

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“DISEÑO DE UN TANQUE ATMOSFÉRICO DE 10,000  
BARRILES DE AGUA CONTRA-INCENDIO PARA LA  
INDUSTRIA PETROLERA”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA**

**MARCO MAURICIO BARRERA GARCÍA**

**ASESOR: M. I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ**

**CUAUTITLÁN IZCALLI**

**2007**



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.

Primeramente quiero agradecer a Dios por la fuerza espiritual que me ha brindado durante el transcurso de mi vida, gracias por ser mi guía y enseñarme el camino correcto y por darme fuerza para levantarme cada vez que caigo. Gracias Padre.

Con el mismo valor de agradecimiento hago mención de mi hermano Álan Angel Barrera García, que fue mi mano derecha para la elaboración de este trabajo, gracias por apoyarme.



También quiero agradecer a todos los maestros de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por todo el aporte académico que me dieron.

De igual manera quiero agradecer a mis Padres: José Pastor Barrera Flores y María Dolores García Chárraga, por el apoyo incondicional que me brindan, gracias por apoyarme en mis estudios y el amor que me han dado siempre, de igual manera quiero agradecer a mis hermanos: José Mario, Edwin Jorge, Lorena y Jean Paul que confiaron en mí, gracias, los amo.

Gracias M.I Felipe Diaz del Castillo Rodríguez, asesor de mi tesis, por apoyarme en este trabajo y guiarme hasta el término de este.

## INDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2

### CAPITULO 1 CLASIFICACIÓN DE LOS RECIPIENTES

1.1 TIPOS DE RECIPIENTES.....	4
1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.....	10
1.3 LIMITACIONES.....	11
1.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y ELEMENTOS.....	12

### CAPITULO 2 MATERIALES Y REQUISITOS

2.1 INTRODUCCIÓN.....	19
2.2 PLACAS.....	19
2.3 LÁMINAS.....	25
2.4 ELECTRODOS.....	26
2.5 TUBOS Y FORJAS.....	29
2.5.1 BRIDAS.....	32
2.6 TORNILLOS.....	33
2.7 PERFILES ESCTRUCTURALES.....	34

### CAPITULO 3 DISEÑO DEL TANQUE ATMOSFÉRICO

3.1 INTRODUCCIÓN.....	36
3.2 DATOS DE DISEÑO.....	37
3.3 DETERMINACIÓN DE ESPESORES EN EL FONDO.....	41
3.4 DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE LA ENVOLVENTE.....	42
3.5 DISEÑO DE TECHO SOPORTADO.....	46
3.5.1 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LARGUEROS.....	47
3.5.2 DISEÑO DE COLUMNA CENTRAL.....	56
3.6 ANÁLISIS SÍSMICO.....	64

### CAPITULO 4 FABRICACIÓN DEL TANQUE ATMOSFÉRICO

4.1 INTRODUCCIÓN.....	77
4.2 SÍMBOLOS DE SOLDADURA.....	79
4.3 FABRICACIÓN DEL FONDO.....	80
4.3.1 JUNTAS A TRASLAPE EN EL FONDO.....	80
4.3.2 JUNTAS ATOPE EN EL FONDO.....	81
4.3.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS DEL FONDO.....	82

4.3.4 SOLDADURA DE FILETE EN LA UNIÓN FONDO-ENVOLVENTE.....	83
4.4. FABRICACIÓN DE LA ENVOLVENTE.....	85
4.4.1 JUNTAS VERTICALES EN LA ENVOLVENTE.....	85
4.4.2 JUNTAS HORIZONTALES EN LA ENVOLVENTE.....	86
4.4.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS EN LA ENVOLVENTE.....	87
4.4.4 JUNTAS EN LA UNIÓN ÁNGULO DE COMPRESIÓN-ENVOLVENTE.....	87
4.5. FABRICACIÓN DEL TECHO.....	90
4.5.1 JUNTAS EN EL TECHO.....	90
4.5.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS DEL TECHO.....	91
4.6. ESTRUCTURA EN TECHOS SOPORTADOS.....	94
4.6.1 UNIÓN COLUMNA CENTRAL-LARGUEROS.....	94
4.6.2 GRAPAS DE CONEXIÓN ENTRE LARGUEROS Y ENVOLVENTE.....	95
4.6.3 BASE DE LAS COLUMNAS.....	95
CONCLUSIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98

## INTRODUCCIÓN.

Es frecuente que los equipos, las instalaciones y el elemento humano en un momento dado se vean en peligro por siniestros causados por falta de mantenimiento y una mala operación de la planta, la cual da como consecuencia un incendio, estos sucesos pueden afectar a las industrias en general; estos deben preverse con mecanismos de seguridad con los que deben contar las industrias para estar salvaguardadas de estos siniestros.

El agua siendo un recurso muy importante para sofocar el fuego, no se cuenta en muchas empresas en cantidades suficientes, motivo por el cual se hará el diseño de un tanque atmosférico de agua para abastecer los mecanismos que sean utilizados en caso de incendio, hay que tomar en cuenta el estudio de donde va a estar colocado dicho tanque, sus espesores, dimensiones, tipos de acero, soldadura. Ya que será diseñado para la industria petrolera para una capacidad de 10000 barriles.

De esta forma, en el primer capítulo se da una breve descripción de la clasificación y de los tipos de recipientes que se utilizan para procesar o almacenar productos en la industria del petróleo, y al final de este capítulo se definen los términos utilizados más importantes y que se relacionan con el diseño y fabricación de los tanques de almacenamiento atmosféricos de techo fijo.

En el capítulo 2 se muestran los requisitos químicos y mecánicos que deben cumplir los materiales utilizados en la fabricación de tanques de almacenamiento, así mismo, se mencionan las especificaciones de la ASTM que son aceptadas para este fin, en forma de placas, láminas, tuberías, forjas y perfiles estructurales, por otra parte, se muestra la forma en que se seleccionan las cédulas de los cuellos de boquillas, así como los electrodos utilizados para la unión de aceros al carbono y aleados en el proceso de soldadura de los elementos del tanque.

En el capítulo 3 se mencionan las consideraciones generales para efectuar el diseño de los componentes más importantes, como son:

- Espesor del fondo
- Espesor de la envolvente
- Espesor del techo

En el diseño de techos se indica la forma en que se diseña uno soportado y uno autosoportado, así como el diseño de cada elemento que conforma la estructura de soporte del mismo, como son: trabes, largueros, columnas, analizándolos y seleccionándolos cada uno por separado.

Posteriormente, se muestra el análisis sísmico en el cual se determinan las fuerzas a las que pueden estar sujetos estos tanques, involucrando las cuatro diferentes zonas sísmicas existentes en la República Mexicana, al final de este capítulo se desarrolla un ejemplo de aplicación con techo soportado, de acuerdo con el procedimiento antes considerado.

En el capítulo 4, se realiza el diseño del recipiente objeto de este trabajo, y en el último se presentan los planos de fabricación de acuerdo a las dimensiones y tipos de materiales que se ocuparán para su construcción.

### **OBJETIVO.**

- Aprender mediante los métodos de investigación las técnicas para el diseño y fabricación de este tipo de tanques de almacenamiento.
- Establecer los requisitos que deben cumplir el contratista o proveedor en el diseño de tanques atmosféricos de acero, para el almacenamiento de petróleo, sus derivados, agua o algún otro producto utilizado en PEMEX.
- Ofrecer a los usuarios o a quienes se les encargue este tipo de trabajos, el resultado de este trabajo de investigación.
- Despertar en los compañeros de la carrera el interés sobre el desarrollo de este tipo de trabajos, que van encaminados al beneficio básicamente de la industria petrolera.

# CAPITULO 1

## CLASIFICACIÓN DE LOS RECIPIENTES

### 1.1 TIPOS DE RECIPIENTES.

La ingeniería de recipientes ha llegado a ser una especialidad en la cual convergen varios conocimientos que son afines a las distintas ramas de la ingeniería como son: materiales, hidráulica, química, corrosión, etc.

Existe una gran variedad de recipientes y éstos son seleccionados de acuerdo a las necesidades y características de la planta, así pues para almacenar agua se tiene una gran diversidad de formas, los autotanques y los carros tanque nos muestran un tipo de recipiente, los almacenadores de grano, los tanques de concreto, los tanques de baja presión, los tanques de alta presión, reactores, etc.

Los tipos más comúnmente usados se pueden considerar como recipientes abiertos o cerrados.

Un recipiente a presión es un recipiente que contiene un fluido a presión. Las calderas, torres para agua, extintores contra incendio y tuberías, son unos de los ejemplos más comunes de recipientes a presión.

La presión de un fluido en un recipiente cerrado produce esfuerzos de tensión en las paredes del recipiente. Estos esfuerzos son simplemente una aplicación mas del esfuerzo normal de las leyes básicas de la estática y la definición de esfuerzo unitario son las herramientas necesarias para analizar las fuerzas y esfuerzos en los recipientes cilíndricos.

En la Industria de Procesos Industriales, los recipientes cerrados manejan fluidos tales como: combustibles tóxicos y ofensivos, gases, así pues los productos derivados del petróleo necesariamente requieren el uso de recipientes cerrados los cuales a su vez pueden dividirse en:

a) Tanques atmosféricos. Este tipo de tanques normalmente operan a presiones atmosféricas y su principal objetivo es almacenar grandes volúmenes de crudo o de sus derivados.

Dentro de esta división se pueden hacer otra subdivisión, de acuerdo a su tipo de techo:

**Tanque de techo fijo.** El más simple es el de techo cónico como el mostrado en la figura 1.1, el cual puede ser soportado o autoportado, esto depende de las necesidades y/o requerimientos de proceso.

Las dimensiones de estos tanques pueden llegar hasta 54.8 m (180 ft) de diámetro y 14.63 m (48 ft) de altura.

**Los tanques de techos autoportados** no requieren de estructura interna debido a que en su diseño se considera el espesor de la placa del techo, así como el ángulo formado entre el techo y la horizontal, por tanto haciendo una variación o combinación de ambos se puede determinar si el techo requiere o no de estructura interna.

**Los techos soportados** requieren de estructura interna debido a su diámetro y a la pendiente, esta estructura del techo se hace más compleja conforme se incrementa el diámetro del tanque debido a que se requiere diseñar todos los elementos más críticos de la estructura.



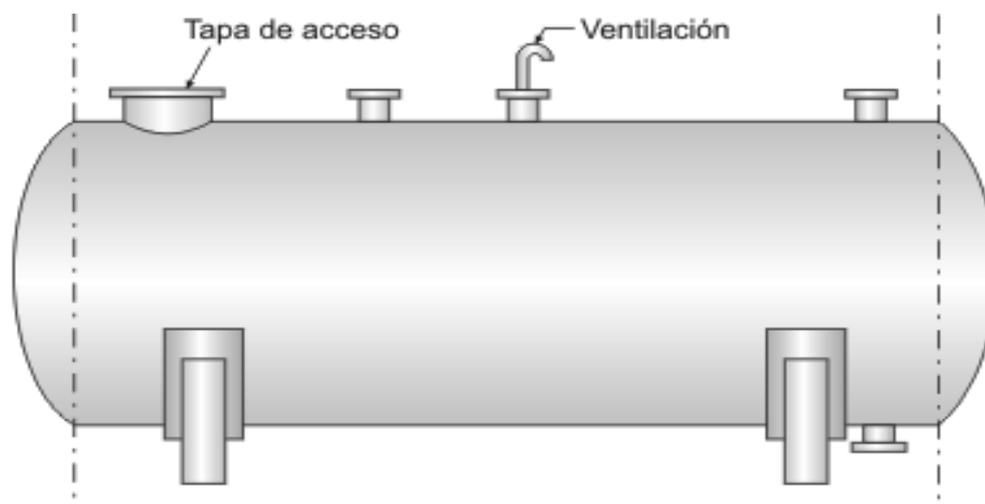
**Figura 1.1** Tanque de almacenamiento de techo fijo.

**Tanques de techo flotante.** Este es otro de los tanques de almacenamiento y su objetivo principal es el de reducir al mínimo las pérdidas por evaporación, ya sea manteniendo constante o eliminando el espacio de vapor por encima del líquido almacenado. La envolvente y el fondo de este tipo de tanques se diseñan y construyen en forma similar a los de un techo cónico, y los techos flotantes están diseñados para flotar en la superficie del líquido almacenado.

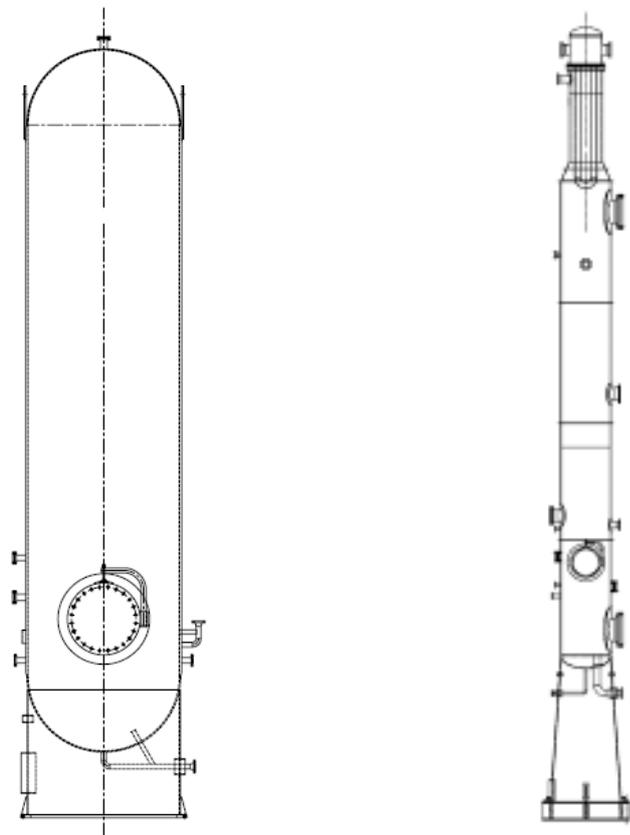
b) Recipientes a presión. Son aquéllos que operan a una presión mayor a la atmosférica y entre ellos se pueden mencionar los siguientes:

**Tanques de almacenamiento de baja presión.** Se utilizan para almacenar algunos derivados del petróleo donde se requieren condiciones de presión un poco mayor a la presión atmosférica, su configuración es cilíndrica en forma vertical, con fondo plano y techo abombado.

