



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

"CONSTRUCCIÓN DE TANQUES ATMOSFÉRICOS PARA
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS"

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

LORENZO CASTILLO SANCHEZ

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P. 1995



T

TA660

.T34

C3

c.1



1080077771



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

**"CONSTRUCCION DE TANQUES ATMOSFERICOS PARA
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS"**

TRABAJO RECEPCIONAL

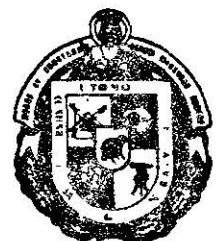
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

LORENZO CASTILLO SANCHEZ

SAN LUIS POTOSI, S. L. P. 1995



T
TP35 S
C3





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
FACULTAD DE INGENIERIA
Dr. Manuel Nava No. 8 Zona Universitaria
Teléfonos: 13-11-86, 13-52-38, 13-63-35 y 13-82-22
Fax: (48) 13-09-24
78290, San Luis Potosí, S. L. P., México

JUNIO 24, 1993.

Al Pasante Señor Lorenzo Castillo Sánchez
P r e s e n t e . -

En atención a su solicitud de autorización de Temario, presentada por el --
Ing. Jorge Alberto Pérez González, Asesor del Trabajo Recepcional que desa--
rrollará Usted, con el objeto de sustentar Examen Profesional en la Licen--
ciatura de Ingeniero Civil. Me es grato comunicarle que en la Sesión de --
Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 24 de Junio de 1993, fué apro--
bado el Temario propuesto:

"CONSTRUCCION DE TANQUES ATMOSFERICOS PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS"

TEMARIO:

- I.- ANTECEDENTES
 - II.- CIMENTACION
 - III.- PROYECTO DE UN TANQUE DE 55,000 LIBRAS
 - IV.- PROCESO CONSTRUCTIVO
 - V.- PROTECCION ANTICORROSIVA
 - VI.- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA.

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado
por la Ley de Profesiones, debe prestar Servicio Social durante un tiempo -
mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen
Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "

ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD



DIRECCION

'real.

Uno de los grandes sabios que existen para cada uno de los seres humanos, son sin duda alguna los padres.

Con mucho cariño y respeto para mis padres: SAMUEL CASTILLO CASTILLO y LORENZA SANCHEZ DE CASTILLO, que con su apoyo inagotable, me alentaron en mis estudios y depositaron toda su confianza en mi, para que así terminara mi carrera.

MUCHAS GRACIAS

Para mis hermanos EFRAIN, ENEYDA y SALUSTIA EDITH, que me brindaron su apoyo en lo que fuera necesario una ayuda incondicional.

GRACIAS HERMANOS

A la Escuela de Ingeniería:

recinto en cuyas aulas cultivé parte de mi vida.

A mis maestros:

Con respeto y admiración

A mis compañeros de estudio.

I N D I C E

	PAGINA
CAPITULO I.- ANTECEDENTES.	
I.1.-GENERALIDADES.....	1
I.2.-CLASIFICACION DE TANQUES.....	2
I.2.1.-Tanques cilíndricos verticales atmos- féricos.....	2
I.2.2.-Tanques cilíndricos horizontales.....	3
I.2.3.-Tanques esféricos.....	5
I.2.4.-Tanques esferoides a presión.....	5
I.2.5.-Tanques de medición.....	5
I.2.6.-Tanques de almacenamiento.....	6
I.2.7.-Tanques de techo fijo.....	6
I.2.8.-Tanques de techo flotante.....	6
I.3.-NORMAS Y ESPECIFICACIONES.....	9
I.3.1.-Materiales.....	9
I.3.2.-Tipos de juntas.....	10
I.3.3.-Tipos de soldadura.....	11
I.3.4.-Restricciones en juntas y soldaduras...	13
I.3.5.-Dimensiones de las placas.....	18
I.3.6.-Arreglo de los elementos de la envol- vente.....	19
I.3.7.-Fijación de la envolvente con el fondo.....	20
I.3.8.-Techos cónicos soportados.....	20
CAPITULO II.- CIMENTACION.....	22
II.1.-Determinación de las características de los suelos.....	22
II.2.-CIMENTACIONES SUPERFICIALES.....	25
II.2.1.-Análisis de cimentaciones super- ficiales.....	25
II.2.2.-Tipos de cimentaciones superficiales..	27

	PAGINA
II.3.-TIPOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS.....	32
II.3.1.-Cimentación rígida.....	32
II.3.2.-Cimentación flexible.....	32
II.3.3.-Cimentación con pilotes y/o tabla- estacas.....	32
CAPITULO III.-PROYECTO DE UN TANQUE DE 55,000 BLS.....	35
III.1.-CALCULO DE LA CIMENTACION.....	35
III.1.1.-Características del lugar.....	35
III.1.2.-Exploración del subsuelo.....	35
III.1.3.-Ensayes de laboratorio.....	36
III.1.4.-Proporciones óptimas.....	39
III.1.5.-Cálculo de la cimentación.....	41
III.2.-DIMENSIONAMIENTO DEL CUERPO CILINDRICO.....	43
III.2.1.-Análisis de esfuerzos.....	43
III.2.2.-Cálculo de espesores de anillos de la envolvente.....	47
III.2.3.-Cálculo del número de placas de..... la envolvente.....	48
III.3.-DIMENSIONAMIENTO DE LAS PLACAS DEL FONDO....	52
III.4.-DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y LA CUPULA.....	55
III.4.1.-Cálculo del peralte de los lar- gueros.....	57
III.4.2.-Cálculo del peralte de las trabes....	59
III.4.3.-Diseño de columnas.....	61
III.4.4.-Dimencionamiento de la cúpula.....	62
CAPITULO IV.-PROCESO CONSTRUCTIVO.....	66
IV.1.-EQUIPO MINIMO A UTILIZAR.....	66
IV.2.-ARMADO DEL FONDO.....	67
IV.2.1.-Procedimiento para el armado.....	67
IV.2.2.-Soldadura del fondo.....	68
IV.3.-ARMADO DE LA ENVOLVENTE.....	70
IV.3.1.-Procedimiento para el armado.....	70

