

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MATERIALES Y FABRICACIÓN DE TANQUES CISTERNA PARA
ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS
PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

OTTO LEONEL PAZ

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 1,999

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III:	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV:	Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera
VOCAL V:	Br. José Enrique López Barrios
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

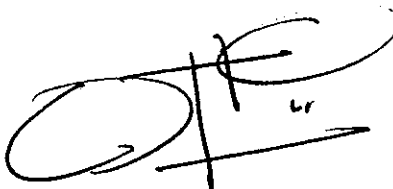
DECANO:	Ing. Herber René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR:	Ing. Julio Guillermo García Ovalle
EXAMINADOR:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado

**MATERIALES Y FABRICACIÓN DE TANQUES CISTERNA PARA
ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO
RECUBRIMIENTOS PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de INGENIERÍA CIVIL con fecha 27 de agosto de 1,997.


f. _____

Guatemala, abril 16 del 1999

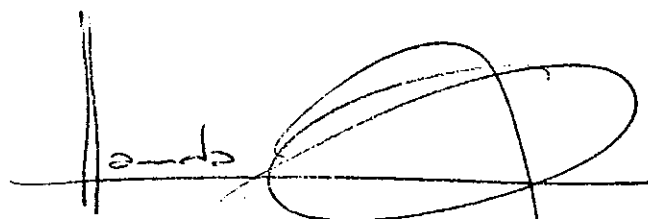
Ingeniero
Francisco Javier Quiñóniz
Coordinador del Area de Materiales
Facultad de Ingeniería
Ciudad.

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente me permito informarle que he revisado el trabajo de tesis del alumno Otto Leonel Paz titulado, MATERIALES Y FABRICACION DE TANQUES CISTERNA PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE; previo a optar al título de Ingeniero Civil; y, habiéndolo encontrado satisfactorio, me hago co-responsable de dicho trabajo.

Sin otro particular me suscribo como su atento y seguro servidor:

Deferentemente;

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Landa", followed by a large, stylized, circular flourish that loops back to the left and then extends downwards.

Ing. Sergio Antonio Landa Granados
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 26 de abril de 1999

Ing. Sydney alexander Samuels Milson,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

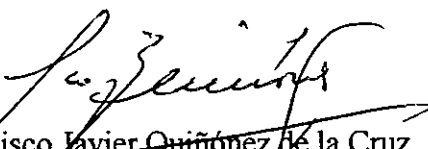
Señor Director.

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de tesis MATERIALES Y FABRICACION DE TANQUES CISTERNAS PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE, realizada por el estudiante universitario **Otto Leonel Paz**, quien contó con la asesoría del ingeniero Sergio A. Landa G.

Considero que el trabajo cumple con los objetivos para los cuales fue planteado y contiene valiosa información de carácter experimental, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS.


Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Coordinador Area de Materiales
y Recursos Naturales no Renovables

c.c.: Archivo.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Sergio Antonio Landa Granados y del Coordinador del Area de Materiales y Recursos Naturales no Renovables, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, del trabajo de tesis del estudiante Otto Leonel Paz, titulado MATERIALES Y FABRICACION DE TANQUES CISTERNA PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, mayo de 1,999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis MATERIALES Y FABRICACION DE TANQUES CISTERNA PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES, UTILIZANDO RECUBRIMIENTOS PARA EVITAR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE, del estudiante Otto Leonel Paz, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DECANO INTERINO



Guatemala, mayo de 1,999

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS.

Al Ing. Sergio Antonio Landa Granados

Por el asesoramiento del presente trabajo de tesis.

ACTO QUE DEDICO

A:

Mis abuelos:	Herlinda Portillo Estrada Gerardo Paz
Mi madre:	Clara Rosa Paz Portillo
Mi esposa:	Dalia Castañeda Matta
Mi hija:	Irene Isabel Paz Castañeda
Mis hermanos:	Gladys, Paty, Geovani, Ericka Tulio, Jaime y Rosita

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ILUSTRACIONES	i
INTRODUCCIÓN	ii
OBJETIVOS	iii
1. CONCEPTOS Y ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Definiciones	1
1.1.1. Condensados	1
1.1.2. Depósitos de petróleo y productos petroleros	1
1.1.3. Depósitos para consumo propio	1
1.1.4. Depósito para venta al público	1
1.1.5. Extintor	1
1.1.6. Gas licuado de petróleo	1
1.1.7. Hidrocarburos	2
1.1.8. Petróleo	2
1.1.9. Productos petroleros	2
1.1.10. Laboratorio de subscriptores S.A. (UL)	2
1.2. Disposiciones para depósitos de petróleo y productos petroleros, en Guatemala	2
1.2.1. Productos afectos	2
1.2.2. Categoría de las instalaciones	2
1.2.3. Medidas de seguridad	3
1.2.3.1. Distancias	3
1.2.3.2. Sistemas de prevención de incendios	4
1.2.4. Sistemas de prevención de contaminación ambiental	5
2. TANQUES DE ACERO	6
2.1. Norma UL- 58	6
2.2. Capacidades y dimensiones	6
2.3. Material y espesor	6
2.4. Cuerpo de tanques	8
2.5. Cabezas de tanques	10
2.6. Refuerzos	12
2.7. Tanques de compartimento	13
2.8. Conexión para tuberías	17
2.9. Registros (Manholes)	20
2.10. Serpentes calentadores	21
2.11. Pruebas de fabricación	21
2.12. Orejas de levante	23

	Página
3. CORROSIÓN EN TANQUES DE ACERO	24
3.1. Metales disímiles	24
3.2. Alta conductividad y suelos pobres	26
3.3. Suelos diferentes	26
3.4. Concentración de celdas de oxígeno	27
3.5. Fluctuación del nivel freático	28
3.6. Corrientes eléctricas dispersas	29
4. RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES EXTERIORES PARA TANQUES	30
4.1. Protección catódica	31
4.1.1. Sistema de ánodo de sacrificio	32
4.2. Sistema de corriente de carga	34
4.3. Tanques compuestos	36
4.4. Tanques enchaquetados	37
4.4.1. Pruebas de impacto para tanques	37
4.4.2. Prueba de fugas	38
4.4.3. Prueba de presión anular	38
4.4.4. Prueba de presión externa	38
5. INSTALACIÓN DE TANQUES	41
5.1. Prueba con vacío	41
5.2. Prueba sobre la superficie	41
5.3. Material de relleno	41
5.4. Excavación	41
5.5. Preparación para excavación	41
5.6. Relleno	42
5.7. Colocación	42
5.8. Amarras de tanque	42
5.9. Pruebas después de la instalación	43
5.10. Detección de fugas	43
5.11. Sistema de medición automático en tanques	43
5.12. Pozos de Observación	44
5.13. Pozos de monitoreo	44
5.14. Monitorero entre contenedores	45
CONCLUSIONES	iv
RECOMENDACIONES	v
BIBLIOGRAFÍA	vi

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
FIGURA 1. Uniones de cuerpo en tanques	9
FIGURA 2. Cabezas y uniones de cabezas a cuerpo de tanques	11
FIGURA 3. Breizas para cabezas planas sin borde redondeado	14
FIGURA 4. Tabiques de compartimento de tanques	16
FIGURA 5. Conexiones de tuberías	18
FIGURA 6. Registros convencionales (Manholes)	20
FIGURA 7. Ejemplos de serpentines	22
FIGURA 8. Orejas de levante	23
FIGURA 9. Celda bi metálica típica	24
FIGURA 10. Corrosión por metales disímiles	25
FIGURA 11. Corrosión por diferencia de suelos	27
FIGURA 12. Corrosión por diferencias de oxígeno	28
FIGURA 13. Corrosión por nivel freático	29
FIGURA 14. Sistema de protección catódica con ánodo de sacrificio	33
FIGURA 15. Sistema de protección catódica con corriente aplicada	35
FIGURA 16. Tanques compuestos y enchaquetados	39
FIGURA 17. Corte de tanque enchaquetado	40
TABLA I. Dimensiones de tanques	8
TABLA II. Altura de combas de cabezas	12
TABLA III. Breizas estructurales para cabezas	15
TABLA IV. Conexión de tuberías	19
TABLA V. Diámetro de accesorios para tubos de ventilación	19

INTRODUCCIÓN

Cada día crece el consumo de combustibles derivados del petróleo, por lo que aumenta la demanda de tanques para almacenarlos y no habiendo bibliografía en español al respecto, se presenta este trabajo de tesis con carácter descriptivo.

Este trabajo presenta información que puede ser utilizada en la elaboración de tanques metálicos cilíndricos en posición horizontal, para almacenamiento de líquidos a una presión esencialmente atmosférica, generalmente subterráneos, usando como bases las normas UL-58.

Considera también distintos recubrimientos exteriores de dichos tanques para evitar daños al medio ambiente, así como para prolongar la vida útil de los tanques.

Los recubrimientos de los tanques han tenido mayor importancia en estos tiempos, por el deterioro causado al medio ambiente debido a fugas en tanques de almacenamiento de combustibles, por lo que este trabajo presenta, muy generalmente, algunas de las protecciones usadas hoy en día.

La intención de este trabajo no es formar técnicos a quienes lo lean, sino despertar la inquietud e indicar los elementos necesarios para una correcta fabricación de tanques de acero protegidos para evitar daños al medio ambiente.

OBJETIVOS

Que el presente trabajo provea una información general técnica, para la fabricación de tanques para almacenar combustibles derivados del petróleo, así las empresas y personas necesitadas de dicho producto que no sean asesoradas por alguna petrolera dedicada al suministro de combustibles, tengan el suficiente criterio, para mandar a fabricar tanques a talleres nacionales, con las especificaciones mínimas.

Servir como referencia a las autoridades encargadas de controlar el almacenaje de combustibles derivados del petróleo y las autoridades de evitar daños al medio ambiente.

Crear conciencia de la importancia de cuidar el medio ambiente, al almacenar combustibles para los múltiples usos del sector productivo.

1. CONCEPTOS Y ASPECTOS GENERALES

1.1. Definiciones

1.1.1. Condensados

Son hidrocarburos convertidos del estado gaseoso o en forma de vapor, al estado líquido, liviano.

1.1.2. Depósitos de petróleo y productos petroleros

Es toda instalación estacionaria, integrada por uno o más tanques de almacenamiento, tuberías, áreas de recepción y despacho de productos, con sistema de seguridad y demás equipos e instalaciones conexas; debe poseer licencia para su instalación y operación.

1.1.3. Depósitos para consumo propio

Es todo depósito de petróleo y productos petroleros, para ser utilizados exclusivamente, en unidades y equipo propio del titular del depósito.

1.1.4. Depósito para venta al público

Es todo depósito de productos petroleros que posee licencia para la venta al consumidor final y que cuenta con condiciones aptas de suministro.

1.1.5. Extintor

Recipiente que contiene agente extintor, a presión, como agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), etc. ; utilizándose como una primera línea de defensa para apagar fuegos de pequeña magnitud, siendo complemento de instalaciones fijas contra incendio.

1.1.6. Gas licuado de petróleo

Combustible compuesto por uno o más hidrocarburos livianos, tales como el propano, butano, la mezcla de ambos y mínimos porcentajes de metano y etano; son gaseosos en condiciones normales de presión y temperatura, pudiendo pasar al estado líquido mediante la aplicación de una presión moderada de lo cual, depende el término licuado.

1.1.7. Hidrocarburos

Compuestos de carbono e hidrógeno, cualquiera que sea su estado físico.

1.1.8. Petróleo

Mezclas naturales de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos, que se encuentren fluidos a condiciones atmosféricas normales.

1.1.9. Productos petroleros

Productos gaseosos, líquidos o sólidos, derivados del gas natural o resultantes de los diversos procesos de refinación del petróleo. Los productos petroleros comprenden: metano, etano, propano, butano, gas natural, naftas, gasolinas, kerosinas, diesel, fuel oil y otros combustibles pesados; asfaltos, lubricantes, y todas las mezclas de los mismos y sus subproductos hidrocarburíferos.

1.1.10. Laboratorio de subscriptores S.A. (UL)

Es una organización no lucrativa localizada en Estados Unidos de América, que está presente en todo el mundo, mantiene y opera laboratorios para investigación de recursos, sistemas y materiales que sean un riesgo para la vida y la propiedad en general.

1.2. Disposiciones para depósitos de petróleo y productos petroleros, en Guatemala.

1.2.1. Productos afectos

Quedan afectos a estas disposiciones, el petróleo y los productos petroleros excluyendo los lubricantes.

1.2.2. Categoría de las instalaciones

Los depósitos de petróleo y productos petroleros se clasifican en :

Categoría A:

Para la venta al público con uno o más tanques subterráneos, y para consumo propio con uno o más tanques subterráneos y superficiales, con capacidad de almacenamiento hasta de 151.40 metros cúbicos (40,000 galones americanos).

Categoría B:

Terminal de Almacenamiento para la venta o consumo propio, al por mayor, con uno o más tanques subterráneos o superficiales, cuya capacidad de almacenamiento sea superior a 151.40 metros cúbicos (40,000 galones americanos).

1.2.3. Medidas de seguridad

1.2.3.1. Distancias

La instalación de depósitos de petróleo y productos petroleros deben cumplir con las siguientes distancias:

Para la Categoría A:

a. Ningún depósito de petróleo y productos petroleros deben instalarse a menor distancia de 100 metros de planteles de educación y fábricas o ventas de pólvora, salitre o productos pirotécnicos. Dicha distancia se mide a partir de los linderos del área de los tanques que integran los depósitos.

b. Para depósitos de venta al público, los terrenos que no conforman esquina, tendrán frente a calles o avenidas, la medida necesaria para que toda unidad automotriz, se abastezca dentro de los linderos del terreno donde funcionará el depósito.

c. Las bombas de despacho deben ubicarse dentro del mismo terreno, a una distancia que permita el suministro de combustibles a las unidades automotrices, dentro de los linderos del terreno adyacentes a calles y avenidas.

Para la Categoría B:

a. No deben instalarse dentro de áreas urbanas; a excepción de zonas declaradas como industriales dentro del perímetro urbano.

b. Las dimensiones de los tanques, accesorios, y el equipo principal y auxiliar para este tipo de depósitos, así como la distancia entre cada uno de estos elementos, se regirán a las disposiciones o especificaciones del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute - API), Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (American Society for Testing Materials - ASTM), Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (National Fire Protection Association - NFPA), y otras entidades de reconocido prestigio internacional relacionadas con seguridad industrial y ambiental en materia de hidrocarburos.