**Tanque de proceso.** Se requieren en todas las plantas petroquímicas y de refinación con el fin de llevar a cabo algunos de los procesos necesarios para obtener algunos de los 3000 derivados del petróleo, su configuración es cilíndrica y pueden ser verticales u horizontales y por lo general tienen las tapas abombadas, las cuales pueden ser torisféricas, semielípticas, hemisféricas o planas. Figuras. 1.2 y 1.3.



**Figura 1.2 Recipiente horizontal a presión.**



**Figura 1.3 Recipientes de proceso verticales.**

**Esferas.** Normalmente los recipientes esféricos se usan para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presiones moderadas, entre 2.1 kg/cm<sup>2</sup> y 17 kg/cm<sup>2</sup>, principalmente gases a temperaturas y presiones normales, tales como: gas natural, butano, isobutileno, hidrógeno, amoniaco y muchos otros productos petroquímicos. Las compañías químicas de gomas, pulpas y de papel han encontrado que las esferas a presión presenta grandes ventajas en el almacenamiento de líquidos tales como: anhídrido de amoniaco, butadieno y ácidos volátiles. Figura 1.4.



**Figura 1.4 Recipientes esféricos.**

**Reactores.** Una de las características de los reactores, son los grandes espesores de pared con que son diseñados, debido a las altas temperaturas que se presentan durante la descomposición de las estructuras moleculares de las sustancias, y su configuración puede ser cualquiera de las variantes de un tanque de proceso. Figura 1.5



**Figura 1.5 Reactor.**

## **1.2 CAMPO DE APLICACIÓN.**

Este trabajo puede ser utilizado como una guía en el diseño, la selección de materiales y la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos con cúpula fija para cualquier tipo de industria que por el tipo de proceso requiera de almacenar grandes volúmenes de líquido.

No se pretende establecer una serie fija de tamaños y capacidades, sin embargo, Petróleos Mexicanos maneja ciertas dimensiones estándar de acuerdo a la capacidad nominal, las cuales se muestran en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1. Dimensiones estándar de PEMEX para diseño de tanques atmosféricos.**

<i>CAPACIDAD NOMINAL</i>	<i>CAPACIDAD REAL</i>		<i>DIÁMETRO</i>	<i>ALTURA</i>	<i>PESO VACÍO</i>
	BLS	m <sup>3</sup>			
500	502	79.89	4.572	4.877	6
1000	1011	160.80	6.096	5.486	9
1500	1495	237.73	6.477	7.315	11
2000	2019	321.09	7.468	7.315	13
3000	3028	481.48	9.144	7.315	16
5000	5043	801.88	9.652	10.973	22
10000	10105	1606.78	12.954	12.192	39
15000	15036	2390.70	17.678	9.754	58
20000	20359	3237.03	18.288	12.192	78
30000	30083	4783.17	22.352	12.192	111
40000	39930	6348.91	25.908	12.192	144
55000	55940	8894.54	30.480	12.192	190
80000	80560	12808.98	36.576	12.192	274
100000	100438	15969.66	40.843	12.192	345
150000	149111	23708.63	45.720	14.630	456
200000	214713	34139.43	54.864	14.630	723

BLS= Barriles.

### 1.3 LIMITACIONES.

Quedan fuera del alcance del presente estudio los tanques de almacenamiento que trabajen a una presión diferente a la atmosférica, por pequeña que ésta sea; así mismo queda excluido el diseño de techos flotantes, y tanques de almacenamiento abiertos.

Así mismo no se incluye el diseño de tuberías ni de sus conexiones simplemente se toma en cuenta su selección.

El presente trabajo no puede cubrir todos los detalles del diseño y fabricación de tanques de almacenamiento, sin embargo si se cubrirán los elementos mas importantes, debido a la gran variedad de medidas de tanques que pueden ser construidos; en tal caso que no se cumpla cualquier diseño específico, se pretende que tanto fabricantes como diseñadores, de acuerdo a su experiencia y tomando en cuenta los requisitos que a continuación se presentan puedan determinar los detalles correspondientes al diseño y la fabricación que requieran sus necesidades.

#### **1.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y ELEMENTOS.**

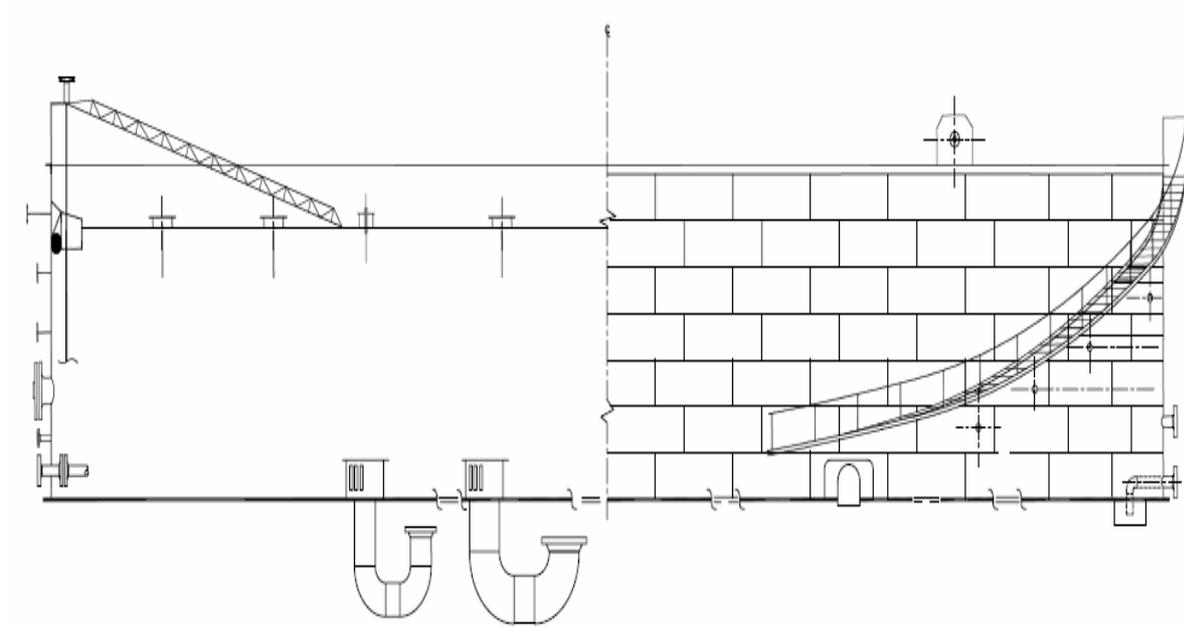
A continuación se definen los términos más importantes que se manejan en el presente trabajo, o de alguna manera están relacionados con el diseño y la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos.

##### **1. Tipos de techo:**

En la figura 1.6 se muestra la sección transversal con las principales características del techo flotante tipo pontón. Los tanques de techo flotante en general están provistos de un dispositivo de sello entre la pared del tanque y el techo móvil.

a) Techo flotante tipo pontón. Este tipo de techo consiste en un pontón angular seccionado y una cubierta simple que es unida al borde interior del pontón.

Este tipo de techo fue desarrollado para proporcionar mayor estabilidad de flotación. Además proporciona un medio aislante para la superficie del líquido y reduce la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los períodos en que la temperatura ambiente es alta.



**Figura 1.6 Tanque de almacenamiento de techo flotante.**

b) Techo autoportado. Este tipo de techo está conformado de placa, su forma es cónica y el ángulo formado con la horizontal puede variar entre los  $10^\circ$  y  $37^\circ$ . Su característica principal es que no tiene ninguna estructura de soporte.

c) Techo soportado. Este techo tiene como mínimo una columna central y una serie de largueros espaciados en el diámetro nominal del tanque, conforme se incrementa el diámetro nominal del tanque la estructura de soporte se hace más compleja debido a que se requieren otros elementos de soporte para las placas del techo, y su ángulo formado con la horizontal puede variar entre los  $3.57^\circ$  y los  $10^\circ$ .

## **2. Materiales.**

a) Lámina y placa, materiales producto de la laminación de forma generalmente rectangular cuya diferencia principal se basa en el espesor de acuerdo a lo siguiente:

Lámina: Espesor hasta 4.8 mm (3/16")

Placa: Espesor mayor a 4.8 mm (3/16")

b) Forja. Es la deformación violenta de los metales por golpeo o presión.

## **3. Términos Generales.**

Espesor de placa.

a) Espesor requerido. Es el calculado mediante las fórmulas antes de adicionarse el efecto de la corrosión.

b) Espesor de diseño. Es la suma del espesor requerido más el espesor por corrosión.

c) Espesor nominal. Es el espesor seleccionado entre los comercialmente disponibles.

d) Espesor de pared después de fabricado el tanque. Debe ser mayor o igual al espesor de diseño.

#### **4. Términos referentes a la soldadura.**

a) Fusión. Es el efecto de fundir simultáneamente el metal de aporte y el metal de base, o únicamente este último por lo cual resulta la unión de las partes.

b) Garganta de filete.

Teórica. Distancia perpendicular a la hipotenusa, desde donde principia la raíz hasta la cara de la soldadura del mayor triángulo que pueda ser inscrito en la sección transversal de la soldadura de filete.

Real. Distancia más corta desde la raíz de una soldadura de filete hasta su cara.

c) Metal de base. Metal para ser soldado o cortado.

d) Metal de aporte. Metal que se adiciona en la fabricación, durante el proceso de soldadura.

e) Metal de soldadura. Metal que se ha fundido durante el proceso.

f) Penetración en la junta. Profundidad mínima de una soldadura de ranura cuya longitud se mide desde la cara hacia la interior de la junta, excluyendo el refuerzo.

g) Refuerzo de soldadura. Metal de soldadura sobre la cara de una soldadura de ranura en exceso del metal necesario para el tamaño especificado de la soldadura.

h) Respaldo. Material que sirve como soporte para depositar metal de aporte y facilitar tanto la operación de soldadura la obtención de una soldadura sana en la raíz.

i) Soldadura. Fusión localizada de metales producida por calentamiento a temperaturas apropiadas, con o sin aplicación de presión, y con o sin uso de metal de aporte. Cuando se utiliza metal de aporte, este debe tener más o menos el mismo punto de fusión que el metal de base.

### 5. Tipos de Soldadura.

Los tipos de soldadura que se mencionan a continuación son los que se utilizan en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos de cúpula fija, y se aplican a uniones de placa, lámina y perfiles estructurales, ver tabla 1.2 y 1.3.

a) Soldadura en junta a tope. Es la soldadura que se deposita en la ranura entre dos elementos situados en el mismo plano y cuyos bordes quedan en contacto. Los bordes pueden ser rectangulares en V, U o J (simple o doble).

b) Soldadura de filete. Soldadura que tiene sección transversal aproximadamente triangular y que une dos superficies situadas aproximadamente en ángulo recto como en juntas en T, esquina o traslape.

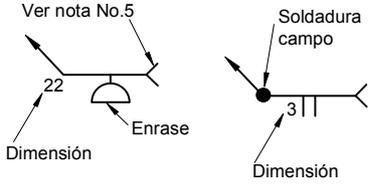
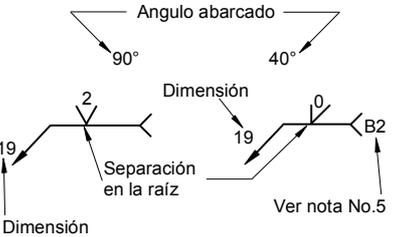
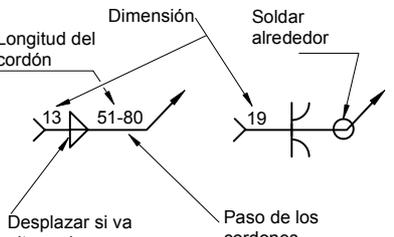
c) Soldadura de filete completo. Soldadura de filete cuyo tamaño es igual al espesor de la pieza más delgada a unir.

d) Soldadura por puntos o provisional. Es aquella soldadura que se utiliza para mantener alineados los elementos a unir mientras se sueldan definitivamente.

**Tabla 1.2 Símbolos de soldadura.**

Tipos de soldadura								Soldadura de campo	Soldadura todo alrededor	Enrasado
Cordón	Filete	Ranura de las piezas								
		Rectangular	V	Bisel	U	J	Tapón			
										

**Tabla 1.3 Localización de soldaduras.**

Lado más cercano	Lado más alejado	Ambos lados
		

**Notas:**

1. El lado de la junta para el cual señala la flecha, es el más cercano; y el lado opuesto a este es el lado lejano.
2. Las soldaduras del lado más cercano y del lado más lejano se hacen del mismo tamaño a menos que se indique otra cosa.
3. Los símbolos se aplican: entre dos cambios bruscos en la dirección de la soldadura, o en la extensión de la indicación de soldadura por medio de un sombreado, o todo a lo largo de la línea, en donde se marcan las dimensiones, excepto cuando se usa el símbolo de “Todo alrededor”.
4. Todas las soldaduras son continuas y de las dimensiones que se hayan aceptado, sí no se indica otra cosa.
5. La cola de la flecha se usa para anotar especificaciones de cualquier otra referencia, (esta cola puede omitirse si no se hace ninguna referencia).
6. Cuando se usa el símbolo para la soldadura en ranura con bisel o en J, la flecha debe indicar con un quiebre marcado hacia la pieza que debe ser biselada (en los casos en que claramente se ve cual es la pieza por biselar, puede omitirse el quiebre de la flecha).
7. Las dimensiones de las soldaduras, los incrementos y los espaciamientos se indican en milímetros.
8. Para instrucciones más detalladas en el uso de estos símbolos ver la norma de soldadura, publicada por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

## **6. Proceso de soldadura:**

Existe un gran número de procesos de soldadura y cada uno tiene aplicaciones específicas, éstos están restringidos de acuerdo con las condiciones que se tienen al unir los materiales, en nuestro caso sólo se mencionan los procesos que son empleados en la fabricación de tanques de almacenamiento.

a) Soldadura con arco metal protegido. Es el proceso donde la unión es producida por el calentamiento mediante un arco eléctrico, entre el electrodo metálico cubierto y el metal de base, la protección de la soldadura es producida por la descomposición de la cubierta del electrodo. En éste el metal de aporte es obtenido del electrodo.

b) Soldadura con oxiacetileno. Proceso de soldadura con gas en donde la fusión se obtiene mediante el calentamiento con una o más flamas de gas, obtenidas de la combustión del acetileno con el oxígeno y con o sin la aplicación de presión.