	PAGINA
IV.3.2.-Soldadura de la envolvente.....	74
IV.4.-MONTAJE DE LA ESTRUCTURA.....	76
IV.4.1.-Procedimiento para el montaje.....	76
IV.4.2.-Soldadura de la cúpula.....	77
IV.4.3.-Colocación de accesorios.....	77
IV.5.-PRUEBAS DEL TANQUE.....	78
IV.5.1.-Prueba del fondo.....	78
IV.5.2.-Prueba del cuerpo y techo.....	78
CAPITULO V.-PROTECCION ANTICORROSIVA.....	80
V.1.-DISEÑO DE PROTECCION CON RECUBRIMIENTOS.....	81
V.1.1.-Superficies exteriores.....	81
V.1.2.-Superficies interiores.....	82
V.2.-PROTECCION CATODICA.....	82
V.2.1.-Definición y conceptos teóricos fundamentales.....	82
V.2.2.-Mecanismo de la protección cátodica....	82
V.2.3.-Criterio de protección cátodica.....	83
CAPITULO VI.-CONCLUSIONES.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	89

C A P I T U L O I

I.- ANTECEDENTES.

I.1.- GENERALIDADES:

En todos los procesos industriales modernos en los que intervienen fluidos, se requieren tanques de almacenamiento en el área industrial o depósitos en los lugares de consumo. Las características dependerán del producto por almacenar, la presión de operación, la temperatura, el volumen de almacenamiento y su localización.

Los tanques de almacenamiento son una obra estructural de tipo industrial, que es el caso de una empresa como PEMEX que trabaja un recurso natural no renovable, en donde tiene su máxima aplicación.

Para que un producto derivado de un hidrocarburo llegue a manos de un consumidor, tiene que hacer el siguiente recorrido.

La extracción del fluido, su transporte hasta las refinerías o petroquímicas, el proceso y finalmente su distribución de los productos obtenidos hasta las zonas de consumo.

En toda esta ruta el líquido o gas de la fuente de previsión fluye en forma regular, constante y uniforme durante todo el día o parte de él. Durante todo este proceso las funciones principales que desempeñan los tanques son:

- A).-ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO "CRUDO" EL CUAL SE RECIBE DIRECTAMENTE DE LOS POZOS POR MEDIO DE TUBERIAS.
- B).-ALMACENAMIENTO TEMPORAL AL PASAR DE UNOS EQUIPOS A OTROS DENTRO DEL PROCESO.
- C).-ALMACENAMIENTO DE LOS DISTINTOS PRODUCTOS REFINADOS DEL PETROLEO DENTRO DE LAS REFINERIAS.
- D).-ALMACENAMIENTO DE LOS DISTINTOS PRODUCTOS OBTENIDOS DEL PETROLEO PARA SU DISTRIBUCION EN LAS ZONAS DE CONSUMO.

I.2.-CLASIFICACION DE TANQUES.

Los tanques pueden ser clasificados en varias formas dependiendo del propósito para lo cual la clasificación sea hecha. Según esto de acuerdo a su forma, por su uso, por su tipo de juntas, tipo de techo, por su presión interna. Los comunmente usados son los siguientes:

I.- POR SU FORMA:

- 1.- CILINDRICOS VERTICALES.
- 2.- CILINDRICOS HORIZONTALES.
- 3.- ESFEROIDES.
- 4.- GOTIFORMES O ESFEROIDES.

II.- POR SU USO:

- 1.- DE MEDICION.
- 2.- ALMACENAMIENTO.

III.- POR SU TIPO DE JUNTA:

- 1.- SOLDADO.

IV.- POR SU TIPO DE TECHO:

- 1.- TECHO FIJO.
- 2.- TECHO FLOTANTE.

V.- POR SU PRESION INTERNA:

- 1.- ATMOSFERICOS.
- 2.- A PRESION (GAS).

Un tanque reúne varias de las características mencionadas en la clasificación anterior, como ejemplo se habla de un tanque de almacenamiento, cilíndrico vertical de juntas soldadas, de techo fijo y atmosférico por lo cual se dará una explicación de las características ya sea en una sola o combinadas en un solo tanque.

I.2.1.-TANQUES CILINDRICOS VERTICALES ATMOSFERICOS.

Este tipo de tanques trabaja a una presión aproximadamente igual a la atmosférica y sujetos a una carga igual a la presión hidrostática del líquido. Para evitar la presión de llenado o succión al descargar se proveen válvulas de venteo.

I.2.2.-TANQUES CILINDRICOS HORIZONTALES.

Estos tanques se emplean para almacenar poco volúmen ya sea a presión interior ó a presión atmosférica, a continuación se da una clasificación de ellos.

A).-Tanques cilíndricos horizontales atmosféricos. Estos tanques son pequeños y económicos sirven para almacenar poco volúmen de fluidos que no están más que a la presión atmosférica, capaces de absorber las presiones de productos licuables.

B).-Tanques cilíndricos horizontales a presión (Fig. 2-G).

Cuando la presión interna a que está sometido un tanque es mayor que la atmosférica, se utilizan tanques cilíndricos horizontales con cabezas moldeadas. Para este tipo de tanques la selección de cabeza apropiada es el análisis más importante para su diseño ya que en el lugar de unión del cuerpo de tanque con la cabeza se observa un cambio brusco de direcciones y espesores, produciéndose esfuerzos de discontinuidad que provocan esfuerzos de flexión y cortantes de los que deberán sobreponerse a los esfuerzos del cuerpo cilíndrico del recipiente para el diseño del espesor de este.