1.2.3.2. Sistemas de prevención de incendios

Con el objeto de combatir incendios, se cumplirá con los requerimientos mínimos, siguientes:

Para Depósitos Categoría A:

a. Un extintor conteniendo polvo químico seco del tipo ABC, en condiciones aptas, con capacidad de 20 libras, ubicado a una altura comprendida entre 1.20 y 1.50 metros, libre de obstáculos, en cada área de: tanques de almacenamiento, sala de ventas, bodega, y otras de importancia, y 2 extintores del mismo tipo, por cada 3 bombas de despacho, en las respectivas islas; debiendo revisar la carda de los mismos cada 3 meses.

b. Se debe contar con un chorro de agua, como mínimo, por cada isla de bombas de despacho y en otras áreas de importancia.

c. Un recipiente que contenga bolsas llenas de arena seca de río, que totalicen 0.50 metros cúbicos.

d. Rótulos preventivos de : NO FUME, APAGUE SU MOTOR, y otros relativos a la seguridad de las personas y de los bienes, ubicados en lugares visibles, principalmente en áreas de despacho y suministros.

Para Depósitos Categoría B:

a. Dos extintores con las características de la categoría A, por cada tanque instalado; extintores a 15 metros, como máximo, entre uno y otro, en áreas de descarga, carga y otras importantes; y además, 1 extintor por cada 200 metros cuadrados en áreas aledañas a las anteriores y que sean susceptibles de riesgos de incendios.

b. Tanques u otro medio de almacenamiento de agua, para asegurar el suministro continuo de agua a la red contra incendios, durante 60 minutos como mínimo, conforme a la capacidad máxima del equipo de bombeo, o bien, 20 minutos si se dispone de un pozo de extracción de agua, exclusivamente para el suministro de la red.

c. Sistema convencional de disposición de agua-espuma, en áreas de: almacenamiento, despacho, unidades de consumo y otras de importancia que presenten riesgos.

d. Rótulos preventivos indicando : PROHIBIDO FUMAR, ATIENDA SEÑALES E INDICACIONES, INGRESO, SALIDA DE EMERGENCIA,

PROHIBIDO EL INGRESO SIN AUTORIZACIÓN, IDENTIFICACIÓN DE LAS DIVERSAS ÁREAS y otros que se consideren adecuadas para la seguridad de las personas y bienes.

1.2.4. Sistemas de prevención de contaminación ambiental

Con el propósito de prevenir y combatir la contaminación ambiental, es necesario cumplir con los requerimientos mínimos siguientes:

En la Categoría A, los tanques de almacenamiento podrán ser metálicos con recubrimiento de fibra de vidrio, debiendo instalarse dentro de fosas impermeabilizadas, rodeados de arena seca de río. La parte superior de cada tanque estará a la profundidad de un metro respecto al nivel del suelo. Las tuberías de ventilación de los tanques alcanzarán una altura mínima de un metro sobre el nivel más alto de las construcciones inmediatas a las mismas, y no menor de 3 metros de altura respecto al nivel del suelo, evitando que su instalación esté próxima a edificaciones habitables.

La construcción e instalación de los tanques, tuberías y accesorios deberá realizarse conforme a materiales y técnicas modernas de la industria petrolera; y por parte de empresas o personas con pleno conocimiento y experiencia en normas y seguridad industrial y ambiental para este tipo de proyectos.

En la Categoría A, se pueden instalar tanques superficiales de almacenamiento, cuando las condiciones del terreno y del nivel freático lo justifiquen, debiendo contar con medidas preventivas como las descritas en el siguiente párrafo.

Cada tanque o conjunto de tanques superficiales de almacenamiento de petróleo y productos petroleros, estarán rodeados de paredes, muros o diques que permitan contener el volumen del tanque de mayor capacidad, más el 10 por ciento de la capacidad del resto de tanques. La superficie delimitada por las paredes, muros o diques de contención deberá ser de un material que no permita la filtración y contaminación del suelo, por parte de los productos derramados.

En la Categoría B, se instalarán sistemas de monitoreo de gases, o vapores peligrosos, recuperación, tratamiento y disposición de derrames y de aguas servidas.

En ambas Categorías, no se debe acumular basura, sustancias u otro material de fácil combustión o contaminación ambiental, a inmediaciones del depósito.

2. TANQUES DE ACERO

2.1. Norma UL- 58

Los requerimientos que cubren la norma UL-58, son los referentes a tanques horizontales subterráneos de acero, para almacenar combustibles líquidos inflamables a una presión atmosférica.

2.2. Capacidades y dimensiones

- La longitud total de un tanque no será mayor de seis veces su diámetro.

- Ni la capacidad ni el diámetro correspondiente, excederán el espesor de acero especificado en la tabla 1.

- Las variantes en la fabricación se podrán realizar con una tolerancia de 10% en la capacidad máxima y una tolerancia de 5% en el diámetro máximo o la longitud máxima, se permitirá en los tanques que se construyan con un espesor mínimo de 4.24 mm (0.167"). Esto no significa que un tanque será diseñado intencionalmente para tener capacidad, diámetro o longitud mayor del máximo designado.

2.3. Material y espesor

Aunque las normas UL-58 especifican el espesor de acero a usar según la capacidad del tanque, aquí se muestra cómo los tanques son calculados para la presión, de acuerdo con la ecuación de Roark, que es igual a la presión externa en el techo del tanque sumergido 1.52 m (5 pies) en agua. La presión se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = [.807E_s t_s^2 / (Lr)] [(1-u^2)^{-3}(t_s / r)^2]^{.25}$$

donde:

- P es la presión en psi
- E_s es el módulo de elasticidad del acero (29.5 x 10⁶ psi para acero estructural grado A-36)
- t_s es el espesor de acero del tanque (pulgadas)
- L es la longitud del tanque (pulgadas)
- r es el radio del tanque (pulgadas), y
- u es la relación de Poisson (0.287 para acero estructural grado A-36)

Usando la ecuación de Roark, el espesor mínimo de acero ($t_{s \text{ min}}$) o la longitud del tanque (L_{max}) puede ser calculada usando las siguientes ecuaciones respectivamente:

$$t_{s \text{ min}} = [(P_1 L r^{3/2} (1-u^2)^{3/4}) / (.807 E_s)]^{.40}$$

$$L_{\text{max}} = [.807 E_s t_s^2 / P_1 r] [(1-u^2)^{-3} (t_s / r)^2]^{.25}$$

donde:

- P₁ es la presión externa en el fondo de un tanque sumergido en agua (psi). La profundidad de 1.52 m (5 pies) o la máxima profundidad del tanque más el diámetro.
- E_s es el módulo de elasticidad del acero (29.5 x 10⁶ psi para acero estructural grado A-36)
- t_s es el espesor del tanque de acero (pulgadas)
- L es la longitud del tanque (pulgadas)
- r es el radio del tanque (pulgadas, y
- u es la relación de Poisson (0.287 para acero estructural grado A-36)

La ecuación de Roark es aplicable para acero comercial grado A-36 al carbón así como para tipo 304 y 316 acero inoxidable.

- Los tanques se construirán con acero comercial de buena calidad para soldar. Solamente se usará material nuevo.
- El espesor de acero para la fabricación de un tanque no será menor de lo indicado en la tabla I.

TABLA I. Dimensiones de tanques

Capacidad		Diámetro Máximo		Norma de fabricación	Espesor Nominal			
U.S. Galones	Litros	Pulg	m		Sin galvanizar	Galvanizado		
				Calibre	Pulg	mm	Pulg	mm
Hasta 285	Hasta 1,078	42	1.07	14	0.075	1.91	0.079	2.01
286 a 560	1,082 a 2,120	48	1.22	12	0.105	2.67	0.108	2.74
561 a 1,100	2,124 a 4,164	64	1.63	10	0.135	3.43	0.138	
1,101 a 4,000	4,168 a 15,142	84	2.13	7	0.179	4.55		
4,001 a 12,000	15,145 a 45,425	126	3.20	1/4 plg	0.250	6.35		
12,001 a 20,000	45,429 a 75,708	144	3.66	5/16 plg	0.312	7.92		
20,001 a 50,000	75,712 a 189,270	144	3.66	3/8 plg	0.375	9.53		

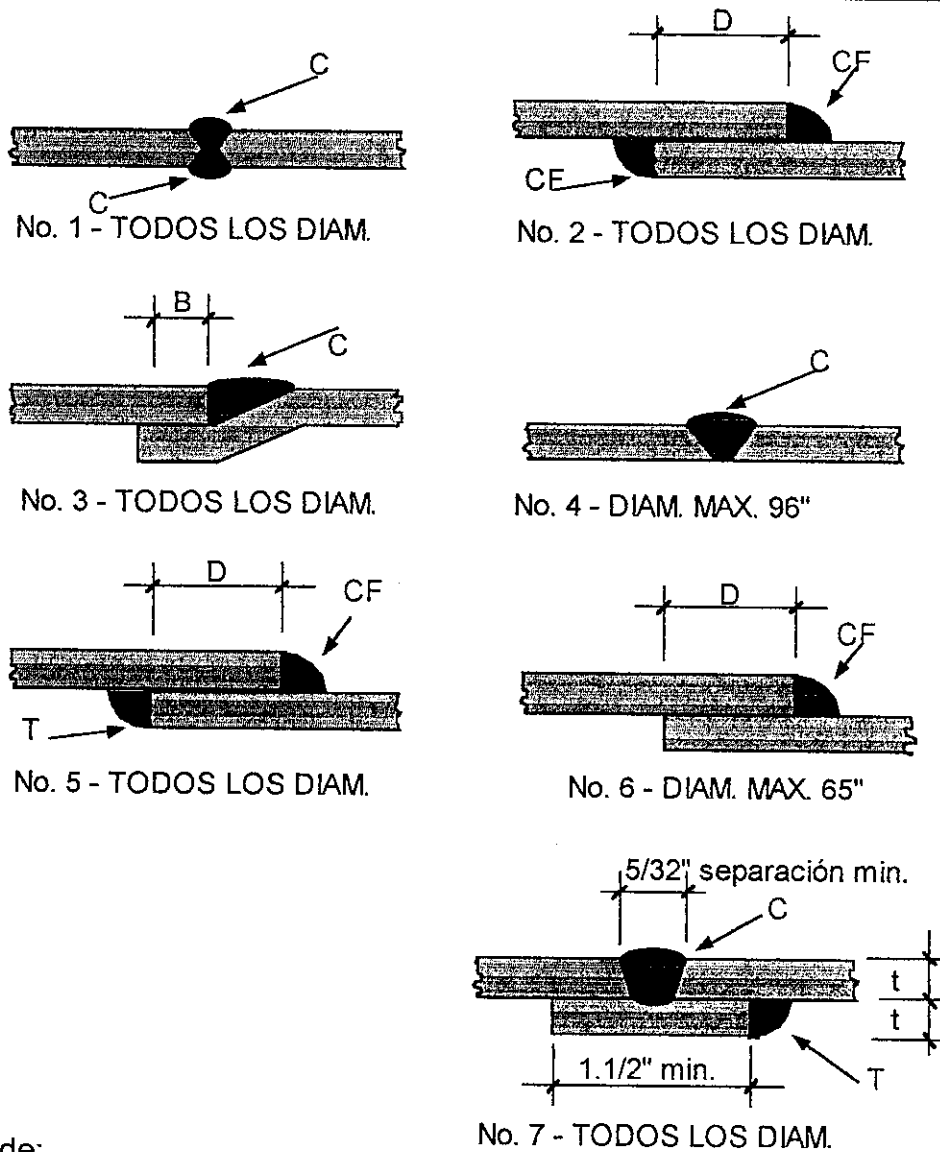
2.4. Cuerpo de tanques

El cuerpo de un tanque en la parte cilíndrica, generalmente se le da esa forma al material que está en láminas planas y es pasado por máquinas roladoras.

Las soldaduras de los cuerpos de los tanques pueden ser de las siguientes formas:

- Las uniones de cuerpo de un tanque serán de una de las formas mostradas por la figura 1.
- La soldadura de cuerpo No. 4 se usará para tanques menores de diámetro 2.44 m (96 pulgadas).
- La soldadura de cuerpo No.6 se usará para tanques menores que diámetro 1.65 m (65 pulgadas).