## **CAPITULO 2**

### **MATERIALES Y REQUISITOS**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

Cuando se habla de materiales se pretende establecer que son todos aquellos componentes que se utilizan en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos y entre ellos se encuentran; placas, láminas, perfiles, electrodos, tornillería, bridas, tubos, cuellos de boquillas, etc.

En el presente capítulo se plantean los requisitos que deben cubrir los materiales de dichos componentes, así se dan a conocer aquellos que son aceptados para la fabricación de los tanques de almacenamiento atmosféricos, debido a que estos están regidos por normas y códigos y en nuestro caso, la American Society of Testing and Materials (ASTM) y la American Welding Society (AWS) son las máximas autoridades en lo que se refiere a materiales y electrodos respectivamente.

El material más utilizado en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos de petróleo y sus derivados es usualmente el acero al carbono, aunque también se emplean otros materiales, tales como aceros aleados, metales con recubrimiento, (clad, overlay) lo cual va a depender de que tan corrosivo sea el líquido almacenado, sin embargo en la selección de materiales no se debe perder de vista el factor económico, ya que se debe seleccionar un material que cubra los requisitos de las condiciones de servicio; requisitos de especificaciones tales como: esfuerzos, corrosión, dimensiones y que además minimice el costo por concepto de materiales.

#### **2.2 PLACAS.**

A continuación se mencionan los aceros en forma de placa que se pueden utilizar para la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos sin embargo cuando existan materiales con diferente especificación y sea comprobada su equivalencia con alguno de la norma ASTM. éstos podrán ser usados en la fabricación de tanques de almacenamiento.

De acuerdo con la norma ASTM el proceso de fabricación de placas que sean empleadas en las construcciones de tanques de almacenamiento atmosféricos deberá ser únicamente por: Horno eléctrico, hogar abierto y oxígeno básico.

\*Acero A-36. Esta especificación se refiere a aceros al carbono y cubre la fabricación de placa, lámina y barras de calidad estructural para ser usadas en remaches, pernos, estructuras soldadas y el procedimiento de soldadura deberá estar de acuerdo al tipo de servicio, mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1 Requisitos químicos para la fabricación de aceros al carbono.**

PRODUCTO	LAMINAS	P L A C A S					B A R R A S			
		Hasta 19	19 a 38	38 a 64	64 a 102	Mas de 102	Hasta 19	19 a 38	38 a 102	Mas de 102
ESPEORES mm	Todos									
CARBONO MÁXIMO %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
MANGANESO MÁXIMO %			0.25	0.80	0.85	0.85		0.60	0.60	0.60
			a	a	a	a		a	a	a
			1.20	1.20	1.20	1.20		0.90	0.90	0.90
FÓSFORO MÁXIMO. %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
AZUFRE MÁXIMO. %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
SILICIO %				0.15	0.15	0.15				
				a	a	a				
				0.30	0.30	0.30				

**Tabla 2.2 Propiedades requeridas para el acero A-36 (kg/cm<sup>2</sup>).**

PLACAS, LAMINAS Y BARRAS		
RESISTENCIA A LA TENSION (kg/cm <sup>2</sup> )	4078	5625
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	2531	

Acero A-283. Esta especificación ampara 4 grados de este material; y para nuestros fines únicamente se utilizan los grados C y D, ya que son los que se emplean en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos. Es un acero al carbono de calidad estructural para aplicaciones generales y se deberá usar para temperaturas entre los 302.15 K y 616.15 K (-29 °C y 343 °C).

**Tabla 2.3 Requerimientos químicos para el acero A-283.**

FÓSFORO MÁXIMO. %	0.04
SULFURO MÁXIMO. %	0.05

**Tabla 2.4 Propiedades requeridas para el acero A-283 (kg/cm<sup>2</sup>).**

	GRADO "C"	GRADO "D"
RESISTENCIA A LA TENSION (kg/cm <sup>2</sup> )	3867 - 4570	4218 - 5062
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	2109	2320

\*Acero A-285. Esta especificación se refiere a un acero muy dúctil, fácil de conformar y maquinar, es también de los aceros más económicos y de mayor existencia en el mercado, es comúnmente usado para la fabricación de envolventes las cuales se encuentren operando entre los 291.15 K y 696.15 K (18 °C y 423 °C).

La especificación ampara placas de acero al carbono de baja y media resistencia a la tensión, debido a que cubre 3 grados A, B y C, y para nuestros fines únicamente haremos referencia al grado C, debido a que es el de mayor resistencia a la tensión.

**Tabla 2.5 Requerimientos químicos para el acero A-285.**

<b>ELEMENTO GRADO "C"</b>	<b>COMPOSICIÓN %</b>
CARBONO MAXIMO.%	0.28
MANGANESO MAXIMO.%	0.90
FÓSFORO MAXIMO.%	0.035
AZUFRE MAXIMO.%	0.045

**Tabla 2.6 Propiedades requeridas para el acero A-285 (kg/cm<sup>2</sup>).**

<b>GRADO "C"</b>	
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	3867 - 5273
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	2109

Cuando se tengan condiciones de servicio muy severas y se justifique el uso de un mejor material, se puede utilizar cualquier material de los que se especifican a continuación:

\*Acero -516. Esta especificación cubre placas de acero al carbono con grados 55, 60, 65 y 70, pero la más importante para los fines de este trabajo es el grado 70, debido a su mayor resistencia a la tensión se puede utilizar cuando se tengan temperaturas criogénicas, su uso esta condicionado entre los 228.15 K y 288.15 K (-45°C y 15°C).

**Tabla 2.7 Requerimientos químicos para el acero A-516.**

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS				
ELEMENTOS			GRADO 70 COMPOSICIÓN %	
CARBONO MÁXIMO				
Hasta 13 mm		espesor	0.27	
De 13 mm	a 31 mm	espesor	0.28	
De 51 mm	a 102 mm	espesor	0.30	
De 102 mm	a 203 mm	espesor	0.31	
De 203 mm	a mas	espesor	0.31	
MANGANESO MÁXIMO				
Hasta 13 mm		espesor	0.80	a 1.25
Mas de 13 mm		espesor	0.80	a 1.25
FÓSFORO MÁXIMO			0.035	
AZUFRE MÁXIMO			0.04	
SILICIO			0.13	a 0.33

**Tabla 2.8 Propiedades requeridas para el acero A-516 (kg/cm<sup>2</sup>).**

REQUERIMIENTOS DE TENSIÓN	
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	4921-6328
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO. (kg/cm <sup>2</sup> )	2672

\*Acero A-537. Esta especificación ampara 2 clases de este material, clase I y II y son placas con tratamiento térmico.

La clase I cubre placas normalizadas, y la clase II placas templadas; en la fabricación de recipientes a presión y tanques de almacenamiento atmosféricos, se utiliza la clase I.

**Tabla 2.9 Requerimientos químicos para el acero A-537.**

ELEMENTO	ESPESOR (mm)	COMPOSICIÓN %
CARBONO MÁXIMO	38 Y MENORES	0.65 A 1.40
MANGANESO MÁXIMO.	MAS DE 38	0.95 A 1.65
FÓSFORO		0.35
AZUFRE MAXIMO.		0.40
SILICIO		0.13 A 0.55

**NOTA:** Pequeñas cantidades de elementos de aleación podrán estar presentes pero no podrán exceder de las siguientes cantidades: Cobre 0.35%, Níquel 0.25% y Molibdeno 0.08%.

**Tabla 2.10 Propiedades requeridas para el acero A-537 (kg/cm<sup>2</sup>).**

ESPESOR (mm)		
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	64 Y MENORES	4921-6328
	64 A 102	4570-5976
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	64 Y MENORES	3515
	64 A 102	3164

\*Acero A-662. Esta especificación cubre placas de acero al carbono manganeso y esta enfocado a la construcción de recipientes a presión y tanques de almacenamiento que operan a bajas temperaturas, existen 3 grados, A, B, y C, pero el grado usado para nuestros propósitos es el B.

Los espesores máximos de placa están limitados, hasta 2 pulg para que puedan usarse en la fabricación de recipientes, ya que hasta este espesor cumple con los requisitos mecánicos.

**Tabla 2.11 Requerimientos químicos para el acero A-662.**

<b>GRADO "B"</b>	
MANGANESO %	0.79 a 1.62
FÓSFORO MÁXIMO %.	0.035
AZUFRE MÁXIMO. %	0.46
SILICIO %	0.013 a 0.045
CARBONO %	0.22

**Tabla 2.12 Propiedades requeridas para el acero A-662 (kg/cm<sup>2</sup>).**

RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	4570 - 5976
PUNTO DE CEDENCIA MIN (kg/cm <sup>2</sup> )	2812

### **2.3 LÁMINAS.**

Existen algunas especificaciones para láminas, sin embargo la única que es aceptada para la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos es la A-570, la cual es lámina de acero al carbono rolada en caliente y se encuentra disponible hasta espesores de 6 mm, estas láminas sólo pueden ser fabricadas por cualquiera de los procesos de hogar abierto, horno eléctrico u oxígeno básico.

**Tabla 2.13 Requerimientos químicos para el acero A-570.**

ELEMENTO	GRADOS	
	30,33,36 Y 40	45 Y 50
CARBONO MÁXIMO	0.25	0.25
MANGANESO MÁXIMO	0.90	0.35
FÓSFORO MÁXIMO	0.04	0.04
SULFURO MÁXIMO	0.05	0.05
*COBRE MÍNIMO	0.20	0.20
*CUANDO ES ESPECIFICADO		

**Tabla 2.14 Propiedades requeridas para el acero A-570 (kg/cm<sup>2</sup>).**

GRADO	30	33	36	40	45	50
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	3445	3657	3530	3868	4220	4571
MÍNIMO PUNTO DE CEDENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	2110	2320	2532	2813	3165	3516

## 2.4 ELECTRODOS.

Para los materiales de soldadura con una resistencia mínima a la tensión menor de 550 MPa (79771 lbs/plg<sup>2</sup>), los electrodos para soldadura por arco manual deben ser de acuerdo a la clasificación AWS serie E60 y E70 (convenientes para las características eléctricas, la posición de la soldadura y otras condiciones de uso) y su selección es de acuerdo con el diseño del tanque.

Existe una gran variedad de electrodos para soldadura y se clasifican de la siguiente manera E XX WZ, para el caso de aceros al carbono y aceros aleados:

Donde:

XX Representa la resistencia a la tensión.

W Posición de soldadura, cuando W es 1 se puede soldar en todas posiciones, cuando W es 2 sólo se podrá soldar en posiciones horizontales y plana para soldaduras de filete.

Z Representa el tipo de cubierta del electrodo.

En los aceros al carbono utilizados para la fabricación de tanques de almacenamiento se recomienda utilizar las series E-60XX y E-70XX para aceros al bajo carbono y aceros al medio carbono respectivamente: Existe la posibilidad de utilizar ambos en un mismo material, tabla 2.15.

**Tabla 2.15 Clasificación de los electrodos AWS o equivalente.**

<b>Clave</b>	<b>Tipo de cubierta</b>	<b>Posición de la soldadura</b>	<b>Tipo de corriente eléctrica</b>
E6010	Alta Celulosa Sódica	P, V, SC, H.	CD con polaridad invertida
E6011	Alta Celulosa Potásica	P, V, SC, H.	CA o CD con polaridad invertida
E6012	Alto Titanio Sódico	P, V, SC, H.	CA o CD sin cambio de polaridad
E6013	Alto Titanio Potasio	P, V, SC, H.	CA o CD con cualquier polaridad
E6019	Oxido de Hierro y Titanio Potásico	P, V, SC, H	CA o CD con cualquier polaridad
E6020	Alto Oxido de Hierro	Filetes horizontales, P	CA o CD sin cambio de polaridad
E6022	Alto Oxido de Hierro	P	CA o CD con cualquier polaridad
E6027	Polvo de Hierro, Oxido de Hierro	Filetes horizontales, P	CA o CD sin cambio de polaridad
E7014	Polvo de Hierro, Titanio	P, V, SC, H	CA o CD con cualquier polaridad
E7015	Sodio al Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CD con polaridad invertida
E7016	Potasio al Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CA o CD con polaridad invertida
E7018	Polvo de Hierro, Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CA o CD con polaridad invertida
E7024	Polvo de Hierro, Titanio	P, Filetes horizontales	CA o CD con cualquier polaridad
E7027	Polvo de Hierro, Alto Oxido de Hierro	Filetes horizontales, P	CA con cualquier polaridad
E7028	Polvo de Hierro, Bajo Hidrógeno	P, Filetes Horizontales	CA o CD con polaridad invertida
E7048	Potasio al Bajo Hidrógeno, Polvo de Hidrógeno	P, V, SC, H	CA o CD con cualquier polaridad

Nota:

1.- Las posiciones de las soldaduras son:

P: plana, H: horizontal, SC: sobre-cabeza, V: vertical.