Entre los diversos tipos de cabezas de estos tanques horizontales podemos nombrar los siguientes:

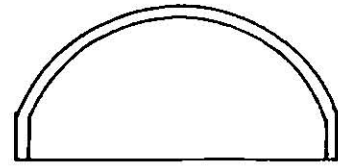
A).-CABEZA ELIPTICA.-La Swiss Association Of Steam Boiles Pro--pietors, realizó algunos experimentos para obtener la cabeza más económica y funcional, para tanques horizontales trabajando a presión interna, resultando la más económica, la sección elíptica con una relación de ejes 1,2 (Fig. 1-e).

B).-CABEZA CAPSULADA TORIESFERICA.-Se utilizan en recipientes horizontales o verticales sujetos a presiones manométricas que oscilan entre 0.35 Kg/cm². y 14 Kg/cm². (Fig. 1-d).

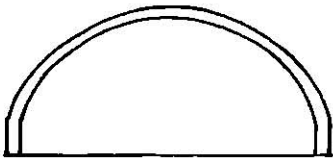
C).-CABEZA SEMIESFERICA.-Para espesores determinados estas cabezas pueden resistir hasta el doble de presión que una cabeza elíptica, la desventaja estriba en el alto grado de moldeo que



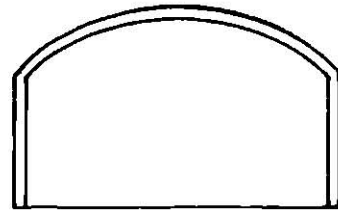
(a)



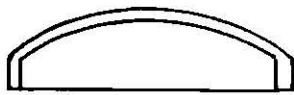
(e)



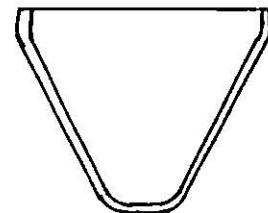
(b)



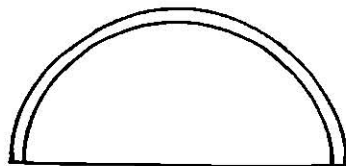
(f)



(c)



(g)



(d)

FIGURA 1.- CABEZAS DE TANQUES CILINDRICOS HORIZONTALES

requieren produciéndose altos costos en su fabricación, por tal motivo es poco utilizado (Fig. 1-f).

D).-CABEZA REDONDEADA Y PLANA.-Es la forma de cabeza más económica para fabricar, pues consta de una simple lámina de acero con un reborde en los extremos. El radio de rebordeo va decreciendo moldeado el cambio brusco del contorno del cilindro y la tapa plana de la cabeza este cambio gradual reduce los esfuerzos locales.

Tiene su máxima aplicación para almacenar gasolina, kerosine, y otros combustibles que sus vapores producen baja presión (Fig. 1-a).

E).-CABEZA CONICA O TORICONICAS.-Este tipo de cabezas solo se usan en tanques cilíndricos horizontales pero tienen su uso especial, como de evaporación, cristalizadores, etc. (Fig. 1-g).

I.2.3.-TANQUES ESFERICOS.

Son los que se utilizan para el almacenamiento de líquidos y gases volátiles sometidos a presión de 2 a 15 kg/cm²., pues se puede considerar que el material empleado en su fabricación trabaja axialmente a esfuerzos de tensión pura, su principal característica es que no permite pérdidas de vapor, ni en el llenado ni en la descarga, evitando la entrada de aire (Fig. 2-c).

I.2.4.-TANQUES ESFEROIDES A PRESION.

También se les llama gotiformes por la semejanza que tienen con la gota de un líquido sobre un plano. Trabajan en forma semejante a los esféricos pero a diferencia de éstos los esferoides apoyan parte de su superficie en el terreno (Fig. 2-d).

I.2.5.-TANQUES DE MEDICION.

Se requiere su instalación normalmente en instalaciones definitivas (estaciones de recolección) donde fluyen varios pozos a la vez (pozos con producción desde 1m³/día hasta 350 m³/día.).

La capacidad de los tanques también depende de la producción de los pozos y el número de ellos a instalar esta en función de los días en que sea necesario medir cada pozo por lo general son tanques con capacidad de 80 m³ a 160 m³ (500 bls. a 1,000 bls.).

I.2.6.-TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Para su instalación como norma general en cualquier estación de recolección se debe contar con una capacidad mínima de almacenamiento igual a 2 veces el volumen que se espera recibir, con el fin de que todos los movimientos de recibo y bombeo se efectúen siempre a tanques sin movimiento, generalmente son tanques con capacidad entre 5,000 bls. y 55,000 bls.

I.2.7.-TANQUES DE TECHO FIJO.

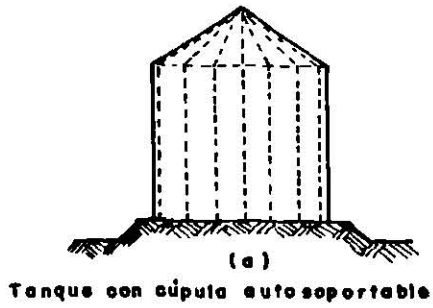
En este tipo de tanques según su cubierta se hace una subclasificación para tapas autosoportadas (Fig. 2-a) y para tapas apoyadas en estructura especial (Fig. 2-e). Los techos autosoportados son los que se apoyan únicamente en la pared del tanque, los más comunes son los cónicos y generalmente tienen una pendiente mínima de 16.6% y una máxima del 75%, correspondiente a un ángulo de 37°. El tanque de techo de paraguas es un esferoide modificado de tal manera que cualquier sección horizontal es un polígono regular con tantos lados como caras tiene la superficie del techo. Generalmente los techos autosoportados se usan en tanques hasta 6.10 m. de diámetro.