FIGURA 1. Uniones de cuerpo en tanques



donde:

- B = 12.7 mm (1/2 plg) de traslape mínimo
- C = Soldadura continua
- CF = Llenado con soldadura de filete
- D = 12.7 mm (1/2 plg) de traslape mínimo para diámetros de 1.22 m (48 plg) o menores y 19.1 mm (3/4 plg) para mayores
- T = Soldar puntos de 25 mm (1 plg) a cada 305 mm (12 plg) como máx.
- t = Espesor de la placa de apoyo debera ser igual que la del cuerpo

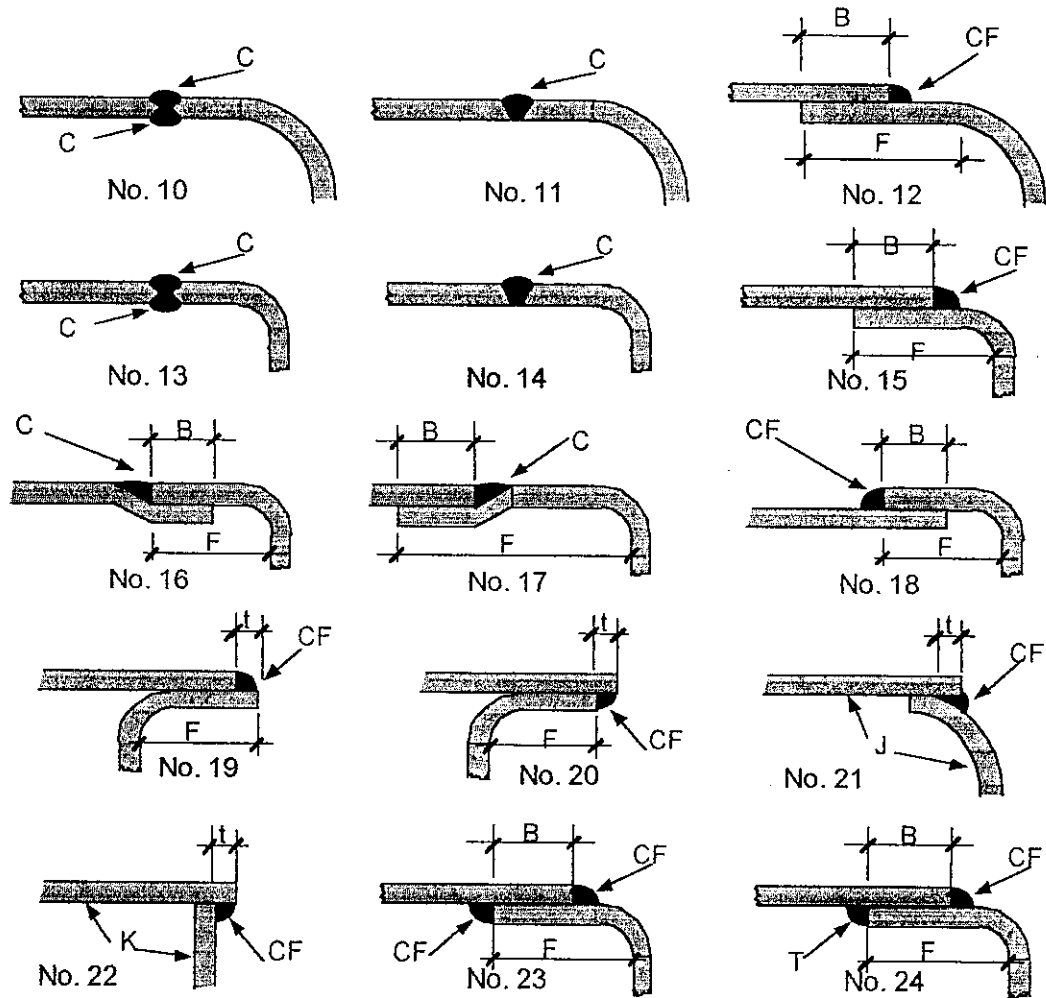
2.5. Cabezas de tanques

Las cabezas de tanques son las tapaderas que son cortadas en forma circular y se colocan en los extremos del tanque, las cuales se pueden usar como tabiques divisorios.

Las cabezas y sus uniones deberán cumplir con lo siguiente:

- Una cabeza de un tanque se fabricará de no más de dos pedazos, para diámetros de 1.22 m (48 pulgadas) o menos; tres, para diámetros de 1.24 a 2.44 m (49 a 96 pulgadas); y cuatro, para diámetros de 2.46 a 3.66 m (97 a 144 pulgadas). Cuando dos o más de los pedazos se usan, las uniones serán de una las formas mostradas por la figura 1, observando la limitación que da el diámetro.
- Las cabezas de un tanque pueden ser planas, combadas o cónicas.
- Las cabezas de un tanque serán unidas al cuerpo por una de las uniones mostradas en la figura 2.
- Una cabeza plana sin borde redondeado de un tanque se asegurará según la figura 3, No.1 o 2, la cabeza y el cuerpo se hará de material no menor del calibre No.7 (ver tabla II).
- Una cabeza con borde redondeado de un tanque no requiere que se arriostre.
- Una cabeza cónica de un tanque tendrá una altura no menor de un duodécimo del diámetro del tanque.
- El borde redondeado de la cabeza tendrá una altura de plato no menor de lo especificado en la tabla II.

FIGURA 2. Cabezas y uniones de cabezas a cuerpo de tanques



donde:

- B = 12.7 mm (1/2 plg) de traslape mínimo
- C = Soldadura continua
- CF = Llenado con soldadura de filete
- F = No menor de 5 veces el espesor ni de 12.7 mm (1/2 plg).
- J = Unión No. 21. Calibre mínimo No.7.
- K = Unión No. 22. Las cabezas requieren breizas.
- T = Soldar los puntos de 25 mm (1 plg), a un máximo a 305 mm (12 plg)
- t = Mínimo el espesor de cuerpo.

Las cabezas pueden ser planas, combadas o cónicas
 La altura de una cabeza cónica no será mayor de 1/12 del diámetro
 La altura de las cabezas combadas será conforme a la tabla No.2

TABLA II. Altura de combas de cabezas

Diámetro		Altura (F)	
m	plg	mm	plg
Hasta 1.52	Hasta 60	38	1.1/2
De 1.55 a 1.83	De 61 a 72	51	2
De 1.85 a 2.13	De 73 a 84	64	2.1/2
De 2.16 a 2.44	De 85 a 96	89	3.1/2
De 2.46 a 2.74	De 97 a 108	114	4.1/2
De 2.77 a 3.05	De 109 a 120	140	5.1/2
De 3.07 a 3.35	De 121 a 132	178	7
De 3.38 a 3.66	De 132 a 144	203	8

2.6. Refuerzos

Con la adición de un refuerzo en el punto medio del tanque, la longitud del tanque puede incrementarse en un 25%. Cuando son dos refuerzos, a una distancia de 1/3 y 2/3 de la longitud, ésta puede incrementarse en un 40%, siempre que la longitud del tanque no exceda de 8 veces el diámetro. El espesor del cuerpo no podrá ser menor de lo especificado por la ecuación de Roark, para cualquier tanque con una relación longitud diámetro que exceda de 6 a 1.

Los refuerzos pueden ser soldados discontinuos y extendidos alrededor de los 360 grados del tanque. Los refuerzos pueden tener un abertura en arriba y abajo para que pueda moverse el líquido y vapor a través de ellos.

El momento de inercia mínimo requeridos (I_{req}) de los refuerzos es el siguiente:

$$I_{req} = (0.11 PLD^3) / E_s \quad \text{pulgadas}^4$$

donde:

- P es la presión externa en el fondo de un tanque sumergido en agua (psi). La profundidad de 1.52 m (5 pies) o la máxima profundidad del tanque más el diámetro.
- L es el espaciamiento de la soldadura (pulgadas)
- D es el diámetro exterior del tanque (pulgadas), y

E_s es el módulo de elasticidad del acero (29.5×10^6 psi para acero estructural grado A-36 al carbón)

Un dique divisorio puede ser utilizado como un refuerzo.

El espesor mínimo de refuerzo es el mismo que el recomendado para el cuerpo del tanque primario.

2.7. Tanques de compartimento

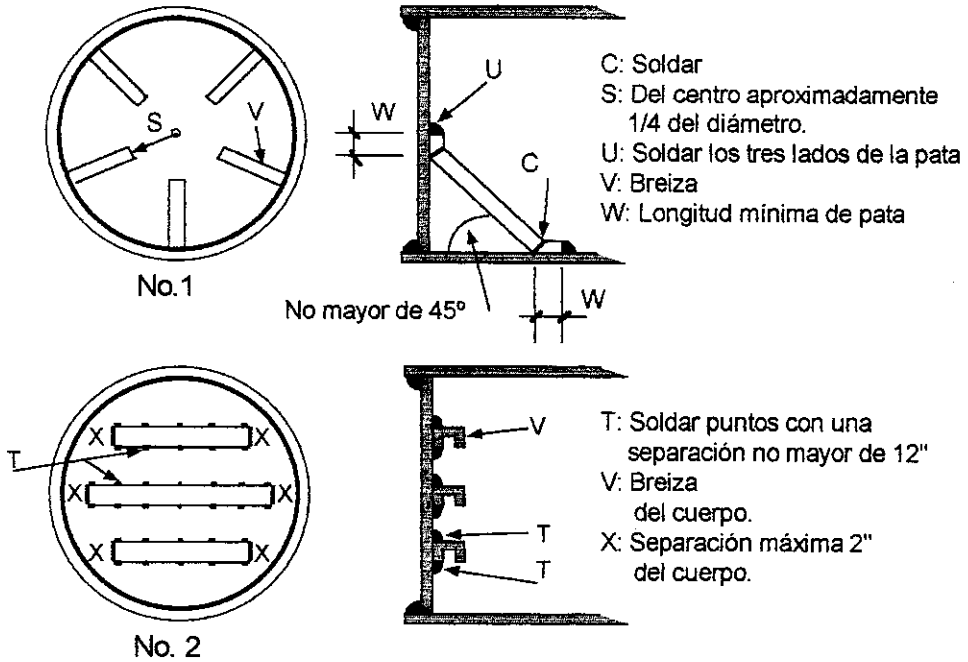
En ocasiones es necesario fabricar tanques con uno o varios compartimentos, la mayoría de veces es por que el espacio físico, en el lugar que se instalará, es muy reducido como para instalar varios tanques que almacenen diferentes productos derivados del petróleo.

Las tabiques divisorios y sus uniones deberán cumplir con lo siguiente:

- El tabique divisorio de los tanques de compartimento será construido para que cualquier filtración por soldaduras se dirija afuera del tanque en lugar de un compartimento a otro. Ver figura 4, para construir aceptablemente un tabique divisorio.
- Un tabique divisorio sencillo de un tanque de compartimento debe ser de una pieza y puede ser plano o con borde redondeado.
- Un tabique divisorio doble, se fabricará de no más de dos pedazos para diámetros de 1.22 m (48 pulgadas) o menos; tres para diámetros de 1.24 a 2.44 m (49 a 96 pulgadas); y cuatro para diámetros de 2.46 a 3.66 m (97 a 144 pulgadas). Cuando dos o más pedazos se usan, las costuras serán una de las formas mostradas por la figura 1, observando los límites de diámetro de las cabezas.
- El espesor de metal empleado para un tabique divisorio depende de su diámetro y será no menor del especificado en la tabla I.
- Un tabique divisorio plano sin borde redondeado de un tanque de compartimento se unirá al cuerpo según la figura 3, No.1 o 2.
- Un tabique divisorio plano con borde redondeado de un tanque de compartimento con más de 1.83 m (72 pulgadas) de diámetro se hará con un espesor de material no menor de 5/16 pulgadas (ver tabla I), o se arriostrará según la figura 3, No. 3.

- Los tabiques divisorios planos con borde redondeado de 1.83 m (72 pulgadas) o menos en el diámetro no requieren arriostramiento.

FIGURA 3. Breizas para cabezas planas sin borde redondeado (para las características ver tabla III)



BREIZA PARA CABEZAS CON BORDE REDONDEADO EN TABIQUES DE COMPARTIMIENTO

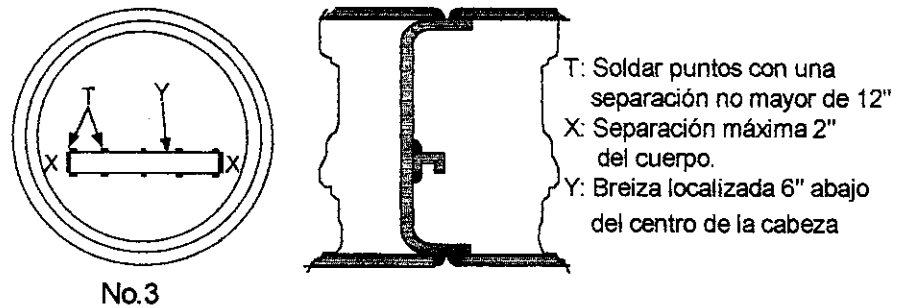


TABLA III. Breizas estructurales para cabezas

Para la No. 1 de la figura No.3

Diámetro plg	Canales Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)	Angulares Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)	Long. de Pata (W)
Hasta 60	1"x3/8"x1/8"	0.048	1"x1"x1/8"	0.031	1"
De 61 a 72	1"x3/8"x1/8"	0.048	1.1/4"x1.1/4"x1/8"	0.049	1.1/4"
De 73 a 84	1"x 1/2"x1/8"	0.063	1.1/2"x1.1/2"x1/8"	0.072	1.1/2"
De 85 a 96	1"x 1/2"x1/8"	0.063	1.3/4"x1.3/4"x3/16"	0.140	1.3/4"
De 97 a 108	1.1/2"x 3/4"x1/8"	0.147	2"x2"x3/16"	0.190	2"
De 109 a 120	3"x 4.1 lbs/pie	1.100	2"x2"x1/4"	0.250	2"
De 121 a 132	3"x 4.1 lbs/pie	1.100	2.1/2"x2.1/2"x5/16"	0.480	2.1/2"
De 132 a 144	3"x 4.1 lbs/pie	1.100	2.1/2"x2.1/2"x5/16"	0.480	2.1/2"

