cuando se utilizan para llenar los requisitos de este apartado, deberán ser continuos alrededor de la circunferencia del cuerpo del recipiente y deberán tener una sección modular aproximada al eje neutral de la sección del anillo paralela al cuerpo.
- Requerimientos para las protecciones contra daños por accidentes.
 - a) El diseño, construcción e instalación de cualquier aditamento al cuerpo o tapa del autotankue deberá ser de tal forma que minimice la posibilidad de daño o falla que afecte adversamente la integridad del recipiente.
 - b) Elementos estructurales, tales como los bastidores de suspensión, protectores de volcadura y anillos externos, cuando sea posible deberán ser utilizados como partes para fijar accesorios y cualquier otro aditamento al autotankue.
 - c) El aditamento deberá estar fijo al asiento de montaje para que no haya efecto adverso sobre la integridad del recipiente en caso de aplicar alguna fuerza al aditamento en cualquier dirección, excepto la normal del recipiente, o dentro de un límite de 45° grados de la misma.
 - d) Faldones y/o salpicaderas, dispositivos de sujeción de conductores eléctricos, dispositivos de sujeción de línea de frenos y aditamentos de poco peso similares, que son de un espesor o material apreciablemente menos fuerte pero no mayor de 72% del espesor del cuerpo o tapa del

recipiente al cual es fijado dicho dispositivo, puede estar asegurado directamente al cuerpo o tapa del recipiente. Este dispositivo no debe afectar la integridad de la retención del recipiente. Estos dispositivos de peso ligero deberán estar fijos al cuerpo del recipiente por soldadura continua o de tal manera que evite la formación de cavidades, que se podrían volver sitios de corrosión incipiente.

- e) Defensas traseras. Cada autotank debe estar provisto de una defensa trasera para proteger al recipiente y tubería en caso de una colisión por la parte trasera, y minimizar la posibilidad de que se golpee al recipiente. La defensa estará localizada por lo menos a 15.2 centímetros (6 pulgadas) de cualquier componente del vehículo que sea usado para propósitos de carga y descarga o pueda en cualquier momento contener cargamento mientras esté en tránsito. Estructuralmente, la defensa estará diseñada para absorber eficientemente (ningún daño que pueda causar derrame del producto) el impacto del vehículo con carga normal, con una desaceleración de 2 veces la aceleración de la gravedad usando un factor de seguridad de 2 basado en la resistencia a la tensión del material de la defensa.
 - f) Protección contra volcadura. Todas las entradas para llenado, pasahombre o domo, y apertura de inspección, deberán estar protegidas contra daños que pudieren resultar de alguna fuga del producto en caso de una volcadura del vehículo. Estos protectores son estructura recipiente Tubería. La tubería de descarga de producto estará provista con protección, de tal manera que se asegure razonablemente contra el escape accidental de contenidos.
- Bombas. Las bombas de carga o descarga montadas en el tractor o el remolque, si se usan, estarán provistas con medios automáticos para prevenir que la presión no exceda de la presión de diseño del recipiente y del equipo montado.
 - Pruebas de presión y fugas:
 - a. Cada recipiente o compartimento de recipiente debe ser probado hidrostática y neumáticamente. Cada recipiente de un multiautotank debe probarse estando el recipiente adyacente vacío y a presión atmosférica. Cada abertura, exceptuando la válvula de alivio y las ventilas de carga y descarga calibradas a menos que la prueba de presión prescrita, deben estar en su lugar durante la prueba. Si algún aditamento de ventilación no se quita durante la prueba, ese aditamento debe

clausurarse con alguna prensa, tapón o cualquier otra cosa efectiva que no dañe o prohíba detectar la fuga. Cualquier otra cosa que se use, debe quitarse inmediatamente después de que la prueba ha sido terminada.

b. Prueba de fugas. El autotank, con todos sus accesorios en su lugar y operación, debe probarse para detectar fugas a no menos del 80% de su presión de trabajo máxima autorizada (PTMA) manteniendo la presión cuando menos 5 minutos.

• Espesores mínimos:

◆ Acero al Carbón:

Tabla 2.4. Espesores mínimos para Cabezas, Mamparas y Rompeolas en Acero al Carbón.

MATERIAL ESPESOR	CAPACIDAD VOLUMETRICA EN LITROS POR CADA 2.54 CM.											
	38 O MENOS			MAS DE 38 A 53			53 A 68			68 Y MAS		
	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL
MILIMETROS	1.9483	1.7859	2.44	2.3812	1.9843	2.75	2.7779	2.3812	3.30	3.175	2.7779	3.83
PULGADAS	.078125	.070312	.096	.09375	.078125	.109	.20931	.09375	.130	.125	.10937	.151
CALIBRES	14	15	---	13	14	---	12	13	---	11	12	---

◆ Acero Inoxidable:

Tabla 2.5. Espesores mínimos para Cabezas, Mamparas y Rompeolas en Acero Inoxidable.

MATERIAL ESPESOR	CAPACIDAD VOLUMETRICA EN LITROS POR CADA 2.54 cm.											
	38 O MENOS			DE 38 A 53			DE 53 A 68			DE 68 A 84		
	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL
MILIMETROS	1.984	1.786	2.776	2.180	1.984	3.302	2.776	2.380	3.835	3.175	2.776	4.394
PULGADAS	.078	.070	.109	.094	.078	.130	.109	.094	.151	.125	.109	.173
CALIBRES	14	15	12	13	14	---	12	13	---	11	12	---

MATERIAL ESPESOR	CAPACIDAD VOLUMETRICA EN LITROS POR CADA 2.54 cm.								
	DE 84 A 99			DE 99 A 114			114 Y MAS		
	AC	AARBA AI	AL	AC	ARRBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL
MILIMETROS	3.571	3.175	4.927	3.967	3.571	5.486	4.364	3.967	6.020
PULGADAS	.141	.125	.194	.156	.141	.216	.172	.156	.237
CALIBRES	10	11	---	9	10	---	8	9	---

Tabla 2.6. Espesores mínimos para Cuerpo del Recipiente en Acero al Carbón.

DISTANCIA ENTRE TAPAS, MAMPARAS O ANILLOS	CAPACIDAD VOLUMETRICA EN LITROS POR CADA 2.54 CM.											
	38 O MENOS			MAS DE 38 A 53			DE 53 A 68			DE 68 A 84		
	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL
914 O MENOS	1.984	1.587	2.776	1.984	1.587	2.776	2.380	1.984	3.302	2.380	1.984	3.302
914 A 1370	1.984	1.587	2.776	1.984	1.786	3.302	2.776	2.380	3.835	2.776	2.380	3.835
1370 A 1520	1.984	1.786	2.776	2.380	1.984	3.835	3.175	2.776	4.394	3.175	2.776	4.394

DISTANCIA ENTRE TAPAS, MAMPARAS O ANILLOS	CAPACIDAD VOLUMETRICA EN LITROS POR CADA 2.54 CM.								
	DE 84 A 99			DE 99 A 114			114 Y MAS		
	AC	AARBA AI	AL	AC	ARRBA AI	AL	AC	AARBA AI	AL
914 O MENOS	2.776	2.380	3.835	3.175	2.776	4.394	3.571	3.175	4.927
914 A 1370	3.175	2.776	4.394	3.571	3.175	4.927	3.967	3.571	5.486
1370 A 1520	3.571	3.175	4.927	3.967	3.571	5.486	4.364	3.967	6.020

2.5 Normas de Etiquetado

NOM-003-SCT/2008

Características de las Etiquetas de Envases y Embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos

La presente Norma Oficial Mexicana establece las características, dimensiones, símbolos y colores de las etiquetas que deben portar todos los envases y embalajes, que identifican la clase de riesgo que representan durante su transportación y manejo las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- Todos los envases y embalajes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos cuya masa neta o capacidad exceda de 400 kg o 450 litros, deberán portar, cuando así lo permita el envase

y embalaje, una etiqueta o el (los) cartel(es) de identificación, establecidos en la norma correspondiente.

- En el caso del transporte de envase(s) y embalaje(s) con diferentes materiales o residuos peligrosos compatibles, pero con diferentes riesgos, el envase y embalaje exterior, deberá portar las etiquetas de riesgo primario y cuando se requiera identificar el riesgo secundario, también deberán portar la etiqueta correspondiente a ese riesgo.
- Finalidades de las etiquetas:
 - a) Reconocer por su aspecto general de color, forma y símbolo, los envases y embalajes que contienen
 - b) materiales y residuos peligrosos.
 - c) Identificar la naturaleza del riesgo potencial del material o residuo peligroso mediante símbolos.
 - d) Prevenir situaciones de peligro en el manejo y estibado de las sustancias, materiales o residuos peligrosos.
- Los cinco símbolos básicos de las etiquetas y los cuatro complementarios, con sus correspondientes significados, son los siguientes:
 - ◆ Bomba explotando (peligro de explosión).
 - ◆ Flama (peligro de incendio).
 - ◆ Calavera y tibias cruzadas (peligro de envenenamiento).
 - ◆ Trébol esquematizado (peligro de radiactividad).
 - ◆ Líquidos goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y un metal (peligro de corrosión).
- Las etiquetas tendrán la forma de un cuadrado, colocado con un vértice hacia arriba, de unas dimensiones mínimas de 100 mm x 100 mm, salvo en el caso de los envases y embalajes que por sus

dimensiones sólo puedan llevar etiquetas más pequeñas. En todo su perímetro, llevarán una línea del mismo color que el símbolo, trazada a 5 mm del borde y paralela a él. Las etiquetas deberán colocarse sobre un fondo de color que ofrezca un buen contraste o estar rodeadas de un borde de trazo continuo o discontinuo.

- Las etiquetas están divididas en dos mitades. La mitad superior de la etiqueta se reserva para el símbolo y la inferior para el texto, para el número de la clase o de la división y, si procede, para la letra del grupo de compatibilidad.
- En cada envase y/o embalaje conteniendo sustancias, materiales o residuos peligrosos, debe figurar la designación oficial de transporte (nombre de embarque apropiado) de la sustancia, material o residuo peligroso de que se trate y el correspondiente número de identificación de la Organización de las Naciones Unidas precedido de las letras UN. En el caso de un objeto no embalado, las marcas figurarán en el objeto, en su soporte o en su dispositivo de manipulación, almacenamiento o puesta en servicio. Ejemplo de marcado:
- LIQUIDO CORROSIVO, ACIDO, ORGANICO, N.E.P. (cloruro de caprililo), UN 3265.
- Modelos de Etiquetas:

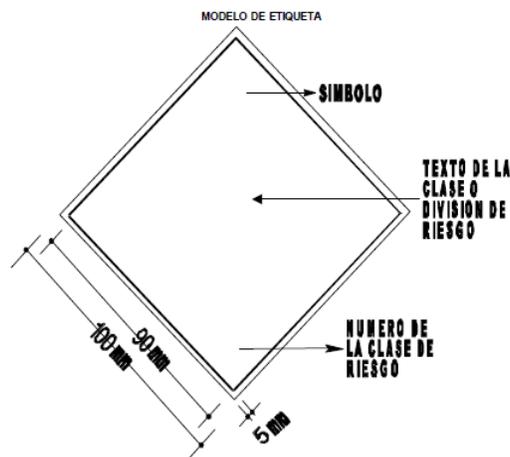


Figura 2.1. Diseño de Etiquetas.



Figura 2.2. Ejemplos de Etiquetas para Substancias Explosivas.



Figura 2.3. Ejemplos de Etiquetas para Substancias Químicas Almacenadas a Presión.



Figura 2.4. Ejemplos de Etiquetas para Líquidos Inflamables.



Figura 2.5. Ejemplos de Etiquetas para Sólidos Inflamables.



Figura 2.6. Ejemplos de Etiquetas para Oxidantes y Peróxidos.



Figura 2.7. Ejemplos de Etiquetas para Sustancias Infecciosas o Tóxicas.



Figura 2.8. Ejemplos de Etiquetas para Sustancias Radioactivas.



Figura 2.9. Ejemplos de Etiquetas para Substancias Corrosivas y Otras.

NOM-004-SCT/2008

Sistemas de Identificación de Unidades destinadas al Transporte de Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos

Esta Norma Oficial Mexicana establece las características y dimensiones de los carteles que deben portar las unidades vehiculares, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotanques, contenedores, contenedores cisterna, recipientes portátiles y recipientes intermedios para granel y demás unidades de autotransporte y ferrocarril, a fin de identificar la clase de riesgo de las substancias, materiales o residuos peligrosos que se transportan.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- Los carteles deben indicar el riesgo primario, el número de Naciones Unidas que lo identifica y, en su caso, el riesgo secundario asociado con la substancia, material o el residuo peligroso transportado.
- Deberán colocarse en la parte media superior de las vistas laterales, anterior y posterior de las unidades de autotransporte, en el caso de unidades tipo tractocamión o camión se debe colocar en la parte frontal, siempre y cuando no se obstruya la visibilidad del operador, para combinaciones vehiculares de doble semirremolque, los carteles se colocarán en ambos remolques.
- Cuando las unidades de transporte movilicen substancias o materiales peligrosos, para los cuales en las listas de materiales peligrosos se indica más de un riesgo, deberán portar los carteles que identifiquen a los riesgos secundarios de acuerdo a su clase o división.

- Los carteles deben cumplir con las siguientes especificaciones:
 - ◆ Ser de material de alta resistencia a la intemperie, de tal manera que no sufran decoloración o deformación en su uso normal, para evitar que se deteriore la información contenida en los mismos.
 - ◆ Ser de tipo fijo en condiciones normales de operación de los vehículos, pudiendo ser rotulado, pintado o impreso de acuerdo al uso y unidad de transporte. Los portacarteles deben ser fijos y accesibles al cambio de cartel de acuerdo al riesgo de la sustancia, material o residuo transportado, colocados de tal forma que se garantice su permanencia. Queda prohibido el uso de carteles tipo revista o libro (números y figuras movibles o intercambiables).
 - ◆ Deben tener forma de rombo con dimensiones mínimas de 250 x 250 mm, por lado, debiendo llevar una línea del mismo color del símbolo trazada a 12.5 mm del borde exterior y paralela a éste.
 - ◆ Deben corresponder totalmente a la etiqueta de la clase de sustancia peligrosa de que se trate en lo que se refiere al diseño, color y símbolo.
 - ◆ Tener anotado el número de la clase o división de riesgo. Tratándose de materiales de la clase 1 y 5, así como en el caso de las sustancias de la clase 1, la letra del grupo de compatibilidad de las sustancias y residuos peligrosos de que se trate.

◆ Características de carteles:

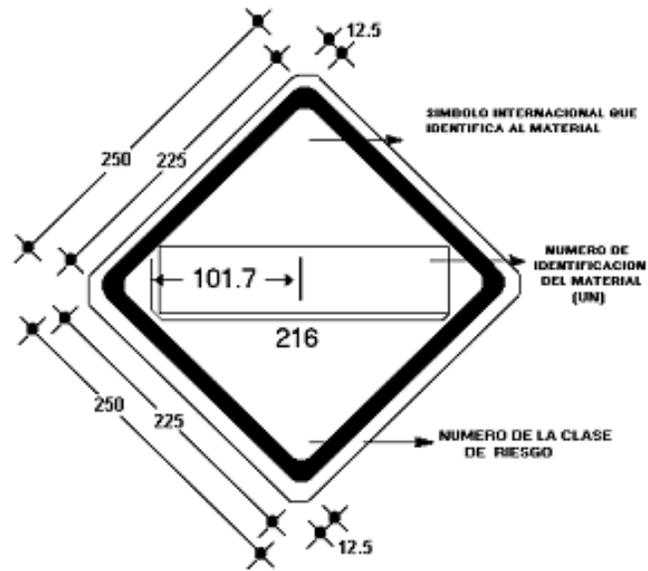


Figura 2.10. Diseño de Carteles.

◆ Ubicación de los carteles:

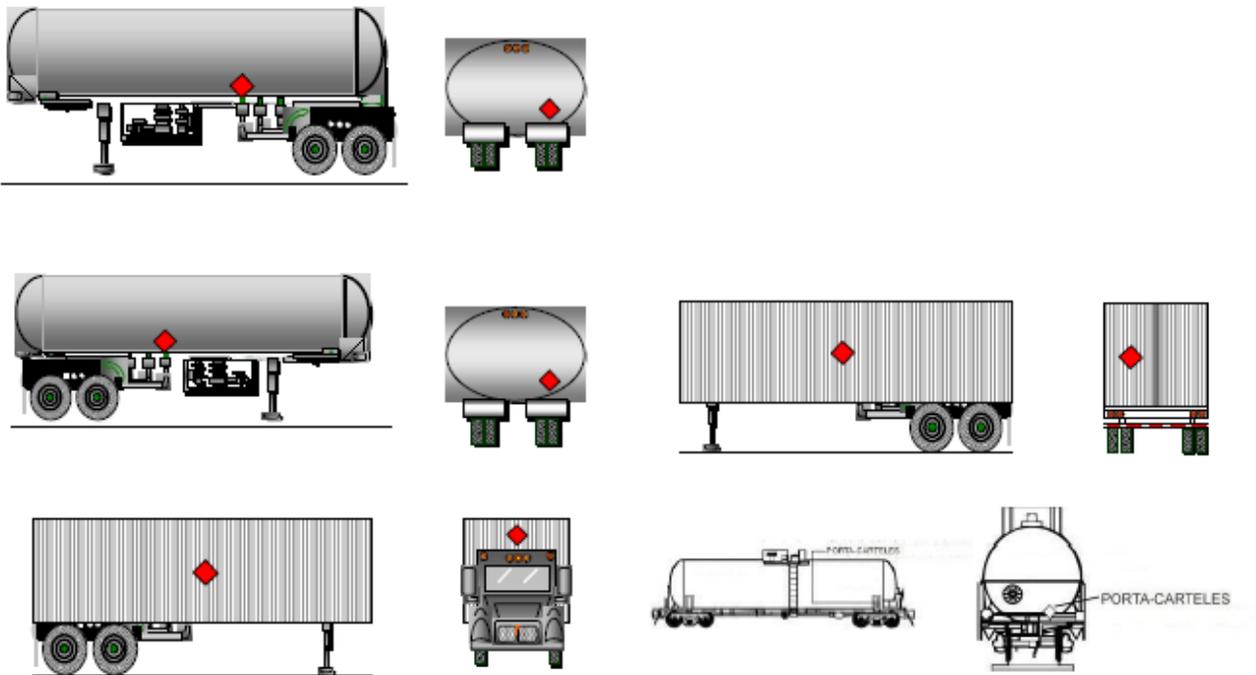


Figura 2.11. Ubicación de los Carteles en diferentes tipos de Camiones.

NOM-023-SCT2/2011

Información que debe contener la Placa Técnica que deben portar los autotanques, recipiente portátiles y Recipientes Metálicos Intermedios a Granel (RIG) que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las especificaciones de la información que debe contener la Placa Técnica de identificación que deben portar los autotanques, recipiente portátiles y recipientes intermedios para granel que estén a una presión mayor a la atmosférica que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos que transitan por las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Especificaciones de la Información que debe contener la Placa Técnica de los Autotanques.
 - a. Cada Autotanque debe de contar con una Placa Técnica metálica resistente a la corrosión, la cual debe de estar permanentemente sujeta al recipiente o integrado a la estructura de soporte, remachado, soldado u otro medio igualmente adecuado. La Placa Técnica no debe estar pintada para garantizar su legibilidad.
 - b. La Placa Técnica debe de estar colocada en el lado izquierdo del autotanque cerca del frente del recipiente de carga (o en el recipiente que está al frente del autotanque de compartimientos múltiples), en un lugar fácilmente visible y accesible, y claramente marcado, estampado, grabado en relieve u otro medio con caracteres de por lo menos de 4.76 mm (3/16”).
- Los autotanques destinados al transporte de gases comprimidos adicionalmente deben ostentar en la Placa Técnica metálica las especificaciones que se describen a continuación:
 - a. Constructor del Recipiente.
 - b. Número de Serie del Constructor.
 - c. Número de Especificación de la SCT.
 - d. Fecha de Construcción (mes/año).

- e. Día, Mes y Año de Prueba Original.
- f. Fecha de Certificación del Recipiente (día/mes/año).
- g. País de Construcción o Fabricación.
- h. Presión de Diseño del Recipiente en.....kg/cm².....lb/pul².
- i. Presión de Prueba del Recipiente en.....kg/cm².....lb/pul².
- j. Especificaciones del Material del Número-Cabezas (tapas).
- k. Especificaciones del Material del Número-Cuerpo.
- l. Clase de Soldadura.
- m. Clase de Revestimiento, si lo hay.
- n. Capacidad Volumétrica Nominal del Recipiente.....L..... gal.
- o. Carga Máxima Permitida en.....kg.....lbs.
- p. Flujo de Carga Máxima en volumen o en presión.....lpm y/o kg/cm².....gpm y/o psig.
- q. Flujo de Descarga Máxima en volumen o en presión.....lpm y/o kg/cm².....gpm y/o psig.
- r. Rango de Temperatura de Diseño Metalúrgico en.....oC.....oF.
- s. Densidad de Diseño de Carga Máxima en.....kg/L.....lbs/gal.
- t. Espesor fabricado del cuerpo, arriba, lado, abajo en.....mm.....pul (Requerido cuando el espesor aumenta por causa del margen de corrosión).
- u. Espesor fabricado de las cabezas en.....mm.....pul (Requerido cuando el espesor aumenta por causa del margen de corrosión).
- v. Area de la superficie expuesta.....m².....ft².

w. Temperatura de diseño del sistema de calentamiento en....°C.....°F (cuando aplique).

- Autotankes Multiusos (Compartimientos Múltiples).
 - a. Para autotankes multiusos de compartimientos múltiples, en todos sus compartimientos (tanques) de carga, que no tengan espacios de separación debe estar indicada en una sola Placa Técnica de Especificaciones.
 - b. Cuando los Compartimientos Múltiples tengan espacios de separación, cada Compartimiento del Autotankes debe contar con una Placa Técnica de Especificaciones individual, a menos que todos los compartimientos (tanques) de carga, hayan sido construidos por el mismo fabricante, con las mismas especificaciones, los mismos materiales, espesores de fabricación y espesores mínimos, en este caso el autotankes multiusos debe de contar con una sola Placa Técnica de Especificaciones. La información requerida debe de ser enlistada en la Placa Técnica en la parte frontal (frente) hacia atrás en orden de la ubicación del tanque correspondiente.
- Los constructores (fabricantes) de autotankes adherirán al tanque la Placa Técnica con la información técnica requerida en la presente Norma Oficial Mexicana.
- Especificaciones de la Información que debe contener la Placa Técnica de las recipientes Portátiles.
- Especificaciones de la Información que debe contener la Placa Técnica de los Recipientes Intermedios a Granel (RIG's)

2.6 Normas de Pruebas de Inspección

NOM-002-1-SCT/2009

Listado de Substancias y Materiales Peligrosos más usualmente transportado y uso de envases y embalajes, recipientes portátiles, contenedores de gas y contenedores para graneles.

La presente Norma Oficial Mexicana, establece las instrucciones y uso de envases y embalajes, recipientes intermedios para graneles (RIG's), grandes envases y embalajes, recipientes portátiles, contenedores de gas de elementos múltiples y contenedores para graneles a efecto de determinar, considerando las características de peligrosidad de las sustancias y materiales peligrosos, las condiciones de seguridad adecuadas, así como las especificaciones que deberán cumplirse a efecto de que las sustancias y materiales peligrosos sean contenidos y transportados en óptimas condiciones de seguridad.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- Las sustancias peligrosas se envasarán y embalarán en envases y embalajes, incluidos RIG's y grandes envases y embalajes, de buena calidad. Estos envases y embalajes deberán ser suficientemente sólidos como para resistir los choques y cargas que se producen normalmente durante el transporte.
- Los envases y embalajes, incluidos los RIG's y los grandes envases y embalajes, deberán estar fabricados y cerrados de forma que, una vez preparados para el transporte, no se produzcan pérdidas del contenido debido a vibraciones o cambios de temperatura, de humedad o de presión (debido, por ejemplo, a la altitud) en las condiciones normales de transporte.
- Las partes de los envases y embalajes, incluidos los RIG's y los grandes envases y embalajes, que estén directamente en contacto con sustancias peligrosas:
 - a) no habrán de ser afectadas o debilitadas en medida significativa por esas sustancias peligrosas; y

- b) no causarán efectos peligrosos, por ejemplo catalizando una reacción o reaccionando con las sustancias peligrosas.

Cuando sea necesario, estarán provistas de un revestimiento interior apropiado o estarán sometidas a un tratamiento interior apropiado.

- Los líquidos sólo podrán llenarse en envases y embalajes, incluidos los RIG's, que tengan una resistencia suficiente para soportar la presión interna que pueda originarse en las condiciones normales de transporte. Los envases y embalajes y los RIG's en los que se haya marcado la presión hidráulica de prueba de acuerdo a lo establecido en las normas respectivas, se llenarán sólo con un líquido que tenga una presión de vapor tal que:
 - a) la presión manométrica total dentro del envase y embalaje o del RIG's (es decir, la suma de la presión de vapor de la sustancia contenida y de la presión parcial del aire o de otros gases inertes, menos 100 kPa) a 55°C, determinada con arreglo a la razón máxima de llenado conforme al 5.1.2.4, a una temperatura de llenado de 15°C, no exceda de dos tercios de la presión de prueba marcada; o
 - b) a 50°C sea inferior a los cuatro séptimos de la suma de la presión de prueba marcada más 100 kPa; o
 - c) a 55°C, sea inferior a los dos tercios de la suma de la presión de prueba marcada más 100 kPa.
- Los RIG's metálicos destinados al transporte de líquidos no se utilizarán con líquidos que tengan una presión de vapor superior a 110 kPa (1.1 bar) a 50°C o 130 kPa (1.3 bar) a 55°C.
- Preponderancia de las características de los riesgos:
 - a) Presenta la Tabla 5 de Orden de Preponderancia de las Características de Riesgo la cual es la guía para determinar la clase en que se debe incluir una sustancia o material, una mezcla o una solución que presente más de un riesgo, cuándo éstas no aparezcan nombradas en el listado de sustancias y materiales peligrosos de esta norma.

- b) Para las sustancias o materiales que tengan riesgos múltiples y que no están listados específicamente por su designación oficial para el transporte en el más riguroso grupo de envase o embalaje indicado para el riesgo respectivo de las sustancias o materiales.
 - c) La prioridad de las características de riesgo de materiales o sustancias que no se ha tomado en cuenta dentro de la tabla de preponderancia de riesgos ya que sus características primarias siempre tendrán prioridad.
- Listas de Instrucciones de Envase y Embalaje.

NOM-006-SCT/2011

Aspectos Básicos para la revisión ocular de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer la información básica y las especificaciones que deben cumplirse para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de sustancias, materiales o residuos peligrosos por parte de los autotransportistas en corresponsabilidad con sus conductores, para asegurarse que éstas se encuentran en buenas condiciones mecánicas y de operación.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- La revisión de las condiciones mecánicas y de operación de las unidades destinadas al autotransporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, deberá efectuarse previo al inicio y durante el traslado de las sustancias, materiales y residuos peligrosos, por parte del conductor se asentará por escrito el resultado de la revisión de la unidad de transporte, en un documento denominado Bitácora de Revisión Ocular Diaria de la Unidad de Autotransporte.
- La Bitácora de Revisión Ocular Diaria de la Unidad de Autotransporte, deberá ser portada en la unidad junto con los otros documentos requeridos para la transportación de sustancias, materiales y

residuos peligrosos, en ella se incluirá el resultado de la revisión ocular de las condiciones mecánicas y de operación, y deberá contener como mínimo los siguientes elementos:

- Revisión Interior

- * Indicador de Presión de Aceite.
- * Indicador de Presión de aire/vacío.
- * Dispositivo de advertencia de poco aire o vacío.
- * Tablero de instrumentos.
- * Velocímetro.
- * Luces de tablero:
 - ◆ Direccionales.
 - ◆ Estacionamiento.
 - ◆ Gálibo. (Altura)
 - ◆ Interior.
 - ◆ Advertencia.
 - ◆ Demarcadoras.
- * Calentador-Desempañador.
- * Batería.
- * Motor.
- * Claxon o corneta.
- * Cinturón de seguridad. (Mínimo del operador)
- * Parabrisas (Sin fisuras que obstruyan la visibilidad del conductor).
- * Limpiadores.
- * Espejos retrovisores (2).
- * Volante (Dirección sin juego excesivo).
- * Freno de pie.
- * Frenos de emergencia.