I.2.8.-TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

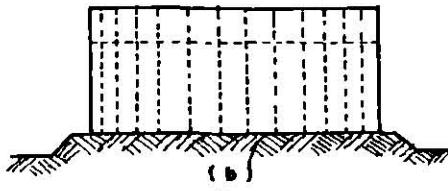
Especialmente los tanques de tapa flotante (Fig. 2-b) consisten de un fondo y una armazón cilíndrica que contiene el líquido, el techo del recipiente flota en el líquido deslizándose sobre las paredes, levantadas del casco. El borde de la tapa se apoya en una viga perimetral (trabe de borde). Los tipos más usuales de tapas son tres. Cubierta sencilla, doble y pontón. El tipo de cubierta sencilla emplea una placa sencilla formando un cono invertido para drenar se rigidiza con atezadores radiales fijos a la tapa y armadura.

Su ventaja es que son los más baratos y por lo tanto su uso es común. Los de doble cubierta están formados por dos superficies cónicas con un borde vertical entre ambas, estas son óptimas hasta diámetros de 15.24 mts., para mayores diámetros es más barato

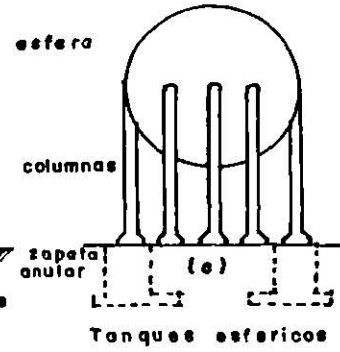
el tipo pontón que consiste en una cubierta cónica apoyada en flotadores, el techo de pontones más pequeño tiene aproximadamente pontones en un 30% de su área de cubierta.



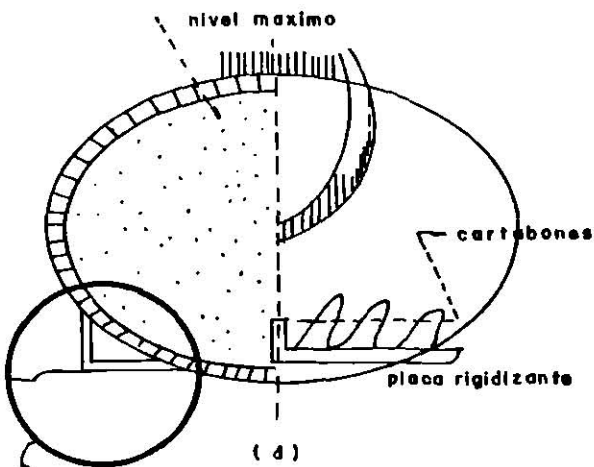
Tanque con cúpula autoportable



Tanque de cúpula flotante

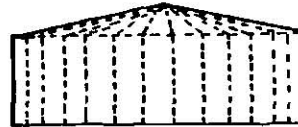


Tanques esféricos

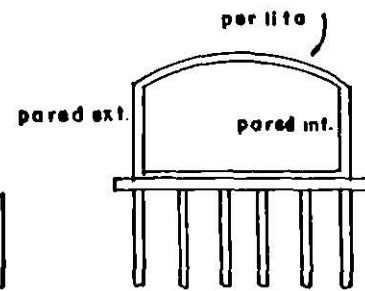


detalle d'

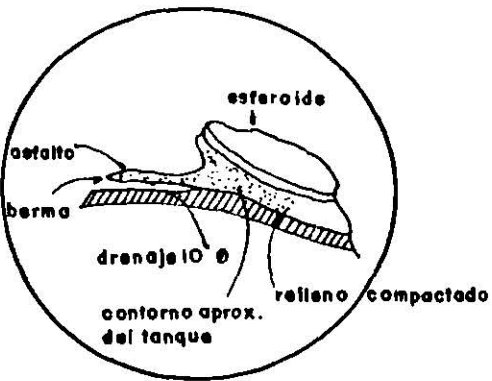
Tanques esferoides



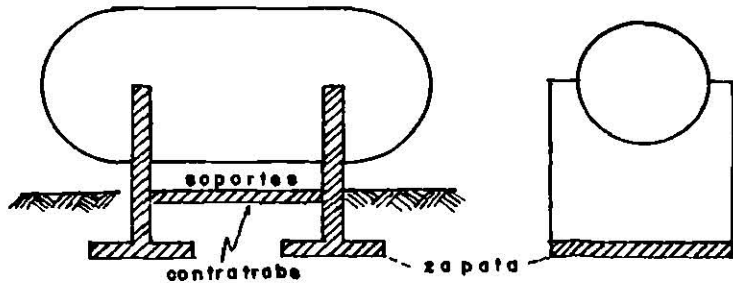
Tanque de cúpula soportada con estructura



Tanque para almacenar amoníaco anhidro



Detalle d'



Tanque cilindrico horizontal

FIGURA 2 - TIPOS DE TANQUES

I.3.-NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

Las especificaciones usadas para la construcción de tanques soldados para almacenamiento de "crudo" son:

Las del Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) y fueron preparadas por la comisión encargada de normalizar la construcción de tanques para almacenamiento de petróleo en colaboración con la sociedad americana de soldadura.

Estas especificaciones se aplican a los tanques de acero, cilíndricos verticales soldados, que descansan sobre el terreno para el almacenamiento de petróleo y comprenden:

Esfuerzos permisibles en las placas y en las uniones, procedimientos aprobados para soldar; propiedades físicas y químicas de los materiales incluyendo los electrodos.

I.3.1.-MATERIALES.

A).-PLANCHAS.-Las planchas deberán de estar de acuerdo con la última edición de las especificaciones de la ASTM.

Las placas deberán fabricarse únicamente por el proceso de hogar abierto, oxígeno básico u horno eléctrico.

B).-LAMINAS.-Las láminas se ajustarán a lo establecido en la norma ASTM A-570 grado C, fabricadas por los procesos de hogar abierto y oxígeno básico. Las láminas podrán ordenarse por peso o por espesor.