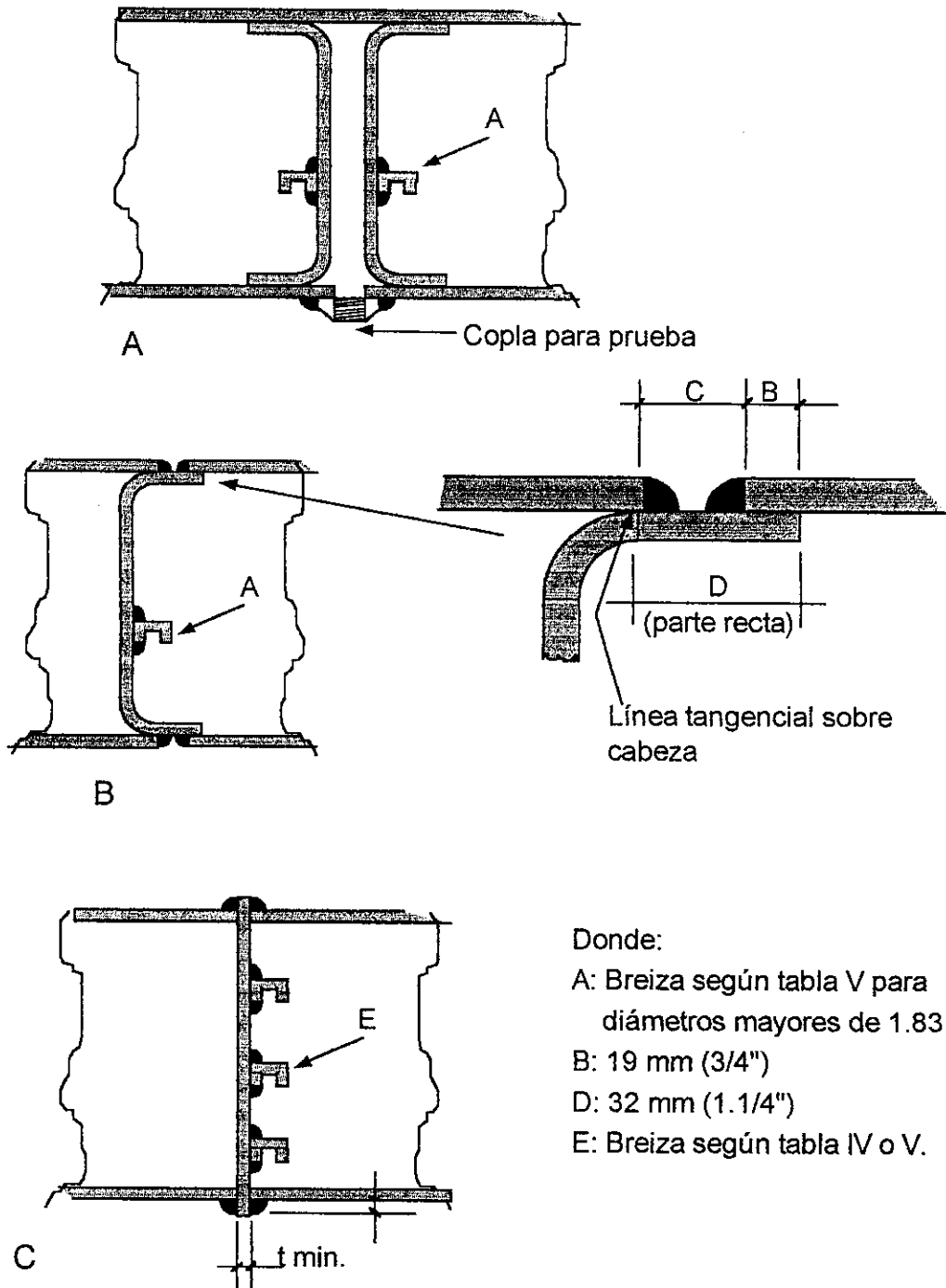
Para la No.2 de la figura No.3

Diámetro plg	Canales Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)	Angulares Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)
Hasta 60	3"x 4.1 lbs/pie	1.10	2.1/2"x2.1/2"x1/4"	0.350
De 61 a 72	3"x 4.1 lbs/pie	1.10	3.1/2"x3.1/2"x5/16"	0.950
De 73 a 84	4"x 5.4 lbs/pie	1.90	4"x4"x3/8"	1.500
De 85 a 96	5"x 6.7 lbs/pie	3.00	4"x4"x1/2"	2.000
De 97 a 108	5"x 6.7 lbs/pie	3.00	4"x4"x3/4"	2.800
De 109 a 120	6"x 8.2 lbs/pie	4.30	5"x5"x5/8"	3.900
De 121 a 132	7"x 9.8 lbs/pie	6.00	5"x5"x3/4"	4.500
De 132 a 144	7"x 9.8 lbs/pie	6.00	5"x5"x3/4"	4.500

Para la No.3 de la figura No. 3

Diámetro plg	Canales Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)	Angulares Tamaño	Módulo de Sección (plg ³)
De 72 a 84	3"x 5.7 lbs/pie	1.70	4"x4"x3/8"	1.500
De 85 a 96	3"x 5.7 lbs/pies	1.70	4"x4"x1/2"	2.000
De 97 a 108	4"x 7.7 lbs/pie	3.00	4"x4"x3/4"	2.800
De 109 a 120	5"x 10 lbs/pie	4.80	5"x5"x5/8"	3.900
De 121 a 132	5"x 10 lbs/pie	4.80	5"x5"x3/4"	4.500
De 132 a 144	5"x 10 lbs/pie	4.80	5"x5"x3/4"	4.500

FIGURA 4. Tabiques de compartimento de tanques



Donde:

A: Breiza según tabla V para diámetros mayores de 1.83 m (72

B: 19 mm (3/4")

D: 32 mm (1.1/4")

E: Breiza según tabla IV o V.

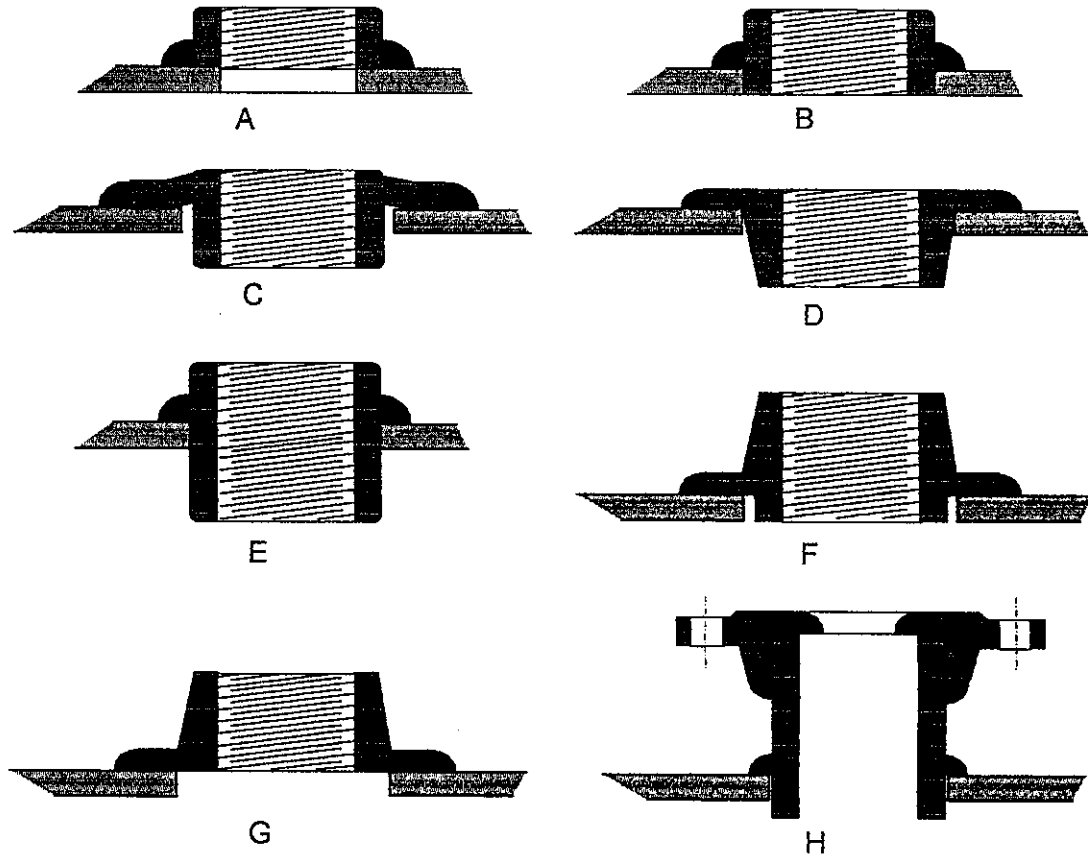
2.8. Conexión para tuberías

Las coplas para la conexión de tubos se sueldan al tanque, la norma para enroscar tubo a copla, considera enroscar bridas, niples estándar de tubo medio, o por conexión pernada y sellada con anillo de asbesto en conexiones bridadas, soldando las bocas de tubo al tanque.

Los tipos convencionales de las conexiones de tubo son ilustrados por la figura 5 y deben cumplir con lo siguiente:

- El tubo que conecta los accesorios será de acero de buena calidad, soldable. La longitud mínima de rosca está indicada en la tabla IV.
- Tubo conectivo y accesorios que se instalen en el interior del tanque, podrán ser únicamente de la forma mostrada por figura 5.C. El espesor de la brida será como se especifica en la tabla IV.
- Los medios niples de tubo se soldarán al tanque, tal como se muestra en la figura 5.H.
- Todas las aperturas en un tanque se ubicarán en la cima, siguiendo el eje longitudinal del tanque, a menos que el requerimiento de un tanque sea tal que las tuberías que conectan las aperturas en la cima queden muy juntas, las aperturas pueden ubicarse fuera del centro del eje longitudinal. Tomando en cuenta que ninguna abertura en el cuerpo de un tanque se ubicará más de 0.305 m (12 pulgadas) desde la línea longitudinal de centro de la cima a la parte superior de tubos acoplados u otras tuberías conectadas.
- Todas las aperturas en un tanque se cerrarán con tapones de madera, metal cobre o su equivalente, para proteger el interior de los tanques de cualquier materia extranjera, en el almacenaje o en el transporte.
- Cada tanque tendrá la conexión del tubo de ventilación, con un tamaño no menor del especificado en la tabla V.
- La apertura para la conexión del tubo de ventilación no se ubicará en la tapadera de registro.

FIGURA 5. Conexiones de tuberías



Todas las soldaduras serán llenas con soldadura tipo filete

- A Media copla
- B Media copla
- C Acero prensado, campana solo para interior de tanque.
- D Acero forjado, interior en interior de tanque.
- E Copla completa
- F Acero forjado, con campana para centrar
- G Acero forjado, sin campana para centrar.
- H Norma de soldadura de nipple y brida.

TABLA IV. Conexión de tuberías

Tamaño Nominal de Tubo plg.	Longitud Mínima de Rosca plg	Espesor de Tubo para Bidas	
		Calibre No.	Pulgadas
1/8"	1/4"		
1/4"	3/8"		
3/8"	3/8"		
1/2"	1/2"		
3/4"	5/8"	10	0.135
1"	5/8"	9	0.15
1.1/4"	11/16"	9	0.15
1.1/2"	3/4"	9	0.15
2"	3/4"	9	0.15
2.1/2"	1"	7	0.179
3"	1"	7	0.179
3.1/2"	1"	7	0.179
4"	1.1/8"	7	0.179
5"	1.3/16"		
6"	1.1/4"		
8"	1.3/8"		

TABLA V. Diámetro de accesorios para tubos de ventilación

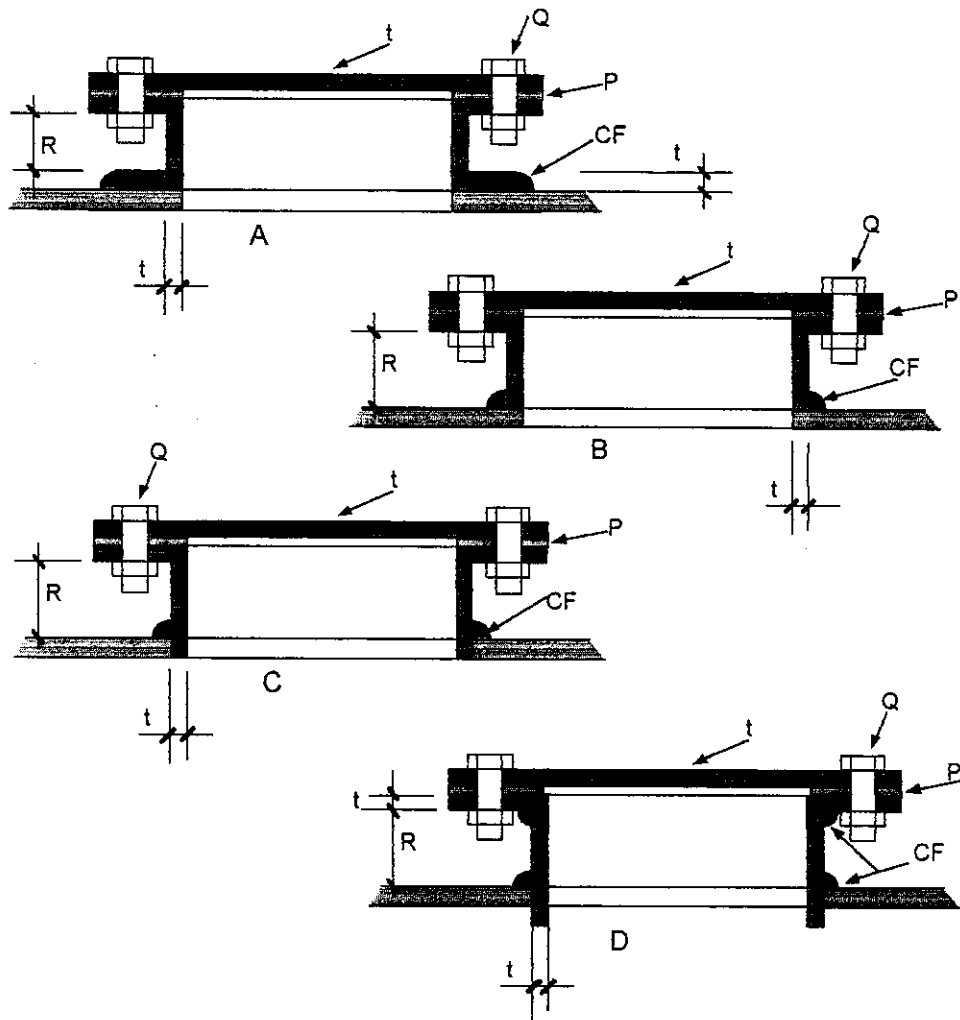
Capacidad de Tanque en U.S. galones	Diámetro Nominal plg
Hasta 500	1.1/4"
De 501 a 3,000	1.1/2"
De 3,001 a 10,000	2"
De 10,001 a 20,000	2.1/2"
De 20,001 a 35,000	3"
De 35,001 a 50,000	4"

2.9. Registros (Manholes)

En los tanques subterráneos se puede dejar opcional un registro en el tanque, el cual será ubicado arriba el nivel líquido normal más alto y la tapadera será pernada como se muestra en la figura 6.

La tapadera de registro se proveerá con un empaque de material resistente al líquido a almacenar y tendrá espesor no menor de 3.2 mm (1/8 pulgada).

FIGURA 6. Registros convencionales (Manholes)



CF: Llenado con soldadura de filete

P: Empaque de espesor mínimo 3.2 mm (1/8"), anillo o toda la superficie

Q: Mínimo pernos de diámetro 12.7 mm (1/2 plg) espaciados 102 mm (4 plg) a centros.

R: Mínimo 51 mm (2 plg) para tanques de 1.83 m (6'-0") de diámetro o largo.

t: No menor del calibre No. 7.

2.10. Serpentes calentadores

El serpentín calentador es una tubería, preferiblemente sin costura, que es instalada en una parte del tanque y lleva un fluido diferente del que contiene el tanque, tal como vapor, agua o aceite caliente, no tendrá uniones dentro de el tanque a menos que se suelden totalmente.

Los serpentines se utilizan cuando el contenido del tanque es muy denso, por lo cual es necesario aumentar la temperatura del producto a almacenar para que pueda fluir sin problema.