- Frente (Exterior)

- * Defensa (Sujeción).

- * Faros principales (Funcionamiento).
- * Luces:
 - ◆ Demarcadoras.
 - ◆ Direccionales.
 - ◆ Gálibo. (Altura) Advertencia.
 - ◆ Estacionamiento.
- * Llantas (No renovadas en el eje delantero, desgaste).
- * Rines sin fisuras.
- * Birlos y tuercas completos y sin fisuras.
- * Guardafangos (Loderas).

- **Lado Izquierdo**

- * Tanque de Combustible sin fugas
- * Tapón del tanque de combustible.
- * Luces de advertencia laterales.
- * Reflejantes visibles.
- * Llanta de refacción.
- * Llantas (Desgaste y aire).
- * Rines sin fisuras.
- * Birlos y tuercas completos y sin fisuras.
- * Sistemas de Aseguramiento y Sujeción de la Carga.
- * Quinta rueda.

- **Parte Posterior**

- * Luces:
 - ◆ Demarcadoras.
 - ◆ Direccionales.
 - ◆ Estacionamiento.
 - ◆ Gálibo. (Altura).
 - ◆ Advertencia.

- ◆ Frenado.
- ◆ Marcha atrás.
- * Reflejantes visibles.
- * Guardafangos (Loderas).
- * Dispositivos de aseguramiento.
- * Cerradura de puertas.
- * Defensa.
- * Escape.

- **Parte Inferior**

- * Frenos (Sin fugas de aire).
- * Muelles (Suspensión sin hojas sueltas, rotas, fisuras).
- * Chasis sin fisuras.
- * Líneas de aire.
- * Líneas eléctricas.
- * Diferencial (Sin fugas).
- * Transmisión (Sin fugas).

- **Área de Combustión Interna**

- * Motor.
- * Radiador.
- * Batería.
- * Bandas.

- **Del Equipo de Emergencia**

- * Libro Guía de Respuesta a Emergencia u Hoja de Información de Emergencia.
- * Botiquín de primeros auxilios.
- * Caja de herramientas.
- * Equipo de seguridad (De acuerdo a la Información de Emergencia en Transportación).

- * Extintor (1 por vehículo, de acuerdo al tipo que indique la Información de Emergencia en Transportación).
- * Triángulos de seguridad (Mínimo 3).
- * Retranca (Mínimo 2).

- Remolque, Semirremolque

- * Freno remolque.
- * Líneas eléctricas (Sujetas).
- * Conexiones de frenos.
- * Conexión Quinta rueda.
- * Patines.
- * Cerradura de puertas.
- * Carteles de identificación del riesgo (4) u (8).
- * Luces:
 - ◆ Demarcadoras.
 - ◆ Identificación (Porta placa).
 - ◆ Direccionales.
 - ◆ Estacionamiento.
 - ◆ Gálbo. (Altura).
 - ◆ Advertencia.
 - ◆ Frenado.
 - ◆ Marcha atrás.
- * Reflejantes visibles.
- * Llantas sin desgaste excesivo y aire.
- * Rines sin fisuras.
- * Birlos y tuercas completos y sin fisuras.
- * Guardafangos (Loderas).

Remolques y Semirremolques. Especificaciones de Seguridad y Métodos de Prueba

La presente Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones mínimas de seguridad y de operación que deben cumplir los remolques, semirremolques y convertidores nuevos o usados que se incorporen al territorio de los Estados Unidos Mexicanos, y es aplicable a los fabricantes e importadores de remolques y/o semirremolques y/o convertidores.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- El plato de enganche debe estar diseñado para soportar una carga vertical del 47% del peso bruto vehicular de diseño con un factor de seguridad mínimo de 3,5. La capacidad de arrastre debe ser de por lo menos el doble del peso bruto vehicular de diseño con el mismo factor de seguridad.
- La capacidad estática de los patines debe ser de un mínimo de 63 500 kg (140 000 lb). Los patines deben estar operados por un reductor de dos velocidades de tal forma que el remolque pueda ser levantado a plena carga con un par máximo de 143 N-m (14,0 kg-m o 100 lb-ft).
- La capacidad mínima de los ejes y suspensión y el peso bruto vehicular de diseño mínimo serán de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 2.6. Tabla de Rangos de Capacidad mínima de los Ejes y Suspensión

Tipo de semirremolque	Servicio	Descarga máxima permitida (NOM-012-SCT-2-2008). Referencia		Suma de Capacidad de Diseño de Ejes (CDE) min.		Peso Bruto Vehicular de Diseño (PBVD) min.	
		kg	lb	kg	lb	kg	lb
S1	Normal	10 000	22 046	11 764	25 937	20 000	44 093
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	11 000	24 251	12 941	28 531	22 000	48 502
S2	Normal	17 000	37 479	20 000	44 093	34 000	74 958
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	19 000	41 888	22 353	49 280	38 000	83 776
S3	Normal	23 500	51 809	27 647	60 952	47 000	103 618
	Con peso adicional según numeral 6.1.2.2*	26 500	58 423	31 176	68 733	53 000	116 846

- Se permiten las siguientes combinaciones de luces: Dos de las calaveras pueden tener además la función de luz de freno; las otras dos pueden tener la función de luz direccional, siempre y cuando sean color rojo; las luces inferiores de posición central pueden tener también la función de luz direccional; las luces de gálibo frontal y lateral superior delantera pueden ser una sola si se instalan en el esquinero superior frontal y su diseño permite que se observe desde ambas direcciones.
- El gancho tirón y su placa de sujeción a utilizar para los remolques de gancho sencillo, deben ser especificados con una capacidad de al menos 45 000 kg de arrastre. Para los remolques de doble gancho, cada uno debe tener una capacidad de al menos 45 000 kg y la placa debe estar diseñada para soportar un momento de 38 100 kg-m, aplicado horizontalmente en los ganchos, así como un momento de 50 400 kg-m, aplicado verticalmente sobre los ganchos.

2.7 Normas de Construcción y Mantenimiento

NOM-019-SCT2/2004

Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las disposiciones generales para efectuar el lavado y descontaminación de las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos, así como la información que como mínimo deberá contener el documento que acredite este proceso.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Disposiciones generales para realizar la limpieza, descontaminación y control de los remanentes en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
- El lavado y descontaminación interna y externa de la unidad, unidad de arrastre y el control de los remanentes, será obligatorio cuando se presente una o más de las siguientes condiciones:
 - a) Incompatibilidad del remanente con los materiales o residuos peligrosos futuros a transportar

- b) Reparación del contenedor o tanque
 - c) Cambio de materiales o residuos peligrosos a transportar (unidades no dedicadas)
 - d) Adaptación de sistemas o accesorios en el interior de la unidad de arrastre, que represente potencial de riesgo de daño a la salud o de contaminación al medio ambiente
 - e) Necesidad de limpieza como consecuencia de un accidente y/o para evitar contaminación en las cargas
 - f) Previo a la realización de pruebas de integridad de autotanques, y
 - g) Disposiciones generales que deben observarse en la limpieza y descontaminación.
- Dicho procedimiento deberá cumplir y especificar los siguientes requisitos mínimos:
 - a) Si la unidad puede ser limpiada o descontaminada parcialmente y bajo qué condiciones de seguridad debe hacerse.
 - b) El equipo de protección personal que debe utilizarse para efectuar el lavado y descontaminación de las sustancias, materiales y residuos peligrosos y del o los remanentes por producto o grupo de productos.
 - c) Las verificaciones necesarias antes de efectuar el lavado o descontaminación de la unidad tales como: nivel de oxígeno, explosividad, inflamabilidad, toxicidad, accesorios de medición en general, etc.
 - d) Si el recipiente se encuentra presurizado debe especificarse el procedimiento de despresurización y el dispositivo de recuperación de vapores de los productos generados en los sistemas de venteo.
 - e) En caso de utilizar alguna sustancia química o mezcla para el lavado o descontaminación de la unidad, indicar su nombre(s) químico su concentración y estado físico. Asimismo, describir el procedimiento de lavado o descontaminación incluyendo materiales y el equipo requerido para tal efecto.

- f) En caso de ser necesario para evitar riesgo por incompatibilidad, describir el procedimiento de secado y forma de realizarlo.
- g) Indicar las medidas precautorias de seguridad tales como: descargas eléctricas, estáticas, eliminación de remanentes o residuos en las paredes externas o internas del autotank, limpieza de válvulas y accesorios de medición.
- h) Se debe indicar las medidas que se tomarán para el control de los efluentes y salpicaduras, así como residuos sólidos provenientes del proceso de lavado o descontaminación, a fin de que sean convenientemente recolectados para que no se extiendan y se filtren en el subsuelo o provoquen cualquier afectación al medio ambiente y a la salud. Igualmente deberán cumplir con la regulación correspondiente (federal y estatal) en materia de manejo y disposición de residuos peligrosos industriales.

NOM-024-SCT2/2010

Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de ensayo (prueba) de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer las disposiciones generales y especificaciones que se deben cumplir para la construcción, reconstrucción y reacondicionamiento de los envases y/o embalajes, incluyendo los de socorro, que se utilizan para la transportación de sustancias, materiales y residuos peligrosos, así como los métodos de ensayo (prueba) a que deben ser sometidos.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- Disposiciones Generales de Envase y/o Embalaje: Estas disposiciones generales son aplicables para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de ensayo (prueba) de envases y/o embalajes para las diferentes clases de riesgo de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- Los envases y embalajes que contengan materiales o residuos peligrosos deben ser suficientemente sólidos para resistir los choques y cargas que se producen normalmente durante el transporte, en

específico en el transbordo entre distintas unidades de transporte; y entre las unidades de transporte y los depósitos de almacenamiento, así como el izado del pallet o sobreenvase y/o sobreembalaje para su posterior manipulación manual o mecánica.

- Las partes de los envases y/o embalajes que están en contacto directo con la sustancia, material o residuo peligroso:
 1. No deben ser afectadas o debilitadas en medida significativa por la sustancia química u otra acción.
 2. No deben causar efectos peligrosos, por ejemplo catalizando una reacción o reaccionando con las sustancias peligrosas.
- Las sustancias, materiales o residuos peligrosos no deben ser envasados en el mismo envase y/o embalaje externo con otras sustancias, materiales o residuos peligrosos, para evitar la posibilidad de que éstas reaccionen peligrosamente provocando:
 - a) Combustión y/o un fuerte desprendimiento de calor.
 - b) Desprendimiento de gases inflamables, tóxicos o asfixiantes.
 - c) La formación de sustancias corrosivas.
 - d) La formación de sustancias inestables.
- Los líquidos deben ser contenidos únicamente dentro de envases y/o embalajes que tengan una resistencia apropiada a la presión interna, que pueda desarrollarse bajo condiciones normales de transporte. Los envases y/o embalajes sometidos a la prueba de presión hidráulica y que ostenten el marcado correspondiente a dicha prueba, de acuerdo a lo precisado en la NOM-007-SCT2/2010, deben ser llenados únicamente con líquidos que tengan una presión de vapor tal que:
 - a) la presión manométrica en el envase y/o embalaje (ejemplo: la presión de vapor de la sustancia de llenado más la presión parcial del aire u otros gases inertes, sea menor de 100 kPa) a 55°C, determinado sobre la base de un grado máximo de llenado de acuerdo con el numeral 5.5 y una

temperatura de llenado de 15oC, no debe de exceder las dos terceras partes de la presión del ensayo (prueba) indicado, o

b) a 50°C sea inferior a cuatro/séptimos de la suma de la presión de ensayo (prueba) indicada en el envase y/o embalaje y de 100 kPa.

c) 55°C, sea inferior a dos/tercios de la suma de la presión de ensayo (prueba) indicada en el envase y/o embalaje y de 100 kPa.

- El tiempo de utilización admitido para el transporte de sustancias, materiales o residuos peligrosos es de cinco años, contados a partir de la fecha de fabricación para los bidones (tambores) y jerricanes (porrones) de plástico, teniendo en cuenta las sustancias a transportar.
- Los envases y/o embalajes dañados, con defectos o con derrames o no conformes, o las sustancias, materiales o residuos peligrosos que se han vertido o derramado, pueden transportarse en los envases y/o embalaje de socorro.

Especificaciones de Construcción y Reconstrucción para los Envases y/o Embalajes tales como:

Tabla 2.8. Especificaciones de Envases y Embalajes.

Tipo de Envase y/o Embalaje	Clave	Especificaciones
Bidones (tambores) de acero.	<p>A1 de tapa no desmontable.</p> <p>1A2 de tapa desmontable.</p>	<p>El cuerpo, la tapa y el fondo deben ser de lámina de acero de tipo y espesor adecuados a la capacidad del bidón (tambor) y al uso a que esté destinado.</p> <p>Las costuras del cuerpo de los bidones (tambores) destinados al transporte de más de 40 litros de líquido, deben estar soldadas. Las costuras del cuerpo de los bidones (tambores) destinados al transporte de sustancias sólidas o de volúmenes de líquido menores o iguales a 40 litros deben estar cerradas mecánicamente o soldadas.</p> <p>El cuerpo de los bidones (tambores) de una capacidad superior a los 60 litros, debe en general estar provisto de al menos dos aros alternos de rodadura formados por expansión</p>

Tipo de Envase y/o Embalaje	Clave	Especificaciones
Bidones (tambores) de aluminio.	1B1 de tapa no desmontable. 1B2 de tapa desmontable.	<p>El cuerpo, la tapa y el fondo deben estar hechos de aluminio de al menos 99% de pureza o de aleación de aluminio.</p> <p>Todas las costuras deben estar soldadas.</p> <p>El cuerpo de los bidones (tambores) de capacidad superior a 60 litros debe, en general estar provisto de al menos dos aros separados de rodadura formados por expansión.</p>
Bidones (tambores) de metales distintos al aluminio o al acero.	1N1 de tapa no desmontable. 1N2 de tapa desmontable.	<p>El cuerpo y la tapa serán de un metal o aleación metálica distintos del acero o del aluminio.</p> <p>Las costuras, si existen, deberán estar reforzadas mediante la aplicación de aros de refuerzo independientes.</p> <p>En general, el cuerpo de los bidones (tambores) de una capacidad superior a 60 litros, debe estar provisto por lo menos de dos aros de rodadura formados por expansión.</p>
Jerricanes (porrones) de acero o de aluminio.	3A1 de tapa no desmontable. 3A2 de tapa desmontable. 3B1 de aluminio de tapa no desmontable. 3B2 de aluminio de tapa desmontable.	<p>El cuerpo, la tapa y el fondo de los jerricanes (porrones) deben ser de chapa de acero o de aluminio puro al 99% o de una aleación a base de aluminio.</p> <p>Los rebordes de todos los jerricanes (porrones) de acero deben estar cerrados mecánicamente o soldados.</p> <p>La capacidad máxima de los jerricanes (porrones) será de 60 litros.</p>
Bidones (tambores) y Jerricanes (porrones) de plástico.	1H1 Bidones (tambores) de tapa no desmontable. 1H2 Bidones (tambores) de tapa desmontable. 3H1 Jerricanes (Porrones) de tapa no desmontable. 3H2 Jerricanes (Porrones) de tapa desmontable.	<p>El envase y/o embalaje debe ser de un plástico apropiado y tener una resistencia adecuada a su capacidad y al uso a que esté destinado.</p> <p>El periodo de uso permitido para el transporte de sustancias y materiales peligrosos, debe ser de cinco años a partir de la fecha de manufactura del envase y/o embalaje.</p>

Tipo de Envase y/o Embalaje	Clave	Especificaciones
Cajas de acero o de aluminio.	4A De acero. 4B De aluminio.	La resistencia del metal y la construcción de la caja deben ser adecuadas a la capacidad de ésta y al uso a que esté destinada. Las cajas deben estar forradas interiormente de cartón o fieltro como amortiguadores, cuando sea necesario, o deben estar provistas de forro o revestimientos interiores de material apropiado.

- Cada modelo de envase y/o embalaje debe someterse a los ensayos (pruebas) especificadas en este apartado, siguiendo los procedimientos establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y demás autoridades competentes. Cada modelo de envase y/o embalaje, antes de ser utilizado, debe haber superado los ensayos (pruebas).
- Los ensayos (pruebas) deben repetirse después de cada modificación, reconstrucción o reacondicionamiento que altere el diseño, material o modo de construcción de un envase y/o embalaje.
- La Secretaría de Comunicaciones y Transportes y demás autoridades competentes podrán a costa de los fabricantes, ordenar que se sometan a ensayos (pruebas) selectivas los envases y/o embalajes que no difieran más que en detalles mínimos de un modelo ya ensayado (aprobado); por ejemplo: los envases y/o embalajes que contengan envases y/o embalajes interiores más pequeños o envases y/o embalajes interiores de menor masa neta, así como los envases y/o embalajes tales como jerricanes (porrones), bidones (tambores), sacos (bolsas) y cajas que tengan una o varias dimensiones exteriores ligeramente menores.

Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG).

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo, establecer la clasificación y la clave de designación de los Recipientes Intermedios para Graneles (RIG), así como las especificaciones generales de construcción y pruebas, aprobación, certificación y marcado de los mismos y las disposiciones relativas a su utilización, para proteger las vías generales de comunicación y la seguridad de sus usuarios.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- RIG metálico es un cuerpo de metal, junto con el equipo de servicio y los elementos estructurales apropiados.
- Los RIG's flexibles son cuerpos construidos por una película, por un tejido o por algún otro material flexible, o por alguna combinación de materiales de ese tipo y, de ser necesario, un revestimiento interior o forro, junto con los equipos de servicio y los dispositivos de manipulación apropiados.
- Los RIG's de plástico rígido se entienden un cuerpo de plástico rígido, que puede estar provisto de elementos estructurales, a la vez que de equipos de servicio apropiados.
- Por RIG compuesto se entiende, un conjunto estructural constituido por un receptáculo exterior rígido, en el que va alojado un recipiente interior de plástico, comprendidos cualesquiera equipos de servicio o elementos estructurales, y construido de manera que, una vez montados, el recipiente interior y el receptáculo exterior constituyen -y como tal se utilizan- un todo integrado, que se llena, almacena, transporta y vacía como tal.
- Por RIG de cartón se entiende, un cuerpo construido con ese material, provisto o no de tapas separables en la parte superior y en la base y, si es necesario, de un forro interior (pero no de embalajes/envases interiores), así como de equipos de servicio y elementos estructurales apropiados.

- Por RIG de madera se entiende, un cuerpo rígido o desarmable construido con ese material, y provisto de un forro interior (pero no de embalajes/envases interiores) y de equipos de servicio y elementos estructurales apropiados.
- Las especificaciones de esta Norma son aplicables a los RIG's destinados al transporte de ciertas mercancías peligrosas. En ésta se establecen disposiciones generales relativas al transporte multimodal y no se formulan las especificaciones especiales que pueda requerir cada modo de transporte en particular.
- Los RIG's deben ser resistentes al deterioro que puede causar el medio ambiente exterior, o estar adecuadamente protegidos de éste.
- La construcción y los cierres de los RIG's deben ser tales, que no pueda producirse ninguna fuga o pérdida del contenido en las condiciones normales de transporte, especialmente por efecto de vibraciones, cambios de temperatura, humedad o presión.
- Todos los equipos de servicio estarán colocados o protegidos de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de escape del contenido en caso de que se produzca algún deterioro durante las operaciones de manipulación y transporte.
- Los RIG's, sus dispositivos de sujeción y sus equipos de servicio y estructurales serán diseñados de manera que resistan, sin pérdidas de contenido, la presión interna de éste y los esfuerzos resultantes de las operaciones normales de manipulación y transporte. Los RIG's que tengan que estibarse, estarán diseñados para este fin. Todos los elementos de los dispositivos de elevación y de sujeción tendrán resistencia suficiente para que no sufran grave deformación ni desperfecto en las condiciones normales de manipulación y transporte, y estarán colocados de manera que no se produzcan esfuerzos excesivos en ninguna de sus partes.
- Todos los RIG's deben superar las correspondientes pruebas de resistencia.
- Pruebas e inspección: los RIG's se fabricarán y someterán a pruebas con arreglo a un programa de garantía de calidad que satisfaga los requisitos de la dependencia, a fin de garantizar que todos y cada uno de ellos cumplan las prescripciones establecidas.

- Certificación: Con respecto a cada modelo de RIG se extenderá un certificado y se establecerá una marca con los que se ponga de manifiesto que el modelo, incluidos sus elementos satisface las prescripciones relativas a las pruebas.
- Inspección: Cada RIG metálico, de plástico rígido o compuesto será inspeccionado, en las condiciones que dicte la autoridad competente:
- Antes de ser puesto en servicio y, en lo sucesivo, a intervalos de no más de cinco años, a fin de verificar:
 - ◆ Su conformidad con el modelo, incluso por lo que se refiere al marcado.
 - ◆ Su estado interno y externo.
 - ◆ El correcto funcionamiento de los equipos de servicio.
- A intervalos de no más de dos años y medio, para verificar:
 - ◆ su estado externo
 - ◆ el correcto funcionamiento de los equipos de servicio

2.8 Normas de Documentación

NOM-005-SCT/2008

Información de Emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer los datos y especificaciones que debe contener la Información de Emergencia para el Transporte de Sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos, que indique las acciones a seguir para casos de incidente o accidente (fugas, derrames, explosiones, incendios, exposiciones, etc.), que debe llevar toda unidad de transporte, durante el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, en bolsa o carpeta-portafolios en un lugar accesible de la unidad, retirada de la carga.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están,

- La Hoja de Emergencia para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos debe contener los datos que se precisan a continuación:
 1. Razón social/dirección: Debe anotarse el nombre o razón social y dirección de la persona o compañía expedidora o embarcadora, (importador, proveedor, distribuidor, generador o embarcador).
 2. Teléfonos de emergencia y fax del expedidor: Debe anotarse el número telefónico de la compañía en territorio nacional a donde las autoridades o cualquier persona podrá llamar para dar aviso en caso de emergencia.
 3. Nombre del producto: Debe anotarse la designación oficial de transporte de la sustancia, material o residuo peligroso que se transporte, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT o en el listado de materiales peligrosos.
 4. Clasificación: Debe anotarse el número de la clase y división de riesgo del material, sustancia o residuo peligroso que se indica en la NOM-002-SCT.

5. Número UN del material: Debe anotarse el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, que se indica en la NOM-002-SCT.
6. Compañía transportadora: Debe anotarse el nombre o razón social de la compañía o propietario del transporte.
7. Teléfonos de emergencia: Debe anotarse el número telefónico y fax de la compañía transportadora, para dar aviso en casos de emergencia.
8. Estado físico: Debe indicarse el estado físico, su color y olor de la sustancia, material o residuo transportado.
9. Propiedades físico-químicas: Deben describirse de manera breve las más relevantes, de acuerdo a la sustancia, material o residuo, y al medio de transporte como: densidad, gravedad específica, temperatura (ebullición, fusión, inflamación y/o autoignición), pH, solubilidad en agua, límites de inflamabilidad o explosividad, presión de vapor y valor de límites máximos de exposición laboral y en caso de aplicar el valor de IPVS (Inmediatamente Peligrosos para la Vida y la Salud).
10. Teléfono del Sistema Nacional de Emergencia: Anotar el número telefónico del Sistema Nacional de Emergencia, de acuerdo a los teléfonos a continuación señalados. En caso de accidente o incidente debe darse aviso inmediato.
 - CENACOM: 01 800 00 41 300 sin costo y (55) 55 50 15 52, (55) 55 50 14 96 en la Cd. de México.
 - SETIQ: 018000021400 sin costo, y (55)55591588 en la Cd. de México.
 - COATEA:018007104943 sin costo y (55)26152045 y (55)54496391 en la Cd. de México.
 - Tratándose de materiales radiactivos:
 - CONASENUSA: 01 800 11 131 68 sin costo las 24 horas y (55) 50 95 32 00, Ext. 210 en la Ciudad de México.

- En caso de suscitarse un accidente en zonas aeroportuarias o dentro de su jurisdicción, se deberá cumplir con el artículo 180 del Reglamento de la Ley de Aviación Civil.
10. Equipo y Medios de Protección Personal: Debe anotarse el equipo de protección personal, específico para la substancia o material transportado y que debe llevar el conductor de la unidad de transporte de substancias, materiales o residuos peligrosos, y los medios que le permitan a los brigadistas tomar las primeras acciones de protección tales como: lentes de seguridad, guantes de hule, guantes de cuero, delantal de hule, botas de hule, mascarilla contra polvo, mascarilla contra gases, pala, cepillo, arena, etc., o algún otro tipo de equipo o material que se requiera para controlar el accidente o incidente. Para el caso de material radiactivo, se debe contar con equipo detector de radiación ionizante.
 12. Riesgos: Deben indicarse los posibles riesgos que se pueden presentar en un accidente durante la transportación, establecidos en los puntos del 14 al 22.
 13. Acciones: Se refiere a las acciones que deben tomarse de inmediato, tales como parar la unidad de transporte en un lugar lo más seguro posible, colocar señales de alerta para evitar accidentes a otros conductores, también se refiere a las acciones indicadas en los puntos 15, 17, 19, 21 y 23 para hacer frente a los riesgos indicados en los números 14, 16, 18, 20 y 22 de la citada Hoja de Emergencia.
 14. Intoxicación/exposición: Se refiere a los daños o lesiones que puede sufrir la persona que ingiere, inhala o tiene contacto físico con las substancias, materiales o residuos peligrosos, enfatizando aquellas acciones que no deben hacerse por razones de seguridad.
 15. Deben anotarse las primeras acciones que hay que tomar para proteger al personal afectado por daño o lesión causada por exposición, inhalación, contacto físico o ingestión de substancias, materiales o residuos peligrosos, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad.
 16. Contaminación: Se refiere a la alteración del medio ambiente causado por la liberación accidental de las substancias, materiales o residuos peligrosos.
 17. Se anotarán las acciones a realizar para minimizar los daños a la población y al medio ambiente.

18. Información médica. Se señalarán las medidas de atención primarias en caso de intoxicación y exposición, no contenidas en otras secciones de esta misma información. Asimismo se señalarán, en su caso, los antídotos específicos al respecto.
19. Se anotarán las indicaciones médicas sobre las medidas especiales que deben aplicarse en caso de intoxicaciones del personal por exposición, inhalación, contacto físico, radiación ionizante o ingestión, de las sustancias, materiales o residuos peligrosos, antídoto en caso de existir y contraindicaciones. Así como datos sobre algunas posibles complicaciones posteriores o advertencias al personal médico y recomendaciones para tratamiento hospitalario.
20. Escapes, fugas y derrames: Se refiere a los riesgos que representa la liberación accidental de las sustancias, materiales o residuos peligrosos en cualquier estado sólido, líquido o gaseoso.
21. Se anotarán las acciones a realizar para minimizar los efectos de dichos derrames y las distancias de aislamiento y evacuación inicial de las zonas aledañas al accidente, así como técnicas de recuperación del material derramado, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad.
22. Fuego/explosión: Se describirán brevemente las condiciones y riesgos que pueden ocurrir cuando la sustancia, material o residuo peligroso se incendie y su comportamiento bajo condiciones de fuego, así como, enfatizando aquello que no debe hacerse por razones de seguridad e indicando el área de aislamiento y evacuación.
23. Se anotarán las acciones a realizar para prevenir que la sustancia, material o residuo peligroso, entre en contacto con fuego o fuentes de calor, así como el equipo de protección requerido y el procedimiento y las precauciones especiales que se deban tener para el combate de incendio, enfatizando lo que no debe hacerse por razones de seguridad.
24. Al final del formato debe llevar el nombre y firma de la persona responsable de requisitar la información (expedidor), puesto dentro de la empresa y teléfonos.
25. Se requiere que la Hoja de Emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, sea requisitada en su totalidad para hacer uso de ella en caso necesario. Su adecuado llenado es responsabilidad de la compañía propietaria del material transportado.