2.- En las posiciones verticales y sobre-cabeza solo se pueden emplear electrodos de 5mm (3/16 de pulgada) y menores, excepto en el caso de los electrodos E7014, E7015, E7016 y E7018 donde únicamente se pueden usar electrodos de 4mm (5/32 de pulgada) y menores.

3.- Polaridad invertida significa que el electrodo es positivo. Sin cambio de polaridad significa que el electrodo es negativo.

De entre los electrodos más utilizados por los fabricantes se encuentran los electrodos E-6010 y E-7018

Cuando se requiera soldar aceros aleados se podrán emplear los siguientes electrodos:

(1.5 Cr. - 0.5 Mo) E-8015, E-8016 y E-8018

(2.5 Cr - 1 Mo) E-9015, E-9016 y E-9018

## **2.5 TUBOS Y FORJAS**

En las tablas 2.16 y 2.17 se presentan los requerimientos químicos y de resistencia de las diferentes especificaciones en presentaciones de tubos y forjas que se emplean en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos.

**Tabla 2.16 Especificaciones aceptadas para selecciones de forjas y tubos.**

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN NÚMERO	GRADO ASTM	MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )		TIPO
			RESISTENCIA A LA TENSIÓN	PUNTO DE CEDENCIA	
ACEROS	A-53	A	3378	2109	TUBULAR
		B	4218	2460	TUBULAR
	A-105	-	4921	2531	FORJADO
AL	A-106	A	3378	2109	TUBULAR
		B	4218	2531	
		C	4921	2109	
CARBONO	A-134	-	-	-	TUBULAR
	A-139	A	3378	2109	TUBULAR
		B	4218	2460	
	A-155	-	-	-	TUBULAR
	A-515	55	3867	2109	PLACA
		60	4218	2250	
	A-516	65	4570	2460	PLACA
70		4921	2672		
A-333	6	4218	2460	TUBULAR	

**Tabla 2.17 Especificaciones aceptadas para selecciones de forjas y tubos.**

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN NÚMERO	GRADO ASTM	MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )		TIPO
			RESISTENCIA A LA TENSION	PUNTO DE CEDENCIA	
ACEROS	A-182	F1	4921	2812	FORJADO
		F5	4921	2812	FORJADO
		F9	5976	3867	FORJADO
		F12	4921	2812	FORJADO
		F22	4921	3164	FORJADO
ALEADOS	A-333	3	4570	2460	TUBULAR
		4	4218	2460	
		P1	3867	2109	TUBULAR
		P2			TUBULAR
	A-335	P5	4218	2109	TUBULAR
		P5B			TUBULAR
		P5C			TUBULAR
		P7			TUBULAR
		P11			TUBULAR
		P12			TUBULAR
P15	TUBULAR				
P22	TUBULAR				
A-350	LF3	4921	4921	FORJADO	

Fuente: Taylor Forge EPG, Piping Components for Energy Systems.

Las cédulas de cuellos de boquillas se determinan tomando en cuenta la presión que siempre será 10.5 kg/cm<sup>2</sup>, la corrosión permisible y el diámetro del tubo por tanto se puede utilizar la tabla 2.18 para este fin.

**Tabla 2.18 Cuello de boquillas.**

CLASE 150 lb/in <sup>2</sup> (10.5 kg/cm <sup>2</sup> )						
0		3.2		6.4		CORR. PERM.
CÉDULA	D.I	CÉDULA	D.I	CÉDULA	D.I	Ø NOM.
80	24					1"
80	38	160	34	XX-H	28	1-1/2"
80	49	160	43	XX-H	38	2"
80	59	160	54	XX-H	45	2-1/2"
80	74	160	67	XX-H	58	3"
80	97	120	92	160	87	4"
80	146	120	140	120	140	6"
80	194	100	189	100	189	8"
80	248	100	237	100	237	10"
X-H	208	80	289	80	289	12"
X-H	330	60	325	60	325	14"
X-H	381	60	373	60	373	16"
X-H	432	40	429	40	429	18"
X-H	483	40	478	40	478	20"
X-H	584	40	575	40	575	24"

### 2.5.1 BRIDAS

Las bridas son de la clase 10.5 kg/cm<sup>2</sup> son del tipo cuello deslizante (SLIP-ON) y tapa ciega (BLIND) cuando se requiera tapar una boquilla. Existen otros tipos de bridas que se seleccionan de acuerdo al servicio, y estas son: Bridas Roscadas, de Cara Realzada, Cuello soldable, a traslape y están en existencia para presiones muy altas.

## 2.6 TORNILLOS.

Existen una variedad de especificaciones para tornillos, de alta resistencia, de acero inoxidable y de acero al carbono, pero la que más se utiliza es la especificación A-307 para tornillería de acero al carbono.

Esta especificación cubre 2 grados, el grado "A" corresponde a tornillos de uso general y el grado "B" se refiere a tornillos que se utilizan en juntas de sistemas de tuberías y sus diámetros de 6 mm y 102 mm. El acero para la fabricación de estos tornillos deberá ser obtenido por el proceso de hogar abierto, oxígeno básico y horno eléctrico. A continuación se muestran las características que debe tener la tornillería.

**Tabla 2.19 Requerimientos químicos del acero para fabricación de tornillos (Norma A-307).**

<b>TORNILLOS:</b>	<b>GRADO "A"</b>	<b>GRADO "B"</b>
FÓSFORO MÁXIMO. %	0.06	0.04
AZUFRE MÁXIMO. %	0.15	0.05

**Tabla 2.20 Requerimientos de dureza para tornillos (Norma A-307)(kg/cm<sup>2</sup>).**

		DUREZA (kg/cm <sup>2</sup> )			
TAMAÑO	GRADO	BRINELL		ROCKWELL B	
		MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
TODOS	A	121	241	69	100
	B	121	212	69	95

**Tabla 2.21 Requerimientos de resistencia a la tensión para tornillos (Norma A-307) (kg/cm<sup>2</sup>).**

DIÁMETRO		HILOS/in	ÁREA ESFUERZO (cm <sup>2</sup> )	GRADOS “A” Y “B”	GRADO “B”
mm	in			MIN	MAX
6	1/4	20	0.20	862	1442
8	5/16	18	0.33	1406	2377
10	3/8	16	0.50	2109	3515
11	7/16	14	0.69	2880	4822
13	1/2	13	0.92	3856	6436
15	9/16	12	1.17	4990	8255
16	5/8	11	1.46	6146	10251
19	3/4	10	2.15	9095	15150
22	7/8	9	2.98	12565	20956
25	1	8	3.21	16488	27488
28	1 1/8	7	4.92	20775	34609
32	1 1/4	7	6.25	26376	43953
35	1 3/8	6	7.45	57810	52390
38	1 1/2	6	9.06	38238	63730
44	1 3/4	5	12.26	51710	86182
51	2	4.5	16.13	68039	113398
57	2 1/4	4.5	20.97	88450	147418
64	2 1/2	4	25.81	108862	181437
69	2 3/4	4	31.81	134173	223621
76	3	4	38.52	162477	270795
82	3 1/4	4	45.81	193230	322050
89	3 1/2	4	53.74	226705	377842
95	3 3/4	4	62.26	261541	438170
102	4	4	71.48	301548	502280

## **2.7 PERFILES ESTRUCTURALES.**

Los perfiles de acero estructural como son vigas, canales, ángulos, etc. Deben de cumplir con los requerimientos de las especificaciones. A-36, y A-131.

La especificación A-131, se refiere a aceros estructurales para placas, láminas y perfiles.

Los grados de esta especificación son 11 de los cuales solo 3 son para perfiles estructurales y de los cuales se anexan sus características:

GRADO A. Acero estructural al carbono resistencia media.

GRADOS AH32, AH36 Acero estructural aleado para alta resistencia.

**Tabla 2.22 Requerimientos químicos (%) para el acero A-131.**

ELEMENTO	GRADO	
	A	AH32, AH36
CARBONO MÁXIMO	0.23	0.18
MANGANESO MÁXIMO	2.5 Ca	0.90 - 1.60
FÓSFORO MÁXIMO	0.05	0.04
AZUFRE MÁXIMO	0.05	0.04
SILICIO	- -	0.10 - 0.50
NÍQUEL MÁXIMO	- -	0.40
CROMO MÁXIMO	- -	0.25
MOLIBDENO MÁXIMO	- -	0.08
COBRE MÁXIMO	- -	0.35
COLUMBIO MÁXIMO	- -	0.05
VANADIO MÁXIMO	- -	0.10

**Tabla 2.23 Propiedades requeridas para el acero A-131 (kg/cm<sup>2</sup>).**

	GRADO		
	A	AH32	AH36
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	4078 - 4992	4780 - 5976	4992 - 6328
PUNTO DE CEDENCIA MÍNIMO (kg/cm <sup>2</sup> )	2390	3199	3586

## **CAPITULO 3**

### **DISEÑO DEL TANQUE ATMOSFÉRICO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

La secuencia de diseño que a continuación se presenta, está fundamentada en el Código API-650 (Welded Steel Tanks for Oil Storage), sin embargo, existen algunos valores los cuales se adoptaron de acuerdo a las condiciones que prevalecen en nuestro país, por lo que si existen algunas diferencias, es debido a los ajustes que fueron originados con el fin de poder utilizarse como procedimiento de diseño de tanques de almacenamiento, los cuales podrán operar en cualquier lugar del territorio nacional.

Para el cálculo de los espesores de la envolvente, se ha considerado un espesor adicional por corrosión de 3 mm, este espesor podrá ser menor, mayor o nulo, el cual dependerá de las condiciones a las que esté expuesto el tanque de almacenamiento.

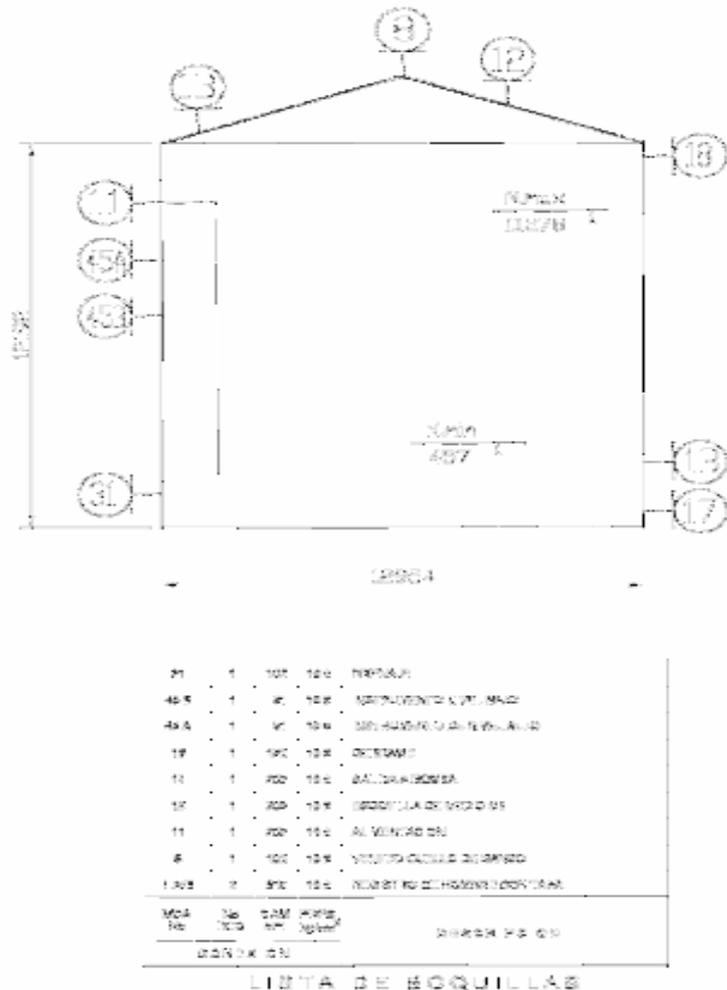
También se ha considerado que el líquido almacenado es agua, por lo que se ha tomado una gravedad específica de 1, esta condición puede variar dependiendo del líquido que se pretenda almacenar.

Todas las propiedades de las secciones estructurales que son utilizadas como componentes en traves, columnas y largueros son tomadas del Manual del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA).

### 3.2 DATOS DE DISEÑO.

A continuación se enlistan los datos mínimos para el diseño del recipiente atmosférico así mismo en la figura 3.1 se muestra un esquema del recipiente y una lista de las boquillas necesarias.

Datos de diseño:	
Servicio:	Agua Contra incendio
Lugar:	Reynosa.
Presión de diseño:	Atmosférica.
Capacidad:	10000 barriles.
Temperatura de diseño:	45 °C (113 °F).
Temperatura de operación:	37.5 °C (99.5 °F).
Altura:	12192 mm (480 plg)
Diámetro:	12954 mm (510 plg)
Corrosión:	3,18 mm (0,125 plg.)
G:	1
Material de la envolvente:	SA-285 Gr. C
Material del fondo:	SA-285 Gr. C
Material del techo:	SA-285 Gr. C

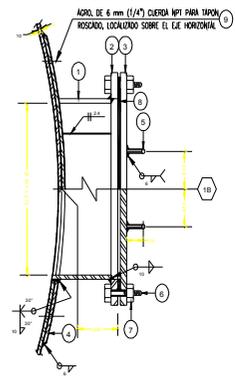


**Figura 3.1 Tanque atmosférico**

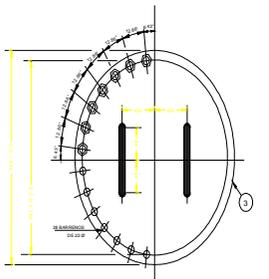
**Boquillas:**

Conexiones instaladas en la envolvente, fondo o techo del tanque; las cuales son del tipo bridadas y en ocasiones roscadas, se utilizan en algunos de los servicios listados a continuación:

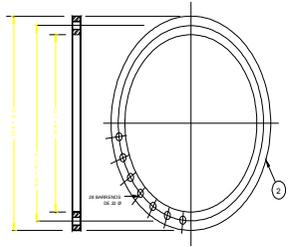
Entrada de Producto, Salida de Producto, drenaje, acceso del registro de hombre de DN 600 (NPS 24) y puerta para limpieza interior del tanque, instrumentos de control (presión, nivel, temperatura, etc.), derrame y muestreo. (Ver figura 3.2 y 3.3 para detalles de boquillas del tanque de agua contra-incendio).