El diámetro y la longitud del serpentín dependen de la superficie calórica que necesite el producto a fluir, la cual es definida por el fabricante del producto, esta superficie se da en área sobre volumen ($m^2/litro$)

Las conexiones de salida y entrada de un serpentín calentador se ubicarán arriba del nivel líquido normal más alto. Una soldadura continua se hará donde una conexión atraviesa el cuerpo del tanque o en una tapadera de registro.

2.11. Pruebas de fabricación

Cada tanque, antes de ser pintado, será probado por el fabricante y asegurado contra filtraciones según uno de los métodos siguientes:

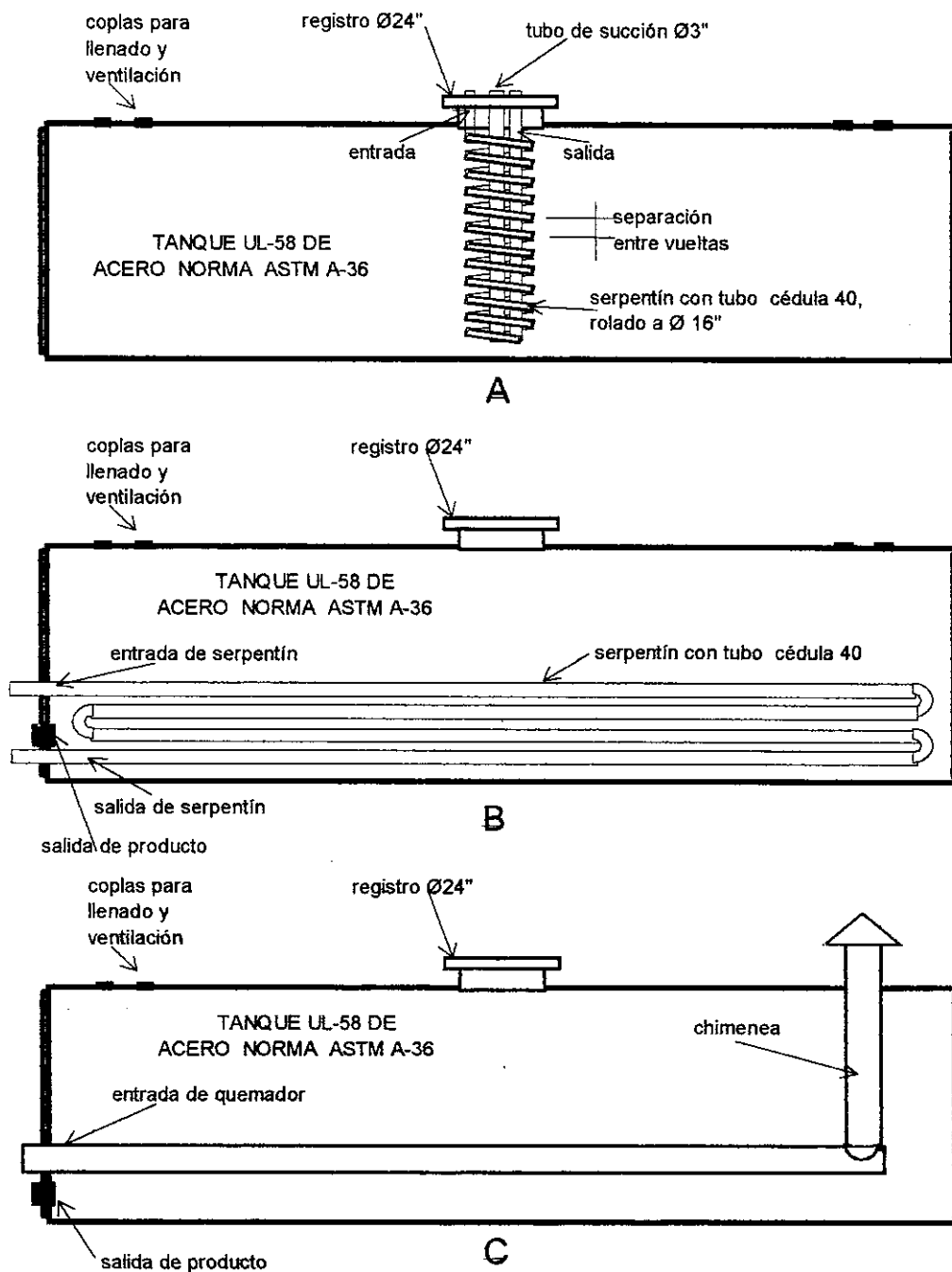
a. Por presión correspondiente de aire interno y usando espuma de jabón, petróleo de linaza, o material equivalente para la detección de fugas en soldaduras. La presión de prueba será no menos de 34.5 ni más de 48.5 kPa (5 ni más de 7 psi)

b. Llenando completamente el tanque con agua y aplicando una presión adicional 34.5 kPa (5 psi) de presión. Cuando se use este método el tanque deberá estar puesto en la posición en que se instalará.

Si las fugas se detectan durante la prueba, el tanque será asegurado soldando y probando nuevamente. Las fallas en soldaduras serán reparadas quitando la soldadura y soldando nuevamente.

En los tanques de compartimento se prueba cada uno por separado.

FIGURA 7. Ejemplos de serpentines



Notas

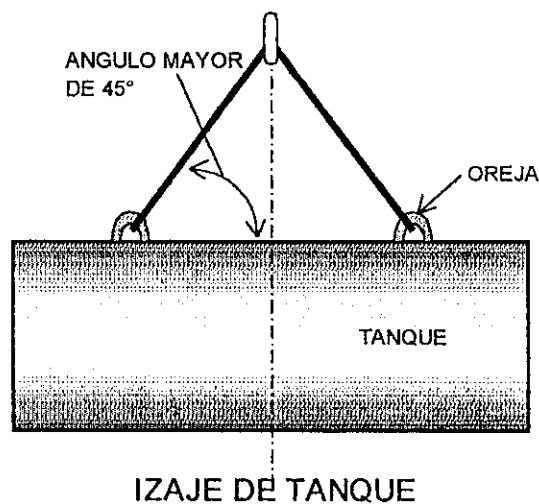
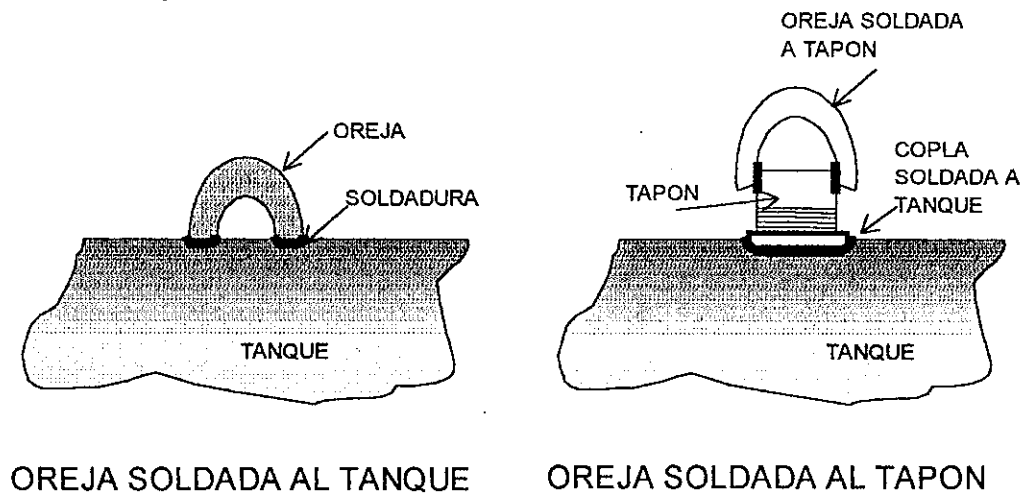
- La separación entre vueltas y el diámetro de tubería de los serpentines depende de la superficie calórica.
- En los serpentines A y B por lo general circula vapor de agua o aceite térmico.
- El C es para calentar el producto a almacenar por medio de un quemador de llama viva que se coloca en la entrada del tubo

2.12. Orejas de levante

Para levantar o cambiar de lugar un tanque que ya esté fabricado es necesario usar las orejas de levante, éstas generalmente son de acero y pueden estar soldadas directamente al tanque o en los tapones de las conexiones de tuberías.

Una oreja con el fin de mover o levantar el tanque será sujeta por 1 segundo a una carga equivalente dos veces necesaria para levantar el tanque vacío. Cuando haya más de una oreja, la carga será dividida entre la cantidad total de las mismas y la carga será distribuida en proporción a la carga de la oreja que esté diseñada a levantar.

FIGURA 8. Orejas de levante



3. CORROSIÓN EN TANQUES DE ACERO

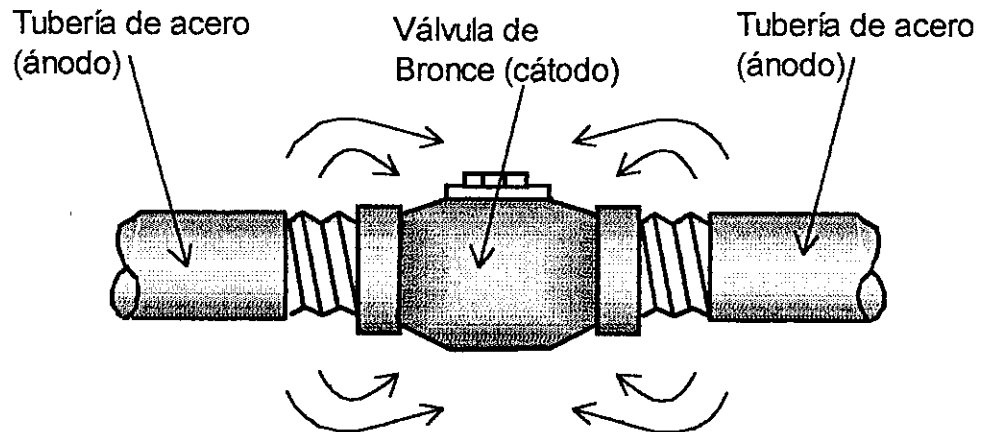
La corrosión en los tanques enterrados es causada por el retorno del metal a su estado original (nivel más bajo de energía estática), así es como el acero regresa convirtiéndose en óxido de hierro o herrumbre. Esto es un proceso electroquímico, consistente de una serie de reacciones químicas con un medible flujo de corriente.

La corrosión es causada por un sin número de condiciones que pueden existir en un lugar específico. Éstas pueden incluir una o más de las siguientes:

3.1. Metales disímiles

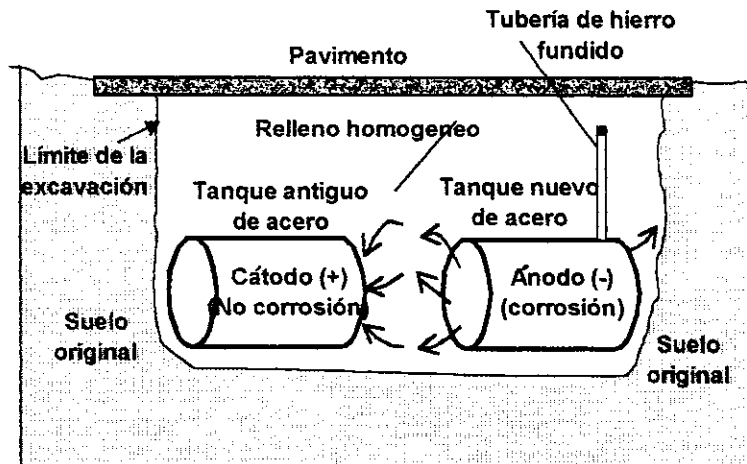
Los metales disímiles forman celdas bi metálicas. El metal más alto en la lista de series galvánicas, principia a actuar como un ánodo y el metal más bajo como un cátodo. Los electrones fluyen del cátodo causando corrosión al tomar el lugar en el ánodo. La figura 9 muestra una celda bi metálica típica en instalación subterránea, este efecto local causa corrosión.

FIGURA 9. Celda bi metálica típica



La exposición a metales disímiles, tal como la conexión de un tanque con tubería metálica con diferentes propiedades, o enterrar un tanque nuevo cerca de un tanque viejo, puede causar corrosión, como nuestra la figura 10.

FIGURA 10. Corrosión por metales disímiles



La serie galvánica de los metales y sus aleaciones, es la siguiente:

- Corrosión final (anódica o la menos noble)
- Manganeso
- Zinc
- Acero galvanizado o hierro forjado galvanizado
- Aluminio
- Cadmio
- Acero dulce
- Hierro forjado
- Hierro fundido
- Acero inoxidable cromado al 13%
- 18-8 Acero inoxidable tipo 304
- Plomo
- Estaño
- Latón naval
- Níquel (activo)
- Inconel
- Latón amarillo

- Bronce de aluminio
- Latón rojo
- Cobre
- Bronce silíceo
- Níquel I(pasivo)
- 18-8-3 Acero inoxidable tipo 316
- Plata
- Grafito
- Oro
- Platino
- **Protección final (catódico o el más noble)**

Nota: En general cuando los metales usados son desiguales, en contacto uno con otro, en un ambiente eléctrico conductivo, las combinaciones de metales deberán ser escogidos lo más cerca posible entre si de la serie galvánica. La unión de los metales que están bastante separados en la serie, dará como resultado un rápido deterioro del metal que sea más activo, sin embargo, esta tabla deberá ser usada como guía general ya que se pueden encontrar excepciones.

3.2. Alta conductividad y suelos pobres

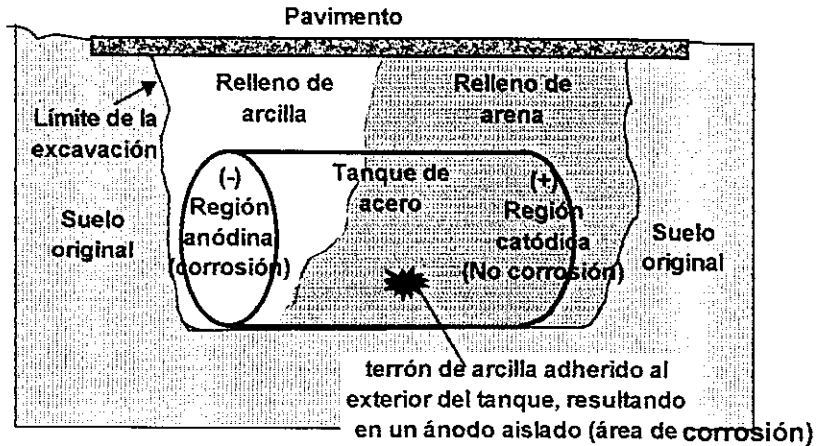
Cuando se mide la resistividad del suelo, una baja resistividad (alta conductividad) la cual permite el fluido de altas corrientes (si la humedad contenida es arriba del 20%) para acelerar el proceso de corrosión en condiciones uniformes, la corrosión deberá ocurrir a través de toda la superficie del tanque causando un deterioro lento. Los problemas mayores generalmente provienen de pequeñas áreas que causan corrosión en determinados puntos. Esto puede resultar en profundos puntos de óxido, los cuales acortan severamente la vida del tanque.