- Si no se lleva la información contenida en el formato anterior, se debe contar con la “Guía de Respuesta en Caso de Emergencia”, la cual comprende:
 1. Precauciones de seguridad.
 2. A quién llamar para ayuda en Canadá, Estados Unidos y México.
 3. Tabla de carteles y guías de respuesta inicial para usarse en el lugar.
 4. Índice numérico de acuerdo al asignado por la Organización de las Naciones Unidas.
 5. Índice alfabético, indicando el número de guía y el número asignado por la Organización de las Naciones Unidas de la sustancia o material peligroso.
 6. Guía de respuesta.
 - a. Peligros potenciales, incendio o explosión y a la salud.
 - b. Seguridad pública, ropa protectora y evacuación.
 - c. Respuesta de emergencia, fuego, derrame o fuga y primeros auxilios.
 7. Tabla de distancias de aislamiento inicial y acción protectora.
 8. Lista de materiales peligrosos reactivos al agua y número de guía de respuesta correspondiente,
y
 9. Glosario de términos.

NOM-043-SCT2/2003

Documento de embarque de substancias, materiales y residuos peligrosos

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer la información fundamental que debe contener el Documento de Embarque, relativa a la designación oficial de transporte, identificación de las substancias, materiales y residuos peligrosos, los riesgos de éstos y las declaraciones que el expedidor realice para su transportación.

Entre los puntos más importantes que se manejan en esta norma están:

- El expedidor que presente substancias, materiales y residuos peligrosos para su transporte, deberá describirlas en un Documento de Embarque y facilitar toda la información y documentación que especifique las características de las mismas.
- El Documento de Embarque debe contener la información correcta, indispensable y necesaria para identificar las substancias, materiales y residuos peligrosos. En él, se describirán las mismas, pudiendo utilizar hojas complementarias que contengan toda la información requerida y todas habrán de enumerarse consecutivamente, a fin de que su identificación sea fácil, visible y duradera. El Documento debe llevar los nombres y direcciones del fabricante, expedidor o generador, transportista y destinatario, así como la fecha de expedición y demás información señalada en esta Norma y contener los siguientes datos:

Tabla 2.9. Ejemplo de Documento de Embarque de sustancias, Materiales y Residuos Peligrosos.

1. Expedidor		2. Número del Documento de Embarque _____			
		3. Página 1 ___ de ___-Páginas			
		4. Referencia del expedidor _____			
		5. Referencia del reexpedidor o embarcador de la carga _____			
6. Destinatario		7. Porteador/Transportista (debe llenarlo el porteador/transportista)			
		DECLARACION DEL EXPEDIDOR. Por la presente declaro que los contenidos de este embarque están descritos más abajo en forma completa y exacta, con la designación oficial de transporte, y están correctamente clasificados, envasados y/o embalados, marcados y etiquetados, e identificados y en todos los aspectos en condiciones adecuadas para su transporte, de conformidad con la Reglamentación Nacional aplicable.			
8. Esta expedición se atiene a las restricciones impuestas para: (táchese lo que no proceda) AERONAVE DE AERONAVE SOLO PASAJE Y CARGA DE CARGA		9. Prescripciones adicionales de manejo de carga			
10. Buque/vuelo No. y fecha		11. Puerto/lugar de carga			
12. Puerto/lugar de descarga		13. Destino			
14. Marcas de transporte		Número y tipo de	Descripción oficial	Peso bruto	Peso neto Volumen
		envase/embalaje	de las mercancías	(kg)	(kg) (m3)
15. Número de identificación del contenedor/número de placas de la Unidad		16. Número(s) del (de los) sellos(s)	17. Tipo y dimensiones de la Unidad	18. Tara (kg)	19. Peso bruto total (tara incluida) (kg)
CERTIFICADO DE CARGA DEL CONTENEDOR Declaro que las mercancías descritas más arriba han sido cargadas en el contenedor de conformidad con la Reglamentación para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, así como con la Regulación Internacional. POR CADA CARGA DEL CONTENEDOR, LA PERSONA RESPONSABLE DE LA CARGA HA DE LLENAR Y FIRMAR EN ESTA SECCION.			20. Nombre de la Compañía		
			Nombre y cargo del declarante		
			Lugar y fecha		
			Firma del declarante		
21. RECIBO DE LA ORGANIZACION RECEPTORA Se ha recibido el número arriba indicado de envase/embalaje/contenedores/remolques, que parecen estar en buen estado. (En el caso contrario, indíquese en este espacio. OBSERVACIONES DE LA ORGANIZACION RECEPTORA		Nombre del transportista		22. Nombre de la compañía (O DEL EXPEDIDOR QUE HACE LA NOTA)	
		Número de matrícula del vehículo			
		Lugar y fecha		Nombre y cargo del declarante	
		FIRMA DEL RESPONSABLE DE LA UNIDAD		Lugar y fecha	
		Nombre del transportista			
				Firma del declarante	

Capítulo 3. Diseño de Autotanques

3.1 Pasos Generales para el Diseño de Autotanques

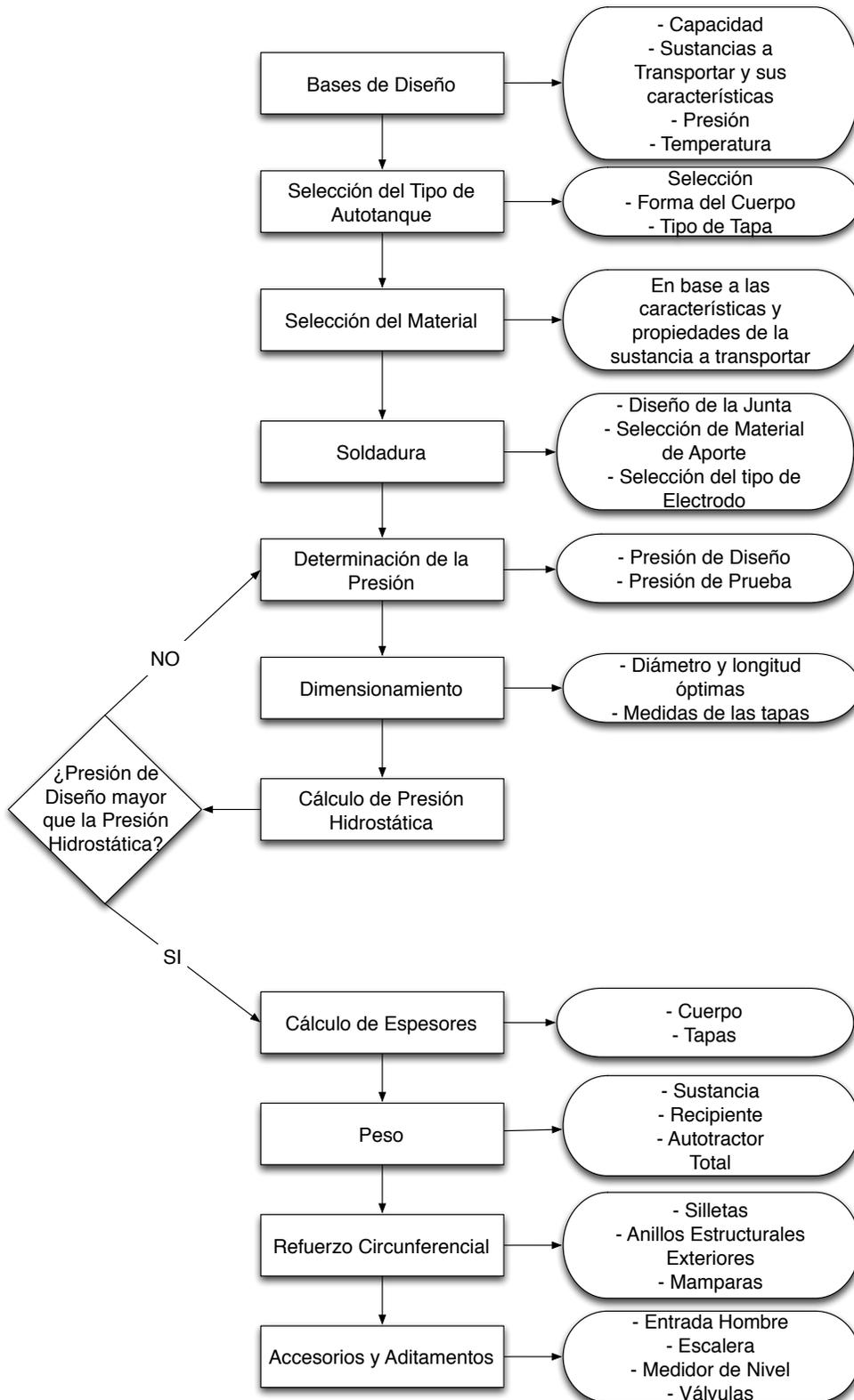


Diagrama 3.1. Metodología para el diseño de Autotanques

3.2 Diseño de Autotanque para el transporte de Ácido Sulfúrico

3.2.1 Bases de Diseño

Sustancia a Transportar: Ácido Sulfúrico al 98%

Propiedades de Sustancia:

- Estado de Agregación: Líquido
- Apariencia: Líquido Incoloro
- Densidad: 1.8 g/cm³
- Viscosidad: 21 cp @ 25°C
- Peso Molecular: 98.09 g/mol
- Punto de Fusión: 283K
- Punto de Ebullición: 610K
- Acidez: 1.99 pKa

Volumen a Transportar: 20,000 lt.

3.2.2 Tipo de Recipiente

Forma de Cuerpo

El ácido sulfúrico es una sustancia química que se transporta de un punto a otro sin realizar ninguna distribución en diferentes laboratorios o fábricas (para esto se recurre ya a envases de diferentes capacidades). Esto nos asegura que la capacidad del recipiente siempre será del 85% por lo que se puede elegir un cuerpo de forma cilíndrica.

Forma de Tapas

El ácido sulfúrico es una sustancia química peligrosa que, debido a su presión de vapor (5.801×10^{-3} lb/in²) a condiciones de presión y temperatura atmosférica se mantendrá líquido. Siguiendo las consideraciones hechas en el capítulo 1.3.2 se escoge una tapa semielíptica.

3.2.3 Material del Recipiente

El ácido sulfúrico es muy corrosivo para la mayoría de los metales cuando se encuentra en el intervalo de concentración de 65 a 80%. En la mayoría de los casos, la velocidad de corrosión se incrementa a medida que aumenta la temperatura. El ácido cambia de ser un agente reductor a ser un agente oxidante a concentraciones entre 65 y 85%, dependiendo de la temperatura.

Para el ácido sulfúrico lo más indicado es utilizar acero inoxidable.

Siguiendo las consideraciones hechas en el capítulo 1.3.3 se escogió el material 316L. Esto aplica para el cuerpo del recipiente, tapas y mamparas (en el caso que se requieran).

3.2.4 Soldadura

Soldadura para Acero Inoxidable 316

Al elegir el tipo de soldadura se debe tener en cuenta el esfuerzo permisible que se basa en el límite elástico del material, en vez de la resistencia última, si la carga es la misma se puede utilizar el mismo esfuerzo en el material de aporte con diferentes tipos de junta.

Para la construcción del recipiente todas las juntas entre el cuerpo del recipiente, cabezas mamparas, rompeolas y refuerzos deben ser soldados de acuerdo a lo establecido en la NOM-020-SCT2/1995 en el apartado 5.1.3 Uniones.

Las partes del recipiente que requieren soldadura son las siguientes:

- Cuerpo del recipiente
- Tapas del recipiente
- Silletas
- Chasis

El recipiente va a ser construido con soldadura de Acero Inoxidable 316L o Electrodo 316L ya que esta se recomienda usar donde el equipo está expuesto a altos niveles de corrosión.

Este electrodo contiene molibdeno lo que da más resistencia a las picaduras por corrosión en presencia de ácidos sulfurosos en diferentes concentraciones, así como puede aplicarse a bajos amperajes lo que

ayuda a obtener un mejor depósito. Este electrodo tiene una resistencia a la tensión de 90,000 libras/pulg² = 6,327 kg/cm² man.

Este diseño requiere dos tipos de soldadura que son soldadura a tope y soldadura de filete por lo que se requiere:

- Penetración completa
- Tensión generada en las juntas en forma normal al área efectiva de la soldadura.

Los baffles serán soldados al cuerpo por las pestañas.

Las silletas son un elemento estructural muy importante ya que estas son la unión del recipiente al chasis. La parte inferior del cuerpo del recipiente irá soldado a la parte superior de la silleta.

3.2.5 Presión

Para determinar la presión de operación es necesario considerar la presión de vapor de la sustancia química que se va a transportar en este caso es Ácido Sulfúrico el cual tiene una presión de vapor de 5.801×10^{-3} lb/in² a la temperatura y presión atmosférica la cual comparada con la presión en la Ciudad de México es demasiado pequeña, por lo que utilizaremos como presión de trabajo 14.696 lb/plg² = 1.033Kg/cm².

Se recomienda diseñar los recipientes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño (P_d) de 25 lb/plg² o 20% más que la presión de trabajo (P_{op}), la que sea mayor. Considerando esto,

$$P_d = 1.2P_{op}$$

$$P_d = 1.2 \left(14.696 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$$

$$P_d = 17.6352 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

Es mayor la de 25 lb/plg² por lo que será esta la que se utilizará a partir de ahora para el diseño.

Otra consideración a hacerse es: la presión de diseño debe ser mayor que la presión hidrostática en el fondo del recipiente y la presión hidrostática debida al movimiento del líquido contenido en el recipiente. La fórmula para calcular esta presión hidrostática total es,

$$P_{HTotal} = P_{HFondo} + P_{HParedes}$$

$$P_{HTotal} = \rho g h + \rho a_y y$$

Donde:

P_H = presión hidrostática [N/m²]

ρ = densidad del ácido sulfúrico [Kg/m³]

g = aceleración debido a la gravedad [m/seg²]

h = nivel máximo del líquido [m]

a_y = aceleración lateral debido a movimiento del vehículo [m/seg²]

y = nivel del líquido [m]

Aún no sabemos las medidas del recipiente por lo que es imposible hacer esta comparación de las presiones. Hace falta conocer la altura a la que llegará el nivel máximo del líquido para realizar este cálculo.

3.2.6 Dimensionamiento

Para dimensionar el recipiente se toma en cuenta que debe estar conformado por tres partes. El cuerpo y las dos cabezas. Si se separan se tienen tres formas regulares: un cilindro y dos tapas semielípticas en una relación 2:1 (es decir, el largo de la tapa es dos veces más grande que el ancho) tal y como está representado en las figuras 3.1 y 3.2.

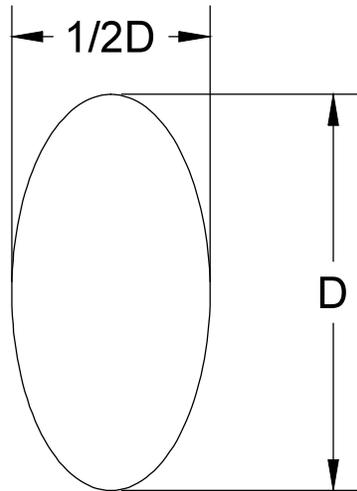


Figura 3.1. Relación de dos tapas semielípticas unidas en una sola elipse

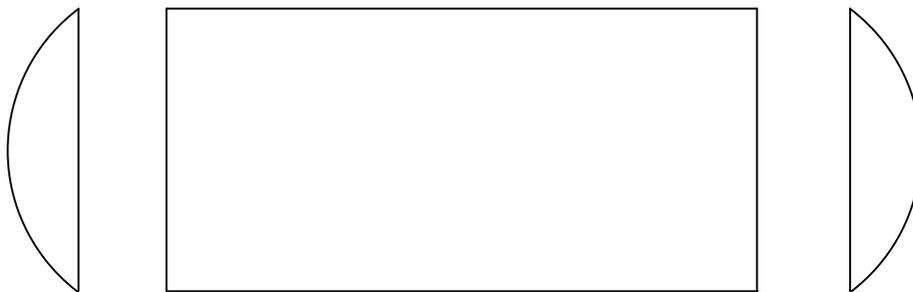


Figura 3.2. Arreglo de un Recipiente

El primer paso es determinar un diámetro óptimo para el recipiente. Para esto se utiliza la siguiente ecuación,

$$F = \frac{P}{CSE}$$

Donde:

F = Factor de Cálculo P = Presión de Diseño [lb/pulg²] C = Margen por Corrosión [pulg]

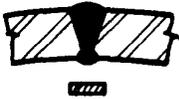
S = Valor del Esfuerzo del Material [lb/pulg²] E = Eficiencia de la Junta

El margen por corrosión para el acero inoxidable 316L es de 0.05 plg. por año. El valor del Esfuerzo del Acero Inoxidable es de 30,000 lb/plg².

El volumen requerido es de 20,000 litros. Sin embargo hay que considerar que un autotanque jamás deberá ser llenado arriba del 85% de capacidad por lo que a partir de aquí, el diseño se hará para un volumen del 15% más. del requerido Es decir 23,000 litros = 812.23 ft³.

La eficiencia de la junta depende mucho del tipo de la soldadura y del método que se utilizará para su inspección. En la tabla 3.1 se muestra una tabla² con los diferentes valores.

Tabla 3.1. Eficiencias de la Junta

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E		
		Cuando la junta es:		
TIPOS NORMA UW-12		a.	b.	c.
		Radiografiada totalmente	Examinada por zonas	No Examinada
1	 <p> Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura. </p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p> Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar En juntas circunferenciales únicamente </p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p> Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo </p>	—	—	0.60
4	 <p> Junta a traslape de doble filete completo </p>	—	—	0.55
5	 <p> Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón </p>	—	—	0.50
6	 <p> Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón </p>	—	—	0.45

² MEGYESY, EUGENE F. “Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo”. Editorial Limusa, México, 1989. Pag. 142

En base a esta tabla se escoge una eficiencia de la junta de 0.85 tomando en cuenta que los recipientes son soldados utilizando doble cordón de soldadura tal y como lo muestra la figura 1 de la tabla 3.1 y la evaluación de la junta se hará mediante radiografiado. Con estos valores se procede a determinar el factor de cálculo,

$$F = \frac{P}{CSE} = \frac{25 \text{ lb/plg}^2}{(0.05 \text{ plg})(30000 \text{ lb/plg}^2)(0.85)}$$

$$F = 0.0196$$

Utilizando el volumen y el factor de cálculo se va al siguiente gráfico³ para determinar el diámetro óptimo del recipiente,

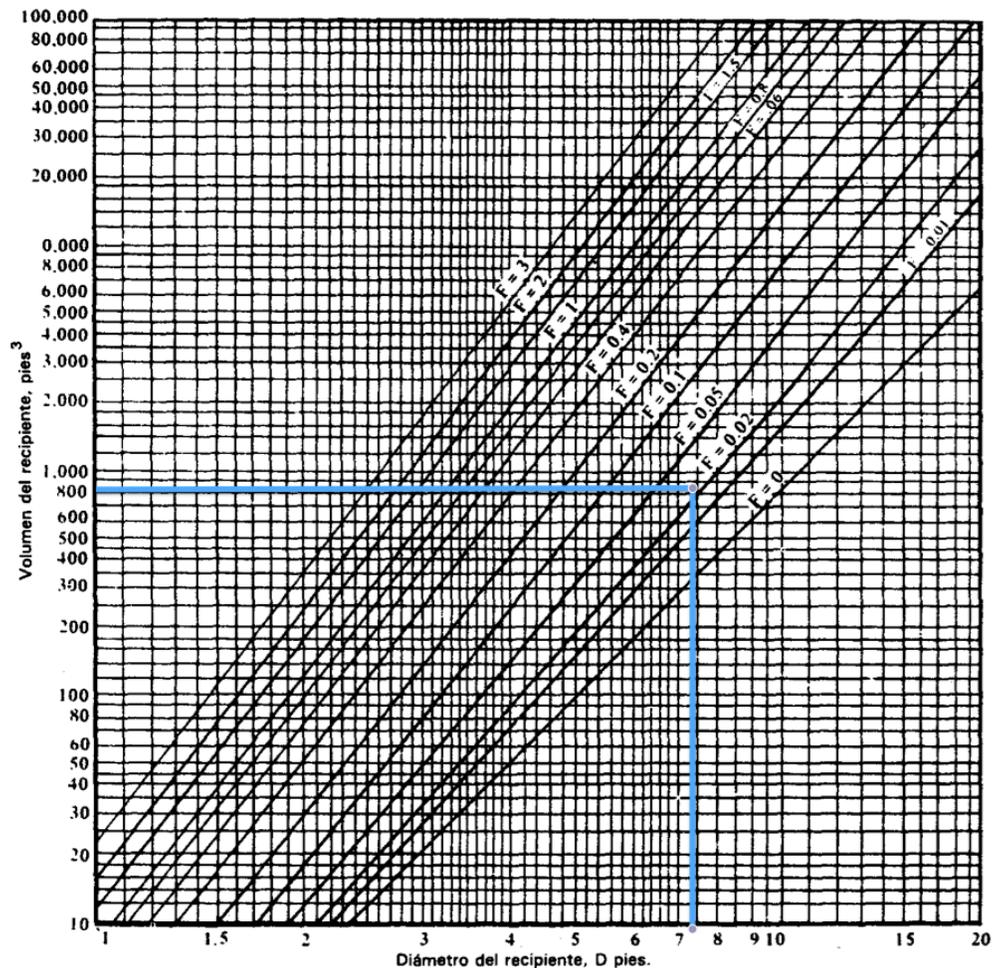


Diagrama 3.2. Gráfico que relaciona el volumen del recipiente con su diámetro.

³ MEGYESY, EUGENE F. “Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo”. Editorial Limusa, México, 1989. Pag. 265

El diámetro óptimo, según este método es de $7.4 \text{ ft} = 2.25 \text{ m} \approx 2.3 \text{ m}$.

Después calculamos el volumen almacenado en las tapas. La fórmula para saber el volumen que hay en cada una de las tapas Semi-elípticas 2:1 es,

$$V_{\text{cabeza}} = \frac{\pi D^3}{24}$$

$$V_{\text{cabeza}} = \frac{\pi (2.3\text{m})^3}{24}$$

$$V_{\text{cabeza}} = 1.5926\text{m}^3$$

Son dos tapas:

$$V_{\text{cabeza}} = 1.5926\text{m}^3$$

$$V_{2\text{cabezas}} = 3.1853\text{m}^3$$

$$V_{\text{Total}} = V_{2\text{Cabezas}} + V_{\text{Cuerpo}}$$

El volumen que debe almacenarse en la parte cilíndrica,

$$23\text{m}^3 = 3.1853\text{m}^3 + V_{\text{Cuerpo}}$$

$$V_{\text{Cuerpo}} = 19.8146\text{m}^3$$

Para saber la longitud del cuerpo se utiliza la siguiente ecuación,

$$V_{\text{Cuerpo}} = (A_{\text{Círculo}})(L)$$

Donde:

V = volumen

A = área

L = longitud

Despejando la longitud tenemos,

$$L = \frac{V_{Cuerpo}}{A_{Circulo}} = \frac{V_{Cuerpo}}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{19.8146m^3}{\left(\frac{\pi(2.3m)^2}{4}\right)}$$

$$L = 4.7691m$$

Como se ha mencionado, las tapas elegidas son semielípticas 2:1, esto significa que el radio mayor es dos veces más grande que el semieje menor de la elipse que conforma las dos tapas tal y como se muestra en la figura 3.3.

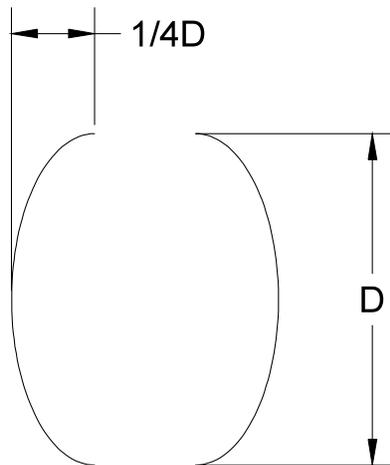


Figura 3.3. Relación de dos tapas semielípticas 2:1 separadas

Las dimensiones del recipiente están indicadas en la figura 3.4.

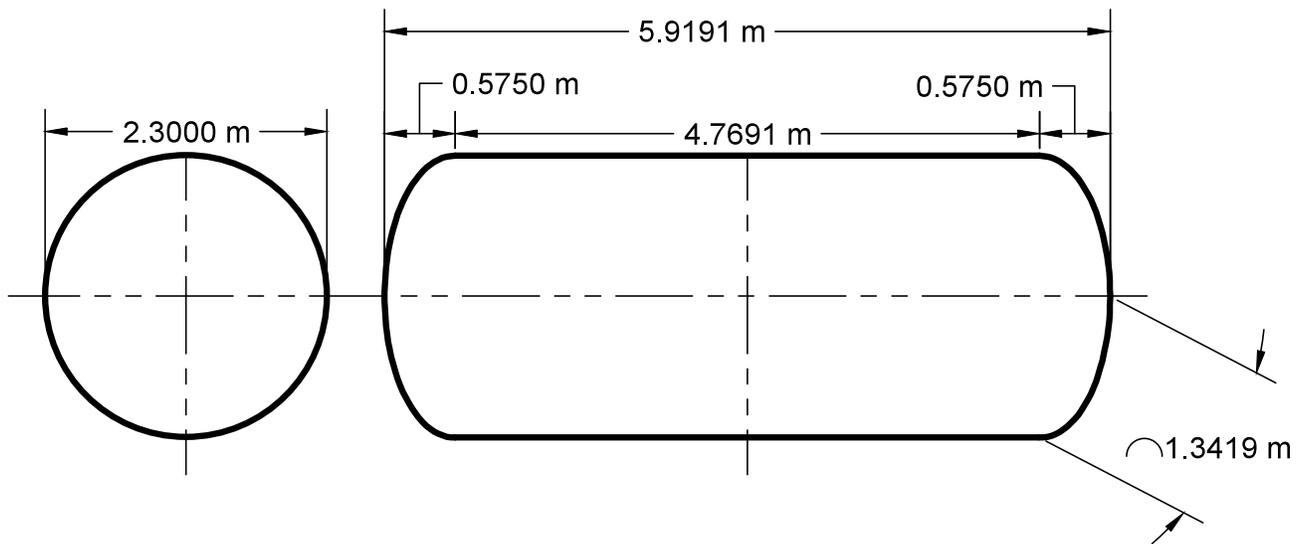


Figura 3.4. Dimensiones calculadas del recipiente diseñado

3.2.7 Presión Hidrostática

Teniendo las dimensiones del recipiente podemos calcular el nivel máximo del líquido cuando el autotank se cargue a su capacidad máxima del 85%. Esto se hace con el propósito de poder calcular la presión hidrostática y poder compararla con la presión de diseño de 17.63 lb/plg².