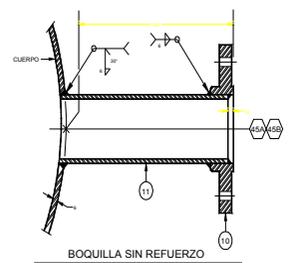
REGISTRO DE HOMBRE EN EL CUERPO



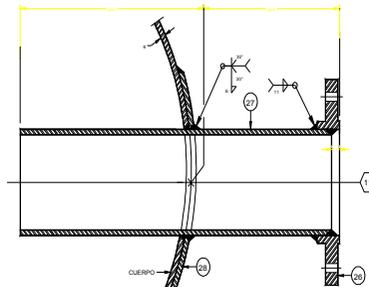
TAPA EN REGISTRO



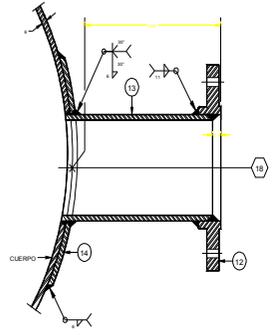
BRIDA DE REGISTRO



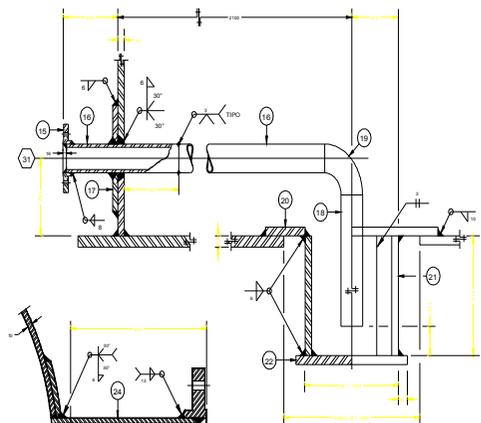
BOQUILLA SIN REFUERZO



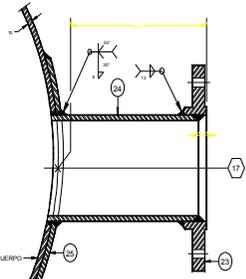
BOQUILLA CON REFUERZO



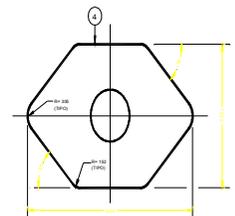
BOQUILLA CON REFUERZO



SUMIDERO



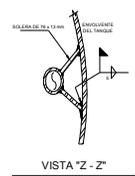
BOQUILLA CON REFUERZO



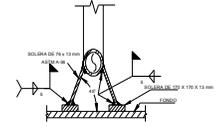
PLACA DE REFUERZO PARA REGISTRO



AGARRADERA DE REGISTRO



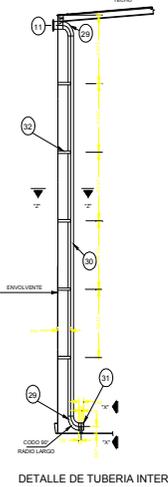
VISTA "Z-Z"



VISTA "X-X"

LISTA DE MATERIALES				
MON.	DESCRIPCIÓN	DE CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO
1	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	ABRAC	36
2	PL DE 80 x 80 x 100 x 100 x 100 x 100	1	ABRAC	18
3	PL DE 60 x 60 x 100 x 100 x 100 x 100	1	ABRAC	82
4	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	ABRAC	84
5	RODILLO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-36	---
6	TORNILLOS DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-19137	---
7	TUBOS DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-19124	---
8	BRIDAJE DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	807	---
9	PARTE MANEJO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	---
10	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	5
11	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	2
12	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	9
13	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	9
14	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	9
15	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	9
16	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	86
17	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	7
18	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	12
19	CODO DE 90° PL. DE 100 x 100 x 100	1	A-105	4
20	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	36
21	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	135
22	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	131
23	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	14
24	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	19
25	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	7
26	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	14
27	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	26
28	PL DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	7
29	CODO DE 90° PL. DE 100 x 100 x 100	1	A-105	4
30	TUBO DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	122
31	BRIDA DE 100 x 100 x 100 x 100 x 100 x 100	1	A-105	12
32	SOLERA DE 100 x 100 x 100	1	A-36	13

PRECIO TOTAL = 1474 N\$



DETALLE DE TUBERÍA INTERIOR

LISTA DE CAMBIOS

NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN
1	10/10/2023	ELABORACIÓN DEL DISEÑO	10/10/2023	ELABORACIÓN DEL DISEÑO
2	10/10/2023	REVISIÓN Y CORRECCIONES	10/10/2023	REVISIÓN Y CORRECCIONES
3	10/10/2023	APROBACIÓN FINAL	10/10/2023	APROBACIÓN FINAL

U. N. A. M.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

PROCESO: PROPORCIONAR SOLUCIONES DE INGENIERIA

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONTINGENCIO

DETALLE DE BOQUILLAS Y REGISTROS EN CUERPO

FIGURA 3.2

REV. A



### 3.3 DETERMINACIÓN DE ESPESORES EN EL FONDO.

**Espesor requerido:** El espesor mínimo requerido por API 650 para todas las placas del fondo sin considerar el espesor adicional por corrosión es de 6.4 mm (1/4 plg). Por lo tanto:

$$\text{Espesor mínimo requerido } t_r = 6.4 \text{ mm (1/4 plg).}$$

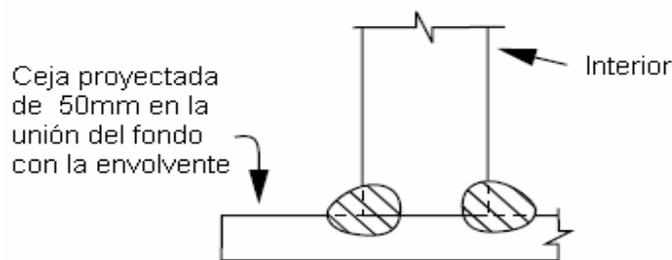
**Espesor de diseño:** El espesor de diseño se obtiene al sumar el espesor requerido mas el espesor por corrosión.

$$\text{Espesor de diseño } t_d = t_r + C_a$$

**Espesor nominal:** este espesor se selecciona a partir de una tabla de espesores de placa comercial de algún catálogo de fabricantes, ver tabla 3.1. Este espesor no deberá ser menor que el espesor de diseño.

$$t = 0.25 + 0.125 = 0.375 \text{ plg. (9.525 mm.)}$$

Todas las placas del fondo deberán tener un ancho mínimo 1800 mm (72 plg.) además de tener una ceja proyectada en la unión de la envolvente con el fondo de 51 mm (2 plg.). Como se indica en la figura 3.4.



**Figura. 3.4 Junta de envolvente con el fondo.**

**Tabla 3.1 Espesores comerciales para placa de acero.**

Esesor															
Mm	4.8	6.4	7.9	9.5	12.7	15.9	19.1	22.2	25.4	28.5	31.7	34.9	38.1	44.4	50.8
Pulgadas	3/16	¼	5/16	3/8	1/2	5/8	¾	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2
Peso															
kg/cm <sup>2</sup>	37.3	49.7	62.2	74.6	99.5	124.4	149.3	174.3	199.1	224.1	249.0	274.0	298.8	348.6	398.4

(Reproducida del manual AHMSA)

### 3.4 DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE LA ENVOLVENTE.

Para el cálculo de los espesores en la envolvente se recomienda utilizar anillos de placas con anchos comerciales de 2.438 m (8 ft) ó 1.829 m (6 ft) como mínimo, por lo que el número de anillos de la envolvente dependerá de la altura total del tanque.

El espesor nominal de la envolvente será el valor mayor comercial de los calculados entre el espesor de diseño y el espesor de prueba hidrostática, pero nunca será menor que los valores siguientes, ver tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Espesores mínimos de placas para anillos de envolventes.**

<b>Díámetro nominal del tanque (m)</b>	<b>Espesor mínimo de placa (mm)</b>
< 15.24 (50 ft)	4.8 (3/16 plg.)
15.24 < 36.57 (50 ft <120 ft)	6.4 (1/4 plg.)
36.57 – 60.96 (120 ft – 200 ft)	7.9 (5/16 plg.)
> 60.96 (>200 ft)	9.5 (3/8 plg.)

El espesor de diseño se calcula bajo la consideración que el tanque almacenará un líquido con una gravedad específica bien definida y además se le adicionará el espesor por corrosión; mientras que el cálculo del espesor de prueba hidrostática se hace considerando que el líquido de prueba es agua.

El cálculo se realiza mediante el “método de un pie” que recomienda API 650 y este está condicionado a solo usarse en equipos de 60m de diámetro y menores, en ningún caso debe utilizarse para tanques de mayor diámetro.

El espesor mínimo requerido deberá ser mayor al calculado mediante las siguientes fórmulas.

$$t_d = \frac{D}{6} \sqrt{\frac{H S}{S_d}} + C \quad (3.2)$$

$$t_t = \frac{D}{6} \sqrt{\frac{H S}{S_t}}$$

Donde:

$t_d$  = Espesor de diseño de la envolvente en (plg).

$t_t$  = Espesor de la envolvente por prueba hidrostática en (plg).

$D$  = Diámetro nominal del tanque en (pie)

$H$  = Nivel del líquido para diseño en (pie) Altura desde el fondo del anillo bajo consideración a la parte superior de la envolvente incluyendo la parte superior del ángulo de coronamiento, algunas veces se establecen límites en la altura de llenado del tanque hasta que ocurra cualquier derrame, o cualquier otro nivel especificado por el cliente, restringido por un techo flotante interno, o el control permitido por la acción de una onda sísmica.

$G$  = Gravedad específica del diseño del líquido almacenado, nunca menor de 1,0.

$C$  = Corrosión permisible en (plg) indicada por el cliente.

$S_d$  = Esfuerzo permisible para las condiciones de diseño en (lb/plg<sup>2</sup>).

$S_t$  = Esfuerzo permisible para las condiciones de prueba hidrostática en (lb/plg<sup>2</sup>).

**Tabla 3.3 Valores de esfuerzos permisibles de los materiales usados en la fabricación de tanques de almacenamiento.**

Especificación ASTM	Grado	Esfuerzo permisible $S_d$ MPa (Psi)	Esfuerzo permisible $S_t$ MPa (Psi)
A-283	C	137(20000)	154 (22500)
A-285	C	137(20000)	154 (22500)
A-131		157(22700)	171 (24900)
A-36	-	160 (23200)	171 (24900)
A-131	E-H-36	196 (28400)	210 (30400)
A-516	70	173 (25300)	195 (28500)
A-662	□	180 (26000)	193 (27900)
A-537	1	180 (26000)	193 (27900)

Las placas de los anillos se consideran de 8 ft (2438 mm) de ancho, por lo tanto:

$$\text{No. Anillos} = \frac{\text{Altura}}{\text{ancho anillos}} = \frac{40}{8} = 5 \square \square .(3.3)$$

Primer anillo:

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{S_d} + C = \frac{2.6(42.5)(40-1)l}{20000} + 0.125 = 0.340$$

$$t = 0.375 \text{ plg. (9.525 mm)}$$

Segundo Anillo:

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{Sd} + C = \frac{2.6(42.5)(32-1)l}{20000} + 0.125 = 0.296$$

$$t = 0.375 \text{ plg. (9.525 mm)}$$

Tercer anillo:

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{Sd} + C = \frac{2.6(42.5)(24-1)l}{20000} + 0.125 = 0.252$$

$$t = 0.250 \text{ plg. (6.35 mm)}$$

Cuarto Anillo:

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{Sd} + C = \frac{2.6(42.5)(16-1)l}{20000} + 0.125 = 0.208$$

$$t = 0.250 \text{ plg. (6.35 mm)}$$

$$t = \frac{2.6D(H-1)G}{Sd} + C = \frac{2.6(42.5)(8-1)l}{20000} + 0.125 = 0.164$$

$$t = 0.250 \text{ plg. (6.35 mm)}$$

Resumen de espesores:

No. De Anillo	H (ft)	Espesor		Comercial	
		plg.	mm	plg.	mm
Primer Anillo	0 – 8	0.343	0.871	0.375	9.525
Segundo Anillo	8 - 16	0.309	0.786	0.375	9.525
Tercer Anillo	16 – 24	0.254	0.644	0.250	6.350
Cuarto Anillo	24 – 32	0.209	0.530	0.250	6.350
Quinto Anillo	32 – 40	0.164	0.417	0.250	6.350

### **Ángulo de coronamiento.**

De acuerdo al párrafo 3.1.5.3 inciso (e) API-650 El ángulo de coronamiento que corresponde a este Tanque de acuerdo a su diámetro es:

Diámetro.

= 12.954m. Para tanques con diámetro mayor a 11 m (35 ft) pero menor a o igual a 18 m (60 ft).

El ángulo correspondiente es de **51 x 51 x 6.4 mm (2 x 2 x ¼ plg.)**

### **3.5 DISEÑO DE TECHO SOPORTADO.**

Los techos y las estructuras de los tanques, se diseñan para soportar su propio peso (carga muerta), más una carga viva uniforme sobre su área (25 lb/pie<sup>2</sup>).