3.3. Suelos diferentes

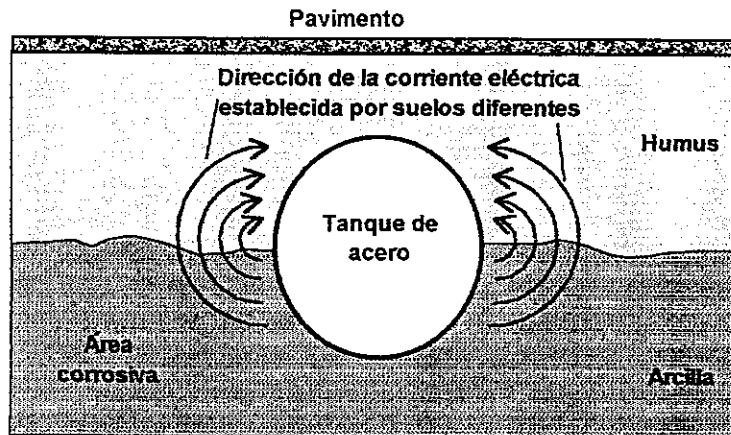
Si un tanque es instalado en suelos diferentes, como muestra la figura 11, puede formar una celda eletrolítica causando corrosión en el área del ánodo.

La variación del tipo de suelo o variación en las propiedades del suelo, como la acidez o resistividad pueden producir corrosión en un tanque de acero enterrado.

FIGURA 11. Corrosión por diferencia de suelos



CORROSIÓN POR SUELOS DIFERENTES



EFFECTOS DE CORROSIÓN CAUSADOS POR SUELOS DIFERENTES

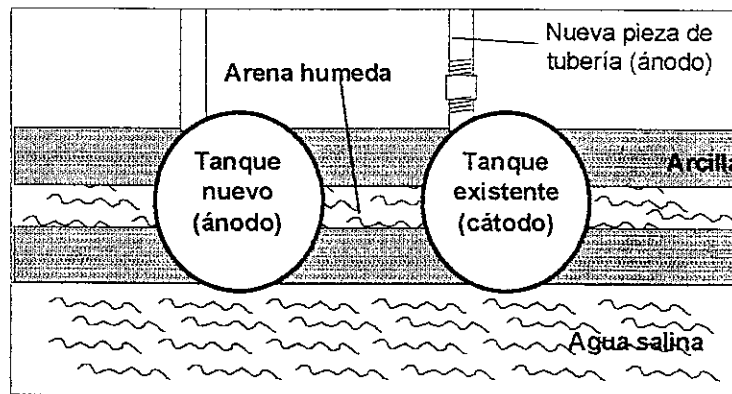
3.4. Concentración de celdas de oxígeno

Diferencias de concentración de oxígeno pueden existir entre el suelo natural y el material de relleno, causando una celda electrolítica, resultando corrosión en el área del ánodo. La corrosión usualmente es lenta y se realiza sobre la superficie exterior del tanque.

FIGURA 12. Corrosión por diferencias de oxígeno



EFFECTOS DE CORROSIÓN CAUSADOS POR DIFERENCIAS DE OXÍGENO Y DE HUMEDAD

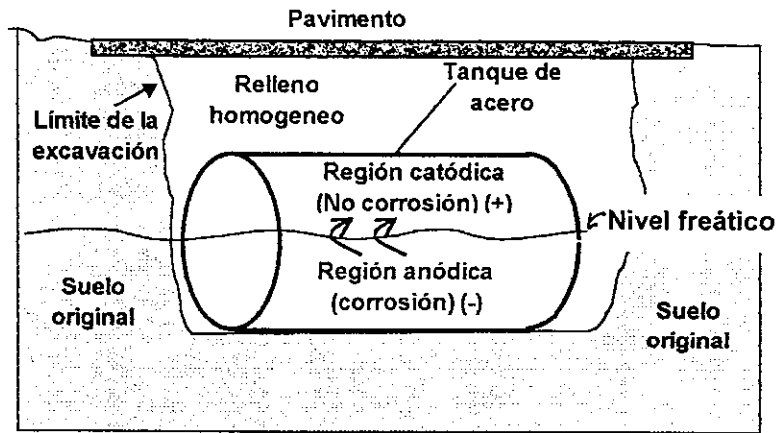


CORROSIÓN POR ÁREAS DE ÁNODOS

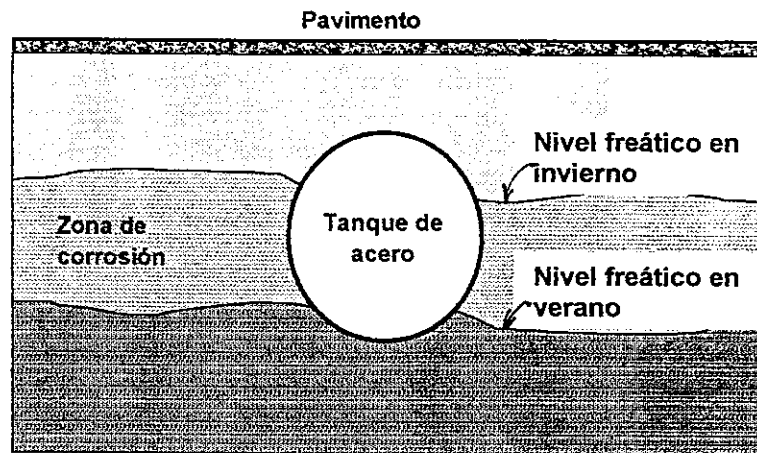
3.5. Fluctuación del nivel freático

El nivel freático causa diferencias en el potencial eléctrico, produciendo corrosión, la cual depende de las condiciones del lugar.

FIGURA 13. Corrosión por nivel freático



LA PRESENCIA DE HUMEDAD PUEDE CAUSAR DIFERENCIAS EN EL CAMPO ELÉCTRICO, RESULTADO CORROSIÓN



CORROSIÓN POR LA FLUCTUACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO

3.6. Corrientes eléctricas dispersas

Las corrientes dispersas pueden existir en un determinado suelo de una Corriente Directa (CD). Éstas pueden ser causadas por electricidad subterránea o superficial como rieles de ferrocarril, u otras estructuras subterráneas conectadas a un sistema de protección catódica. Éstas pueden causar una rápida corrosión si los tanques no se protegen contra dichas corrientes.

4. RECUBRIMIENTOS Y PROTECCIONES EXTERIORES PARA TANQUES

Generalmente los tanques UL-58 se entierran protegidos exteriormente con pinturas anticorrosivas y eventualmente se les agregan pinturas asfálticas, lo cual hace que el tanque tenga mayor tiempo de vida. Pero la corrosión actúa diferente dependiendo de las condiciones del suelo en que se instalen los tanques, por lo cual el producto contenido se puede filtrar hacia afuera y contaminar el subsuelo.

Los tanques enterrados para almacenamiento de combustibles, deben protegerse de formas más efectivas para evitar la corrosión, así ayudar al equilibrio ecológico y proteger el medio ambiente.

Este capítulo da los requerimientos para proteger contra la corrosión a tanques subterráneos de acero, fabricados bajo normas UL- 58. Se expone muy generalmente la protección catódica y posteriormente sobre la protección con fibra plástica reforzada (FRP) y la protección con polietileno de alta densidad (HDPE), basándose en las normas UL-1746 de sistemas externos de protección contra la corrosión de tanques de acero para almacenamiento de combustibles.

Muchos métodos de protección pueden ser aplicados únicamente a instalaciones nuevas, corrientemente hay un considerable desarrollo de carácter ambiental para los sistemas enterrados, muchos de los detalles ingenieriles están mas allá del alcance de esta tesis.

Para el diseño y montaje de nuevas instalaciones, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los materiales sean de los espesores recomendados y durables, para que cumplan con la vida útil.
- Los materiales sean resistentes a la degradación y compatibles con los elementos del sistema.
- La calidad de fabricación sea alta.
- Las prácticas de instalación permitan que la calidad requerida sea fácilmente alcanzada.
- El mantenimiento sea mínimo, requiriendo una inspección limitada.
- El costo de eficiencia es alcanzado sobre el ciclo de vida del sistema.

4.1. Protección catódica

La protección catódica es un sistema efectivo y económico para la protección contra la corrosión.

Como la corrosión es un proceso electroquímico, éste puede ser superado por una corriente igual a la corriente de la corrosión. Creando una fuerza electromotivada opuesta (potencial).

Éste puede ser logrado por una unión de metales altos de la serie galvánica (con más potencial negativo) al tanque o a la tubería de metal, conocido como el sistema de ánodo de sacrificio.

Alternativamente a los ánodos remotos puede ser enviada una corriente directa de una fuente de poder, esto es conocido como un sistema de corriente de carga. Es posible colocar este sistema a una instalación existente pero tiene un costo significativo.

El sistema de ánodo de sacrificio presenta más dificultad de instalación generando la necesidad de hacer más conexiones eléctricas hacia la estructura, a menos que se hallan dejado provisiones especiales los sistemas de sacrificio se podrán colocar en instalaciones nuevas.

En cuanto a los principios que abarcan la protección catódica son relativamente simples, la ejecución de un práctico y eficiente diseño es difícil. Estos principios abarcan:

- Calcular el área total de la superficie que deberá estar protegida.
- Medir la corriente de carga requerida (en función de las condiciones de corrosión y de la integridad de recubrimiento del tanque).
- Presencia de cualquier corriente dispersa
- Presencia de estructuras adyacentes que posiblemente necesiten protección, tomando del nuevo sistema.
- Requerimientos de alimentación de tierra
- Seguridad eléctrica que reúna los requerimientos para almacenar líquidos peligrosos.

Los sistemas de protección catódica y sistemas de carga de corriente requieren de ingenieros calificados para diseñar e instalar. Se recomienda que no sean los mismos ingenieros que diseñen los ejecutores, sin embargo, si deben controlar el proceso y asegurarse que el diseño y la instalación reúnan las regulaciones como lo indican los códigos.

4.1.1. Sistema de ánodo de sacrificio

Los ánodos de magnesio o de zinc son usados para actuar como celdas bi metálicas, como se desea que el ánodo sea consumido o sacrificado el tanque forma el cátodo del sistema. El ánodo tendrá un período definitivo de vida útil y será necesario que sea diseñado según las condiciones locales, parte del diseño deberá prever medios de acceso para inspecciones regulares de funcionamiento.

Para la instalación de los ánodos de sacrificio, éstos deberán ser enterrados con gran cuidado para evitar quebrar cables o conexiones, la localización de los ánodos y sus cables auxiliares deberá ser cuidadosamente mostradas en un plano listado del sitio, para evitar futuros daños. La localización de los ánodos y su distancia de la estructura es crítica en orden de evitar problemas de interferencia.

Las conexiones eléctricas se harán permanentes usando técnicas de soldadura aluminotérmica o nuevos aislamientos. Todas las conexiones deberán ser probadas para conductividad térmica y las provenientes de electrolitos (humedad del suelo) deberán ser aisladas.

Problemas de conexiones de los ánodos pueden ser evitados uniéndolos al tanque durante la fabricación. Un sistema de sacrificio más preciso puede ser instalado mediante el aislamiento en el sentido eléctrico del trabajo de tubería (unido al tanque), mediante la utilización de ramales aislados. Los tanques y sus tuberías pueden ser provistos con sus propios sistemas individuales.

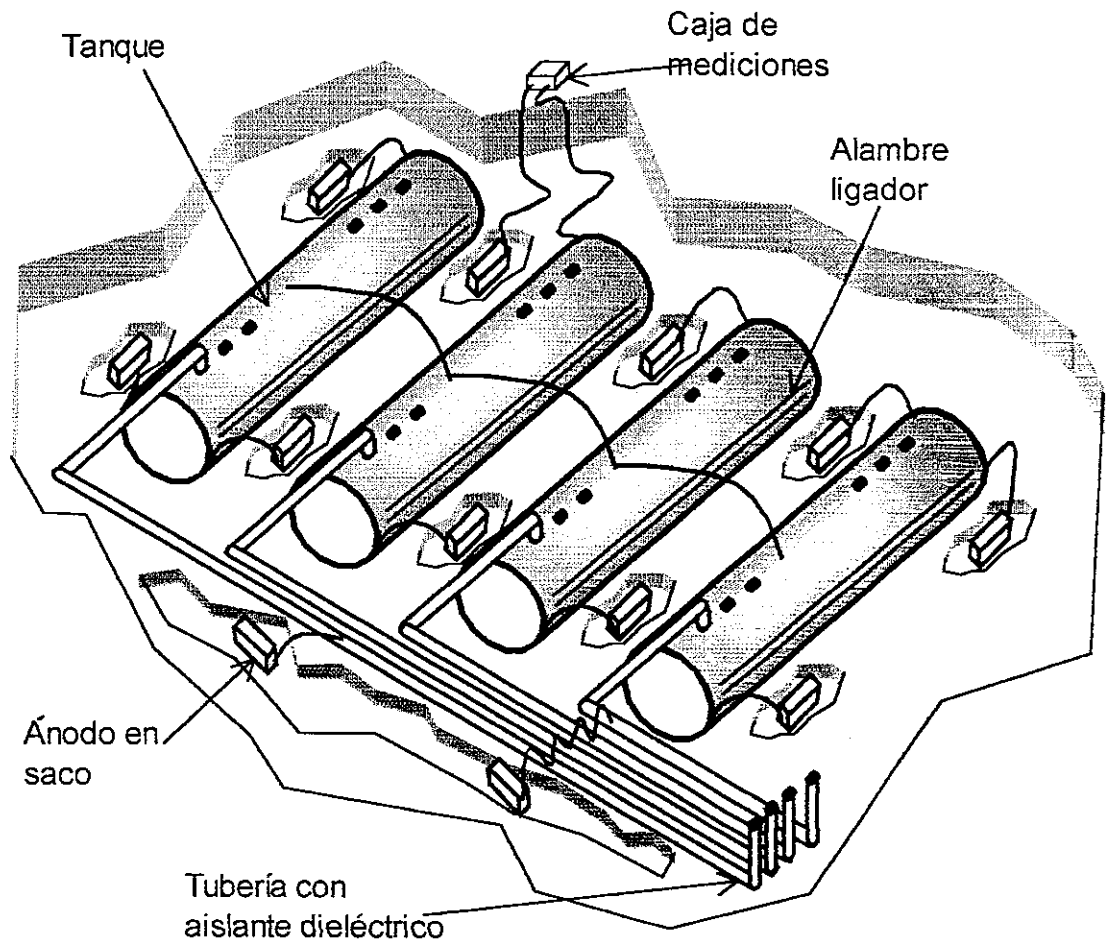
Entre las ventajas están:

- No se requiere de fuente de poder externa.
- Bajo potencial provee una regulación contra la sobreprotección.
- Interferencia catódica en las estructuras circundantes es poco probable.
- Los costos de instalación y mantenimiento son mínimos.
- Las salidas de corriente son bajas y relativamente fijas.