Entre las consideraciones necesarias está el hecho que al 85% de capacidad hay 20m³ de ácido sulfúrico. Además,

$$V_T = V_{cilindro} + V_{Tapas}$$

Para calcular volúmenes de cada una de las partes del auto tanque (cilindro y tapas) se utiliza un coeficiente Z_c definido como,

$$Z_c = H/D$$

Donde,

H=altura del nivel del líquido

D=diámetro total

La función de Zc está basada en el ángulo que se forma entre la “línea” que forma el nivel del líquido y el centro del círculo (forma del recipiente). Valores de f(Zc) están expuestos en la tabla 3.2

Por lo que la fórmula de volumen queda expresada en los siguientes términos,

$$V_T = V_{cilindro} + V_{Tapas} = \frac{\pi D^2}{4} L * f(Zc)_{Cilindro} + \frac{\pi D^3}{12} * f(Zc)_{Tapas}$$

Sabremos el factor correcto en el momento que se iguale la ecuación. A continuación se muestra una tabla con todos los cálculos hechos,

Tabla 3.2. Tabla de Cálculo desarrollada para conocer el valor Zc del recipiente

Zc	f(Zc) Cilindro	f(Zc) Tapas	V cilindro	V tapas	V total
0.8	0.857622	0.896	16.99334643	2.854047258	19.84739369
0.801	0.858639	0.896958	17.01349777	2.857098795	19.87059656
0.802	0.859655	0.897913	17.0336293	2.860140776	19.89377007
0.803	0.860668	0.898864	17.05370138	2.863170016	19.91687139
0.804	0.86168	0.899811	17.07375365	2.866186514	19.93994016
0.805	0.86269	0.900755	17.09376629	2.869193457	19.96295974
0.806	0.863698	0.901695	17.1137393	2.872187658	19.98592696
0.807	0.864704	0.902631	17.13367268	2.875169118	20.0088418
0.808	0.865708	0.903564	17.15356643	2.878141023	20.03170745
0.809	0.866709	0.904493	17.17340074	2.881100185	20.05450093
0.81	0.86771	0.905418	17.19323505	2.884046607	20.07728166

Por lo que el nivel máximo al que llegará el líquido a una capacidad del 85% es de,

$$H=0.807D$$

$$H=0.807(2.3m)$$

$$H=1.8561m$$

Con esto podemos regresar al cálculo de la presión hidrostática.

$$P_{HTotal} = \rho gh + \rho a_y y$$

La densidad del ácido sulfúrico a transportar es de $1.8 \text{ g/cm}^3 = 1800 \text{ Kg/m}^3$

El nivel máximo del líquido es de 1.8561 m.

La especificación DOT 412 menciona que la aceleración recomendada a utilizar debido al movimiento del vehículo es de 1/4 la aceleración de la gravedad (0.25g).

El nivel del líquido en el eje de las x (de forma horizontal) es igual al diámetro del recipiente 2.3 m

Sustituyendo,

$$P_{HTotal} = \rho gh + \rho a_y y = (1800 \text{ Kg/m}^3) \left(9.81 \text{ m/seg}^2 \right) (1.8561m) + (1800 \text{ Kg/m}^3) \left(0.25 * 9.81 \text{ m/seg}^2 \right) (2.3m)$$

$$P_{HTotal} = 42928.3638 \text{ N/m}^2$$

$$P_{HTotal} = 6.22623 \text{ lb/plg}^2$$

La presión de diseño sugerida (17.63 lb/plg^2) es mayor que la presión de vapor de la sustancia y de la presión hidrostática que se ejercerá en el fondo y paredes laterales por lo que se aceptan las dimensiones y la presión.

3.2.8 Cálculo de Espesores

La fórmula para el cálculo de los espesores en el cuerpo es,

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P}$$

Donde,

t = espesor [=] plg.

P = presión [=] lb/plg²

R = radio exterior [=] plg

S = esfuerzo del material [=] lb/plg²

E = Eficiencia de la Junta

Sustituyendo,

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P} = \frac{(25 \text{ lb/plg}^2)(45.275 \text{ plg})}{(30000 \text{ lb/plg}^2)(0.85) + (0.4)(25 \text{ lb/plg}^2)}$$
$$t = 0.0443 \text{ plg}$$

A esto se le suma la corrosión permitida por año,

$$t = 0.0443 \text{ plg} + 0.03 \text{ plg}$$

$$t = 0.0743 \text{ plg}$$

Para las tapas, la fórmula es,

$$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P}$$

Donde,

t = espesor [=] plg.

P = presión [=] lb/plg²

D = diámetro exterior [=] plg

S = esfuerzo del material [=] lb/plg²

E = Eficiencia de la Junta

Sustituyendo,

$$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P} = \frac{(25 \text{ lb/plg}^2)(86.614 \text{ plg})}{(2)(30000 \text{ lb/plg}^2)(0.85) + (1.8)(25 \text{ lb/plg}^2)}$$
$$t = 0.042 \text{ plg}$$

A esto se le suma la corrosión permitida por año,

$$t = 0.042 \text{ plg} + 0.03 \text{ plg}$$

$$t = 0.072 \text{ plg}$$

Comercialmente, el espesor mínimo de la placa es de 1/16 de pulgada, por tanto para el cuerpo como para las tapas, se usará este espesor al ser mayor al calculado.

Espesor de cuerpo y cabezas = 1/16 plg

3.2.9 Peso

Es necesario calcular el peso total del autotank para asegurar que cumple con las normas establecidas. El autotank está conformado por:

- 1 Lámina de acero inoxidable para el cuerpo del recipiente
- 2 Láminas de Acero Inoxidable para las tapas
- Tractocamión y soporte
- Entrada Hombre
- Accesorios

Se suele utilizar unos datos proporcionados por la norma estadounidense “U.S. Standar Gauge for sheet and plate iron and steel” de la sección 15 USC § 206. Se muestran los datos en la tabla 3.3⁴

⁴ MEGYESY, EUGENE F. “Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo”. Editorial Limusa, México, 1989. Página 385.

Tabla 3.3. Peso de Acero Inoxidable por pulgada cuadrada de Superficie

NO. CALIBRE	EQUIVALENTE PLG.	LB/PLG ²
3	0.2391	10.000
4	0.2241	9.375
5	0.2092	8.75
6	0.1943	8.125
7	0.1793	7.5
8	0.1644	6.875
9	0.1495	6.25
10	0.1345	5.625
11	0.1196	5
12	0.1046	4.375
13	0.0897	3.75
14	0.0747	3.125
15	0.0673	2.8125
16	0.0598	2.5
17	0.0538	2.25
18	0.0478	2
19	0.0418	1.75
20	0.0359	1.5

NO. CALIBRE	EQUIVALENTE PLG.	LB/PLG ²
21	0.0329	1.375
22	0.0299	1.25
23	0.0269	1.125
24	0.0239	1
25	0.0209	0.875
26	0.0179	0.75
27	0.0164	0.6875
28	0.0149	0.625
29	0.0135	0.5625
30	0.012	0.5
31	0.0105	0.4375
32	0.0097	0.40625
33	0.009	0.375
34	0.0082	0.34375
35	0.0075	0.3125
36	0.0067	0.28125
37	0.0064	0.26562
38	0.006	0.25

Necesitamos saber el área del cuerpo.

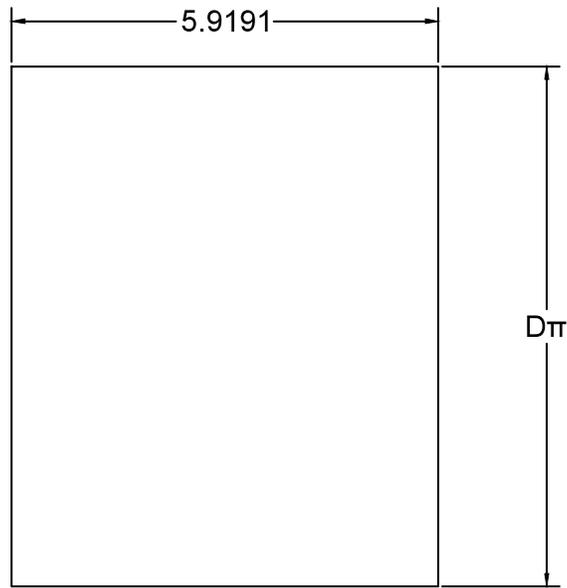


Figura 3.5. Representación del Cuerpo del Recipiente de forma extendida.

Un lado está determinado por el perímetro del círculo viéndolo de forma transversal. Por lo que,

$$P = d\pi = (2.3m)\pi$$

$$P = 7.22566m$$

La superficie total del cuerpo del recipiente es,

$$A = (5.9191m)(7.2256m) = 42.769m^2 = 460.3622ft^2$$

Para calcular el área de las tapas hay que considerar que juntas forman un esferoide, como se muestra en la siguiente figura,

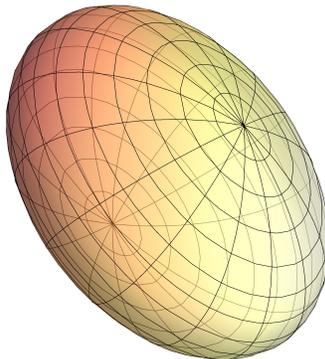


Figura 3.6. Forma de una Esferoide

El área de la superficie de la esferoide se calcula con la siguiente ecuación,

$$A = 2\pi \left[\frac{b^2 \tanh^{-1} \left(\sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \right)}{\sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}} + a^2 \right]$$

Donde,

A = área de la tapa

a = radio situado en el eje de coordenadas x y y

b = radio situado en el eje de coordenadas z

El semieje a es igual al diámetro del recipiente menos el espesor de la placa. Por el momento, podemos despreciar el espesor por ser sumamente delgado.

$$a = 2.3m$$

El semieje b es igual a la distancia que hay entre la base del cuerpo del recipiente y la punta de la tapa.

Como ya se vio, esta distancia, en una tapa semielíptica 2:1 es igual a 1/4 del diámetro. Sin embargo, la superficie que se calculará es la de la esferoide completa, no sólo de la mitad. Por esta razón,

$$b = 1/2D = 1/2(2.3m) = 1.15m$$

Conociendo estos valores, podemos sustituir,

$$A = 2\pi \left[\frac{b^2 \tanh^{-1} \left(\sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \right)}{\sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}} + a^2 \right] = 2\pi \left[\frac{(1.15m)^2 \tanh^{-1} \left(\sqrt{1 - \frac{(1.15m)^2}{(2.3m)^2}} \right)}{\sqrt{1 - \frac{(1.15m)^2}{(2.3m)^2}}} + (2.3m)^2 \right]$$

$$A = 45.87m^2 = 493.74ft^2$$

El espesor tanto del cuerpo como de las tapas es de 1/16 plg. Esto es un calibre de 15. Conociendo esto y basándonos en la tabla 3.3 podemos calcular el peso del recipiente,

$$W = (A_{Cuerpo} + A_{Tapas}) * (W_{por\ ft^2})$$

$$W = (460.3622\ ft^2 + 493.74\ ft^2) (2.8125\ lb/ft^2) = 2,683.4124\ lb = 1,217.1753\ Kg$$

$$W = 1.217\ Ton$$

Para cubrir excedentes de peso con que se surte el material dentro de tolerancias de fabricación, el peso de soldaduras y el peso de accesorios se suele agregar un 10% al peso total por lo que,

$$W = 1.339\ Ton.$$

Para conocer el peso de la entrada hombre se utiliza la tabla 3.4⁵

Tabla 3.4. Peso de Entradas Hombre considerando su Tamaño y Presión Máxima

Tamaño	PRESIÓN				
	150	300	600	900	1500
3	25	41	60	77	118
4	42	67	101	129	178
6	71	120	206	268	384
8	110	191	314	457	682
10	165	272	516	665	1127
12	245	404	660	963	1695
14	296	521	893	1269	
16	440	800	1300	1600	3510
18	540	1000	1600	2250	4460
20	700	1200	2100	2800	5700
24	1000	1885	2990	5140	9350

El tamaño de la brida es de 508mm = 20 plg. y puesto que el recipiente está diseñado para una presión atmosférica, se utiliza aquella con la menor presión máxima (150 lb/in²).

El peso señalado es de 700 lb = 317.51 Kg.

Para estas estimaciones se suele utilizar un valor de 6 toneladas para el peso del tractocamión.

⁵ MEGYESY, EUGENE F. "Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo". Editorial Limusa, México, 1989. Página 399.

Realizando la suma de todos los componentes tenemos,

Tabla 3.5. Pesos a Considerar del autotankue

Recipiente	1.217 ton
Excedente	0.121 ton
Entrada Hombre	0.317 ton
TractoCamión	6 ton
Total Vehículo	7.655 ton
Sustancia	36 ton

Como podemos apreciar, debido a la alta densidad del ácido sulfúrico, el vehículo pesará aproximadamente 43.655 toneladas cuando viaje lleno. Para poder circular con este peso, las normas mexicanas señalan que se debe utilizar un recipiente con 3 ejes en el tractocamión y 2 ejes en el autotankue.

3.2.10 Refuerzo Circunferencial

El uso de silletas es necesario puesto que es la estructura mecánica que soporta al recipiente y la cual es la unión (soldada) entre el chasis y la base del recipiente.

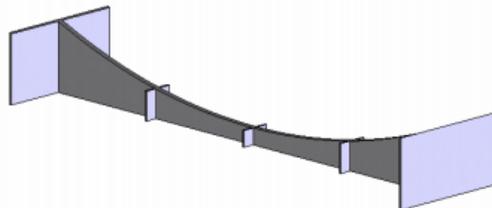


Figura 3.7. Esquema de Silleta

Generalmente se prefiere el utilizar dos silletas como máximo en los recipientes horizontales fijos. En el caso de Autotankues es posible llegar a utilizar más puesto que hay que considerar que las silletas no solo soportan el peso como en el caso de un recipiente fijo sino que además mantienen unido el recipiente del chasis. Los esfuerzos son mayores. A las silletas van unidas anillos circunferenciales que tienen de función el reforzar la estructura del recipiente.

Los pasos a seguir para determinar el número de anillos (y por lo mismo, de silletas) es el siguiente,

1. Se considera que la silleta tiene la forma mostrada en la figura 3.8.

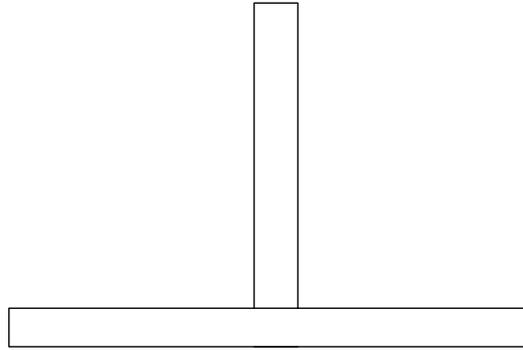


Figura 3.8. Esquema de anillo atiesador

La figura 3.8 es la vista lateral de la silleta. El rectángulo inferior representa el área soldada al chasis y el recuadro posterior representa el anillo.

2. Se determina el ancho eficaz del caso que resiste el momento flexionante circunferencial mediante la fórmula

$$A_E = 0.78\sqrt{Rd_1}$$

Donde:

R = radio del recipiente

d_1 = espesor cuerpo de silleta

De igual forma se determina el espesor de la estructura (generalmente 0.5 plg.) y el largo efectivo del anillo (generalmente 6 plg.)

3. Se calcula el área transversal de los rectángulos.
4. Determinar los centros de gravedad de cada estructura y multiplicar el área por la distancia que hay de la base a cada centro de gravedad (y).
5. Determinar el eje neutro del anillo atiesador con la fórmula,

$$C = \frac{\sum ay}{\sum a}$$

Donde,

a = área.

y = distancia de la base al centro de gravedad.

6. Determinar la distancia que hay entre cada centro de gravedad al eje neutro del anillo (h).

7. Calcular el momento de inercia de cada rectángulo mediante la fórmula,

$$I = \frac{b_n d_n^3}{12}$$

Donde:

I = momento de inercia

b = largo d = ancho

8. El momento de inercia total del anillo es,

$$I' s = \sum ah^2 + \sum I$$

Este es el momento de inercia requerido para el diámetro de recipiente calculado.

9. Se determina un número de anillos y se distribuyen uniformemente a lo largo de cuerpo. La distancia de separación más grande entre un anillo y otro es el valor de L.

10. Se utiliza la siguiente ecuación para conocer el momento de inercia real,

$$I' s = \frac{D_0^2 L \left(t + \frac{A_s}{L} \right) A}{10.9}$$

Donde:

I' s = momento de inercia real

D₀ = Diámetro de Recipiente

L = distancia entre anillos

t = espesor de recipiente

A_s = Área transversal del anillo

A = factor, calculado con la fórmula siguiente,

$$A = \frac{2B}{E}$$

Donde:

$$B = \frac{3}{4} \left[\frac{PD_0}{t + A_s/L} \right]$$

P = presión (lb/in²)

E = factor dependiente de la temperatura @25°C 28x10⁶

11. Si el momento de inercia calculado es mayor que el requerido, ese es el número necesario de anillos. En caso contrario, aumentar el número de anillos.

Aplicándolo a nuestro recipiente, considerando 4 anillos, primero especificamos su localización,

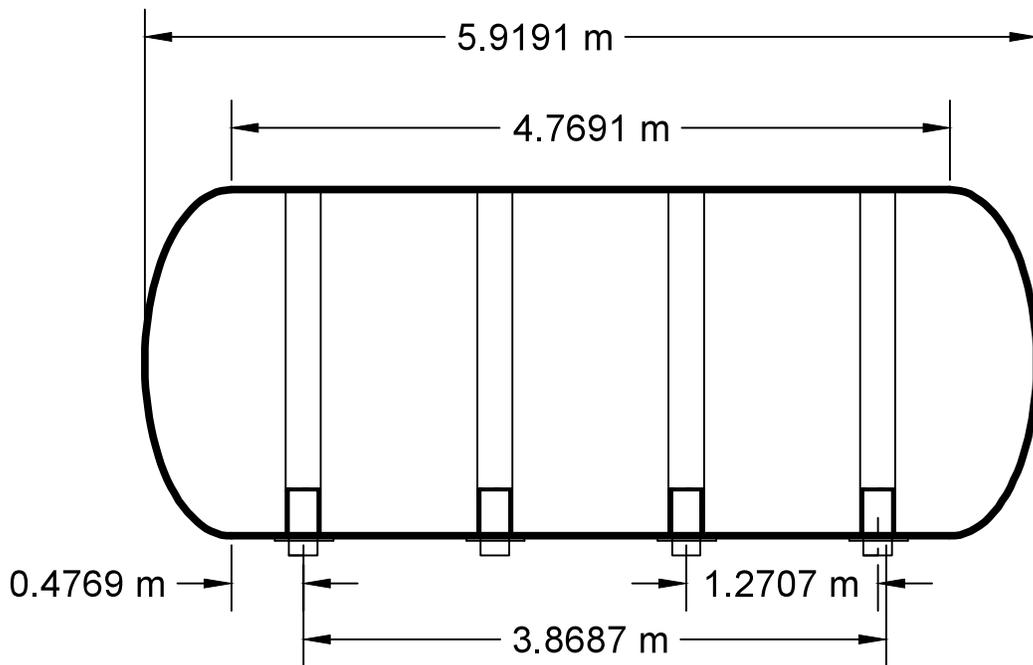


Figura 3.9. Colocación de 4 Anillos

Primero determinamos las medidas de la silleta. El espesor de la estructura será de 0.5 plg = 0.0127m.

El ancho eficaz es,

$$A_E = 0.78\sqrt{Rd_1} = 0.78\sqrt{(1.15m)(0.0127m)}$$

$$A_E = 0.094m$$

El largo efectivo del anillos es de 6 plg. = 0.1524 m.

Las medidas para el cálculo del momento de inercia requerido quedan mostrados en la figura 3.9.

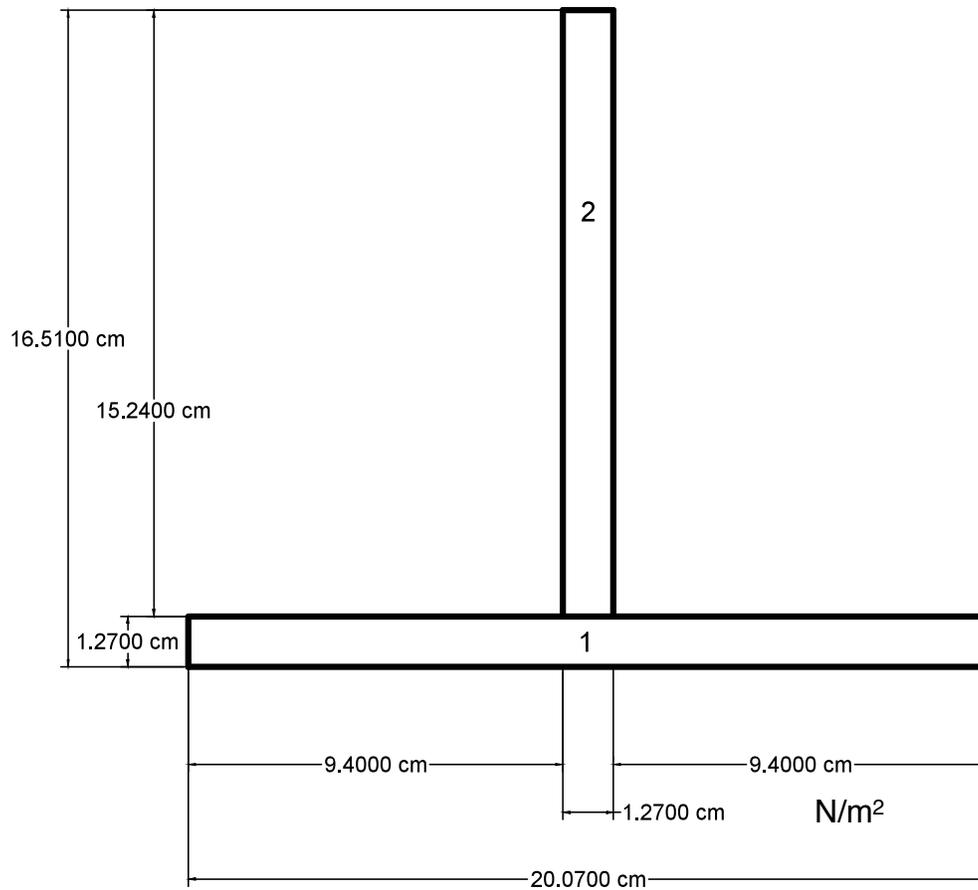


Figura 3.10. Vista lateral de elementos soldados a chasis

Calculando las áreas de cada rectángulo,

$$A_1 = b_1 d_1 = (.2007m)(.0127m) = 2.548 \times 10^{-3} m^2$$

$$A_2 = b_2 d_2 = (.0127)(.1524m) = 1.935 \times 10^{-3} m^2$$

Los centros de gravedad y la distancia que hay de la base a este se muestran en la figura 3.10.

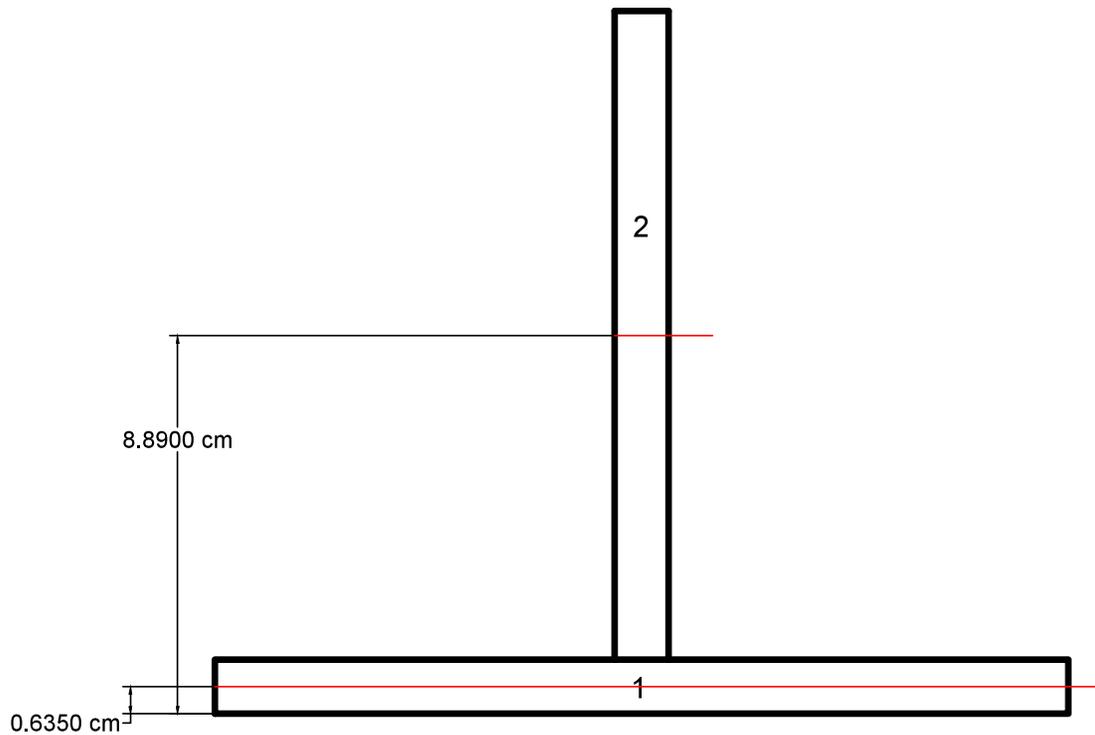


Figura 3.11. Valores de y

Con estos datos podemos calcular el eje neutro del anillo,

$$C = \frac{\sum ay}{\sum a} = \frac{(a_1 y_1) + (a_2 y_2)}{(a_1 + a_2)} = \frac{((2.548 \times 10^{-3} m)(0.00635 m)) + ((1.935 \times 10^{-3} m)(0.0889 m))}{(2.548 \times 10^{-3} m + 1.935 \times 10^{-3} m)}$$

$$C = 0.04198 m$$

Ahora podemos determinar la distancia que hay entre el centro de gravedad de cada rectángulo y el eje neutro del anillo.

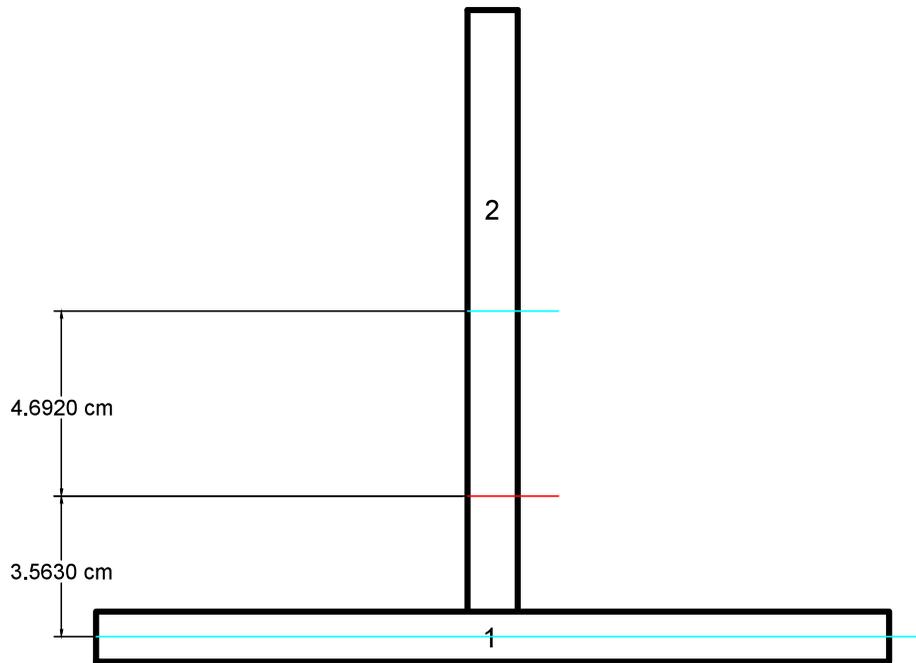


Figura 3.12. Valores de h

Se calcula el momento de inercia de cada rectángulo,

$$I_1 = \frac{b_1 d_1^3}{12} = \frac{(.2007m)(.0127m)^3}{12} = 3.4259 \times 10^{-8} m^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 d_2^3}{12} = \frac{(.0127m)(.1524m)^3}{12} = 3.746 \times 10^{-6} m^4$$

Con estos datos podemos calcular el momento de inercia requerido de los anillos que sean construidos para este recipiente,

$$I' s = \sum ah^2 + \sum I$$

$$I' s = [(a_1 h_1^2) + (a_2 h_2^2)] + (I_1 + I_2)$$

$$I' s = [((2.548 \times 10^{-3} m^2)(0.03563m)^2) + ((1.935 \times 10^{-3} m^2)(0.04692m)^2)] + (3.4259 \times 10^{-8} m^4 + 3.746 \times 10^{-6} m^4)$$

$$I' s = 1.1274 \times 10^{-5} m^4$$

El valor de inercia calculado en los anillos deberá ser mayor a este valor.