Las placas deben tener un espesor mínimo nominal de 5 mm (3/16 pulg) o lamina calibre 7.

Cualquier corrosión permisible para los techos soportados se debe agregar al espesor mínimo nominal. Las placas de techos cónicos soportados no deben ser sujetas a los miembros del soporte.

Todos los elementos estructurales internos y externos deben tener un espesor mínimo nominal

## **CAPITULO 4**

### **FABRICACIÓN DEL TANQUE ATMOSFÉRICO**

#### **4.1 INTRODUCCIÓN.**

El presente capítulo pretende establecer los requisitos mínimos que deben considerarse en la fabricación de los componentes de los tanques de almacenamiento, haciendo énfasis en que se cumplan los requisitos señalados durante el diseño.

La fabricación de tanques de almacenamiento, abarca un número de actividades muy amplio, sin embargo en este trabajo únicamente se consideran las características claves que se deberán cuidar durante la fabricación; cada fabricante tiene su método de trabajo ya establecido, sin embargo, es importante supervisar el corte de las placas, el ensamble del fondo, envolvente y techo; la orientación y localización de boquillas, grapas para plataformas, escaleras y tuberías, y sus respectivas juntas.(Ver figura 4.1) En fin, no se busca únicamente cumplir con un buen diseño, sino también se deberá tener en cuenta que un tanque pasa por varias etapas durante la fabricación, las cuales serán supervisadas para que al final el diseño sea complementado con una fabricación de calidad, y en consecuencia se tenga la confiabilidad requerida en las plantas de petróleo y sus derivados.



## 4.2 SÍMBOLOS DE SOLDADURA

Los símbolos de soldadura mostrados en la figura 4.2 son los utilizados en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosféricos, y son aprobados por la AWS (American Welding Society) y en la figura 4.3 se muestran los elementos del símbolo.

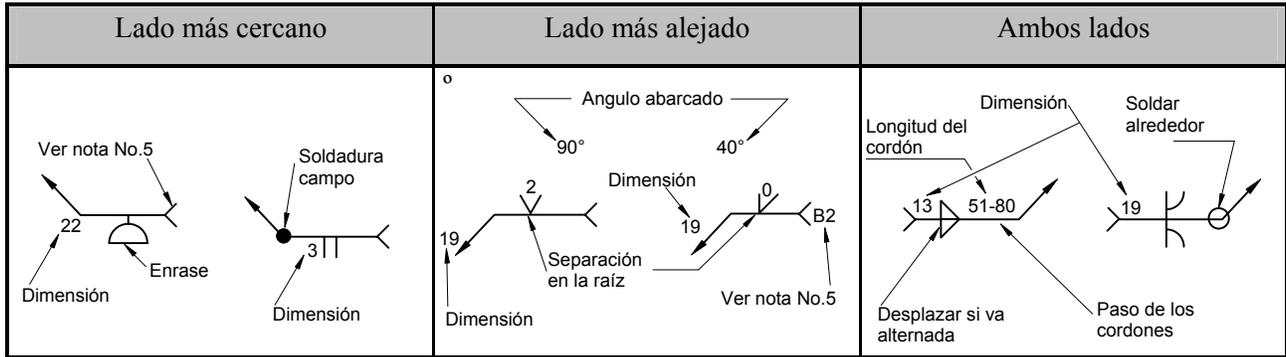


Figura 4.2 Símbolos de soldadura

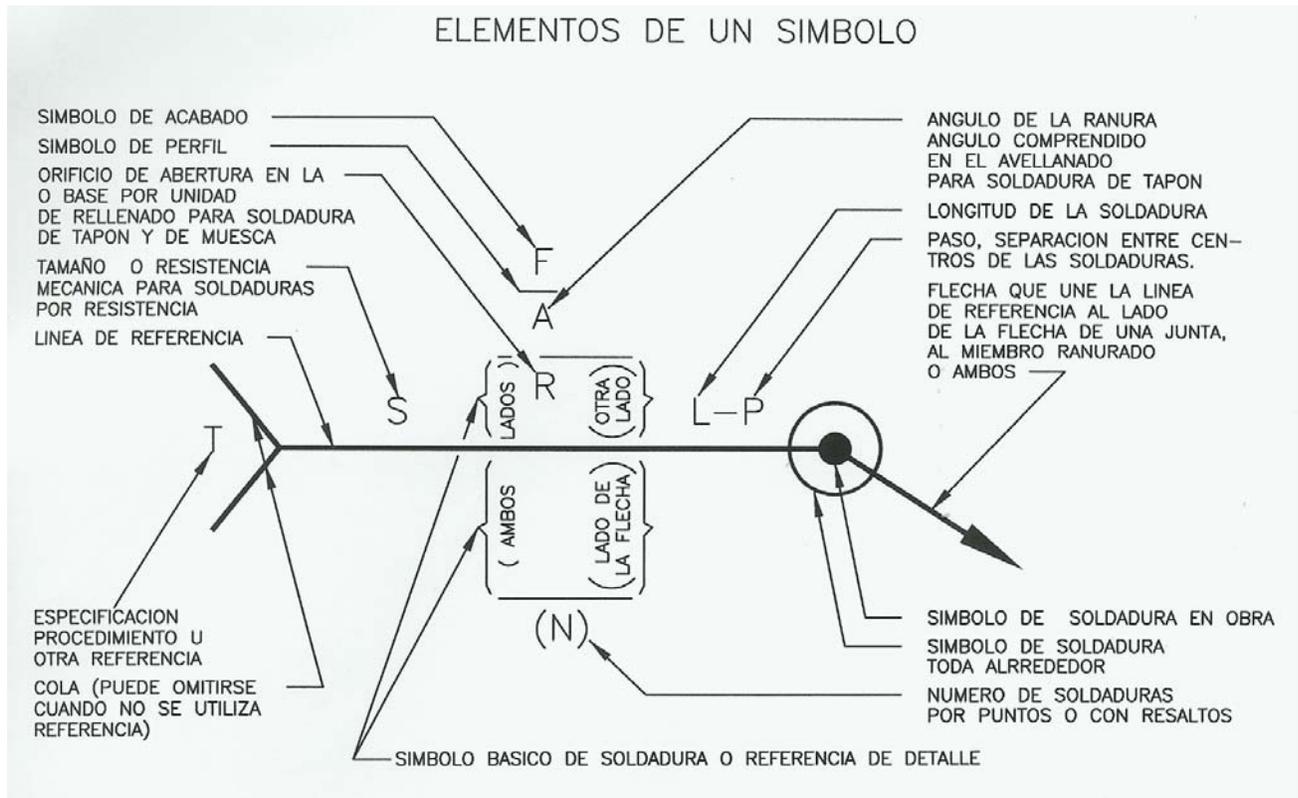


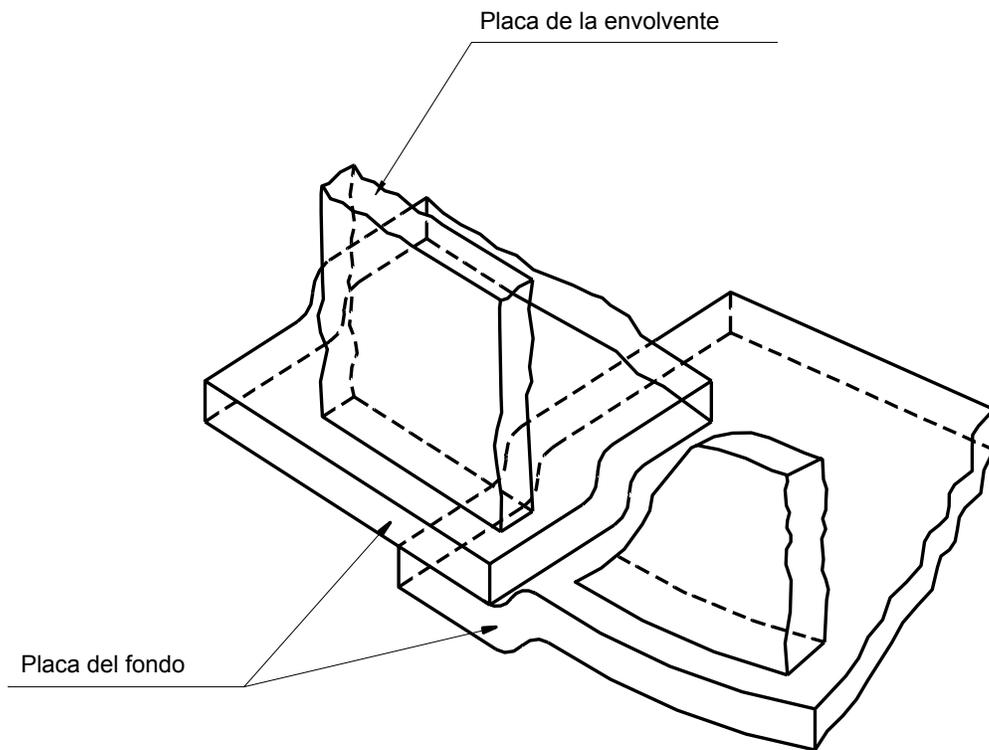
Figura 4.3 Elementos del símbolo de soldadura.

### 4.3 FABRICACIÓN DEL FONDO

Para la fabricación del fondo, es necesario conocer que tipo de juntas podrán ser empleadas. A continuación se da una descripción de cada una de ellas.

#### 4.3.1 JUNTAS A TRASLAPE EN EL FONDO

Todas las placas traslapadas del fondo deberán tener un traslape de 38 mm. Las placas traslapadas del fondo serán de forma ligeramente rectangular con sus bordes a escuadra, éstas únicamente son soldadas por la parte superior con soldadura de filete continuo y completo en toda la longitud de la junta. Cuando no se requiera placa anular se verificará que las placas del fondo y las del anillo inferior tengan sus bordes exteriores, de tal forma que las placas de la envolvente se apoyen únicamente sobre las del fondo, como se muestra en la figura 4.4.



**Figura 4.4 Juntas a traslape.**

El tamaño de la soldadura en las juntas a traslape en el fondo, es igual al espesor de las placas del mismo.

### 4.3.2 JUNTAS A TOPE EN EL FONDO

Únicamente se permiten juntas soldadas a tope en la unión de placas anulares del fondo, debiendo tener los bordes paralelos, preparados para la soldadura con ranuras en V o cuadradas.

Cuando se emplean biseles en las placas del fondo, el ángulo puede variar entre los 40° y 60°.

Cuando se emplean ranuras cuadradas, la abertura en la raíz no será menor de 6.3 mm, y estas juntas a tope deberán realizarse usando una placa de respaldo con espesor mínimo de 3.2 mm, la cual es punteada por la parte posterior de la placa, como la muestra la figura 4.5 y 4.6. Cuando es necesario, se utiliza un separador metálico, esta es para mantener la abertura de la raíz de la junta entre las dos placas que se pretenden unir.

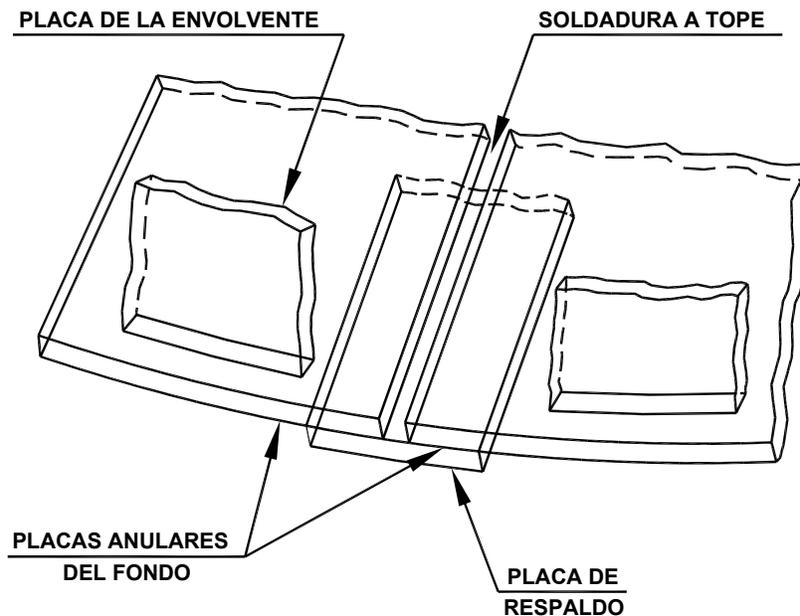
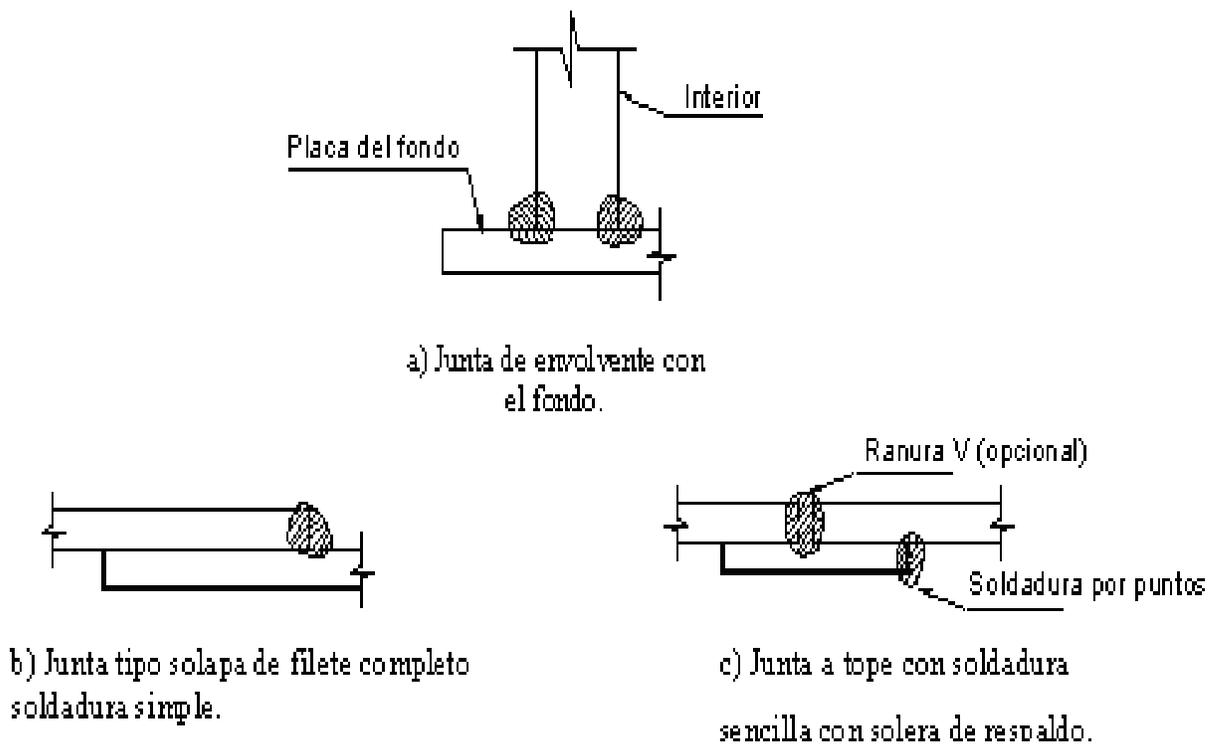


Figura 4.5 Juntas a tope.