Entre las desventajas están:

- El sistema debe ser diseñado para cumplir con las condiciones del peor escenario.
- El sistema tiene una vida finita (consumo del ánodo).
- No es adecuado para los accesorios a una instalación existente.
- Es necesario hacer inspecciones anuales.

FIGURA 14. Sistema de protección catódica con ánodo de sacrificio



4.1.2. Sistema de corriente de carga

Estos sistemas requieren de una fuente de corriente directa (DC), usualmente derivada de un rectificador conectado a una fuente de corriente alterna (AC). Un transformador es requerido para bajar el voltaje. Los materiales más comunes para un sistema de ánodos de corriente de carga son de carbón impregnado, alto silicón, hierro o platino, en un relleno de coque.

Los rangos de consumo son:

- Carbón 386 gr por amperio / año.
- Platino .006 gr por amperio / año.
- Acero 9672 gr por amperio / año.
- Magnesio 3629 gr por amperio / año.

Los ánodos de corrientes de carga deberán ser instalados verticalmente dentro del nivel freático. Un rectificador inmerso en aceite deberá ser localizado afuera de las áreas de seguridad reguladas. El sistema permite por sí mismo recolocarse en una instalación existente porque los ánodos no necesitan ser conectados eléctricamente al sistema. El sistema posiblemente deberá ser usado con los tanques de acero enterrados, sin embargo, cuando la corriente requerida excede de 12 amperios o si hay un severo problema de corriente dispersa en el sitio, se necesitará de un estudio especializado.

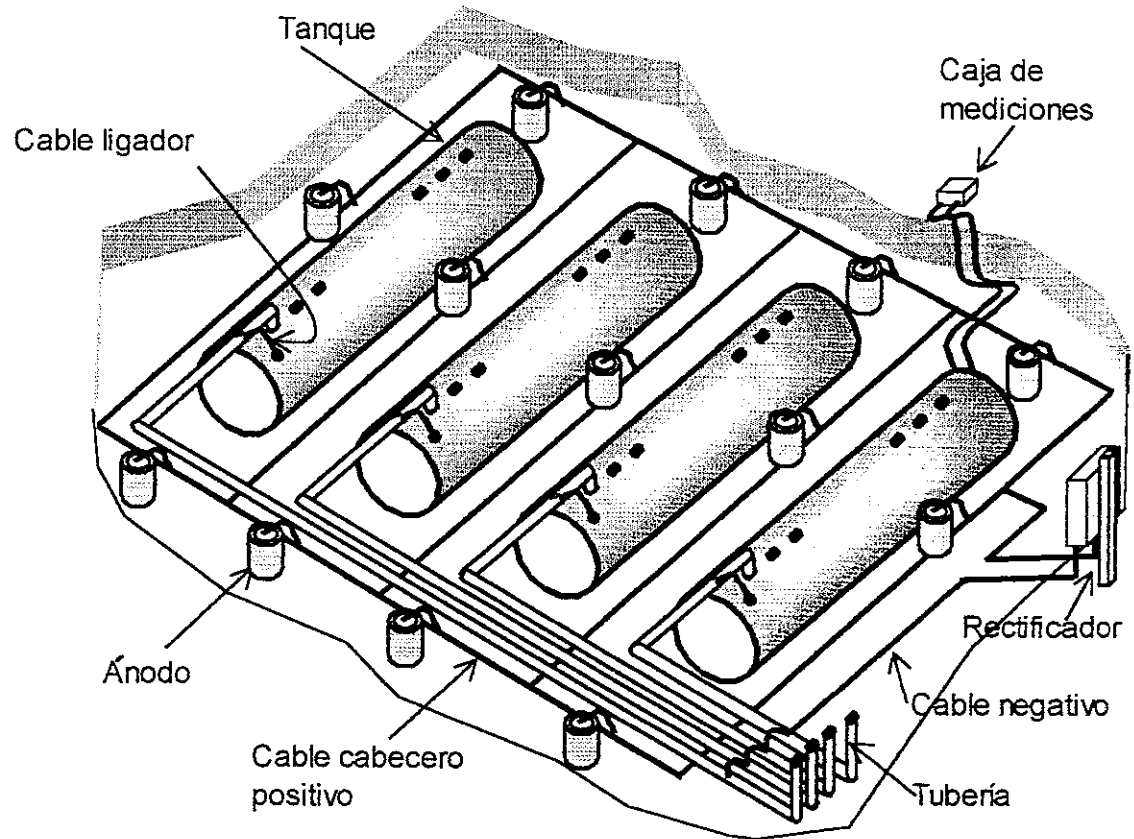
Las ventajas de un sistema de corriente de carga son las siguientes:

- Salidas de alta corriente para cubrir instalaciones grandes.
- El sistema tendrá una vida infinita sin necesidad de insumos consumibles.
- El sistema puede ser recolocado.
- El sistema es flexible para cubrir un alto rango de instalaciones y condiciones del sitio.

Las desventajas son:

- El sistema puede causar corrosión a las estructuras enterradas cercanas.
- La protección se pierde si la corriente se pierde.
- Necesita rutinas de inspección anuales y se requiere de mantenimiento.

FIGURA 15. Sistema de protección catódica con corriente aplicada



4.2. Tanques compuestos

Un tanque compuesto es un tanque de acero fabricado bajo las normas UL-58 y cubierto con fibra de vidrio plástica reforzada (FRP), adherida directamente al tanque de acero.

La fibra de vidrio es desarrollada especialmente para lograr un buen desempeño, tanto en el moldeo como en el producto acabado. La elección de las materias primas más adecuadas dependerá de las necesidades dictadas por el uso final al que se destine el producto terminado, como, por ejemplo: resistencia a la intemperie, al fuego, al impacto y otras.

La resina líquida, generalmente poliéster insaturado, se combina con la fibra de vidrio en el tanque de acero que sirve de molde. Una reacción química iniciada en la resina por agentes especiales de curado (catalizadores y aceleradores) provoca su endurecimiento y dan origen a una parte moldeada ligera y resistente, en la cual la resina desempeña la función de sustrato y la fibra de vidrio sirve de refuerzo.

Existen varios procesos para aplicar la fibra de vidrio, siendo los más comunes el proceso de moldeo manual y por aspersión, la fibra de vidrio es aplicada en capas sucesivas hasta llegar al espesor final deseado. En el moldeo manual, las capas son construidas por resina poliéster y fibra de vidrio aplicadas con un rodillo. En el moldeo por aspersión, la fibra de vidrio continua es cortada y lanzada sobre el molde junto con la resina, de tal modo que la aplicación por medio de una pistola da origen a una capa. Es debido a la aplicación sucesiva de varias capas o "láminas" que las estructuras así construidas son llamadas laminados.

La fibra de vidrio proporciona estabilidad dimensional, resistencia al calor y altas propiedades mecánicas a los laminados.

Las demás propiedades (resistencia química o eléctrica, acabado, color, etc.) son determinadas por la resina poliéster.

Se aplican varias capas o láminas de refuerzo y resina hasta lograr un espesor final de aproximadamente 0.100 pulgadas (2.5 mm). La resina debe ser adecuadamente acelerada y catalizada para el curado a la temperatura ambiente.

Las etapas de para la correcta aplicación son las siguientes:

- a. Se limpia el tanque dejando el metal blanco, por ejemplo con chorro de arena volcánica lanzada presión (sand-blasting).
- b. Se aplica la resina sobre éste.

- c. Se coloca la fibra de vidrio sobre el tanque con resina.
- d. La fibra de vidrio es impregnada con la resina poliéster.
- e. El rolado se hace con rodillo para la compactación de la fibra de vidrio.
- f. Verificación de la calidad superficial del laminado.

4.3. Tanques enchaquetados

Los sistemas de protección de los tanques enchaquetados consisten de un tanque primario de acero fabricado bajo la norma UL-58, revestido con una chaqueta externa no metálica, de fibra de vidrio plástica reforzada (FRP) o una chaqueta de polietileno de alta densidad, también conocidas como termoplásticas (HDPE), fabricadas bajo la norma UL-1746. El tanque y la chaqueta están separados formando un espacio intersticial (anular).

Las chaquetas FRP o termoplásticas deberán ser fabricadas usando material de por lo menos 2.5 mm (0.100 pulgadas) de espesor y estar provistos para controlar fugas entre el espacio anular.

Las pruebas para el ensamblado de los tanques eschaquetados, deben ser por lo menos las siguientes:

4.3.1. Pruebas de impacto para tanques

No deberá haber ningún daño tal como rajaduras, desuniones, laminación visible del exterior del tanque, a impactos de una altura de 40 pulgadas (1.016 m) o menos. No deberá haber rompimiento de piezas con impactos de una altura mayor de 40 pulgadas (1.016 m) y menor de 72 pulgadas (1.829 m).

Una muestra representativa del tanque será sujeta a golpes de una bola de acero de 12 libras (5.4 Kg). La bola será colgada en un péndulo de 72 pulgadas (1.829 m). El péndulo tendrá su centro directamente arriba del punto de impacto y la bola deberá ser colocada a una distancia, por encima del tanque, medida verticalmente sobre el punto de impacto y deberá permitírsele oscilar libremente.

La altura vertical sobre el punto de impacto variará de 10 a 72 pulgadas (0.254 a 1.829 m), no deberá impactar 2 veces en el mismo punto. La cabeza, el cuerpo y la articulación serán probados.

4.3.2. Prueba de fugas

No deberán haber fugas cuando un tanque enchaquetado, incluyendo accesorios y registros es probado aerostáticamente.

Tanques que son marcados para probar el espacio anular con presión positiva, serán probados colocándoles un tubo distribuidor del espacio anular al tanque primario y presurizando todo el sistema a dos veces de su presión indicada, pero no más de 5 psi (34 kPa). La chaqueta exterior deberá ser revisada por un medio acuoso y jabón o su equivalente.

Tanques que son marcados para probar el espacio anular a un vacío, serán probados al sujetar el espacio anular a un vacío parcial de por lo menos el vacío indicado en el tanque y no menor de 13 pulgadas de mercurio (43.9 kPa). Se deberá mantener dicho vacío por 24 horas. Una desviación mayor en el vacío de ± 2 pulgadas de mercurio (± 6.75 kPa), será evidencia de fuga.

4.3.3. Prueba de presión anular

El espacio anular de tanques marcados para prueba positiva deberá resistir, sin romperse, durante 1 minuto una presión interna de 5 psi (34.5 kPa) o 5 veces su capacidad.

El espacio anular no deberá resistir una presión de 5 veces su capacidad, si al ser probado usando aire a presión, la chaqueta alivia dicha presión de manera que no represente riesgo potencial de daño.

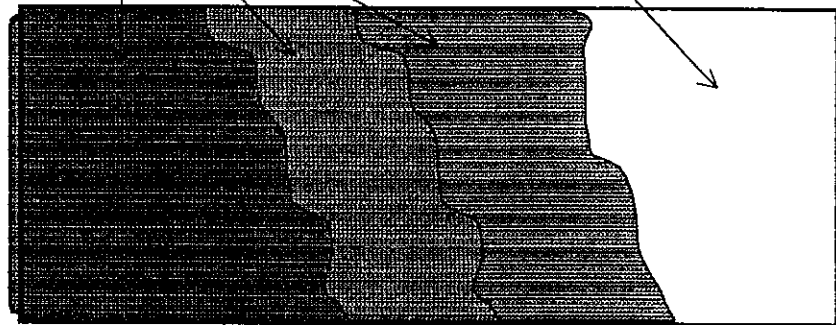
4.3.4. Prueba de presión externa

Un tanque vacío será colocado en una estructura de soporte que facilitará que el mismo sea sumergido en agua. La estructura de soporte no deberá adicionarle fuerza de tensión o compresión al fondo del tanque de prueba. Se agregará agua, hasta que el tanque esté sumergido a 5 pies (1.52 m) o una profundidad igual a la máxima especificada por el fabricante para enterrarlo. El tanque deberá permanecer sumergido por 1 hora y la presión interna del tanque deberá permanecer igual a la atmosférica mientras dure la prueba. El tanque no deberá tener fugas, colapsar, implotar o abombarse (definido como una deflexión del 5% del diámetro del tanque).