La ecuación es,

N/m²

$$I's = \frac{D_0^2 L \left(t + \frac{A_s}{L} \right) A}{10.9}$$

Primero calculamos el factor B,

$$B = \frac{3}{4} \left[\frac{PD_0}{t + A_s/L} \right] = \frac{3}{4} \left[\frac{(25)(2.3m)}{(.001587m) + \frac{4.483 \times 10^{-3} m}{1.2702m}} \right]$$

$$B = 8428.83$$

$$A = \frac{2B}{E} = \frac{2(8428.83)}{28 \times 10^6}$$

$$A = 6.0259 \times 10^{-4}$$

Sustituyendo en la ecuación,

$$I's = \frac{(2.3m)^2 (1.2707m) \left(0.001587m + \frac{4.483 \times 10^{-3} m}{1.2707m} \right) 6.0259 \times 10^{-4}}{10.9}$$

$$I's = 1.8991 \times 10^{-6} m^4$$

El calculado es más pequeño que el requerido, por lo que el diseño no se acepta. Es necesario más anillos que refuercen.

Se realizó el cálculo para más anillos. El momento de inercia requerido no cambia. En la tabla 3.6 se muestran los datos para 7 anillos.

Tabla 3.6. Datos de cálculos de anillos

# Anillos	L	I's
7	0.63535 m	9.4982x10-4

Se elige utilizar 7 anillos de refuerzo

3.2.11 Rompeolas

En comparación con un recipiente fijo en una industria, el recipiente está sometido a una cantidad indefinida de movimientos. Es necesario realizar una evaluación extensiva de todos los esfuerzos que conciernen al transporte para así determinar si es o no necesario el tener instaladas mamparas.

Para saber que el recipiente soportará los esfuerzos a los que serán sometidos, es necesario analizar todas las condiciones máximas a las que puede estar sometido el recipiente. Básicamente hay 3 fuerzas que hay que analizar sobre las tapas:

- Presión hidrostática sobre las tapas
- Fuerza por frenado y aceleración del vehículo
- Fuerza por riesgo de accidentes

La presión hidrostática es la ya calculada 6.2262 lb/plg².

La fuerza debida a un frenado o aceleración sobre la tapa se calcula con la ecuación:

$$F = ma$$

Donde,

m = masa

a = aceleración

La masa del líquido contenido es la total contenida en el recipiente al 85% de su capacidad (el cual es el máximo permitido). El volumen es de 20,000 litros y la densidad del ácido sulfúrico a utilizar es de 1.8 g/cm³. Gracias a estos datos se puede determinar que la masa del líquido es de 36,000 Kg.

Para conocer la aceleración de un vehículo depende de muchas variables. Generalmente se utiliza la relación de que en una distancia de 100 m. un autotanque puede acelerar a 40 kph en 15 segundos.

Con estos datos podemos utilizar la siguiente ecuación,

$$a = 2 \frac{d - d_0 - v_0 t}{t^2}$$

Donde:

a = aceleración [=] m/s^2

d = distancia final [=] m

d_0 = distancia inicial [=] m

t = tiempo [=] seg

Sustituyendo,

$$a = 2 \frac{v_f t - d - d_0}{t^2}$$

$$a = 2 \frac{100m - 0m - (0 \frac{m}{seg} * 15seg)}{(15seg)^2}$$

N/m^2

$$a = 0.59111 \frac{m}{seg^2}$$

La fuerza entonces es,

$$F = ma$$

$$F = (32000Kg)(0.591 \frac{m}{seg^2})$$

$$F = 18912N$$

Esta es la fuerza por aceleración (o desaceleración) debida al movimiento del líquido que tendrá que soportar las tapas del recipiente.

Ahora hay que calcular la fuerza por riesgo de accidentes. Esta representará la fuerza máxima provocada por la situación más extrema posible. Esto es, en caso de un accidente donde el vehículo motorizado tendrá una desaceleración repentina. Las tapas del recipiente deben soportar esta fuerza.

La ecuación es la misma,

$$F = ma$$

La masa a utilizar es igualmente de 36,000 Kg.

La aceleración o desaceleración a utilizar (según sea el caso) debe ser aquella que ocurra en la condición más extrema previsible.

En Estados Unidos, la organización encargada de la regulación del transporte es el “Department of Transportation”. En su especificación DOT 412, apartado §178.345-8 mencionan que la desaceleración máxima que debe soportar un recipiente es aquella provocada por un accidente donde el camión frena

completamente en un instante debido al impacto. En estas circunstancias, la desaceleración debe ser tomada con el valor de 2g, siendo g la gravedad.

Considerando lo anterior, tenemos que,

$$F = ma$$

$$F = (36,000Kg) \left(2 * 9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$F = 706,320N$$

Utilizando el software SAP2000 (Integrated Solution for Structural Analysis and Design) v.15. Este es un programa de análisis avanzado de esfuerzos utilizado hoy en día en gran cantidad de disciplinas.

Aplicando los esfuerzos de frenado y riesgo de accidentes en la tapa y la carga por la presión hidrostática en la parte inferior de la tapa se obtiene el siguiente resultado,

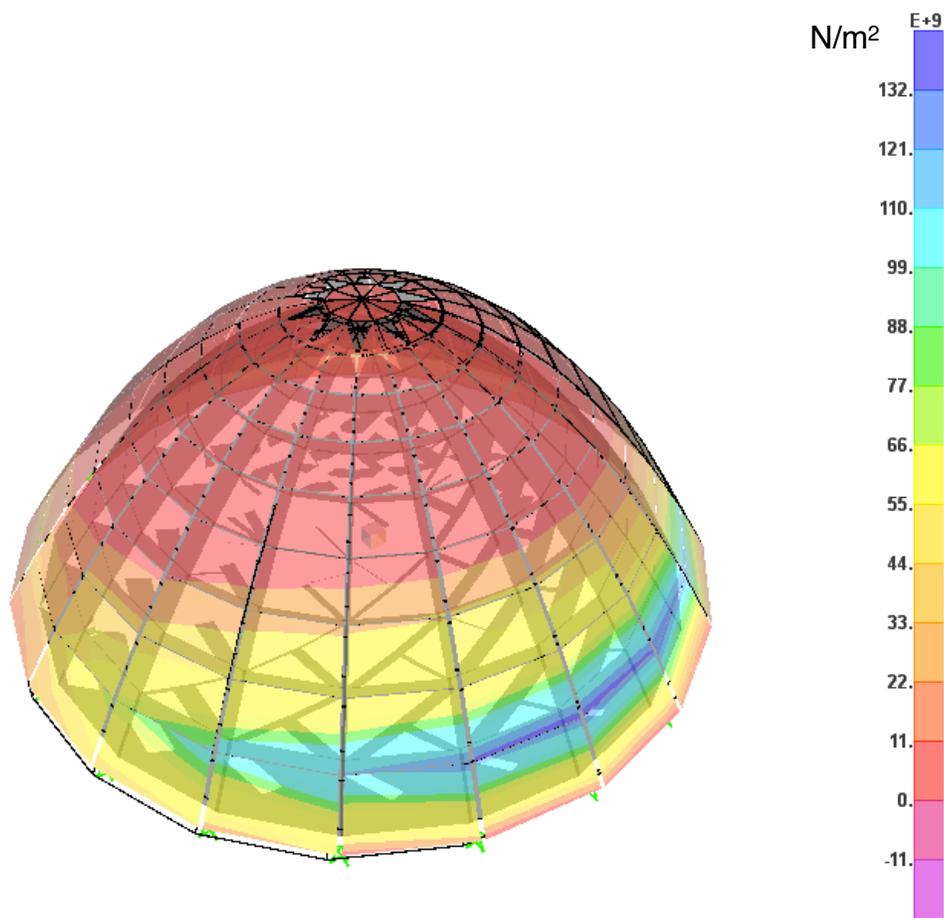


Figura 3.13. Simulación de Esfuerzos sobre Tapas sin mamparas. Datos de esfuerzos expresados en N/m².

El esfuerzo más grande se encuentra en la parte baja de la tapa y es de 135×10^9 N.

La mejor manera de interpretar estos datos es utilizando lo que se conoce como factor de seguridad. Se define como el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Por este motivo, un número mayor que uno, indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

En este sentido, en ingeniería, arquitectura y otras ciencias aplicadas, es común, y en algunos casos imprescindible, que los cálculos de dimensionamiento de elementos o componentes de maquinaria, estructuras constructivas, instalaciones o dispositivos en general, incluyan un coeficiente de seguridad que garantice que bajo desviaciones aleatorias de los requerimientos previstos, exista un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias.

Para aceptar el diseño, el factor de seguridad debe ser igual o mayor de 4. Esto representaría que el esfuerzo máximo que aguanta el material es dos veces más grande que el esfuerzo más grande que se le puede aplicar a la estructura.

La ecuación del factor de seguridad es:

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo Máximo a la Tensión del Material}}{\text{Esfuerzo Máximo Aplicado}}$$

El esfuerzo máximo a la tensión del acero inoxidable es de $75000 \text{ lb/plg}^2 = 517'106,796 \text{ N/m}^2$.

Sustituyendo,

$$FS = \frac{517'106,796 \text{ N/m}^2}{135 \times 10^9 \text{ N/m}^2} = 3.8304 \times 10^{-3}$$

Este valor es realmente más pequeño que 4. Esto quiere decir que en las condiciones más extremas, el material no soportaría el movimiento del líquido y podría quebrarse. Esta es una situación por demás peligrosa y prohibida. Se necesita el uso de mamparas.

3.2.11.1 Con 1 Mampara,

El volumen se divide en dos compartimientos del mismo tamaño y que contienen la misma cantidad de volumen (la mitad que el compartimiento original) como se muestra en la siguiente figura,

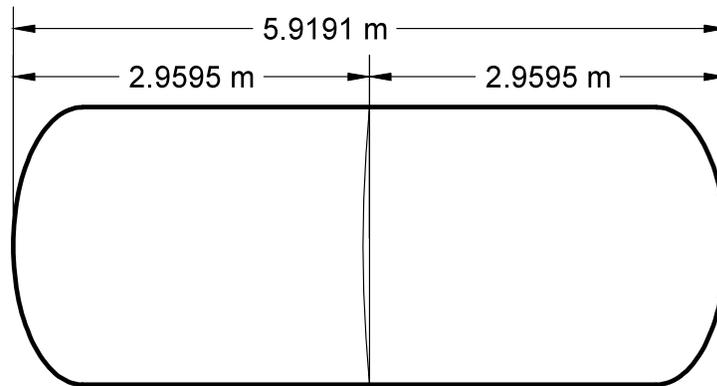


Figura 3.14. Representación y medidas del recipiente con una mampara

Debido a que ya habrá una mampara de por medio, la especificación DOT 412 establece que la desaceleración debe tomarse como 0.25g. La fuerza debida a riesgo de accidentes entonces se calcula,

$$F = \frac{m}{2} a$$

$$F = \frac{(36,000 \text{ Kg})}{2} (0.25 * 9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 44,145 \text{ N}$$

La fuerza debido a la aceleración,

$$F = \frac{m}{2} a$$

$$F = \frac{(36000 \text{ Kg})}{2} (0.591 \text{ m/seg}^2)$$

$$F = 10638 \text{ N}$$

Realizando nuevamente la simulación,

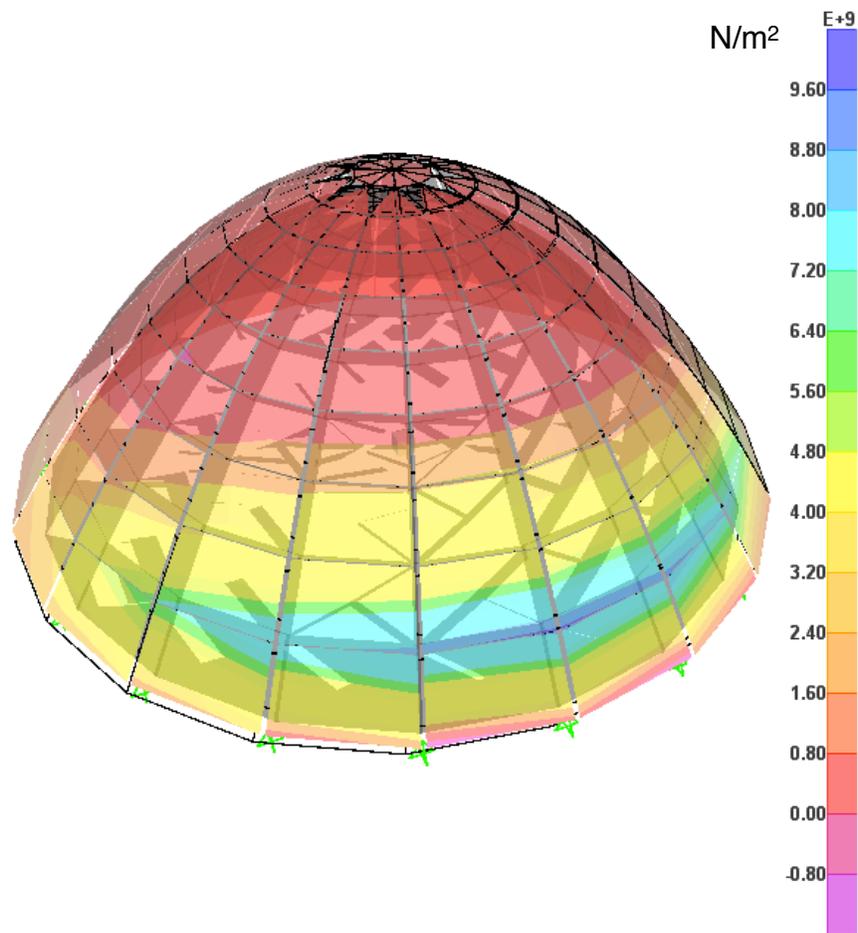


Figura 3.15. Simulación de Esfuerzos sobre Tapas con una mampara en el cuerpo. Datos de esfuerzos expresados en N/m².

Calculando el Factor de Seguridad,

$$FS = \frac{517'106,796 \frac{N}{m^2}}{9.83 \times 10^9 \frac{N}{m^2}} = 0.0526$$

Sigue siendo un valor bajo.

3.2.11.2 Con 2 Mamparas,

El volumen se divide en dos compartimientos del mismo tamaño y uno con diferente capacidad volumétrica tal y como lo muestra la figura,

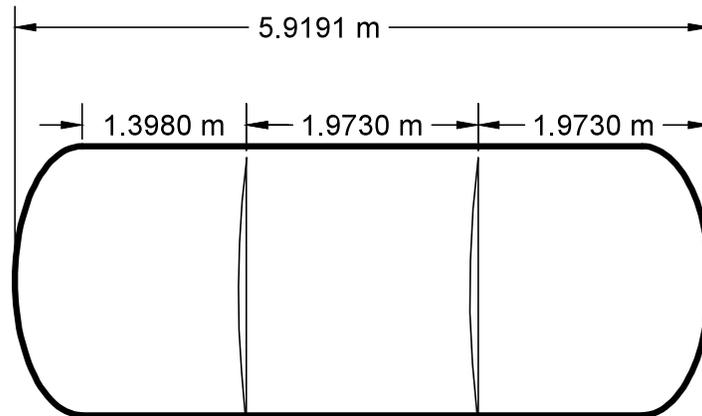


Figura 3.16. Representación y medidas del recipiente con dos mamparas

El volumen del compartimiento central queda,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L * f(Z_c)_{Cilindro} = \frac{\pi (2.3m)^2}{4} 1.973m * 0.864704$$

$$V = 7.0882m^3$$

El volumen de los compartimientos laterales es,

$$V = \frac{\pi D^2}{4} L * f(Z_c) + \frac{\pi D^3}{12} * f(Z_c) = \frac{\pi (2.3m)^2}{4} (1.398m) * 0.864704 + \frac{\pi (2.3m)^3}{24} * 0.902631$$

$$V = 6.46m^3$$

Debido a que ya habrá más de una mampara de por medio, la especificación DOT 412 establece que la desaceleración debe tomarse como 0.25g.

La fuerza del líquido contenido en el compartimiento central, debido a riesgo por accidente que puede surgir es,

$$F = ma$$

$$F = (12,758.76Kg)(0.25 * 9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F = 31,290.85N$$

La fuerza debido a la aceleración es,

$$F = ma$$

$$F = (12,758.76Kg)(0.591 \frac{m}{seg^2})$$

$$F = 7540.42N$$

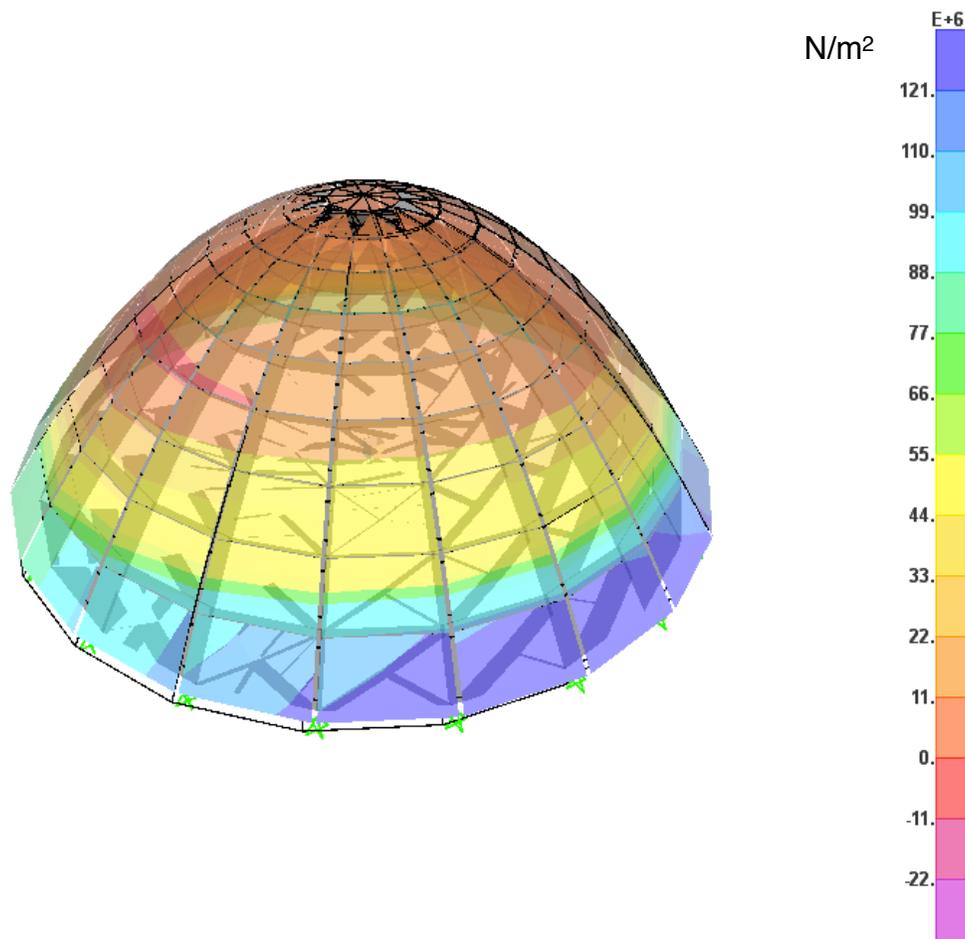


Figura 3.17. Simulación de Esfuerzos sobre Tapas con dos mamparas en el cuerpo. Datos de esfuerzos expresados en N/m².

Calculando el Factor de Seguridad,

$$FS = \frac{517106,796 \frac{N}{m^2}}{1.296 \times 10^9 \frac{N}{m^2}} = 3.9902$$

Este ya es un valor aceptado. Significa que el esfuerzo más grande recibido en la cabeza del recipiente es un 25% el valor del esfuerzo máximo soportado por el material. El recipiente tendrá entonces, dos rompeolas.

3.2.12 Accesorios

Entrada Hombre

En el mercado hay 4 tamaños de entrada hombre utilizadas. Estas son: 381mm, 508 mm., 610 mm., 762 mm. y 914 mm.

Cuando la entrada hombre es colocada en el techo del recipiente (tal y como la gran mayoría de los autotanques) se recomienda escoger entre las dos medidas más pequeñas.

Debido a que nuestro recipiente es considerado “mediano” por sus dimensiones, se decidió elegir la siguiente configuración de Manhole (ya establecida en la especificación internacional API 650):

Tabla 3.7. Especificaciones de Entrada Hombre utilizada

Diámetro Nominal	Diámetro Interior del Cuello	Diámetro Exterior de la Tapa Plana	Diámetro Círculo de Barrenos	Número de Tornillos	Diámetro del Agujero en el Techo	Diámetro de la Placa de Refuerzo
508 mm	508 mm	660 mm	597 mm	16	524 mm	1067 mm

A continuación se muestra un dibujo que representa todas estas medidas,

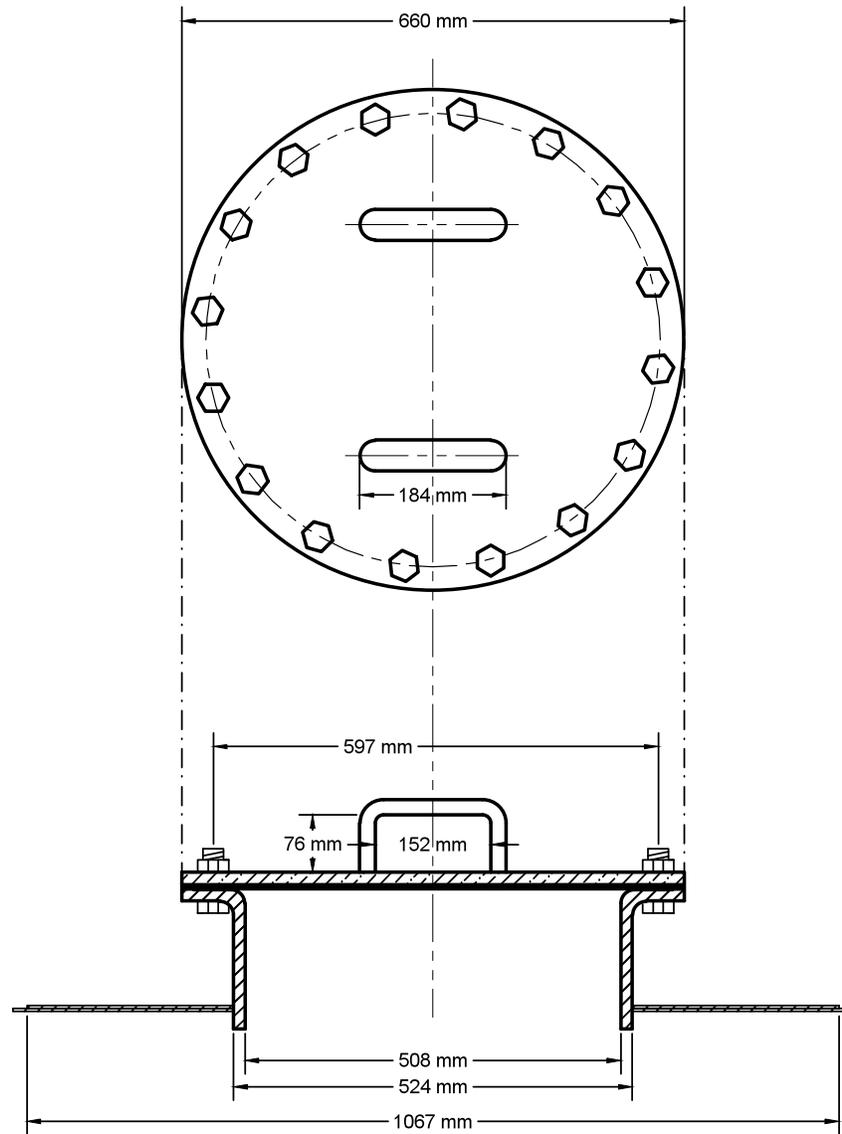


Figura 3.18. Medidas de Entrada Hombre

Escalera

Las dimensiones y especificaciones de la escalera a usar (recomendadas por la API 650) se muestran en el siguiente esquema:

- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- El ancho de la escalera será de 610 mm.
- La altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del siguiente será de 575 mm. (5 escalones).
- La estructura completa debe ser capaz de soportar una carga de 453 Kg.
- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas.

Accesorios

- Medidor de nivel eléctrico
- Conexiones Rápidas
- Válvulo de Seguridad de tipo Fusible
- Tubería de 2"
- Válvula tipo mariposa en inoxidable de 2" para descarga
- Válvula de Alivio-Rompe-vacío
- Manómetro 6 mm con carátula de 51 mm (0 a 29 kg/cm²)
- Extinguidor de polvo químico con soporte

3.3 Diseño de Autotanque para el transporte de Gas L.P.

3.3.1 Bases de Diseño

Sustancia a Transportar: Gas Licuado del Petróleo (70% Butano y 30% Propano)

Propiedades de Sustancia:

- Estado de Agregación: Gas
- Apariencia: Gas descolorido e insípido. Se utiliza un odorante común (etil-marcaptano) para su comercialización.
- Densidad: 2.01 g/cm³
- Presión de Vapor: 87.01 psi
- Peso Molecular: 49.7 g/mol
- Punto de Fusión: 105.25 K
- Punto de Ebullición: 240.65 K
- Relación de Expansión: 1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de aproximadamente 11,000 litros).

Volumen a Transportar: 8,000 lt.

3.3.2 Tipo de Recipiente

Forma de Cuerpo

El gas L.P. es una sustancia que durante su transporte se mantiene en forma líquida. Para lograr esto se necesita que se encuentre a una presión mayor que la atmosférica y, por sus propiedades, siempre debe considerarse una cantidad de gas dentro del recipiente. Aunque esta si es una sustancia que se repartirá y, por lo mismo, habrá momentos donde no este lleno el recipiente al 85% es recomendable el uso de un cuerpo cilíndrico. Este es el menos propenso a fugas debido a no tener ninguna clase de pliegue. Como ejemplo, recordar que en estaciones de gas se utilizan esferas para almacenarlo por las mismas razones aquí expuestas.

Forma de Tapas

El gas L.P. es una sustancia que durante su transporte se mantiene en forma líquida. Para esto es necesario transportarlo a una presión mayor que la atmosférica, sin embargo, debido a que en condiciones normales su estado de agregación es gas, lo más recomendable es transportarlo con tapas semiesféricas.

3.3.3 Material del Recipiente

El gas L.P. por sus propiedades no es considerado una sustancia corrosiva por lo que no es necesario la utilización de acero inoxidable. Se utilizará acero al carbón. Los aceros permitidos por el código DOT para la construcción de recipientes son:

- ASTM A 569
- ASTM A 570
- ASTM A 572
- ASTM A 656
- ASTM A 715

El más utilizado en el mercado para la construcción de recipientes es el A572 grado 50⁶ el cual es considerado un “caballo de batalla” por su amplio uso en varias aplicaciones.

Entre sus uso principales está la construcción de estructuras de edificios, sistemas de anclajes, marcos para camiones, recipientes, transportadores, postes, etc. Sus especificaciones son,

Tabla 3.8. Principales propiedades del acero al carbón A572

Propiedades	Valor						
Composición	%C	%Mn	%Si	%P	%S	%V	%Nb
	0.23	1.35	0.40	0.004	0.005	0.15	0.05
Factor Poisson	0.27-0.3						
Resistencia Final a la Tensión	65,000 lb/in ²						
Resistencia a la Cedencia	50,000 lb/in ²						

⁶ <http://www.astm.org/Standards/A572A572M-SP.htm>

3.3.4 Soldadura

Soldadura para Acero al carbón A572 °50

Para elegir la soldadura se debe considerar las características del material de construcción y la presión a la cual estará sometido el recipiente.