### Unión placas del fondo.

Figura 4.6 Tipo de juntas en el fondo.

#### 4.3.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS DEL FONDO

Es muy importante tener como antecedente un esquema, en el cual se muestre la distribución de las placas del fondo, ya que por medio de este se pueden visualizar las dimensiones de cada placa, así mismo, para cortar y marcar acorde con la distribución establecida en el mismo, por otro lado nos ayuda a visualizar en que placas estará ubicado el sumidero.

El fondo deberá tener una pendiente del 1%, medida desde el centro hacia el perímetro exterior del tanque, esta lo tomarán en cuenta al construir la cimentación para que se conserve la pendiente establecida, para cuando se haga la distribución de las placas del fondo.

A continuación se muestra en la figura 4.7 la distribución de las placas del fondo, cuyo número depende del diámetro y de las dimensiones de éstas.

Como se mencionó anteriormente, es importante considerar el sumidero si es que se requiere, y su función principal es para el vaciado total del tanque; su forma es cilíndrica y se localiza bajo el nivel del fondo del tanque. Su fabricación consta esencialmente de placas y de una tubería conectada a una boquilla con protección interior.

Las dimensiones y detalles requeridos en la fabricación del sumidero son mostrados en el plano la figura 3.2 del Capítulo 3.

#### **4.3.4 SOLDADURA DE FILETE EN LA UNIÓN FONDO-ENVOLVENTE.**

La fijación del anillo inferior de la envolvente con la placa del fondo se hará con soldadura de filete continuo en ambos lados de la placa de la envolvente. El tamaño de cada uno no será mayor de 13 mm del espesor de la placa más delgada de la junta, normalmente se recomienda que el tamaño del filete sea igual al espesor de la placa del fondo.

Esta unión se efectuará después de haber unido la placa anular del fondo y verificando que las soldaduras de la placa del fondo sobre las cuales estará el anillo inferior de la envolvente, se esmerilen de tal forma que se obtenga un buen asentamiento entre este anillo y la placa anular del fondo, así como se muestra en la figura 4.7 (detalle unión cuerpo-fondo).



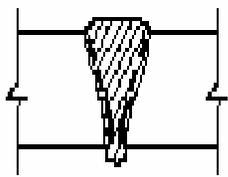
#### 4.4. FABRICACIÓN DE LA ENVOLVENTE.

Para la fabricación de la envolvente, necesariamente se requiere conocer el tipo de juntas de soldadura utilizadas en la unión de los anillos, por tal motivo a continuación se presentan los tipos de juntas que se pueden utilizar en el interior o exterior de la envolvente del tanque.

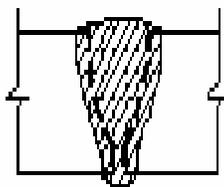
##### 4.4.1 JUNTAS VERTICALES EN LA ENVOLVENTE.

Este tipo de juntas serán a tope con fusión y penetración completas, y también pueden ser con soldadura sencilla o doble, esto dependerá en gran parte de los espesores de los anillos, de tal forma que se obtenga la mejor calidad en el depósito del metal de aporte sobre el metal base en todas las superficies soldadas.

La separación entre placas de la envolvente para juntas verticales es de 4 mm y para cuando se requiere preparar biseles sencillos o dobles en V, debiéndose dejar un raíz de soldadura de 3 mm, considerando los ángulos interiores y exteriores de 60°, figura 4.8.



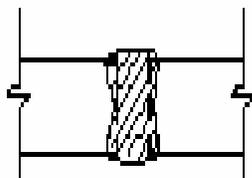
a) Junta a tope con bisel sencillo en V.



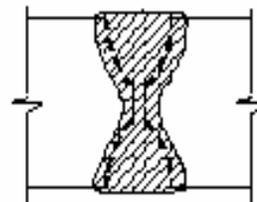
b) Junta a tope con bisel sencillo en U.



c) Junta a tope con bisel doble en V.



d) Junta a tope con ranura rectangular.



e) Junta a tope con bisel Doble en U.

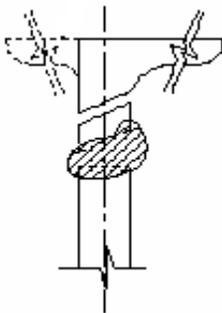
#### 4.8 Tipos de juntas verticales en la envolvente.

#### 4.4.2 JUNTAS HORIZONTALES EN LA ENVOLVENTE.

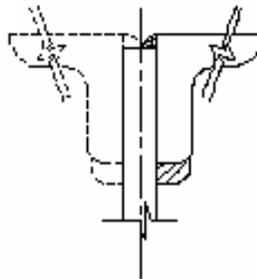
En todas las placas de la envolvente, las juntas horizontales deberán ser a tope con fusión y penetración completas, y la separación entre las placas de la envolvente es de 3 mm.

Cuando se requiera preparar las placas para utilizar soldadura de bisel sencillo o doble en V, la raíz de soldadura es de 3 mm y los ángulos interiores y exteriores del bisel son de  $40^\circ$  y  $45^\circ$  respectivamente, como lo muestra la figura 4.9.

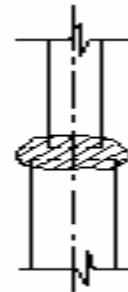
A la de ángulo hacia el exterior.



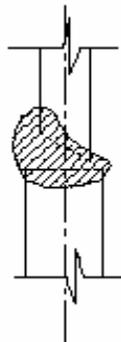
a) Junta a tope con penetración completa del ángulo con la envolvente.



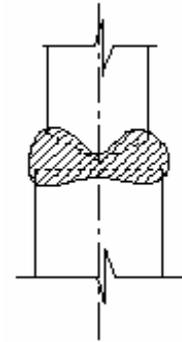
b) Alternativa de junta del ángulo con la envolvente.



c) Junta a tope con penetración completa ranura rectangular.



d) Junta a tope con penetración completa con bisel sencillo.



e) Junta a tope con penetración completa con bisel doble

#### 4.9 Tipos de juntas horizontales en la envolvente.

#### 4.4.3 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS EN LA ENVOLVENTE.

Se hace necesario verificar que las juntas verticales de cada anillo, en ningún caso deberán coincidir con las juntas verticales de los anillos contiguos, es por ello que antes del montaje, y de acuerdo a la longitud de las placas se propone la distribución de las placas en la envolvente.

Es importante recalcar que el número de placas utilizadas para cada anillo dependerá del perímetro del tanque y de la longitud de las placas, por consiguiente se puede afirmar que no existe una distribución específica para cada capacidad, pues esta se hace de acuerdo a la experiencia de cada fabricante.

En la figura 4.10, la distribución de las placas, en la envolvente del tanque de 10000 BLS, las últimas placas son de ajuste, y estas se utilizan en todos los tanques de almacenamiento atmosféricos, ya sea en taller o en campo para contrarrestar las variaciones que se puedan tener durante la fabricación, esto es debido a la localización de una boquilla ó la distribución de las placas en la envolvente.

#### 4.4.4 JUNTAS EN LA UNIÓN ÁNGULO DE COMPRESIÓN-ENVOLVENTE

La envolvente del tanque deberá estar provista de un ángulo de coronamiento (ángulo de compresión), el cual esta soldado en la parte superior del último anillo, la unión puede ser a traslape con soldadura de filete en ambos lados, o bien, a tope con soldadura continua de fusión y penetración completa.

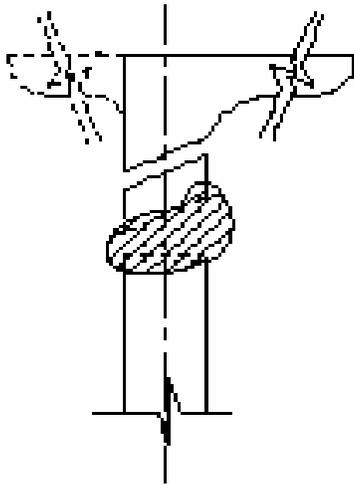
Para las dimensiones estándar que se manejan en tanques de almacenamiento atmosféricos, el ángulo de coronamiento no deberá ser menor a las siguientes dimensiones de acuerdo a su capacidad:

<b>DIAMETRO DEL TANQUE (m)</b>	<b>ÁNGULO A USAR mm</b>
Menor o igual a 11	51 x 51 x 5
Mayor de 11 pero menor o igual a 18	51 x 51 x 6
Mayor que 18	76 x 76 x 10

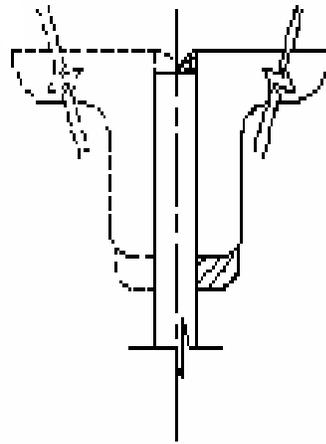
Cuando se utilizan juntas a traslape en estas uniones, el tamaño de la soldadura a utilizar, será el que resulte menor entre el espesor de anillo superior de la envolvente y el espesor del ángulo de coronamiento.

En este caso el ángulo puede ir en la parte interior o exterior de la envolvente, como se muestra en las figuras .4.9a y 4.9b.

A la de ángulo hacia el exterior.



a) Junta a tope con penetración completa del ángulo con la envolvente.



b) Alternativa de junta del ángulo con la envolvente.

**Figura 4.9a y 4.9b Juntas horizontales en la envolvente.**



## **4.5. FABRICACIÓN DEL TECHO**

Como se mencionó en el capítulo 1, existen dos tipos de techos, los soportados, y autoportados para elegir cualquiera de ellos se requiere considerar algunos factores de entre los cuales tenemos los siguientes:

- \* Diámetro del tanque
- \* Espesor de la placa del techo
- \* Ángulo entre la horizontal y el techo

Y a las restricciones anteriores están ligados otros problemas que repercuten notablemente en la elección del tipo de techo que se puede utilizar.

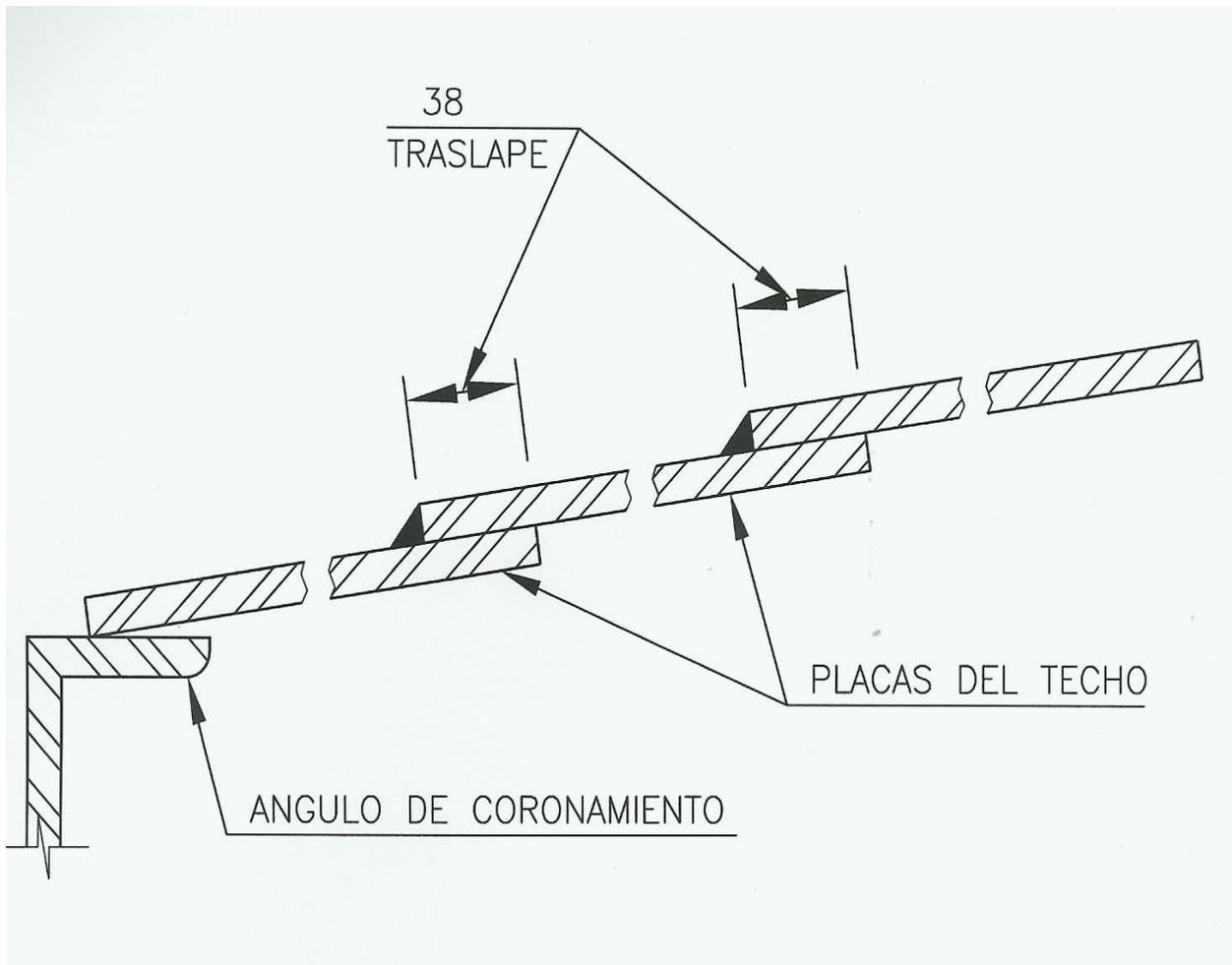
Asimismo, existe una diferencia notable en la fabricación entre uno y otro, debido a que en un techo autoportado únicamente se deberá tener cuidado con la distribución de las placas, ya que algunos casos estas tendrán forma de arco radial, debido a que el ángulo formado entre la horizontal y el techo es muy pronunciado, cuando este ángulo es menor al amparado por el código, la distribución de las placas es similar a un techo soportado.