C).-ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO.-Los electrodos para soldadura de arco serán de la serie E60XX y E70XX y su selección estará de acuerdo con el diseño del tanque.

D).-PERFILES ESTRUCTURALES.-Los perfiles de acero estructural serán los fabricados por el proceso de hogar abierto, horno eléctrico u oxígeno básico y deberán cumplir alguna de las especificaciones.

caciones siguientes:

ASTM A 36 o a 131

CSA G 40.21 Gr. 44W. Acero de calidad estructural.

ISO R 630 Fe42 y Fe44 grados B,C y D.

E).-PIEZAS DE FUNDICION.-Cuando el diseño lo requiera, se podrán usar piezas de fierro fundido ASTM A-27 grado 60-30 completamente recocidas.

F).-TUBERIA.-Los tubos, coples y forjas deberán de estar de acuerdo con una de las siguientes especificaciones:

API Especificación 5L Grado A y B

API Especificación 5LX Grado X42

ASTM-A53 Grado A y B

ASTM-A106 Grado A y B

ASTM-A155 Grado de acero al carbono

ASTM-A333 Grado 1 y 6

ASTM-A524 Grado I y II

ASTM-A350 Grados LF1 y LF2.

Podrá usarse para propósitos estructurales la tubería de calidad soldable que cumpla las propiedades físicas de cualquiera de las especificaciones anteriores.

G).-BRIDAS.-Las bridas forjadas deberán llenar las especificaciones CSA.y ASTM A-307.

G).-TORNILLERIA.-El material para birlos, tornillos y espárragos deberá cumplir los requisitos de la última edición de la especificación ASTM A-307.

I.3.2.-TIPOS DE JUNTAS.

A).-JUNTA A TOPE CON SOLDADURA DOBLE.-Unión de dos elementos estructurales situados en el mismo plano, en contacto por uno de sus bordes, que se sueldan por ambos lados.

B).-JUNTA A TOPE CON SOLDADURA SENCILLA Y RESPALDO.-Unión de dos elementos estructurales situados en el mismo plano, en contacto por uno de sus bordes, soldados por un solo lado y respaldados por el otro por una solera o placa.

C).-JUNTA A TRASLAPE CON SOLDADURA DOBLE.-Unión de dos elementos traslapados en la que los bordes de ambas piezas se sueldan con soldadura de filete.

D).-JUNTA A TRASLAPE CON SOLDADURA SENCILLA.-Unión de dos elementos estructurales traslapados en la que el borde de uno de ellos se suelda con soldadura de filete.

I.3.3.-TIPOS DE SOLDADURA.

A).-SOLDADURA EN JUNTA A TOPE.-Es la soldadura que se deposita en la ranura entre dos elementos situados en el mismo plano (a tope) y cuyos bordes quedarán en contacto. Los bordes podrán ser rectangulares, en V (simple o doble) o en U (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 las ensambladas en T, en rincón o a traslape.

C).-SOLDADURA DE FILETE COMPLETO.-Soldadura de filete, cuyo tamaño es igual al espesor de la pieza más delgada por unir.

D).-SOLDADURA PROVISIONAL O POR PUNTOS.-Soldadura que se hace para mantener alineados los elementos ensamblados, mientras se sueldan definitivamente.

Por el procedimiento de efectuar la soldadura se clasifica en:

A).-SOLDADURA MANUAL.-Soldadura en que la operación completa se efectúa y controla a mano.

B).-SOLDADURA AUTOMÁTICA (SOLDADURA A MÁQUINA).-Soldadura en la que se emplea un equipo que ejecuta la operación de soldado bajo el control y vigilancia de un operador.

C).-SOLDADURA SEMIAUTOMATICA.-Soldadura de arco con equipo que regula únicamente el suministro del material de aporte. El avance de la operación se regula manualmente.

Por su proceso:

A).-SOLDADURA DE ARCO-METAL PROTEGIDO (SMAW).-Proceso de soldadura donde la fisión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el electrodo metálico cubierto y el metal base. La protección de la soldadura se produce por la descomposición de la cubierta del electrodo. En este proceso no se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene del electrodo.

B).-SOLDADURA DE ARCO-METAL GAS (GMAW).-Proceso de soldadura donde la fusión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el metal de aporte y el metal base. El medio de protección es un gas o mezcla de gases (que puede contener un gas inerte o una mezcla de gas y fundente). A este proceso se le llama en ocasiones MIG o soldadura de CO2.

C).-SOLDADURA DE ARCO-CORAZON FUNDENTE (FCAW).-Proceso de soldadura donde la fusión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el metal de aporte y el metal base. El medio de protección se obtiene del fundente contenido en el electrodo. Se puede o no dar protección adicional mediante un gas o mezcla de gases suministrados desde una fuente externa.

D).-SOLDADURA POR ELECTRODO GAS.-Método de soldadura arco metal gas (GMAW) o de arco-corazón fundente (FCAW) donde se usan zapatas de moldeo para confinar el metal de soldadura fundido para soldar en posición vertical.

E).-SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW).-Proceso de soldadura donde la fusión se obtiene del calor producido por arco eléctrico desnudo y el metal base. La soldadura se protege con una capa de material granular fusible, colocada sobre el metal base. En este proceso no se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene de un electrodo y algunas veces de una barra de soldadura suplementaria.

F).-SOLDADURA DE ELECTROESCOPIA.-Proceso de soldadura donde la fusión se produce por la escoria derretida que funde el metal de aporte y la superficie del metal base que va a soldarse. El depósito de soldadura se protege con la escoria que se mueve a todo lo largo de la sección transversal de la junta, conforme avanza la soldadura. La escoria se mantiene derretida por su resistencia al paso de la corriente eléctrica entre el electrodo y el baño de soldadura, utilizando zapatas de modelo.