Las partes del recipiente que requieren soldadura son las siguientes:

- Cuerpo del recipiente
- Tapas del recipiente
- Silletas
- Chasis

El recipiente va a ser construido con soldadura de Acero al Carbón 7018 con un electrodo de 1/8" ya que es la mas recomendable para un recipiente de especificación SCT - 306 para transporte de gases licuados.

Este electrodo es bajo en hidrogeno y contenido de polvo de hierro. Este electrodo tiene una resistencia a la tensión de $78,000 \text{ libras/pulg}^2 = 5843 \text{ Kg/cm}^2 \text{ man}$.

Este diseño requiere dos tipos de soldadura que son soldadura a tope y soldadura de filete por lo que se requiere:

- Penetración completa
- Tensión generada en las juntas en forma normal al área efectiva de la soldadura.

En cuanto a las tapas la unión con el recipiente y la unión para formar la tapa son situaciones complicadas que requieren de una extensa planeación.

Los baffles serán soldados al cuerpo por las pestañas.

Las sillas son un elemento estructural muy importante ya que estas son la unión del recipiente al chasis.

La parte inferior del cuerpo del recipiente irá soldado a la parte superior de la silleta.

3.3.5 Presión

Para determinar la presión de operación es necesario considerar la presión de vapor de la sustancia química que se va a transportar en este caso Gas L.P. el cual tiene una presión de vapor de 87.01 lb/plg². Esta es una presión considerable. Lo que nos dice es que a una presión menor a esta en la atmósfera, el Gas L.P. entrará en su fase gaseosa. Como ya vimos en las características de la sustancia, esto haría que el volumen que ocupa aumente unas 242 veces con respecto a su fase líquida por lo que una variación en este aspecto haría romperse el recipiente. Debido a esto se considera una presión de operación de 119 lb/plg² = 8.36kg/cm² para solventar este problema.

Se recomienda diseñar los recipientes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 25 lb/plg² = 1.96 kg/cm² o 20% más que la presión de trabajo, la que sea mayor. Considerando esto,

$$P_d = 1.2P_{op}$$

$$P_d = 1.2 \left(119 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \right)$$

$$P_d = 142.5 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} = 9.695 \text{ atm}$$

Otra consideración a hacerse es: la presión de diseño debe ser mayor que la presión hidrostática en el fondo del recipiente y la presión hidrostática debida al movimiento del líquido contenido en el recipiente. La fórmula para calcular esta presión hidrostática total es,

$$P_{HTotal} = P_{HFondo} + P_{HParedes}$$

$$P_{HTotal} = \rho g h + \rho a_y y$$

Donde:

P_H = presión hidrostática [N/m²]

ρ = densidad del gas L.P. [kg/m³]

g = aceleración debido a la gravedad [m/seg²]

h = nivel máximo del líquido [m]

a_y = aceleración lateral debido a movimiento del vehículo [m/seg²]

y = nivel del líquido [m]

Aún no sabemos las medidas del recipiente por lo que es imposible hacer esta comparación de las presiones. Hace falta el nivel máximo del líquido para realizar este cálculo.

3.3.6 Dimensionamiento

Para dimensionar el recipiente se toma en cuenta que debe estar conformado por tres partes. El cuerpo y las dos cabezas. Si se separan se tienen tres formas regulares: un cilindro y dos tapas semiesféricas tal y como se muestra en la figura 3.16.

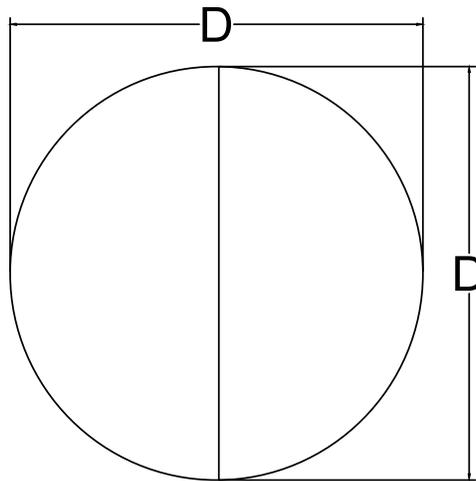


Figura 3.19. Relación de dos tapas semiesféricas unidas en un solo círculo

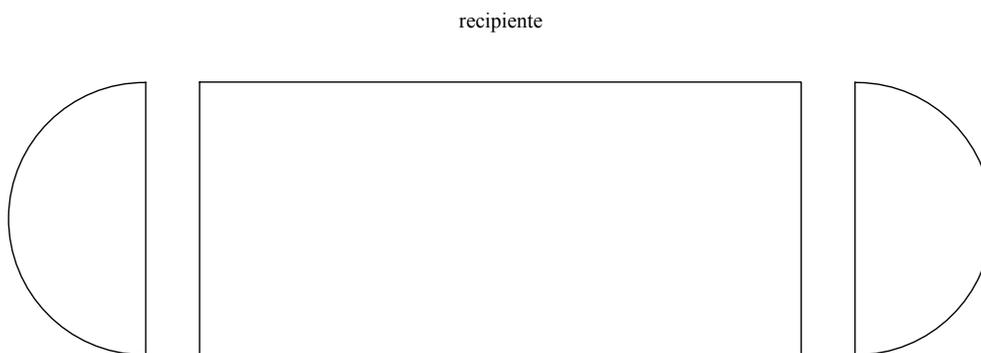


Figura 3.20. Arreglo de un Recipiente

El primer paso es determinar un diámetro óptimo para el recipiente. Para esto se utiliza la siguiente ecuación,

$$F = \frac{P}{CSE}$$

Donde:

F = Factor de Cálculo P = Presión de Diseño [lb/pulg²] C = Margen por Corrosión [pulg]

S = Valor del Esfuerzo del Material [lb/pulg²] E = Eficiencia de la Junta

El margen por corrosión para el acero al carbón A572 es de 0.1 plg. por año. El valor del Esfuerzo a la Cedencia es de 50,000 lb/plg².

El volumen requerido es de 8,000 litros. Sin embargo hay que considerar que un recipiente jamás deberá ser llenado arriba del 85% de la capacidad del recipiente por lo que a partir de aquí, el diseño se hará para un volumen del 15% más del requerido. Es decir 9,200 litros = 324.89 ft³.

Se utilizará la misma eficiencia de la junta usada en el recipiente de ácido sulfúrico basándose en la tabla 3.1.

Con estos valores se procede a determinar el factor de cálculo,

$$F = \frac{P}{CSE} = \frac{142.5 \text{ lb/plg}^2}{(0.1 \text{ plg})(50000 \text{ lb/plg}^2)(0.85)}$$

$$F = 0.0335$$

Utilizando el volumen y el factor de cálculo se utiliza el diagrama 3.2

El diámetro óptimo, según este método es de 5.4 ft = 1.65 m

Después calculamos el volumen almacenado en las tapas. La fórmula para saber el volumen que hay en cada una de las tapas Semiesféricas es,

$$V_{cabeza} = \frac{2\pi r^3}{3}$$

$$V_{cabeza} = \frac{2\pi \left(\frac{1.65m}{2}\right)^3}{3}$$

$$V_{cabeza} = 1.176m^3$$

Son dos tapas:

$$V_{cabeza} = 1.176m^3$$

$$V_{2cabezas} = 2.352m^3$$

$$V_{Total} = V_{2Cabezas} + V_{Cuerpo}$$

El volumen que debe almacenarse en la parte cilíndrica es,

$$9.2m^3 = 2.352m^3 + V_{Cuerpo}$$

$$V_{Cuerpo} = 6.848m^3$$

Para saber la longitud del cuerpo se utiliza la siguiente ecuación,

$$V_{Cuerpo} = (A_{Círculo})(L)$$

Donde:

A = área

L = longitud

Despejando la longitud tenemos,

$$L = \frac{V_{\text{Cuerpo}}}{A_{\text{Círculo}}} = \frac{V_{\text{Cuerpo}}}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)} = \frac{6.848 m^3}{\left(\frac{\pi (1.65 m)^2}{4}\right)}$$

$$L = 3.2031 m$$

Las tapas son semiesféricas. Esto significa que cada tapa es media esfera,

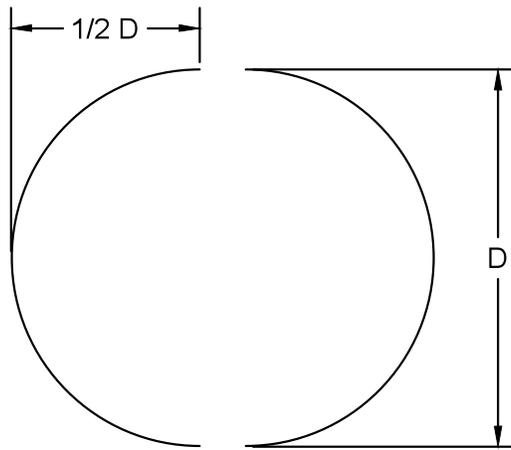


Figura 3.21. Relación de dos tapas semiesféricas separadas

Las dimensiones finales del recipiente están indicadas en la figura 3.22.

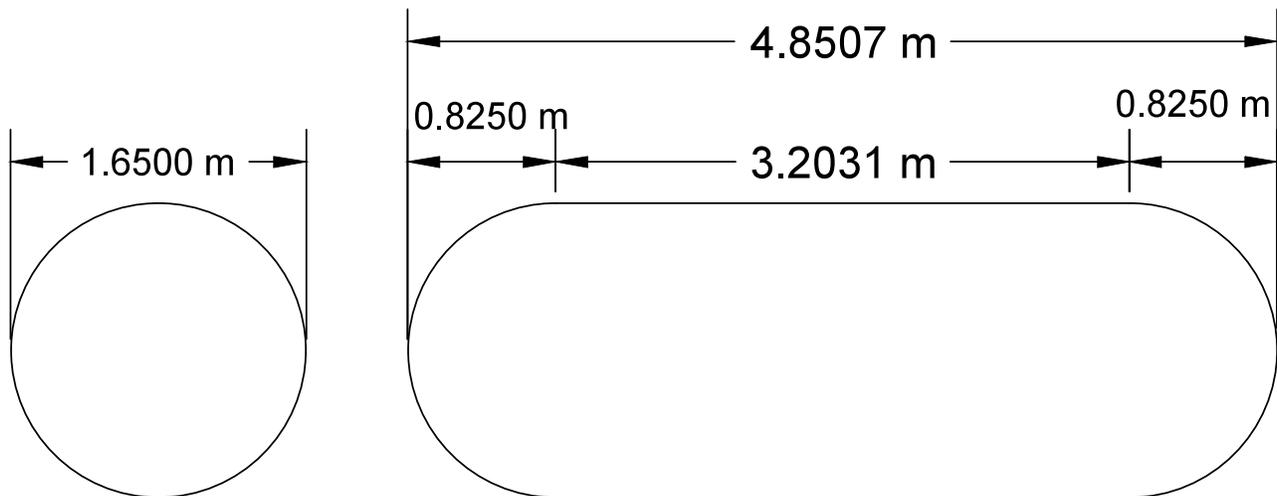


Figura 3.22. Dimensiones calculadas del recipiente

3.3.7 Presión Hidrostática

Teniendo las dimensiones del recipiente podemos calcular el nivel máximo del líquido cuando el autotanke sea cargado a su capacidad máxima del 85%. Esto se hace con el propósito de poder calcular la presión hidrostática y poder compararla con la presión de diseño propuesta (142.5 lb/plg²).

Entre las consideraciones necesarias está el hecho que al 85% de capacidad hay 8m³ de gas L.P. Además,

$$V_T = V_{cilindro} + V_{Tapas}$$

Para calcular volúmenes de cada una de las partes del auto tanque (cilindro y tapas) se utiliza un coeficiente (Zc) definido como,

$$Zc = H/D$$

Donde,

H=altura máxima de nivel de líquido

D=diámetro total

La función de Zc está basada en el ángulo que se forma entre la “línea” que forma el nivel del líquido y el centro del círculo (forma del recipiente). Valores de f(Zc) están expuestos en la tabla 3.9.

Por lo que la fórmula de volumen queda expresada en los siguientes términos,

$$V_T = V_{cilindro} + V_{Tapas} = \frac{\pi D^2}{4} L * f(Zc)_{Cilindro} + \frac{2\pi r^3}{3} * f(Zc)_{Tapas}$$

Sabremos el factor correcto en el momento que se iguale la ecuación.

Tabla 3.9. Tabla de Cálculo desarrollada para conocer el valor Zc del recipiente

Zc	f(Zc) Cilindro	f(Zc) Tapas	V cilindro	V tapas	V total
0.8	0.857622	0.896	5.873881705	2.107460678	7.981342384
0.801	0.858639	0.896958	5.880847172	2.109713968	7.99056114
0.802	0.859655	0.897913	5.88780579	2.111960201	7.999765991
0.803	0.860668	0.898864	5.894743861	2.114197026	8.008940887
0.804	0.86168	0.899811	5.901675083	2.116424443	8.018099525
0.805	0.86269	0.900755	5.908592606	2.118644803	8.027237409
0.806	0.863698	0.901695	5.915496432	2.120855755	8.036352187
0.807	0.864704	0.902631	5.92238656	2.123057299	8.045443858
0.808	0.865708	0.903564	5.929262989	2.125251786	8.054514775
0.809	0.866709	0.904493	5.936118871	2.127436865	8.063555737
0.81	0.86771	0.905418	5.942974754	2.129612536	8.07258729

Por lo que el nivel máximo al que llegará el líquido a una capacidad del 85% es de,

$$H=0.803D$$

$$H=0.803(1.65m.)$$

$$H=1.324m.$$

Con esto podemos regresar al cálculo de la presión hidrostática.

$$P_{HTotal} = \rho gh + \rho a_y y$$

La densidad del gas LP a transportar es de $2.01 \text{ g/cm}^3 = 2010 \text{ Kg/m}^3$

El nivel máximo del líquido es de 1.324 m.

La especificación DOT 412 menciona que la aceleración recomendada a utilizar debido al movimiento del vehículo es de 1/4 el valor de la aceleración de la gravedad (0.25g).

El nivel del líquido en el eje de las x es igual al diámetro del recipiente 1.65 m

Sustituyendo,

$$P_{HTotal} = \rho gh + \rho a_y y = (2010 \text{ Kg/m}^3)(9.81 \text{ m/seg}^2)(1.324 \text{ m}) + (2010 \text{ Kg/m}^3)(0.25 * 9.81 \text{ m/seg}^2)(1.65 \text{ m})$$

$$P_{HTotal} = 34240.48 \text{ N/m}^2$$

$$P_{HTotal} = 4.966 \text{ lb/plg}^2$$

La presión de diseño (142.5 lb/plg²) es mayor que la presión de vapor de la sustancia y de la presión hidrostática que se ejercerá en el fondo y paredes laterales por lo que se aceptan las dimensiones y la presión.

3.3.8 Cálculo de Espesores

La fórmula para el cálculo de los espesores en el cuerpo es,

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P}$$

Donde,

t = espesor [=] plg.

P = presión [=] lb/plg²

R = radio exterior [=] plg

S = esfuerzo a la cedencia del material [=] lb/plg²

E = Eficiencia de la Junta

Sustituyendo,

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P} = \frac{(142.5 \text{ lb/plg}^2)(32.48 \text{ plg})}{(50000 \text{ lb/plg}^2)(0.85) + (0.4)(142.5 \text{ lb/plg}^2)}$$

$$t = 0.1089 \text{ plg}$$

A esto se le suma la corrosión permitida por año,

$$t = 0.1089 \text{ plg} + 0.1 \text{ plg}$$

$$t = 0.2089 \text{ plg}$$

Para las tapas, la fórmula es,

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$$

Donde,

t = espesor [=] plg.

P = presión [=] lb/plg²

D = diámetro exterior [=] plg

S = esfuerzo del material [=] lb/plg²

E = Eficiencia de la Junta

Sustituyendo,

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} = \frac{(142.5 \text{ lb/plg}^2)(32.48 \text{ plg})}{(2)(50000 \text{ lb/plg}^2)(0.85) - (0.2)(142.5 \text{ lb/plg}^2)}$$

$$t = 0.05447 \text{ plg}$$

A esto se le suma la corrosión permitida por año,

$$t = 0.05447 \text{ plg} + 0.1 \text{ plg}$$

$$t = 0.15447 \text{ plg}$$

Utilizando placas comerciales se decide utilizar los siguientes espesores,

Espesor de cuerpo = 1/4" = 0.25 plg

Espesor de tapas = 3/16" = 0.187 plg

3.3.9 Peso

Es necesario calcular un aproximado del peso total del autotank para asegurar que cumple con las normas establecidas. El autotank está conformado por:

- 1 Lámina de acero inoxidable para el cuerpo del recipiente
- 2 Láminas de Acero Inoxidable para las tapas
- Tractocamión y soporte
- Entrada Hombre
- Accesorios

Para el material A572 grado 50 utilizaremos los siguientes datos,

Tabla 3.9. Pesos de acero al carbono

Espesor	Kg/m ²
3/16"	37.35
1/4"	49.79

Necesitamos saber el área del cuerpo.

N/m²

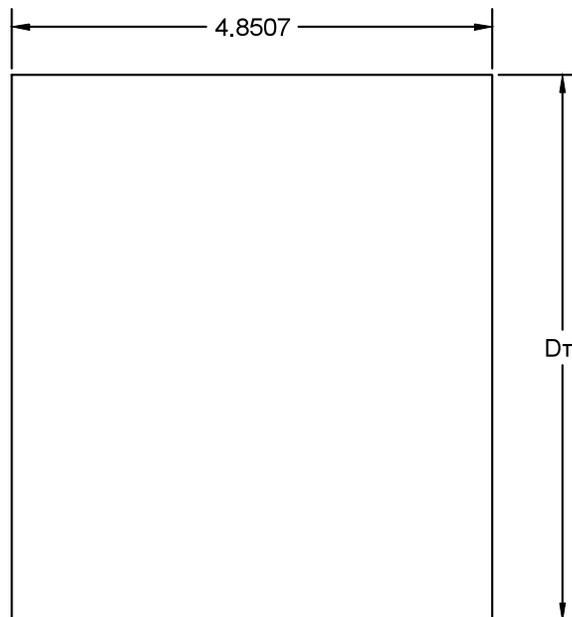


Figura 3.23. Representación del Cuerpo del Recipiente de forma extendida.

Un lado está determinado por el perímetro del círculo viéndolo de forma transversal. Por lo que,

$$P = d\pi = (1.65m)\pi$$

$$P = 5.183m$$

La superficie total del cuerpo del recipiente es,

$$A = (4.8507m)(5.183m) = 25.141m^2 = 270.615 ft^2$$

Para calcular el área de las tapas hay que considerar que juntas forman un esfera, como se muestra en la siguiente figura,

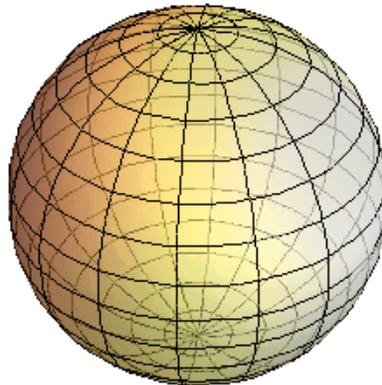


Figura 3.24. Forma de una Esfera

El área de la superficie de la esferoide se calcula con la siguiente ecuación,

$$A = 4\pi r^2$$

Donde,

A = área de la tapa

r = radio de la esfera

Sustituyendo,

$$A = 2\pi(0.825m)$$

$$A = 5.183m^2 = 55.789 ft^2$$

Con estos datos se calcula el peso total del autotankue

$$W = (A_{Cuerpo} W_{cuerpo}) + (A_{Tapas} W_{tapas})$$

$$W = (25.141m^2 * 37.35 \frac{Kg}{m^2}) + (5.183m^2 * 49.79 \frac{Kg}{m^2}) = 1,197.07Kg$$

$$W = 1.197Ton$$

Para cubrir excedentes de peso con que se surte el material dentro de tolerancias de fabricación, el peso de soldaduras y el peso de accesorios se suele agregar un 10% al peso total por lo que,

$$W=1.316 Ton.$$

La entrada hombre elegida tiene las mismas características de medidas y peso a la seleccionada en el diseño del recipiente de ácido sulfúrico.

El peso señalado es de 700 lb = 317.51 Kg.

Para estas estimaciones se suele utilizar un valor de 6 toneladas para el peso del tractocamión.

La suma de todos los componentes se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Pesos a Considerar del autotankue

Recipiente	1.197 ton
Excedente	0.119 ton
Entrada Hombre	0.317 ton
TractoCamión	1.5 ton
Total Vehículo	3.133 ton
Sustancia	16 ton

Esto nos da un total de 19.133 Ton. lo cual, debido a la normatividad, nos permite el construir el autotankue en un tractocamión del tipo C2.

3.3.10 Refuerzo Circunferencial

Siguiendo el mismo procedimiento antes mencionado para el cálculo del número de anillos a utilizar.

La primera iteración se hará con 2 anillos acomodados tal y como se muestra en la figura 3.21.

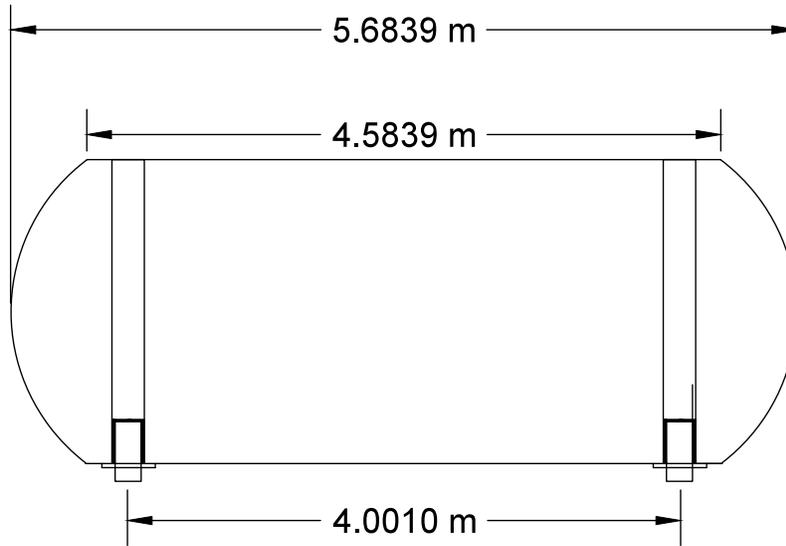


Figura 3.25. Colocación de 2 Anillos

Los datos obtenidos son,

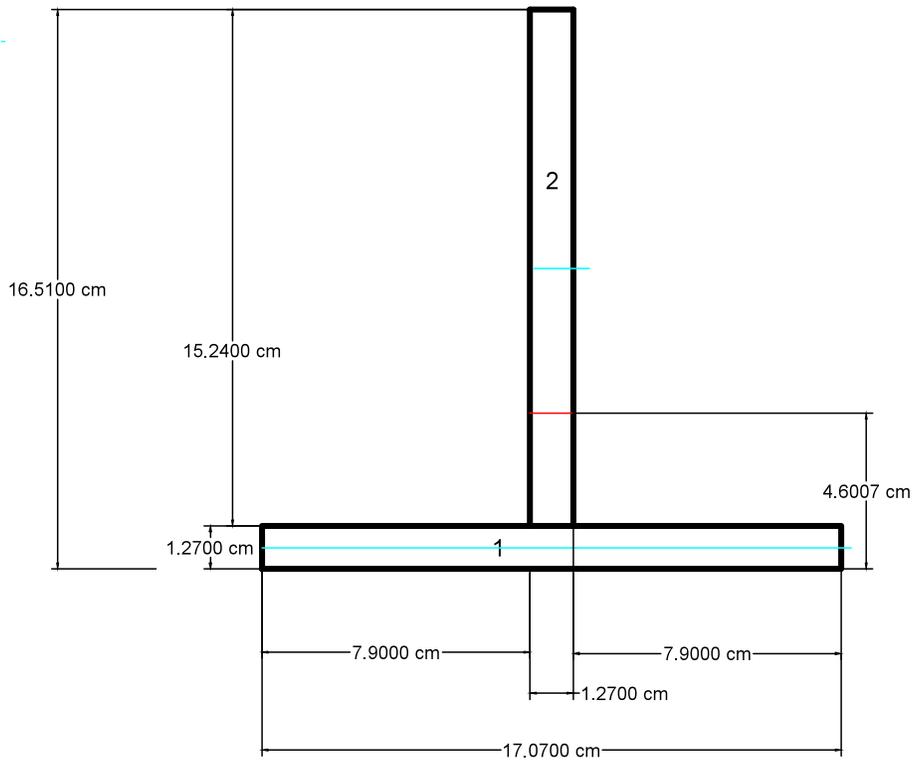


Figura 3.26. Medidas requeridas para base de anillos de refuerzo

$$I' s_{\text{Requerido}} = 1.073 \times 10^{-5} m^4$$

$$L = 4.001 m$$

$$I' s_{\text{Calculado}} = 1.495 \times 10^{-3} m^4$$

Como podemos observar, después de realizar las operaciones el momento de inercia calculado es mayor que el requerido y por una amplia diferencia. Se determina no usar anillos atiesadores para este recipiente.

3.3.11 Rompeolas

Para saber que el recipiente soportará los esfuerzos a los que serán sometidos, es necesario analizar todas las condiciones máximas a las que puede estar sometido el autotanque. Básicamente hay 3 fuerzas que hay que analizar sobre las tapas:

- Presión hidrostática sobre las tapas
- Fuerza por frenado y aceleración del vehículo
- Fuerza por riesgo de accidentes

La presión hidrostática es la ya calculada 4.966 lb/plg².

La fuerza debida a un frenado o aceleración sobre la tapa se calcula con la ecuación:

$$F = ma$$

Donde,

m = masa

a = aceleración

La masa del líquido contenido es la total contenida en el recipiente al 85% de su capacidad (el cual es el máximo permitido). El volumen es de 8,000 litros y la densidad del gas L.P. a utilizar es de 2.01 g/cm³. Gracias a estos datos se puede determinar que la masa del líquido es de 16,560 Kg.

Para conocer la aceleración de un vehículo depende de muchas variables. Generalmente se utiliza la relación de que en una distancia de 100 m. un autotanque puede acelerar a 40 kph en 15 segundos. Con estos datos podemos utilizar la siguiente ecuación,

$$a = 2 \frac{d - d_0 - v_0 t}{t^2}$$

Donde:

a = aceleración [=] m/s²

d = distancia final [=] m

d₀ = distancia inicial [=] m

t = tiempo [=] seg

Sustituyendo,

$$a = 2 \frac{v_f t - d - d_0}{t^2}$$

$$a = 2 \frac{100m - 0m - (0 \frac{m}{seg} * 15seg)}{(15seg)^2}$$

$$a = 0.59111 \frac{m}{seg^2}$$

La fuerza entonces es,

$$F = ma$$

$$F = (16560Kg)(0.591 \frac{m}{seg^2})$$

$$F = 9786.96N$$

Esta es la fuerza por aceleración (o desaceleración) debida al movimiento del líquido que tendrá que soportar las tapas del recipiente.

Ahora hay que calcular la fuerza por riesgo de accidentes. Esta representará la fuerza máxima provocada por la situación más extrema posible. Esto es, en caso de un accidente donde el vehículo motorizado tendrá una desaceleración repentina. Las tapas del recipiente deben soportar esta fuerza.

La ecuación es la misma,

$$F = ma$$

La aceleración o desaceleración a utilizar (según sea el caso) debe ser aquella que ocurra en la condición más extrema previsible, en este caso 2g.

Considerando lo anterior, tenemos que,

$$F = ma$$

$$F = (16560\text{Kg})\left(2 * 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F = 324,907.2\text{N}$$

Utilizando el software SAP2000 (Integrated Solution for Structural Analysis and Design) v.15. Este es un programa de análisis avanzado de esfuerzos utilizado hoy en día en gran cantidad de disciplinas.