FIGURA 16. Tanques compuestos y enchaquetados

FIBRA DE VIDRIO ADHERIDA CON RESINA, APLICANDO CAPA POR CAPA FORMANDO LAMINADOS HASTA LOGRAR EL ESPESOR DESEADO CUMPLIENDO LAS NORMAS UL-1746

TANQUE DE ACERO AL CARBÓN FABRICADO BAJO NORMAS UL-58, EXTERIOR 100% LIMPIO PREFERIBLEMENTE A METAL BLANCO



ELEVACIÓN DE TANQUE COMPUESTO

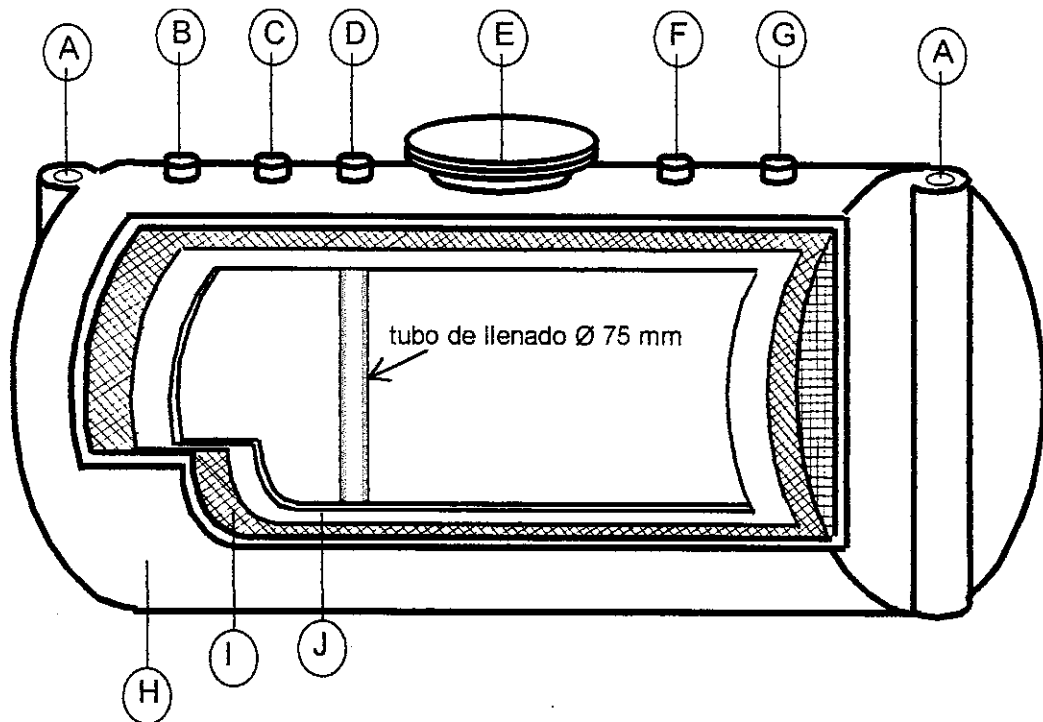
CHAQUETA, FABRICADA CON FIBRA DE VIDRIO REFORZADA AL IGUAL QUE EL TANQUE COMPUESTO O CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, CUMPLIENDO LA NORMA UL-1746

MALLA NO METÁLICA DE ESPESOR 3.17mm, EN EL 100% DE LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL TANQUE PARA HACER LA SEPARACIÓN ENTRE EL TANQUE Y LA CHAQUETA (ESPACIO ANULAR)



ELEVACIÓN DE TANQUE ENCHAQUETADO

FIGURA 17. Corte de tanque enchaquetado



- A ACCESORIO PARA MONITOREO Y VACUÓMETRO
- B ACCESORIO PARA PURGA Ø 101mm
- C ACCESORIO PARA MEDICIÓN Ø 101 mm
- D ACCESORIO PARA LLENADO Ø 101 mm
- E ENTRADA DE REGISTRO Ø 457 mm (mínimo)
- F ACCESORIO PARA RECUPERACIÓN O RETORNO Ø 101 mm
- G ACCESORIOS PARA BOMBA SUMERGIBLE Ø 101 mm
- H CHAQUETA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
- I MALLA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
- J TANQUE DE ACERO SEGÚN NORMA UL-58

5. INSTALACIÓN DE TANQUES

Las siguientes recomendaciones de instalación serán aplicables para tanques de almacenamiento de líquidos inflamables que vayan enterrados. Independientemente del material con el que estén fabricados.

5.1. Prueba con vacío (solo a tanques de doble pared)

Cuando llegan los tanques de doble pared al destino con un vacío puesto en el espacio anular, no es necesario realizar una prueba de presión, a menos que sea exigido por alguna norma local. El vacío debe ser mantenido mientras se rellena la excavación.

5.2. Prueba sobre la superficie

Tanque Interno de acero: Si se exige una prueba del tanque metálico, se puede dejar el vacío en el intersticio y poner una presión de 5 PSI en el tanque interno. Aplicando una mezcla de jabón y agua para buscar fugas.

Tanque externo: Se puede realizar una de la segunda pared en una forma similar al interno. Aplicando una presión de 1 PSI en el intersticio, revisando todas las conexiones con una mezcla de jabón y agua.

5.3. Material de relleno

Arena : Debe ser limpia, sin basura y bien compactada.

Grava de Río : Debe ser limpia, sin superficies filosas, del tamaño de 1/8" a 3/4".

5.4. Excavación

La excavación debe ser extendida para dejar un mínimo de 0.30 m (1 pie) entre todos los tanques y las paredes de alrededor. La profundidad de la excavación será suficiente para permitir una cama de relleno debajo el tanque y un cubrimiento para soportar el peso del transporte.

5.5. Preparación para excavación

El área de excavación deber ser limpia y libre de piedras grandes u otros materiales filosos que pudieran causar daños a la cubierta del tanque. En el fondo de la excavación, hay que dejar un mínimo de 1 pie de material aprobado. Si se usa un piso de concreto, hay que separar un pie de material aprobado.

5.6. Relleno

El relleno sobre los tanques variara dependiendo de si existirá o no, tráfico sobre los tanques.

En áreas que no estén sujetas a trafico el relleno deberá tener como mínimo 3 pies de profundidad, incluyendo la losa de concreto armado de espesor 6".

En áreas que estén sujetas a trafico regular, el relleno podrá ser hasta de 4 pies, incluyendo la losa de concreto armado de espesor 0.15 m (6 pulgadas).

5.7. Colocación

Los tanques serán colocados sobre una cama de arena que esté nivelada y compactada, si se requieren elementos de concreto para anclaje deberán ser cubiertos al menos por 0.30 m (1 pie) de arena compactada.

El relleno será uniforme y se conformará a la norma de Material de Relleno. La primera capa de dos pies debe ser compactada debajo del tanque según las posiciones 5 y 7 del reloj. El restante debe ser repartido alrededor del tanque. Después de instalar la tubería y realizar la prueba de instalación, hay que tapar el tanque con el relleno hasta una profundidad definida por las condiciones de tráfico. Se recomienda mantener un vacío en el interior hasta que se termina de cubrir el tanque con el relleno.

Un tanque enterrado nunca deberá ser instalado directamente sobre un elemento de concreto.

Cuando se instalen más de un tanque de almacenamiento, se deberá colocar arena alrededor de cada tanque para prevenir movimientos.

Cuando la resistencia del terreno presente las características de un suelo inestable se podrán proteger los tanques de almacenamiento del empuje directo del terreno, colocándolos dentro de fosas de concreto armado.

5.8. Amarras de tanque

En caso de que el nivel freático se encuentre cerca de la superficie del terreno se podrán fijar los tanques de almacenamiento mediante cables de acero, sujetos a anclas de concreto hidráulico.

Si es necesario usar bandas para sujetar el tanque, hay que instalarlas en una forma que no dañen la cubierta. Se recomienda usar cojines de caucho

entre las bandas y la cubierta para evitar costes. Las bandas serán suministradas por el fabricante de tanques, y deben ser colocadas según el manual de producto.

5.9. Pruebas después de la instalación

Se puede realizar una prueba de presión después de la instalación y relleno. Luego de tapar el tanque con el relleno, aplicar una presión de 4 PSI en el tanque metálico, y no más de 3 PSI entre tanques metálicos y su cubierta secundaria.

5.10. Detección de fugas

Conforme a las prácticas recomendadas para estaciones de servicio por el API 1615 será obligatoria la instalación de dispositivos para prever la contaminación del subsuelo, cuando se presente alguna fuga o derrame del producto en los tanques de almacenamiento o en el sistema de dispensarlos.

Lo anterior formará parte complementaria de llevar a cabo una instalación apropiada y de mantenimiento seguro en todos los sistemas enterrados.

En el caso de que se presente una fuga de cualquier tipo, ésta deberá ser detectada inmediatamente para evitar problemas de contaminación, por lo cual se deberán instalar los dispositivos que se describen a continuación :

5.11. Sistema de medición automático en tanques

Su función es para el control de inventarios, debiendo ser del tipo electrónico y estar listado por UL.

La utilización de este sistema requiere la instalación de sensores en los tanques enterrados con conexiones eléctricas para lectura remota en tablero.

El sistema que se instale deberá de ser del tipo con el que se puedan efectuar pruebas contra fugas, cuando los tanques no estén en operación durante algún tiempo.

5.12. Pozos de Observación

Deberán ser instalados cuando el nivel freático esté por encima del fondo de la excavación del tanque o cuando un impermeabilizante ha sido instalado en el piso de una excavación para monitorear fugas alrededor de los tanques enterrados.

El Pozo de observación consistirá de un tubo de PVC, no menor de 2" de diámetro, con ranuras de 0.039" o perforaciones equivalentes.

Cuando se trate de un solo tanque se instalará un pozo de observación cerca del extremo del tanque dentro de la excavación.

Para el caso de instalarse más de cuatro tanques en una excavación común, deberá efectuarse un análisis hidrogeológico específico para determinar el número y localización de pozos de observación.

Los pozos de observación estarán enterrados 24" por debajo del fondo del tanque o de la parte superior de los elementos de concreto usados para anclaje.

Opcionalmente podrán instalarse sensores eléctricos para monitoreo del producto, con conexión eléctrica para lectura remota en tablero.

Los pozos deberán ser identificados, sellados y asegurados para prevenir la introducción accidental o deliberada de productos, agua u otros materiales.

5.13. Pozos de monitoreo

Son usados para observar la presencia de productos del petróleo en la superficie de aguas subterráneas.

Estos pozos proporcionan un servicio equivalente para la detección de fugas a la de los pozos de observación, pero deben ser instalados únicamente cuando la permeabilidad del suelo es alta y cuando el nivel freático está por debajo del fondo de la excavación del tanque.

Los pozos de monitoreo deberán ser instalados de tal forma que el fondo del pozo esté al menos 5 pies por debajo del nivel freático más bajo esperado y dentro de los 40 pies del nivel de piso.

Los pozos de monitoreo tendrán las mismas características que los pozos de observación, con la diferencia que se instalan fuera de la fosa donde se encuentran los tanques.

5.14. Monitorero entre contenedores

En el espacio anular de tanques deberá monitorearse a través de sensores electrónicos la presencia de productos del petróleo.

El monitoreo podrá ser periódico o continuo, dependiendo del dispositivo instalado.

El número de detectores de fugas que se podrán instalar será determinado por las condiciones del proyecto, pero como mínimo, además del sensor entre tanques, se deberán instalar los siguientes:

- Censor en el registro de instalación de la bomba sumergible.
- Censor en el pozo de monitoreo o pozo de observación.

CONCLUSIONES

1. La fabricación de tanques para almacenamiento de derivados del petróleo en Guatemala, se ha realizado en muchos casos por talleres que trabajan estructuras metálicas, sin tener una base de las dimensiones y especificaciones mínimas, por lo que este trabajo proporciona una mayor información.
2. Hay personas y/o empresas que no conociendo que hay normas y especificaciones, fabrican sus tanques o mandan a fabricar sus tanques a los talleres mencionados, con el objeto de reducir sus costos.
3. Al no fabricarse los tanques con las normas y recomendaciones dadas, pueden ocurrir fugas de combustibles, ya sea a corto o largo plazo, sin darse cuenta de los daños que se pueden causar al medio ambiente, pensando que los faltantes en los tanques son por deficiencias del personal a cargo de las recepciones y despacho del combustible.
4. Este trabajo plantea algunos tipos de tanques, usando generalmente acero al carbón, puesto que en nuestro país existe personal calificado para trabajar el acero.
5. Los recubrimientos y protecciones exteriores de los tanques son un punto esencial para proteger los tanques contra la corrosión, evitando daños al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Que las personas y/o empresas que desean almacenar combustibles derivados del petróleo, no solo tomen en cuenta los costos de los tanques, sino también que el fabricante cumpla con las medidas mínimas para la elaboración de éstos.
2. Que las autoridades responsables estén al tanto de los tanques que se están instalando, donde hay despacho de combustibles al público, así como también los lugares donde almacenan combustible para consumo propio.
3. Se recomienda que en los lugares donde se instale este tipo de tanques lleven una medición periódica en los tanques o en el suelo cercano para controlar que no estén existiendo fugas. Si existieran fugas se debe excavar para dejar el tanque expuesto y hacerle las pruebas indicadas en el presente trabajo, si las fugas fueran demasiadas analizar la posibilidad de cambiar completamente el tanque, eliminando el tanque dañado, de manera que no pueda ser utilizado por terceras personas para ningún otro uso.
4. En cuanto al sistema de protección más recomendado en nuestro medio, es el de tanque compuesto, es decir, el tanque recubierto con fibra plástica de vidrio reforzada adherida directamente al tanque, puesto que los otros sistemas necesitan mucho más control de todos sus elementos para que funcionen debidamente, así como también es un sistema que puede ser fabricado muy fácilmente, encontrando toda la materia prima en el mercado guatemalteco.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Specification for Glass-Fiber-Reinforced Polyester Underground Petroleum Storage Tanks. Annual Book of ASTM Standards Volume 08-04, Norma D 4021. 1986 pag. 577-584.

DIARIO de Centro América. Número 81. Septiembre 13 de 1996, Guatemala, pagina 2578-2580.

NATIONAL Fire Protection Association NFPA 30. Flamable and Combustible Liquids Code. 1996 Edition. United States of America

RIVERA Navas, Manuel Fernando. Tesis de graduación de Tanques de Fondo Plano Para Almacenamiento de Combustibles. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1980, 85 pag.

UNDERWRITERS Laboratories Inc. External Corrosion Protection Systems for Steel Underground Storage Tanks, UL-1746, Second Edition, U.S.A. 1993, 39 pag.

UNDERWRITERS Laboratories Inc. Standard for Steel Underground Tanks for Flammable and Combustible Liquids, UL-58, Seventh Edition, U.S.A. 1981, 16 pag.

UNDERWRITERS Laboratories Inc. Glass-Fiber-Reinforced Plastic Underground Storage Tanks for Petroleum Products, UL-1316, First Edition, U.S.A. 1983, 10 pag.