I.3.4.-RESTRICCIONES EN JUNTAS Y SOLDADURAS.

Se aplicarán las siguientes restricciones respecto al tipo y tamaño de juntas o soldaduras:

A).-Las soldaduras por puntos o provisionales se considerarán sin valor de resistencia estructural.

B).-El tamaño mínimo de la soldadura de filete será como sigue:

1).-Para planchas de 5 mm. (3/16") de espesor, usar filetes completos.

2).-Para planchas con espesor mayor de 5 mm. (3/16"), se usarán filetes con tamaño mínimo de 1/3 del espesor de la plancha más delgada en la junta, pero no menor de 5 mm. (3/16").

C).-Las juntas traslapadas con soldadura sencilla, sólo se emplearán en las planchas del fondo y del techo.

D).-Cuando se suelden con puntos las juntas traslapadas, tendrán como mínimo un traslape de 5 veces el espesor nominal de la plancha más delgada en la unión.

En el caso de juntas traslapadas con soldadura doble, el traslape máximo será de 51 mm. (2") y en el caso de juntas traslapadas con soldadura sencilla, el traslape máximo será de 25 mm. (1").

E).-No deberá soldarse cuando las partes por soldar estén húmedas, cuando esté lloviendo, nevando o durante los períodos

de vientos fuertes, a menos que el soldador y la obra estén debidamente protegidos.

Tampoco se soldará cuando la temperatura del metal base sea menor de -18°C (0°F). Cuando la temperatura del metal base esté entre -18°C y 0°C (0° y 32°F) inclusive o cuando el espesor sea mayor de 32 mm (1 1/4"), el metal base dentro de un radio de 76 mm (3") del punto en donde se empiece a soldar, se deberá calentar hasta sentirse tibio al tacto.

F).-Cada cordón de soldadura cuando haya que aplicar varios se limpiará de escoria y materias extrañas antes de aplicar el siguiente.

G).-En todas las juntas a tope el espesor del refuerzo de soldadura a cada lado de las placas, no deberá exceder de los siguientes límites:

ESPESOR DE LA PLACA mm (pulg)	ESPESOR MAX. DEL REFUERZO	
	Soldadura mm (pulg)	
	JTAS. VERTICALES	JTAS. HORIZONTALES
Hasta 12.7 (1/2) inclusive.	2.4 (3/32)	3.2 (1/8)
Mayores de 12.7 (1/2) hasta 25.4 (1) inclusive.	3.2 (1/8)	4.8 (3/16)
Mayores de 25.4 (1)	4.8 (3/16)	6.3 (1/4)

G).-JUNTAS TIPO.-Las soldaduras de las juntas tipo en los tanques se muestran en las figuras 3, 4 y 5.

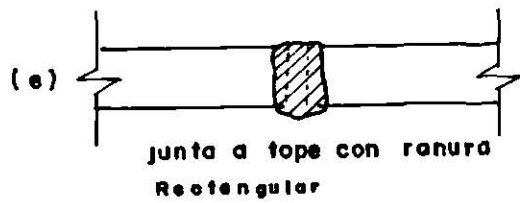
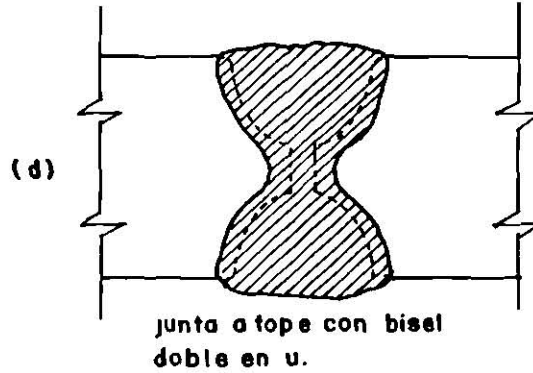
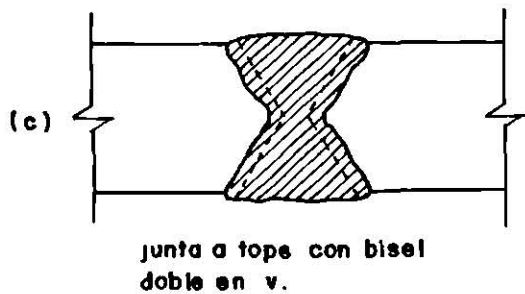
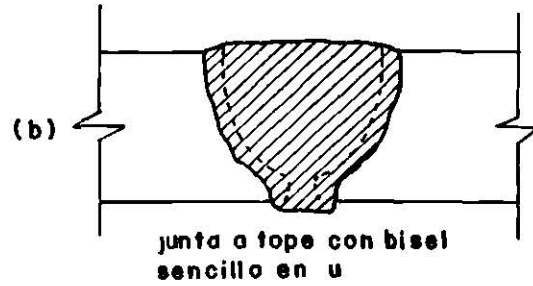
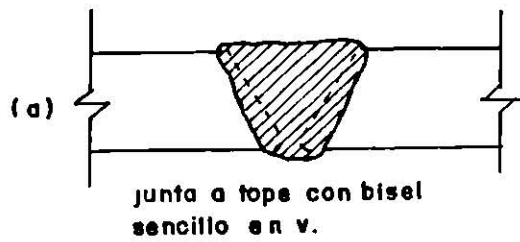
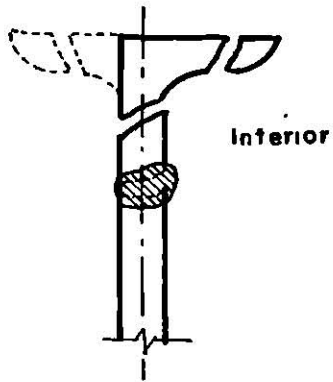
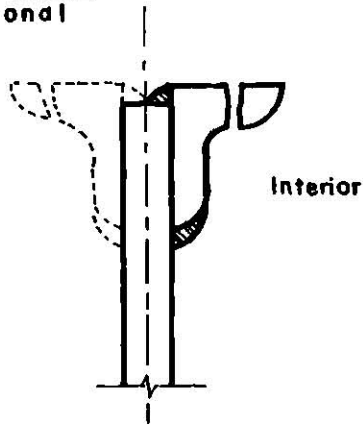