Aplicando los esfuerzos de frenado y riesgo de accidentes en la tapa y la carga por la presión hidrostática en la parte inferior de la tapa se obtiene el siguiente resultado,

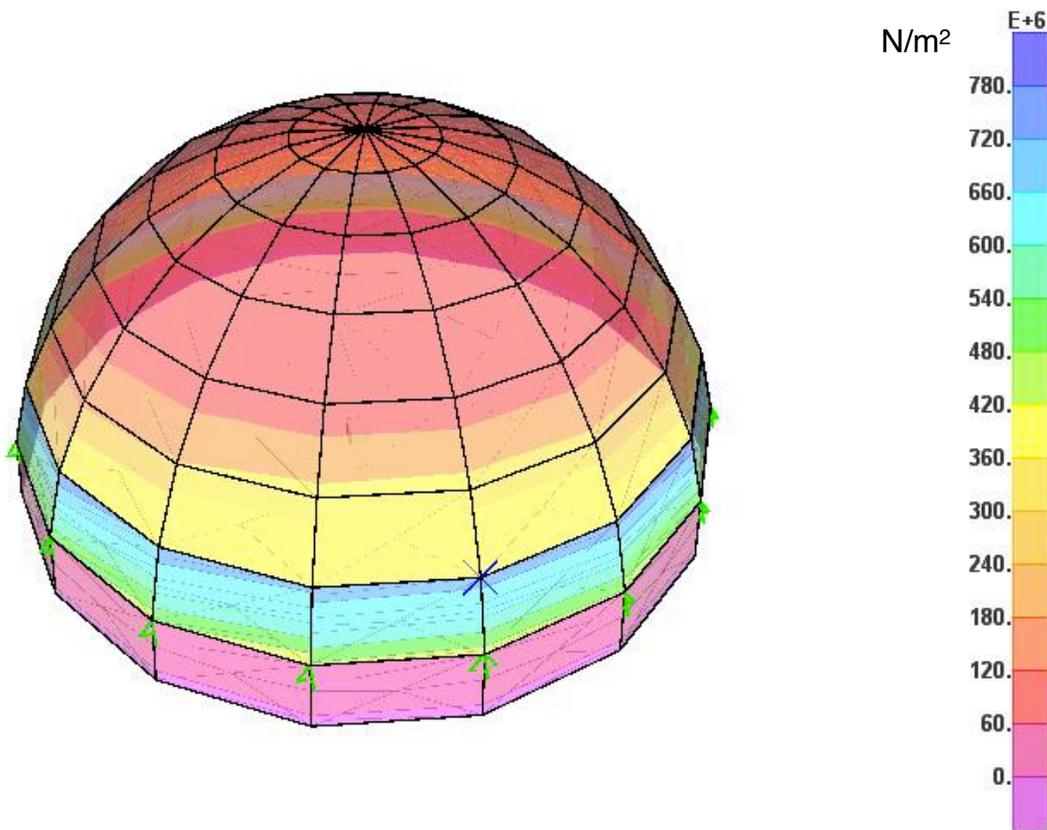


Figura 3.27. Simulación de Esfuerzos sobre Tapas sin mamparas. Datos de esfuerzos expresados en N/m².

El esfuerzo más grande se encuentra en la parte baja de la tapa y es de 7.89×10^7 N.

Calculando el factor de seguridad, utilizando el esfuerzo máximo a la tensión del A752 de $65,000 \text{ lb/in}^2$

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo M\u00e1ximo a la Tensi\u00f3n del Material}}{\text{Esfuerzo M\u00e1ximo Aplicado}}$$

$$FS = \frac{448'159,223.2 \text{ N/m}^2}{7.89 \times 10^7 \text{ N/m}^2} = 5.68$$

Este valor ya es m\u00e1s grande que 4, as\u00ed que analiz\u00e1ndolo desde el punto de vista mec\u00e1nico el dise\u00f1o es aceptado sin ninguna rompeolas. Aunque para la especificaci\u00f3n SCT-306 no est\u00e1 se\u00f1alado que debe haber un elemento para reforzar la integridad estructural.

Como elemento de seguridad es recomendable considerar la instalaci\u00f3n de una mampara. Aunque el an\u00e1lisis de esfuerzo nos se\u00f1ala que no se requiere ning\u00fan rompeolas se decide instalar una como elemento para prevenir de mejor manera volcaduras.

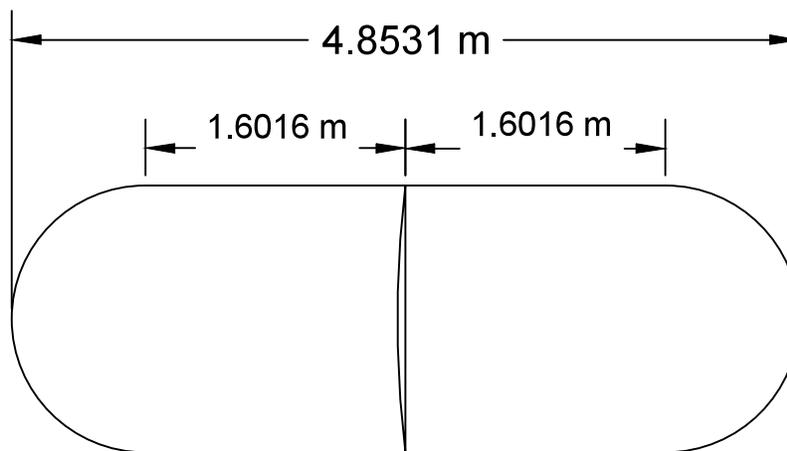


Figura 3.28. Representaci\u00f3n y medidas del recipiente con una mampara

3.3.10 Accesorios

Entrada Hombre

Conociendo las medidas del recipiente, se decidió utilizar las mismas medidas que la entrada hombre para el ácido sulfúrico. Estas están expuestas en la figura 3.14.

Escalera

Este recipiente, debido a sus dimensiones (una altura máxima de 3.1424 m. considerando las llantas y el chasis) no necesitará de escalera integrada.

Accesorios

- Medidor de nivel magnético
- Válvula de cierre rápido nariz corta
- Carrete con 45 m. de manguera con un diámetro de 24.5 mm
- Termómetro 13 x 152 mm (-50°C a +50°C)
- Manómetro 6 mm con carátula de 51 mm (0 a 29 kg/cm²)
- Extinguidor de polvo químico con soporte

Capítulo 4. Verificación del Cumplimiento de Normas y Revisión de Diseño

En el presente capítulo se realizará la revisión del diseño para los autotankes que transportarán Ácido Sulfúrico y Gas L.P. verificando que los parámetros calculados para cada autotankes cumplan con las normas establecidas por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes las cuales son las siguientes:

Norma Oficial Mexicana NOM-020-SCT-1995, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotankes destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT2-2008, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

4.1 Autotankes para el Transporte de Ácido Sulfúrico

Este autotankes está diseñado siguiendo la especificación SCT-307 que tiene como requisitos generales los siguientes

4.1.1 Espesor

El espesor mínimo autorizado del cuerpo, cabezas o tapas, mamparas y rompeolas no deberá ser menor del que se obtenga al aplicar las siguientes formulas incluidas en la sección 5.2.2.2 de la NOM.020-SCT-1995.

$$T_s = \frac{PD}{2SE_s}$$

$$T_h = \frac{0.885PL}{SE_h}$$

Donde:

T_s = Espesor mínimo del material del cuerpo sin incluir tolerancia para corrosión [=] plg

T_h = Espesor mínimo del material de la cabeza sin incluir tolerancia para corrosión [=] plg

P = Presión de diseño [=] lb/plg²

D = Diámetro interior del cuerpo [=] plg

L= Radio interior de la corona de la cabeza [=] plg

S= Esfuerzo máximo permisible a la tensión [=] lb/plg²

Es = La más baja eficiencia de cualquier unión longitudinal soldada en el cuerpo (85% Max.).

Eh = La más baja eficiencia de cualquier unión soldada en la cabeza o tapa (85% Max.).

Aplicando las ecuaciones,

$$T_s = \frac{PD}{2SE_s} = \frac{(25 \text{ lb/plg}^2)(86.614 \text{ plg})}{2(30000 \text{ lb/plg}^2)(0.85)} = 0.04245 \text{ plg}$$

$$T_h = \frac{0.885PL}{SE_h} = \frac{(0.885)(25 \text{ lb/plg}^2)(42.275 \text{ plg})}{(30000 \text{ lb/plg}^2)(0.85)} = 0.0366 \text{ plg}$$

En la tabla 4.1 se muestra una comparación entre los espesores calculados.

Tabla 4.1. Comparación de Espesores entre los determinados en el diseño y los establecidos en la norma

Esposores	Obtenido por Ecuaciones	Determinado en Diseños/corrosión	Determinado en Diseños/c/corrosión
Cuerpo	0.0424 plg	0.0443 plg	0.0743 plg
Cabezas	0.0366 plg	0.042 plg	0.072 plg

Como es posible observar en los valores obtenidos del espesor calculado para el cuerpo y cabeza son mayores que los espesores mínimos permitidos calculados por las ecuaciones determinadas por la norma; por lo tanto estos espesores son aceptados ya que al tomar en cuenta el efecto de la corrosión el espesor aumenta.

4.1.2 Presión de Diseño

La presión máxima de trabajo permitida de cada autotank no deberá ser menor de 1.75 kg/cm² (25 lbs/plg²). El autotank está diseñado para una presión de 25 lbs/plg² por lo que es aceptable.

4.1.3 Integridad Estructural

- Valores de Esfuerzo: El valor máximo de esfuerzo calculado no deberá exceder del 25% de la resistencia a la tensión del material; esto es, un factor de seguridad de 4. Como vimos en el diseño, con 2 rompeolas se logra un factor de seguridad de 3.99 por lo que se acepta el diseño.
- Cargas: El autotank que está diseñado para soportar las diferentes fuerzas que son aplicables en cada una de sus partes así como las resultantes y los esfuerzos que se generan en el cuerpo y las tapas del recipiente; ya que cuenta con el soporte adecuado mediante 3 silletas y la estabilidad que brindan los rompeolas al reducir el impacto de las cargas en el recipiente.
- Acero Inoxidable Austenítico (AIA). Las uniones serán soldadas por soldadura 316 con una eficiencia mínima del 85% de acuerdo con prácticas recomendadas.
- Refuerzo circunferencial. Debido a que el espesor del recipiente es de 1/16 plg deberá reforzarse circunferencialmente, la configuración que se eligió para esta función consta únicamente de 3 rompeolas ya que con este elemento la configuración del recipiente es estable como se comprobó en la simulación realizada.

4.1.4 Altura y Ancho

Son establecidas⁷ en la sección 6.2 de la NOM-012-SCT-2008,

Tabla 4.3. Comparación de Ancho y Altura máxima entre los determinados en el diseño y los establecidos en la norma

NOM-012-SCT-2-2008		Dimensiones Establecidas en el Diseño
Ancho Máximo	2.60 m	2.3 m
Altura Máxima	4.25 m	3.79 m

Las dimensiones obtenidas en el diseño para el ancho y la altura son menores con respecto a los establecidos en la norma como máximos, por lo tanto estos valores cumplen con los requerimientos de la norma.

⁷ El ancho máximo autorizado por la norma no incluye espejos retrovisores, elementos de sujeción y aditamentos para el aseguramiento de la carga. Estos accesorios no deben sobresalir más de 10 cm. a cada lado del vehículo.

4.1.5 Largo

Establecido en la Tabla C de la NOM-012-SCT-2008,

Tabla 4.4. Tabla de Largo Total para la configuración de Autotanque utilizada

Vehículo	# de Ejes	# de Llantas	Largo Total (m)			
			ET y A	B	C	D
T3-S3	6	22	23.0	20.8	18.5	NA

El largo del autotanque diseñado es de 5.9191 a los que hay que agregarle 2.5 metros más debido al tractocamión para un total de 8.5 m. Este valor se encuentra dentro de los límites establecidos para este tipo de vehículos, por esta razón se considera adecuado además de que cumple con lo establecido en la norma.

4.1.6 Peso

El peso se establece por la clase de vehículo y el tipo de camino que circulara, en el capítulo anterior se determinó que el autotanque diseñado corresponde a la clase T3-S2 por lo que podemos utilizar los siguientes datos de la NOM-012-SCT-2008,

Tabla 4.5. Características de configuración utilizada en autotanque diseñado.

Tractocamión Articulado			
Nomenclatura	# de Ejes	# de Llantas	Configuración
T3-S2	5	18	

Tabla 4.6. Pesos máximos para configuración utilizada

Tractocamión Articulado	Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Clase de Camino			
	ET Y A	B	C	D
T3-S2	41.5 Ton	38.0 Ton	33.5 Ton	NA
				

El autotankue diseñado para transportar ácido sulfúrico tiene un peso de 43.65 toneladas mientras que el peso máximo autorizado para una clase de camino ET y A es de 41.5 toneladas, por lo que apeñándonos a lo especificado en la norma en el punto 6.1.2.2 que establece el peso adicional por cada eje de carga y cada eje motriz mostrado en la tabla 4.7 podemos obtener un peso máximo de 48 toneladas puesto que la configuración es de 2 ejes de carga y 3 ejes motriz. El peso se encuentra dentro lo establecido por la norma.

Tabla 4.7. Peso extra disponible por cada Eje del Autotankue

Peso Adicional para circular en Carretera ET y A	
Por cada Eje de Carga	Por cada Eje Motriz
1 Ton	1.5 Ton

4.1.7 Pruebas de Presión y Fugas

Establecidas en la norma NOM-020-SCT2/1995,

- Presión para método de prueba hidrostática: $40 \text{ lb/plg}^2 = 2.81 \text{ Kg/cm}^2$

Esta prueba se realiza llenando de agua u otro líquido que tenga viscosidad similar y a una temperatura que no exceda de $37.8 \text{ }^\circ\text{C}$ el recipiente incluyendo el cuello de su domo. El recipiente entonces debe presurizarse la presión ya establecida. El recipiente, incluyendo sus cierres, debe mantenerse a dicha presión cuando menos diez minutos. Durante este periodo deberá inspeccionarse para detectar fugas, abombamiento o cualquier otro defecto.

- Presión para método neumático: $40 \text{ lb/plg}^2 = 2.81 \text{ Kg/cm}^2$

En esta prueba lleva más riesgo que la prueba hidrostática, por lo tanto, se deberán tomar las medidas pertinentes para proteger al personal y las instalaciones. El autotankue o recipiente sobre chasis, se deberá presurizar con aire o gas inerte; la presión de prueba debe alcanzarse gradualmente, incrementando la presión primero a la mitad de la presión de prueba. Después, la presión debe incrementarse en pasos de aproximadamente un décimo de presión hasta alcanzar la presión de prueba.

La presión se deberá mantener cuando menos 5 minutos. La presión debe entonces reducirse a la de inspección, la cual se deberá de mantener mientras es revisada toda la superficie del recipiente para detectar fugas u otros defectos. El método de inspección debe consistir en aplicar una solución de jabón y agua o algún otro similar en todas las unidades y aditamentos del recipiente.

4.2 Autotanque para el Transporte de Gas L.P.

Este autotanque está diseñado siguiendo la especificación SCT-306 que tiene como requisitos generales los siguientes

4.2.1 Espesor

El espesor mínimo autorizado del cuerpo, cabezas o tapas, mamparas y rompeolas no deberá ser menor del establecido en las tablas I y II en las páginas 61-62 de la NOM.020-SCT-1995, para utilizar las tablas la norma recomienda el siguiente procedimiento:

1. Tomar la capacidad requerida en litros por cada 2.54 centímetros
2. Multiplicar la capacidad anterior por la densidad actual del producto expresada en kilos por litro.
3. Dividirla entre 0.86 ya que los valores de las tablas están basados en un producto con una densidad de 0.86 kg/litro y el recipiente diseñado es para productos que pesen más.

$$\left(\frac{8000L}{481cm} \right) * 2.54cm = 42.24L$$

$$42.24L * 2.01 \frac{Kg}{L} = 84.9Kg$$

$$\frac{84.9Kg}{0.86 \frac{Kg}{L}} = 98.72L$$

Una vez obtenida esta capacidad podemos leer los valores para espesores mínimos de las tablas anteriormente mencionadas, obteniendo los siguientes valores:

Tabla 4.8. Espesores mínimos permitidos por la norma

	Espesor Mínimo
Cuerpo	0.937 plg
Cabezas	0.125 plg

Comparando los espesores obtenidos en el diseño del autotank y los obtenidos de las tablas, se tiene lo siguiente:

Tabla 4.9. Comparación de Espesores entre los determinados en el diseño y los establecidos en la norma

Espesores	Obtenido por Tablas	Determinado en el Diseño
Cuerpo	0.0897 plg	0.1089 plg
Cabezas	0.125 plg	0.1875 plg

Como es posible observar en los valores obtenidos del espesor calculado para el cuerpo y cabeza son mayores que los espesores mínimos permitidos por la norma; por lo tanto estos espesores son aceptados ya que al tomar en cuenta el efecto de la corrosión el espesor aumenta, cumpliendo de esta manera con lo establecido por la NOM.020-SCT-1995.

4.2.2 Presión de Diseño

La presión de diseño de un recipiente no debe ser menor a la presión ejercida por la carga estática de un recipiente completamente lleno o cargado en su posición vertical, por esta razón el recipiente está diseñado a una presión de 142.4 lb/in², cumpliendo de esta manera con lo especificado en la pagina 60 de la NOM.020-SCT-1995.

4.2.3 Apertura de Llenado y Domos

El recipiente cuenta con una entrada pasa hombre de 58 cm de diámetro. Está diseñada para proporcionar un cierre seguro. Tiene la capacidad estructural de resistir presiones de flujo interno de 0.63 kg/cm² (9 lb/p²) sin deformación, ajustándose a los parámetros establecidos en la página 61 de la NOM.020-SCT-1995.

4.2.4 Ventilación o válvulas de desfogues

El recipiente cuenta con una válvula de seguridad, presión y vacío, teniendo un mínimo por área de 2.8 cm². Todas las válvulas de seguridad estarán calibradas para abrirse a no más de 0.07 kg/cm² (1.0 lb/p²) y todas las válvulas de vacío a no más de 0.026 kg/cm² (.37 lb/p²), cumpliendo de esta manera con los requisitos establecidos en la NOM.020-SCT-1995.

4.2.5 Altura y Ancho

Son establecidas⁸ en la sección 6.2 de la NOM-012-SCT-2008,

Tabla 4.10. Comparación de Ancho y Altura máxima entre los determinados en el diseño y los establecidos en la norma

NOM-012-SCT-2-2008		Dimensiones Establecidas en el Diseño
Ancho Máximo	2.60 m	2 m
Altura Máxima	4.25 m	2.72 m

Las dimensiones obtenidas en el diseño para el ancho y la altura son menores con respecto a los establecidos en la norma como máximos, por lo tanto estos valores se encuentran dentro de los establecidos por la NOM-012-SCT-2008.

4.2.6 Largo

Establecido en la Tabla C de la NOM-012-SCT-2008,

Tabla 4.11. Tabla de Largo Total para la configuración de Autotanque utilizada

Vehículo	# de Ejes	# de Llantas	Largo Total (m)			
			ET y A	B	C	D
C2	2	6	14.0	14.0	14.0	12.5

El largo del autotanque diseñado es de 4.85 metros este valor se encuentra dentro de los límites establecidos para este tipo de tractocamión, por esta razón se considera adecuado además de que cumple con lo establecido en la norma.

⁸ El ancho máximo autorizado por la norma no incluye espejos retrovisores, elementos de sujeción y aditamentos para el aseguramiento de la carga. Estos accesorios no deben sobresalir más de 10 cm. a cada lado del vehículo.

4.2.7 Peso

El peso se establece por la clase de vehículo y el tipo de camino que circulara, en el capítulo anterior se determinó que el autotanque diseñado corresponde a la clase C2 por lo que podemos utilizar los siguientes datos de la NOM-012-SCT-2008.;

Tabla 4.12. Características de configuración utilizada en autotanque diseñado.

Tractocamión Articulado			
Nomenclatura	# de Ejes	# de Llantas	Configuración
C3	2	6	

Tabla 4.13. Pesos máximos para configuración utilizada

Tractocamión Articulado	Peso Bruto Vehicular Máximo Autorizado por Clase de Camino			
	ET Y A	B	C	D
C3				
	17.5 Ton	16.5 Ton	14.5 Ton	13.0 Ton

El autotanque diseñado para transportar gas L.P. tiene un peso de 19.3 toneladas mientras que el peso máximo autorizado para una clase de camino ET y A es de 17.5 toneladas, por lo que apeándonos a lo especificado en la norma en el punto 6.1.2.2 que establece el peso adicional por cada eje de carga y cada eje motriz mostrado en la tabla 4.7 podemos obtener un peso máximo de 20 toneladas puesto que la configuración es de 1 eje de carga y 1 eje motriz. El peso se encuentra dentro lo establecido por la norma.

Tabla 4.14. Peso extra disponible por cada Eje del Autotanque

Peso Adicional para circular en Carretera ET y A	
Por cada Eje de Carga	Por cada Eje Motriz
1 Ton	1.5 Ton

4.2.8 Pruebas de Presión y Fugas

Establecidas en la norma NOM-020-SCT2/1995,

- Presión para método de prueba hidrostática: 185.12 lb/plg²

Esta prueba se realiza llenando de agua u otro líquido que tenga viscosidad similar y a una temperatura que no exceda de 37.8 °C el recipiente incluyendo el cuello de su domo. El recipiente entonces debe presurizarse la presión ya establecida. El recipiente, incluyendo sus cierres, debe mantenerse a dicha presión cuando menos diez minutos. Durante este periodo deberá inspeccionarse para detectar fugas, abombamiento o cualquier otro defecto.

- Presión para método neumático: 185.12 lb/plg²

En esta prueba lleva más riesgo que la prueba hidrostática, por lo tanto, se deberán tomar las medidas pertinentes para proteger al personal y las instalaciones. El autotanque o recipiente sobre chasis, se deberá presurizar con aire o gas inerte; la presión de prueba debe alcanzarse gradualmente, incrementando la presión primero a la mitad de la presión de prueba. Después, la presión debe incrementarse en pasos de aproximadamente un décimo de presión hasta alcanzar la presión de prueba.

La presión se deberá mantener cuando menos 5 minutos. La presión debe entonces reducirse a la de inspección, la cual se deberá de mantener mientras es revisada toda la superficie del recipiente para detectar fugas u otros defectos. El método de inspección debe consistir en aplicar una solución de jabón y agua o algún otro similar en todas las unidades y aditamentos del recipiente.

Capítulo 5. Documentación

La normatividad mexicana establece varios requisitos que debe cumplir un autotanke para poder transitar en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

5.1 Autotanke para el Transporte de Ácido Sulfúrico

5.1.1 Identificación de Sustancia y su Etiqueta

Por lo establecido en la norma NOM-002-SCT/2003,

Ácido Sulfúrico (con más de 51% de ácido):

- Clase o División: 8
- Número UN: 1830
- Corrosivo

Su etiqueta de identificación entonces es,



Figura 5.1. Etiqueta de Identificación

La colocación de esta etiqueta se muestra en la figura 5.2

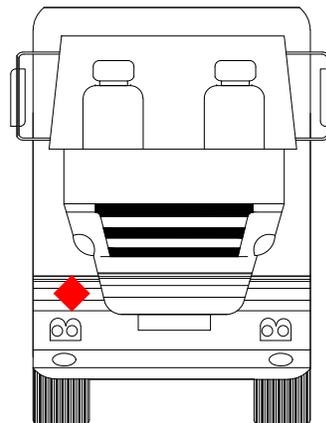
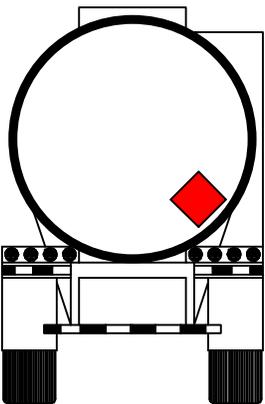
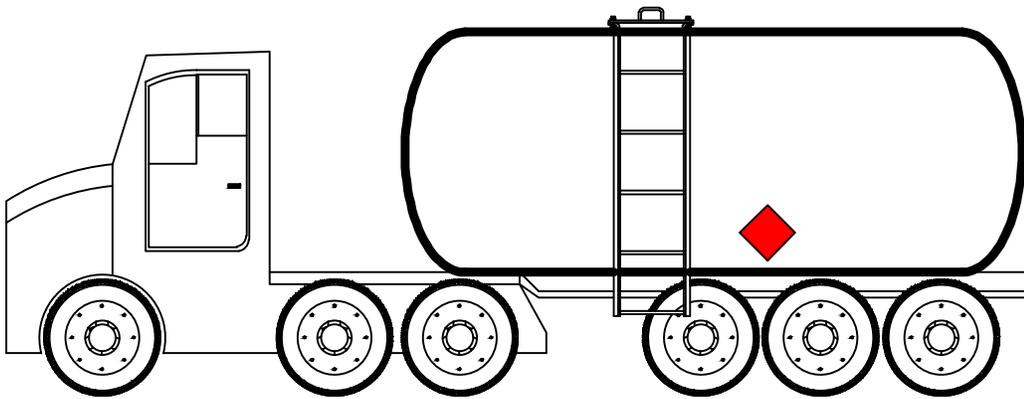
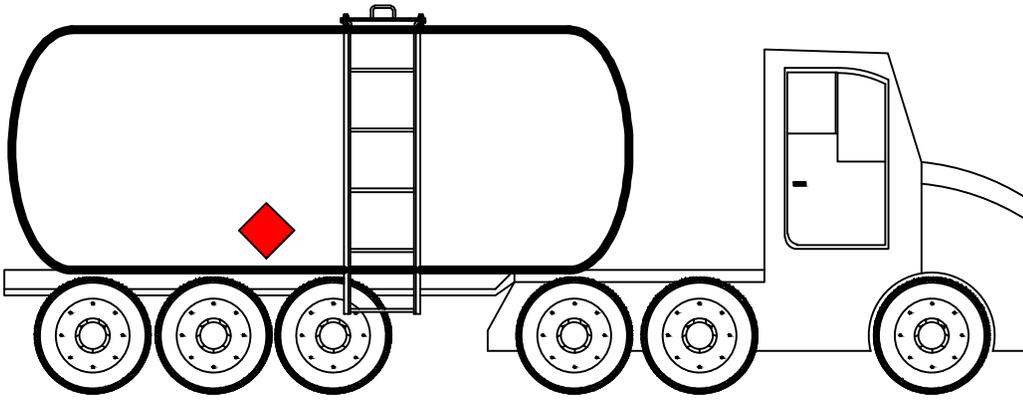


Figura 5.2. Lugares de Colocación de etiquetas de Identificación de sustancias en vista lateral y trasera

5.1.2 Placa Técnica

Establecida por la norma NOM-023-SCT2/2011 esta contiene los datos del constructor, fecha de construcción y aprobación; así como los datos de diseño del recipiente tales como: presión de diseño y de prueba, material, soldadura, espesores, etc. A continuación se muestra la forma de llenado,