En un techo soportado existe mayor complejidad durante la fabricación, debido a que por sencillo que sea involucra detalles de columnas, largueros, bases de columnas, traveses y todas las conexiones que son utilizadas en la unión de la estructura de soporte del techo.

### **4.5.1 JUNTAS EN EL TECHO**

Las placas del techo se soldarán únicamente por la parte superior, y la junta empleada es a traslape, el tamaño del filete de soldadura es igual al espesor de la placa del techo y el traslape utilizado entre las placas es de 38 mm, como se muestra en la figura 4.11 y en la figura 4.12.

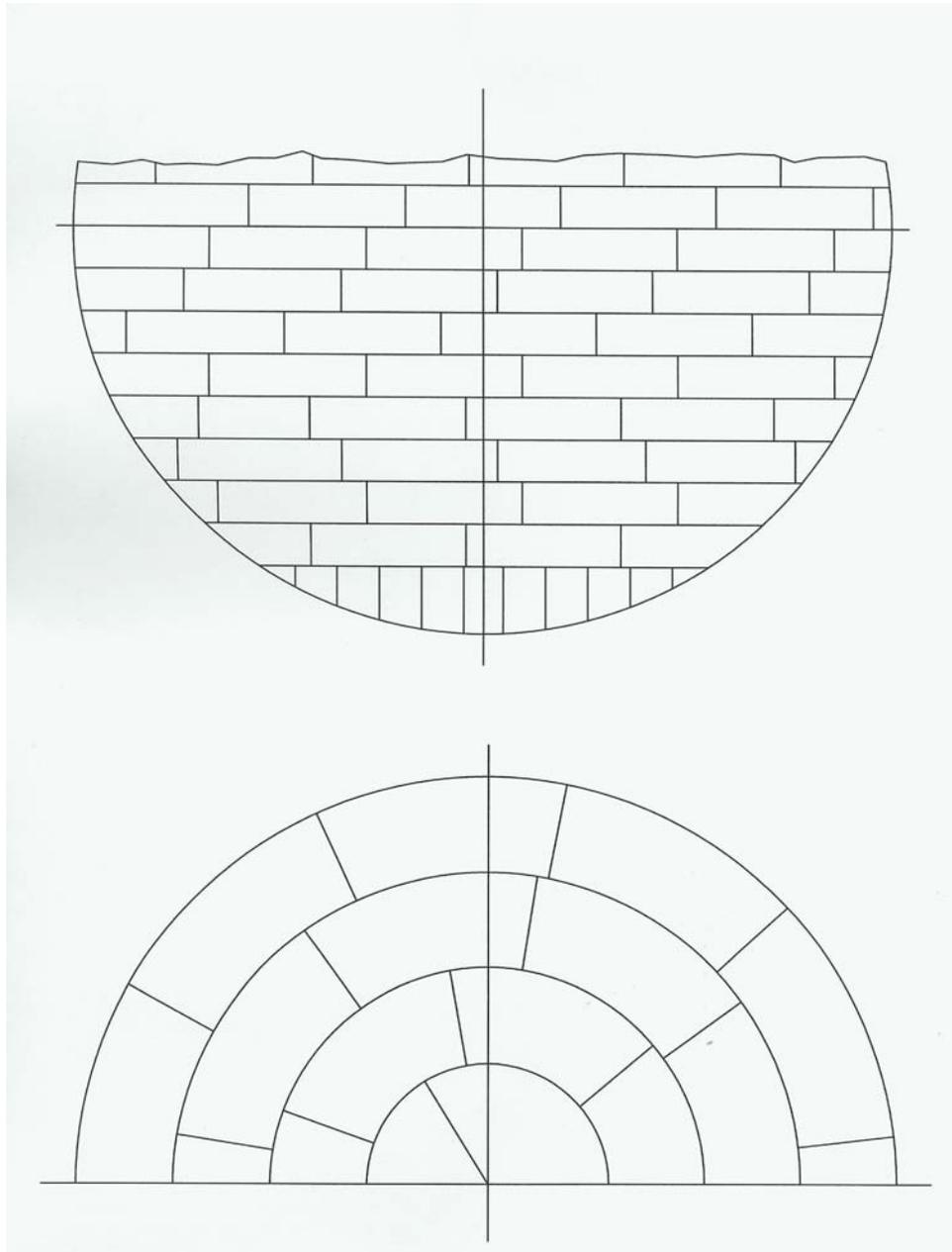
Para la unión de las placas del techo con el ángulo de coronamiento se utilizará soldadura de filete continuo en toda la longitud de la junta y el tamaño de esta será de 5 mm.



**Figura 4.11 Juntas en el Techo.**

#### **4.5.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS DEL TECHO.**

De la misma manera que en la distribución de placas del fondo, se requiere hacer un esquema para la distribución de placas del techo, estas placas únicamente serán soldadas a el ángulo de coronamiento, y de ninguna manera se permitirá que éstas sean soldadas a la estructura de soporte para cuando se tengan techos soportados (ver figura 4.7), en algunas ocasiones se utilizará la misma distribución de placas en techos soportados y autosoportados, figuras. 4.13.



**Figura 4.13 Distribución de placas en el techo.**

En algunos casos se dificulta esta distribución, por lo que las placas se cortarán en forma de arco radial y se conforman para poder obtener un techo cónico más pronunciado.

La distribución de las placas del techo dependerá; del diámetro del tanque, dimensiones de las placas, localización de las boquillas y registros en el techo, debido a que se pretende que las boquillas y registros estén centrados en la placa correspondiente, con el fin de no tener soldaduras traslapadas.



#### **4.6. ESTRUCTURA EN TECHOS SOPORTADOS.**

En los techos soportados existen diferentes uniones entre sus elementos principales como son columnas, trabes y largueros, también es necesario conocer en que forma están unidos los largueros exteriores con la envolvente del tanque, y de que manera las columnas distribuyen la carga uniforme que soporta el fondo del tanque.

Las dimensiones de los elementos principales no son arbitrarios, debido a que las proporciones de estas secciones son producto del diseño de cada una de estas como se puede observar en el capítulo 3; sin embargo, existen elementos secundarios empleados en la unión de los elementos principales, y son normalmente placas de formas diferentes, sus dimensiones dependerán de las proporciones de las secciones, y no se permitirá usar placa con espesor menor a 13 mm.

Más adelante se presentan los detalles típicos para la unión de la estructura de techos soportados.

##### **4.6.1 UNIÓN COLUMNA CENTRAL-LARGUEROS**

La unión entre la columna central y los largueros de la circunferencia, se llevará a cabo por medio de tornillos y grapas. Las grapas serán soldadas espaciadamente sobre una placa circular llamada placa capitel, estas grapas serán las que sujetarán a los largueros.

La placa capitel a su vez estará sujeta a una placa rectangular la cual será soldada en la parte superior de la columna central, como se muestra en la figura 4.14. (Ver detalle A, B, columna central y placa unión columna-capitel).

La sujeción entre la placa capitel y la placa superior de la columna central se llevará a cabo por medio de tornillos, sobre la placa capitel se soldarán las grapas espaciadamente, de tal forma que el número de largueros apoyados sobre la columna central sea igual al número de grapas.

#### **4.6.2 GRAPAS DE CONEXIÓN ENTRE LARGUEROS Y ENVOLVENTE.**

Estas grapas únicamente serán usadas en tanques de almacenamiento con techos soportados y estarán unidas a la envolvente con soldadura de filete en todos sus lados, el tamaño de la soldadura de filete será igual al espesor del anillo superior de la envolvente.

También ésta grapa se utilizará como conexión entre la envolvente y los largueros que se encuentran en la circunferencia interior, por lo tanto el número de grapas de conexión largueros-envolvente será igual al número de largueros calculados para el diámetro nominal del tanque, a continuación en la figura 4.14 se muestran detalles en donde se pueden identificar éstas.

#### **4.6.3 BASE DE LAS COLUMNAS**

Las columnas deberán tener una base, la cual distribuya la carga uniforme que soporta la columna sobre el área de ésta base y a su vez sea transmitida sobre el fondo del tanque.

Normalmente estas bases serán fabricadas con secciones tipo C, las dimensiones de la columna; y las dimensiones de la base dependerán de la placa capitel.

Esta base además de distribuir la carga uniforme que soporta la columna servirá también para mantenerla más estable, ya que en ningún momento la base de la columna podrá ir soldada en el fondo del tanque, únicamente se podrá mantener estable por medio de grapas soldadas al fondo que no permitirán el desplazamiento de la base de la columna sobre el fondo del tanque en ninguna dirección, ver figura 4.14.



## CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1.- La fabricación de un tanque de almacenamiento esta apegada a las Normas Nacionales e Internacionales, siendo un tema que abarca muchos puntos, ya que hay que tomar en cuenta todos los componentes que lo conforman, es un proyecto que no se fabrica en serie, ya que se manejan diferentes diámetros, alturas y espesores dependiendo de lo que se vaya almacenar.

2.- Los materiales mas empleados en la fabricación de los tanques a presión son: el acero al carbono, esto es debido a su bajo costo que comparados con otros aceros resulta más económicos, fácil en su conformado, habilitado, y su operación. Dentro de los electrodos utilizados para el acero al carbono están los de la serie E-60XX y E-70XX.

3.- Los espesores requeridos de las placas para el fondo y techo, estos espesores ya están fijados por las normas de Petróleos Mexicanos. También se deben calcular los espesores requeridos de cada uno de los anillos de la envolvente.

4.- Se debe calcular cada uno de los componentes que conforman un tanque con techos soportados los cuales son: traveses, largueros y columna central, las cuales se someterán a un análisis similar ya que para cuestiones de diseño se consideran como vigas con carga uniformemente distribuida y para el análisis de cada caso, se tendrá que calcular los siguiente:

- Carga uniforme soportada.
- Momento máximo generado por cargas y fuerzas.
- Modulo de sección requerido
- Modulo de sección propuesto.

5.- De acuerdo a la capacidad requerida deben conocerse los materiales y sus requisitos, así como el diseño del tanque y el proceso de fabricación, cumpliendo siempre con las normas de seguridad, tanto Nacionales como Internacionales, aplicables a todas las etapas del proceso de fabricación, ya sea planificación, diseño o fabricación.

6.- Para determinadas industrias, un contenedor de agua, se convierte en determinado momento, en un instrumento sumamente eficaz que sirve para contrarrestar en caso de una eventualidad, llámese incendio, un sinnúmero de perjuicios tanto materiales como personales. Los datos, tablas, información técnica o cualquier otro contenido del presente trabajo va encaminado a que sea aprovechado por todas aquellas personas interesadas en el diseño y fabricación de tanques atmosféricos.

Pensando en las situaciones anteriores, el presente trabajo se elaboró como una aportación a todas aquellas personas o empresas que requieren establecer, medidas de seguridad acordes las instalaciones y al personal que allí laboran.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- American Petroleum Institute. API Standard 650, welded steel Tanks for Oil Storage. USA. 9a. Edición. (1993).
- 2.- Calificación de Soldadura. American Society of Mechanical Engineers. Sección IX. (Código) USA. (1992).
- 3.- Materiales. American Society of Mechanical Engineers. Sección II. (Código) USA. (1992).
- 4.- Manual of Steel Construction. American Institute of Steel Construction.(AISC). USA. 9a. Edición. (1989)
- 5.- Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por viento y sismo. Comisión Federal de Electricidad. México. 1993.
- 6.- Diseño de recipientes de proceso. Becerra H., Abrajan R. UNAM, México 1985.
- 7.- Diseño de tanques atmosféricos. PEMEX Especificación P.2.0341.01 Primera Edición, Agosto 2006.
- 8.- Fabricación de tanques atmosféricos. PEMEX Especificación P.3.0341.01 Primera Edición, Febrero 2001.
- 9.- Resistencia de Materiales. Andrew Pytel, Ferdinand L. Singer. Alfa omega. 4a Edición. México 1994.

10- NRF-113-PEMEX. Diseño de Tanques Atmosféricos  
2006.