FIGURA 3.- TIPOS DE JUNTAS VERTICALES EN ENVOLVENTES

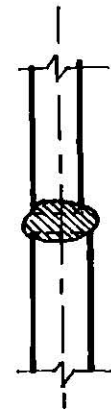
ala del ángulo hacia el exterior, opcional



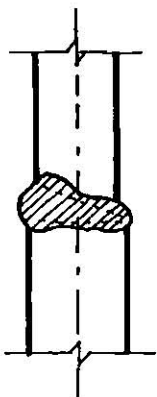
a).- junta a tope con penetración completa en el ángulo con la envolvente.



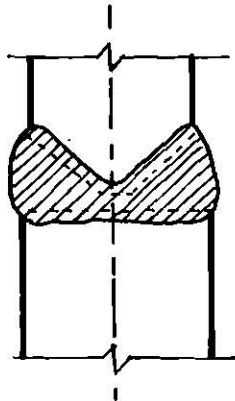
b).- Alternativa de junta del ángulo con la envolvente



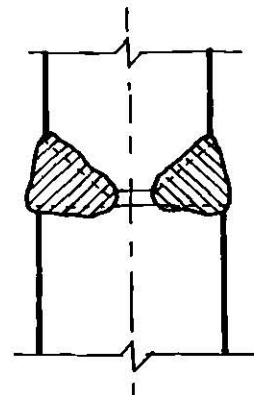
c).- junta a tope con penetración completa con ranura rectangular.



d).- junta a tope con penetración completa en bisel sencillo



e).- junta a tope con penetración completa en bisel doble.

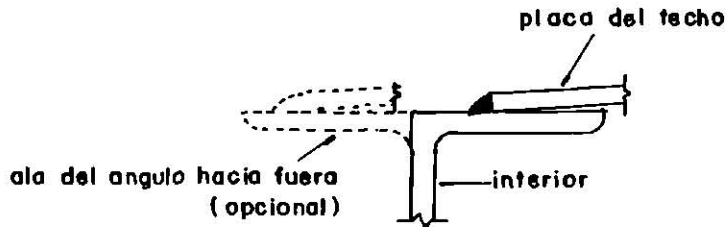


f).- junta a tope con penetración parcial en bisel doble

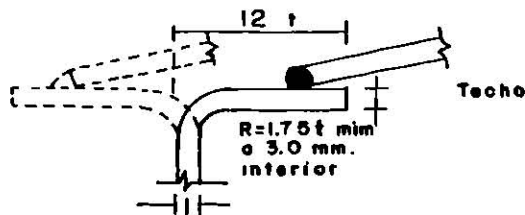
FIGURA 4.- TIPOS DE JUNTAS HORIZONTALES EN LA ENVOLVENTE



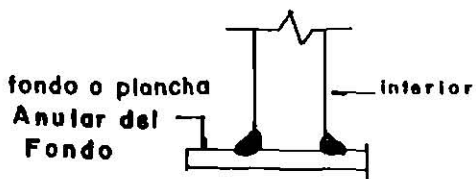
a.-) Junta traslapado en las planchas del techo



b.-) juntas del techo con la envolvente



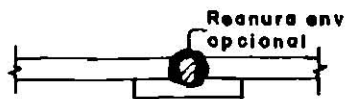
c.-) Alternativa de la junta techo-envolvente



d.-) junta de la envolvente con el fondo



e.-) junta de las planchas del fondo



f.-) junta a tope con soldadura sencilla con solera de respaldo

FIGURA 5 - TIPOS DE JUNTAS EN EL FONDO Y EN EL TECHO

I.3.5.-DIMENSIONES DE LAS PLACAS.--

A).-PLACAS DEL FONDO.-Deberán tener como mínimo un espesor nominal de 6 mm (1/4"), o un peso de 49.8 kg/m² (10.2 lb/pie²), sin incluir la tolerancia por corrosión. Las placas tendrán forma rectangular y un ancho mínimo de 1829 mm (6"). Las placas de la orilla del fondo sobre la que descansa la envolvente del tanque que lleven un extremo rectangular, tendrán un ancho mínimo de 1829 mm (6") en dicho extremo. Cuando se utilicen placas cuyo espesor mínimo sea de 6 mm (1/4"), no se aceptará ninguna tolerancia de espesor hacia abajo.

Las placas del fondo deberán ser de un tamaño tal que una vez cortadas las orillas, sobresalgan cuando menos 25 mm (1") de la orilla exterior de la soldadura que une el fondo con la placa de la envolvente.

B).-PLACAS DE LA ENVOLVENTE.-El espesor nominal de las placas de la envolvente (incluyendo la prolongación de éstas para techos flotantes), no deberá ser menor que el siguiente:

DIAMETRO NOMINAL DEL TANQUE (D) EN M (PIES)	ESPEJOR NOMINAL DE PLACA t EN MM (PULG)
$D < 15.24$ ($D < 50$)	4.76 (3/16)
$15.24 \leq D \leq 36.58$ ($50 \leq D \leq 120$)	6.35 (1/4)
$36.58 \leq D \leq 60.96$ ($120 \leq D \leq 200$)	7.94 (5/16)
$D > 60.96$ ($D > 200$)	9.53 (3/8)

C).-PLACAS DE TECHO.-Las placas del techo tendrán un espesor nominal mínimo de 4.8 mm (3/16"), (37.5 kg/cm² 7.65 lb/pie²), 4.5 mm (0.180") o lámina calibrada de 4.57 mm (0.1799"). En los techos autoportados podrán utilizarse mayores espesores.