Tabla 5.1. Placas Técnicas

PLACA TÉCNICA DE ESPECIFICACIONES							
Número de matrícula del propietario							
INFORMACIÓN SOBRE LA FABRICACIÓN							
País de fabricación		MEXICO					
Año de fabricación		2012					
Fabricante		AUTOTANQUES MEXICO					
Número de serie del fabricante		3G9T393A6BT007706					
INFORMACIÓN SOBRE LA APROBACIÓN							
	País de aprobación		MEXICO				
	Organismos autorizado para la aprobación del diseño						
	Número de aprobación del diseño		35768	"AA"			
Código de diseño del depósito		SCT - 307					
PRESIONES							
PMTP (presión máxima de trabajo permisible)		25 lb/plg ²					
Presión de ensayo		40 lb/plg ²					
Fecha del ensayo de presión inicial:	07/2012	Sello del testigo:					
Presión de cálculo externa		25 lb/plg ²					
TEMPERATURAS							
Gama de temperaturas de cálculo		25 °C a 4 °C					
MATERIALES							
Material de la cabeza		T 316 C3/16					
Material de cuerpo		T 316 C3/16					
Clase de soldadura		AWS 316L					
ESPESTORES							
Espesor mínimo permisible del cuerpo		0.04 plg					
Espesor mínimo permisible de las cabezas		0.036 plg					
CAPACIDAD							
Capacidad en agua de la cisterna a 20°C		20,000	litros	"S"			
INSPECCIONES/ENSAYOS PERIODICOS							
Tipo de ensayo	Fecha del ensayo	Sello del testigo y presión de ensayo		Tipo de ensayo	Fecha del ensayo	Sello del testigo y presión de ensayo	
	(mm/aaa)		bar o kPa	(mm/aaa)			bar o kPa

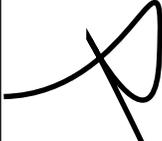
Constructor de recipiente				
Num. Serie 3G9T393A6BT007706	Código SCT	Fecha Constr 06/2012	Fecha Certif 02/AGOSTO/2012	Prueba Orig
País de Constr. MÉXICO	Presión de diseño 25 psig	Presión de Prueba: 40 psig		
Material Cuerpo: T 316 C3/16	Clase Soldadura: AWS 316L	Cap. Volumétrica: 20,000 Lts		
Material Tapas: T 316 C3/16	Revestimiento N/A	Carga Máxima kg lbs		
Flujo de Carga Máxima lpm g/m	Flujo de Descarga Máxima lpm gpm			
Rango Temp. Metalurgico °C - °F	Densidad Carga Max kg/l lbs/gal	Área Superficie Expuesta: 954.1022 ft ²		
Esp. Fab. Cabezas	Arriba mm - plg	Lados mm - plg	Abajo mm – plg	
Esp. Fab. Tapas: 0.072 plg	Temp. Sistema Calentamiento: N/A	PMTP: 25 lb/plg ²		
Espesor Mínimo Permisible del Cuerpo: 0.042 plg		Espesor Mínimo Permisible de las Cabezas: 0.036 plg		

5.1.3 Hoja de Emergencia para Transporte de Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos

Establecida en la norma NOM-005-SCT/2008 el siguiente documento es la información de emergencia para el transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos; en esta se identifica el tipo de sustancia, sus propiedades y el efecto que tiene en la salud y en el ambiente, además de los números de emergencia y puede servir como guía en el caso de un accidente,

Tabla 5.2. Hoja de Emergencia

1. RAZON SOCIAL Y DIRECCIÓN DE LA COMPAÑIA: QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A. DE C.V. CALLE 4 S/N COL. GAVILAN DE ALLENDE C.P. 52940 CUAUTITLAN IZCALLI ESTADO DE MEXICO		3. NOMBRE DEL PRODUCTO COMERCIAL: <u>Ácido Sulfúrico</u> QUÍMICO: <u>Ácido Sulfúrico</u>		6. COMPAÑIA TRANSPORTADORA Autotransportes Vargas S.A. de C.V.	
TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR TEL: 01-868-811-10-05 FAX: 01-868-811-10-01		4. CLASIFICACIÓN ONU: 8 Corrosivo		7. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX 01 (55) 57-51-53-26 01 (55) 57-51-23-65	
		5. No. UN DEL MATERIAL: 1830			
8. ESTADO FISICO: Líquido COLOR: Incoloro o café OLOR: Picante y penetrante.		9. PROPIEDADES FISICO QUIMICAS P. Ebullición: 274°C. Solubilidad: Soluble en agua y alcohol etílico P. Inflamación: N.A. Densidad: 1.8 g/cm ³ Grav. Esp.(Agua=1) 1.84			
10. Avisar al Sistema Nacional de Emergencia CENACOM 01-800 00 41300 / (0155) 5550 1496, SETIQ 01-800 0021400 / (0155) 5559 1588 y a las autoridades específicas de materiales peligrosos: policía preventiva, bomberos, cruz roja, etc.					
11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCION PERSONAL Guantes de hule o neopreno, lentes de seguridad o goggles, ropa impermeable, respirador c/cartucho p/vapores orgánicos. El traje de protección estructural de los bomberos no es efectivo con posible contacto directo con la sustancia. EN CASO DE ACCIDENTE: * Pare el motor * Ponga señales en zona de peligro * Aleje a toda persona innecesaria de la zona de peligro * Determine la zona de seguridad de acuerdo a la sustancia, material o residuo transportado.					
12. RIESGOS *SI OCURRE ESTO		13. ACCIONES *HAGA ESTO			
14. INTOXICACIÓN/EXPOSICION 		15. Exponerse puede causar: - Quemaduras químicas severas de la piel, ojos, aparato respiratorio y digestivo - Intoxicación sistémica Aguda - Puede causar la muerte. -Solicite atención médica inmediata.			
16. CONTAMINACIÓN		17. El ácido sulfúrico que accidentalmente se derrama en terreno natural (no pavimentado) afecta toda materia orgánica que contacte, deshidratándola y carbonizándola. Esto incluye la totalidad de la flora. Los microorganismos que se encuentran en la tierra, perecerán al contacto con el ácido, dejando la tierra estéril. La tierra en si, dependiendo de la cantidad derramada, quedará con un PH bajo, ácido (PH ácido) Si la cantidad de ácido es muy grande y el terreno de textura porosa, el ácido puede penetrar los mantos acuíferos, afectando las corrientes de agua. El ácido que fluya hacia cuerpos receptores de agua, arroyos o ríos, afectará a la fauna que se encuentre en éstos, así como a los individuos humanos o animales que beban agua ácida. - Use cal para neutralizar			
17. INFORMACION MEDICA		Inhalación: Trasladar al aire fresco, sino respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Solicite atención médica inmediata. Ingestión: Lavar la boca con agua. Si esta consiente suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito, si éste se presenta en forma natural suministre más agua. Solicite atención médica inmediata. Piel: Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón mínimo durante 15 minutos. Solicite atención médica inmediata. Ojos: Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Solicite atención médica inmediata.			
20. ESCAPES, FUGAS Y DERRAMES 		21. ¡Evite contaminarse! Si es necesario evacúe la población viento arriba del evento que puede ser afectada. - Aleje a los mirones y busque siempre estar viento arriba del evento. - Pare el vehículo, frénelo y bloquéelo si es posible - Si no tiene el equipo y la capacitación necesaria NO intente corregir la fuga. - De notificación del evento de acuerdo al inciso 10 - Para entrar a la zona contaminada y dependiendo de la situación, se recomienda el uso de trajes anti-ácidos nivel "A" o "B" con respiradores auto contenidos. - Se pueden abatir los gases usando niebla o cortinas de agua.			

<p>22. FUEGO/EXPLOSION</p> 	<p>23. El material No es inflamable o explosivo pero diluido y al contacto con metales produce hidrogeno el cual es altamente flamable y explosivo. Los contenedores pueden explotar durante un incendio si están expuestos al fuego o por contacto con el agua por alta liberación de calor. - Evite el calentamiento de los contenedores (carro recipiente o pipa), enfriándolos con agua, así evitará que se sobre presuricen y fuguen por la válvula de alivio. Para extinguir no use grandes cantidades de agua, use polvo químico seco, espuma tipo alcohol, dióxido de carbono.</p>		
<p>24. NOMBRE: ING. CARLOS RIOS RUIZ</p>	<p>FIRMA</p> 	<p>PUESTO Coordinador de Manejo Responsable de Producto</p>	<p>TELEFONO 33-36-78-24-08</p>
<p>25. ESTA HOJA ES REQUISITADA EN SU TOTALIDAD PARA HACER USO DE ELLA EN CASO NECESARIO</p>			

5.1.4 Etiqueta del SETIQ

Se debe portar un número al cual se pueda llamar en caso de una emergencia, en este caso es el del Sistema de Emergencias en Transporte para la Industria Química (SETIQ). Al estar afiliado a este sistema se le da cumplimiento a los requerimientos del “Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos”. cuyo principal objetivo es garantizar que el movimiento de estos materiales se realice en forma segura y responsable. Especificando, que en caso de que ocurra algún accidente en tránsito, tanto el embarcador como el transportista y el destinatario serán corresponsables por los daños ocasionados a la salud, medio ambiente y a los recursos de propios y terceros.

El SETIQ es un sistema de emergencia que proporciona telefónicamente información técnica y específica para atender emergencias e incidentes en donde se encuentran involucrados productos químicos en toda la República Mexicana, opera las 24 horas de día los 365 días del año. Su función es servir de enlace con otros grupos de emergencia; Bomberos, Cruz Roja, Policía Federal, Protección Civil, Seguridad Pública, Brigadas de Emergencia, Grupos de Ayuda Mutua Industriales, etc. y así coordinar la atención adecuada del accidente o incidente químico.

La etiqueta a utilizar es la siguiente,



Figura 5.3. Etiqueta SETIQ

Y su ubicación,

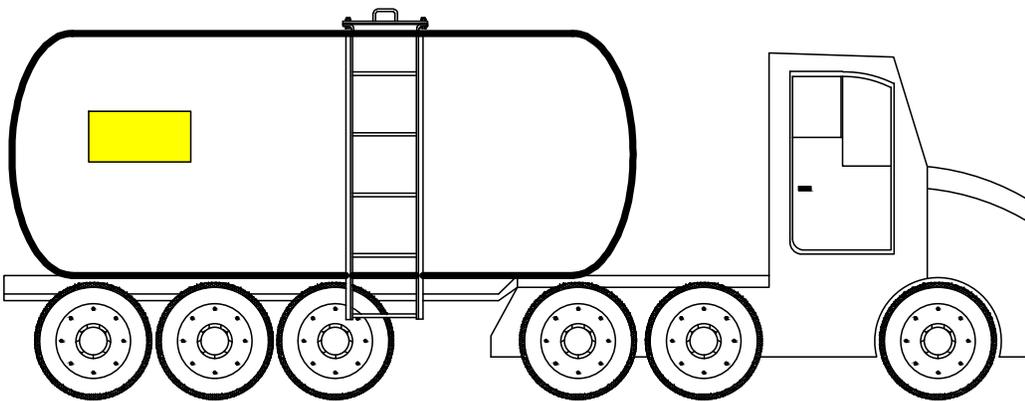


Figura 5.4. Ubicación Etiqueta SETIQ vista lateral

5.1.5 Otros

De acuerdo al Reglamento de Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos es obligatorio que el operador responsable de la unidad cuente con los siguientes documentos:

- Licencia federal de conducir específica para el transporte de residuos peligrosos
- Bitácora de horas de servicio del conductor
- Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad
- Póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso.
- Hoja de Seguridad del Producto

5.2 Autotanque para el Transporte de Gas L.P.

5.2.1 Identificación de Sustancia y su Etiqueta

Basados en las NOM-002-SCT/2003, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados y NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Gas L.P. (gas de petróleo comprimido)

- Clase o División: 2.1
- Número UN: 1075
- Material de construcción: Acero al Carbón A572

Su etiqueta de identificación entonces es,



Figura 5.5. Etiqueta de Identificación

La colocación de esta etiqueta se muestra en la figura 5.2

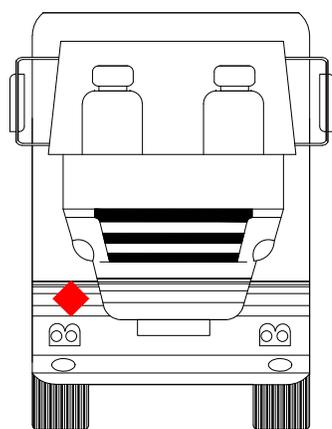
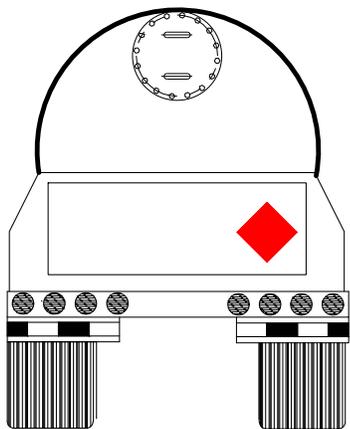
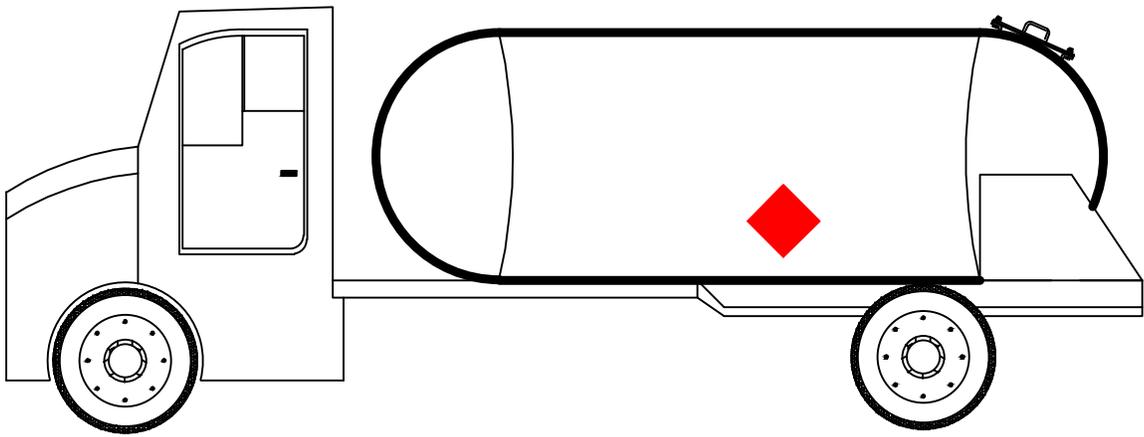
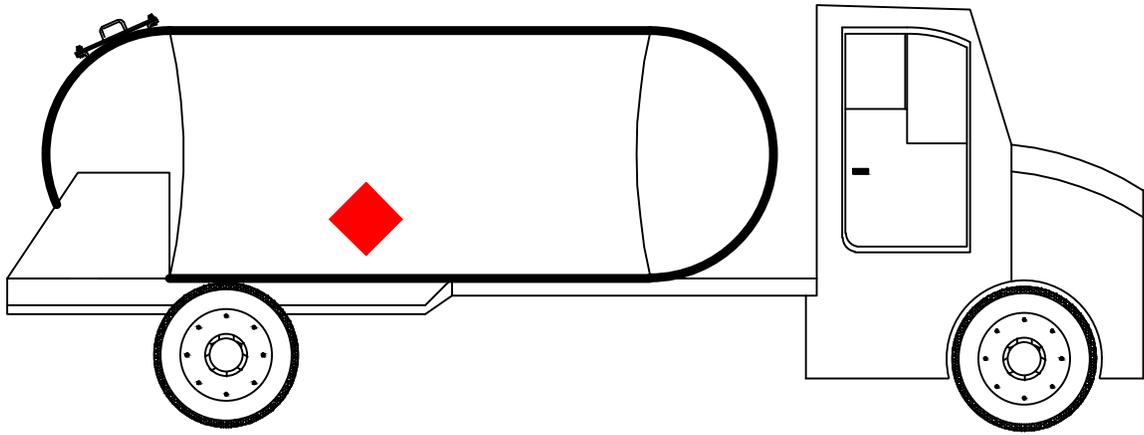


Figura 5.6. Lugares de Colocación de etiquetas de Identificación de substancias en vista lateral y trasera

5.2.2 Placa Técnica

Establecida por la norma NOM-023-SCT2/2011 esta contiene los datos del constructor, fecha de construcción y aprobación; así como los datos de diseño del recipiente tales como: presión de diseño y de prueba, material, soldadura, espesores, etc. A continuación se muestra la forma de llenado,

Tabla 5.3. Placas Técnicas

PLACA TÉCNICA DE ESPECIFICACIONES							
Número de matrícula del propietario							
INFORMACIÓN SOBRE LA FABRICACIÓN							
País de fabricación		MEXICO					
Año de fabricación		2012					
Fabricante		AUTOTANQUES DE MEXICO					
Número de serie del fabricante		3G9T393A6BT007706					
INFORMACIÓN SOBRE LA APROBACIÓN							
	País de aprobación		MEXICO				
	Organismos autorizado para la aprobación del diseño						
	Número de aprobación del diseño		35768	"AA"			
Código de diseño del depósito (código para recipientes a presión)							
PRESIONES							
PMTP (presión máxima de trabajo permisible)		142.4 lb/plg ²					
Presión de ensayo		185.12 lb/plg ²					
Fecha del ensayo de presión inicial:	07/2012	Sello del testigo:					
Presión de cálculo externa		142.4 lb/plg ²					
TEMPERATURAS							
Gama de temperaturas de cálculo		25 °C a 40 °C					
MATERIALES							
Material de la cabeza		Ac A572					
Material de cuerpo		Ac A572					
Clase de soldadura		AWS 718					
ESPESTORES							
Espesor mínimo permisible del cuerpo		0.937 plg					
Espesor mínimo permisible de las cabezas		0.125 plg					
CAPACIDAD							
Capacidad en agua de la cisterna a 20°C		8000 litros		"S"			
INSPECCIONES/ENSAYOS PERIODICOS							
Tipo de ensayo	Fecha del ensayo	Sello del testigo y presión de ensayo		Tipo de ensayo	Fecha del ensayo	Sello del testigo y presión de ensayo	
	(mm/aaaa)		bar o kPa	(mm/aaaa)			bar o kPa

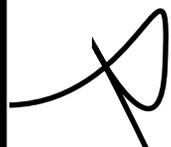
Constructor de recipiente				
Num. Serie 3G9T393A6BT007706	Código SCT	Fecha Constr 06/2012	Fecha Certif 02/AGOSTO/2012	Prueba Orig
País de Constr. MÉXICO		Presión de diseño 142 lb/plg ²	Presión de Prueba: 185 lb/plg ²	
Material Cuerpo: Ac A572		Clase Soldadura: AWS 718	Cap. Volumétrica: 8,000 Lts	
Material Tapas: Ac A572		Revestimiento N/A	Carga Máxima kg lbs	
Flujo de Carga Máxima lpm g/m		Flujo de Descarga Máxima lpm gpm		
Rango Temp. Metalurgico °C - °F		Densidad Carga Max kg/l lbs/gal	Área Superficie Expuesta: ft ²	
Esp. Fab. Cabezas		Arriba 0.187 plg	Lados 0.187 plg	Abajo 0.187 plg
Esp. Fab. Tapas: 0.25 plg		Temp. Sistema Calentamiento: N/A	PMTP: 142 lb/plg ²	
Espesor Mínimo Permisible del Cuerpo: 0.937 plg		Espesor Mínimo Permisible de las Cabezas: 0.125 plg		

5.2.3 Hoja de Emergencia para Transporte de Substancias, Materiales y Residuos Peligrosos

Establecida en la norma NOM-005-SCT/2008 el siguiente documento es la información de emergencia para el transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos; en esta se identifica el tipo de sustancia, sus propiedades y el efecto que tiene en la salud y en el ambiente, además de los números de emergencia y puede servir como guía en el caso de un accidente,

Tabla 5.4. Hoja de Emergencia

<p>1. RAZON SOCIAL Y DIRECCIÓN DEL EXPEDIDOR O EMBARCADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • IMPORTADOR • PROVEEDOR • DISTRIBUIDOR • GENERADOR <p>2. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR</p>	<p>3. NOMBRE DEL PRODUCTO (DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE)</p> <p>COMERCIAL: Gas LP</p> <p>QUÍMICO: Mezcla Propano-Butano</p> <p>4. CLASIFICACIÓN ONU: 2 División 2.1</p> <p>5. No. UN DEL MATERIAL: 1075</p>	<p>6. COMPAÑÍA TRANSPORTADORA</p> <p>7. TELEFONOS DE EMERGENCIA Y FAX</p>
<p>8. ESTADO FISICO: Gas</p> <p>OLOR: Inodoro, se le añade un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable.</p> <p>COLOR: Incoloro</p>	<p>9. PROPIEDADES FISICO QUIMICAS</p> <p>Temp. Ebullición @ 1 atm: -32.5°C</p> <p>Temp. De fusión: -167.9 °C</p> <p>Densidad de los vapores (aire=1) @ 15.5°C: 2.01</p> <p>Densidad del líquido (agua=1) @ 15.5°C: 0.540</p> <p>Relación de expansión: 1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor)</p> <p>Solubilidad en agua: 0.0079% en peso</p>	
<p>10. Avisar al Sistema Nacional de Emergencia SENACOM 01-800 00 41300 / (0155) 5550 1496, SETIQ 01-800 0021400 / (0155) 5559 1588, Central de Fugas de Gas LP 52 77 0175/ 52 77 0422 / 52 77 0425 y a las autoridades específicas de materiales peligrosos: policía preventiva, bomberos, cruz roja, etc.</p>		
<p>11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCION PERSONAL: Se recomienda el uso de equipos de respiración autónomo y el uniforme de bomberos dará protección limitada.</p> <p>EN CASO DE ACCIDENTE:</p> <p>* PARE EL MOTOR * PONGA SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO</p> <p>* ALEJE A TODA PERSONA INNECESARIA DE LA ZONA DE PELIGRO</p> <p>* DETERMINE LA ZONA DE SEGURIDAD DE ACUERDO A LA SUBSTANCIA, MATERIAL O RESIDUO PELIGROSO TRANSPORTADO</p>		
<p>12. RIESGOS</p> <p>*SI OCURRE ESTO</p>	<p>13. ACCIONES</p> <p>*HAGA ESTO</p>	
<p>14. INTOXICACIÓN/EXPOSICION</p> 	<p>15. El gas licuado no es tóxico; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos. No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular, o que desarrolle algún efecto tóxico</p>	
<p>16. CONTAMINACIÓN</p>	<p>17. El efecto de una fuga de GLP es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera.</p> <p>No contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono (40 CFR Parte 82). No está en la lista de contaminantes marinos DOT (49 CFR Parte 1710).</p>	
<p>17. INFORMACION MEDICA</p>	<p>Inhalación: Si se detecta presencia de gas en la atmosfera, retire la víctima donde pueda respirar aire fresco. Si la víctima no respira inicie de inmediato la reanimación o respiración artificial. Si presenta dificultades al respirar, administre oxígeno. Solicite atención médica inmediata.</p> <p>Ingestión: La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición. Solicite atención médica inmediata.</p> <p>Ojos: La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de quemadura fría; aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Solicite atención médica inmediata.</p>	

		Piel: Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías; deberá rociar o empapar el área afectada con agua tibia o corriente. No use agua caliente. Quítese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica inmediata.	
20. ESCAPES, FUGAS Y DERRAMES 		21. En caso de fuga: Se deberá evacuar el área inmediatamente y solicitar ayuda a la Central de Fugas de su localidad. Mientras tanto, bloquear las fuentes de fuga y eliminar las fuentes de ignición, así como disipar la nube de vapores con agua espreada para enfriamiento o mejor aún, con vapor de agua; además solicite ayuda a la Central de Fugas de Gas de su localidad.	
22. FUEGO/EXPLOSION 		23. Es extremadamente inflamable Aisle 800 metros a la redonda si es necesario. Use neblina de baja presión para reducir el vapor.	
24. NOMBRE ING. CARLOS RIOS RUIZ	FIRMA 	PUESTO Coordinador de Manejo Responsable de Producto	TELEFONO 33-36-78-24-08
25. ESTA HOJA ES REQUISITADA EN SU TOTALIDAD PARA HACER USO DE ELLA EN CASO NECESARIO			

5.2.4 Otros

De acuerdo al Reglamento de Transportación de Materiales y Residuos Peligrosos es obligatorio que el operador responsable de la unidad cuente con los siguientes documentos:

- Licencia federal de conducir específica para el transporte de residuos peligrosos
- Bitácora de horas de servicio del conductor
- Bitácora del operador relativa a la inspección ocular diaria de la unidad
- Póliza de seguro individual o conjunto del autotransportista y del expedidor del material o residuo peligroso.
- Hoja de Seguridad del Producto

Conclusiones

Hoy en día el traslado de sustancias químicas peligrosas tiene un papel muy importante ya que la mayor parte de las sustancias no son utilizadas en el lugar donde se producen de aquí la importancia del uso de autotanques para su distribución.

Los autotanques deben cumplir con ciertos requerimientos delimitados por el tipo de sustancia que se va a transportar y por la normatividad establecida por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Para la realización de este tesis se revisó la normatividad emitida por la SCT y en base a esas normas se realizó el diseño y documentación aplicados al uso de autotanques. Durante el desarrollo de la investigación nos percatamos que el diseño de un autotanque no implica solo la geometría sino que también se debe considerar parámetros como: las propiedades fisico-químicas de la sustancia que se va a transportar y los aspectos mecánicos como son: la selección del material, soldadura, accesorios, condiciones de trabajo y los elementos de seguridad.

En este trabajo de tesis se efectuó el diseño de dos autotanques uno para transportar ácido sulfúrico y el otro gas LP, debido a la diferencias que tienen estas sustancias pudimos notar que los requerimientos cambian, es decir, se tienen diferentes criterios de selección para la geometría, material de construcción, tipo de soldadura y la especificación para la construcción; además de aplicar los criterios de diseño legislados en las normas mexicanas y en códigos internacionales que aplican en el diseño de recipientes. Una vez concluido el diseño se llevo a cabo la revisión del mismo basados en lo estipulado en las normas comprobando que el diseño cumple con lo establecido en estas, realizando también la documentación necesaria que requiere un autotanque para poder transitar por los caminos federales y estatales de México logrando así comprender lo importante que es diseñar un autotanque con los requerimientos generales y específicos que garanticen la estabilidad y seguridad necesarios para su uso; cumpliendo de esta manera con los objetivos planteados.

Esperamos que este trabajo sea de gran utilidad para aquellos que deseen saber mas acerca del diseño de un autotanque y los parámetros que esto implica siguiendo la normatividad correspondiente; quedando claro que las normas no solo regulan el diseño de estos recipientes sino que abarcan un campo extenso y se complementan con sus homólogos internacionales.

Bibliografía

- MEGYESY, E. F. “Manual de Recipientes a Presión: Diseño y Cálculo”. Editorial Limusa, México, 1989.
- ERVIN, R. D., et al. “Liquid Cargo Shifting and the Stability of cargo tank trucks”. Transportation Research Institute. *Final Technical Report*. Volume II. September 1985
- RAKHEJA, S., et al. “Optimisation of liquid tank geometry for enhancement of static roll stability of partially-filled tank vehicles”. Inderscience Enterprise Ltd. *Internacional Journal of Heavy Vehicle Systems*. Volume 11, Number 2/2004.
- JAWARD M. “Structural and Design of Process Equipment”. Editorial Willey, 2ª Edición, EUA, 1989.
- MAYER E. “Chemistry of Hazardous Materials”. Editorial Brady, 2ª Edición, EUA, 1989.
- KLETZ T. “Desastres en Plantas con Procesos Químicos. ¿Cómo Evitarlos?”. Editorial Mc Graw Hill, 4ª Edición, España, 2002.
- DEGARMO, E.; BLACK, J.T.; KOHSER, R. A. “Materials and Processes in Manufacturing”. Editorial Prentice Hall, 8ª Edición, EUA, 1997.
- HORWITZ H. “Soldadura: Aplicaciones y Práctica”. Editorial AlfaOmega, 2ª Edición, México, 1990.
- M. GERE J. “Mecánica de Materiales”. Editorial Thomson, 6ª Edición, México, 2003.
- DONALD R. A. “The Science and Engineering of Materials”. Editorial

Páginas WEB

- <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/marco-normativo-aplicable-al-autotransporte-federal/materiales-y-residuos-peligrosos/>
- <http://www.astm.org/Standards/A572A572M-SP.htm>
- http://mid-citysteel.com/data/midcitysteel/commercelite/332_1384_A_6A_6M_-_09.pdf
- <http://law.justia.com/cfr/title49/49-2.1.1.3.13>