En todos los tipos de techo, las placas deberán reforzarse por medio de perfiles soldados a las mismas pero no deben fijarse a las traveses y/o travesaños.

I.3.6.-ARREGLO DE LOS ELEMENTOS DE LA ENVOLVENTE.-La envolvente se fabricará de manera que los anillos queden perfectamente verticales. Las placas de la envolvente sobre las juntas horizontales a tope, tendrán su eje vertical común, a menos que se especifique lo contrario. Las juntas verticales de anillos adyacentes, no deberán ser colineales y dichas juntas deberán estar separadas por una distancia mínima de $5t$, siendo t el espesor de la placa más gruesa de la junta.

Las juntas verticales serán a tope, con fusión y penetración completas como las obtenidas con soldadura doble o por otros métodos con los cuales se obtenga la misma calidad de soldadura en el interior y exterior de las superficies por soldar.

Las juntas horizontales serán a tope con soldadura doble, la que tendrá fusión completa con el metal base en todo el espesor de la soldadura. Las juntas horizontales tendrán como mínimo fusión y penetración completas en una longitud de 76 mm (3") a cada lado de todas las juntas verticales. La longitud restante de las juntas horizontales estará de acuerdo con los siguientes requisitos:

A).-Las juntas a tope con bisel sencillo incluyendo la junta del ángulo superior con la envolvente, tendrán fusión y penetración completas. Como alternativa los ángulos superiores pueden unirse a traslape con la envolvente con doble soldadura.

B).-Las juntas con ranura recta o con doble bisel, tendrán fusión y penetración completa cuando el espesor de cualquiera de las placas sea de 10 mm ($3/8$ ") o menor.

C).-Las juntas con ranura recta o doble bisel, tendrán como mínimo $2/3$ de penetración cuando el espesor de ambas placas sea mayor de 10 mm ($3/8$ "). Cualquier falta de penetración o fusión, además de cualquier socavación no deberá exceder de un tercio del espesor de la placa más delgada; la zona con falta de penetración o fusión de haberla, sólo se tolerará si se localiza sustancialmente en el centro del espesor de la placa más delgada.

Los tanques sin techo estarán provistos de anillos atiesadores para mantener su redondez. Estos anillos deberán colocarse en o cerca de la parte superior de la envolvente y de preferencia en la cara exterior.

Los anillos atiesadores pueden ser de cualquier sección estructural, secciones de planchas conformadas, secciones fabricadas con soldadura, o combinaciones de perfiles o placas unidas con soldadura. El perímetro exterior del anillo atiesador podrá ser circular o poligonal de acuerdo con el diseño.

El tamaño mínimo de los ángulos que se utilicen como atiesadores, será de 64X64X6 mm (2 1/2 X 2 1/2 X 1/4 pulg). El espesor nominal mínimo de las placas para ser utilizadas en los anillos atiesadores prefabricados deberá ser de 6 mm (1/4").

Cuando los anillos atiesadores queden más abajo de 610 mm (24") del borde superior de la envolvente se soldará en el borde superior de esta, un ángulo de 64X64X5 mm (2 1/2 X 2 1/2 X 3/16") para envolventes con espesor de 5 mm (3/16") y de 76X76X6 mm (3 X 3 X 1/4") para envolventes con espesor de 6 mm (1/4") o mayores.

Todas las juntas de los anillos atiesadores deberán unirse con soldadura continua, ya que por su situación podrán estar sujetas a corrosión debido a la humedad que se deposite en ellas, o causar marcas de harrumbe sobre la envolvente del tanque. Para unir secciones de anillos, se usarán juntas a tope con soldadura de penetración completa.

I.3.7.-FIJACION DE LA ENVOLVENTE CON EL FONDO.

La fijación del borde inferior del primer anillo de la envolvente con las placas del fondo se hará con soldadura de filete continuo sobre ambos lados de la placa de la envolvente. El tamaño de cada soldadura de filete no será mayor de 13 mm (1/2") ni menor que el espesor de la placa más delgada de la junta.

I.3.8.-TECHOS CONICOS SOPORTADOS.

Las placas del techo tendrán un espesor nominal mínimo de

4.8 mm (3/16"). En los techos autoportados podrán utilizarse mayores espesores.

Las placas de los techos cónicos soportados no deberán fijarse a los elementos de soporte.

Todas las juntas de las placas del techo deberán soldarse por la parte superior con soldadura continua de filete completo.

El tamaño de la soldadura en la unión techo-ángulo superior será de 4.8 mm (3/16").

La pendiente en los techos cónicos, soportados por la estructura será de 1:16 o mayor cuando se especifique. Si los travesaños se apoyan directamente sobre los patines de la trabe principal, originando una ligera variación en la pendiente del travesaño, la pendiente en el patín de este último, deberá ajustarse a lo especificado como pendiente del techo.

Los elementos principales de soporte incluyendo aquellos que soportan los travesaños, pueden ser perfiles laminados, prefabricados o armaduras de acuerdo con el diseño.

Los travesaños estarán espaciados de tal forma que la distancia entre sus ejes será de 1.91 m (6.28 pies) como máximo sobre el anillo exterior, medido sobre la circunferencia del tanque, su espaciamiento sobre los anillos interiores será de 1.67 m (5.5 pies) como máximo. Para zonas sísmicas se colocarán entre los anillos exteriores tirantes de varilla de 19 mm (3/4") de diámetro entre los travesaños. Estas varillas podrán omitirse si se usan travesaños con perfil " I o H ".

C A P I T U L O II

II.- CIMENTACION.

II.1.- DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS.

A).- RECONOCIMIENTO.

El reconocimiento de los suelos se llevará a cabo siguiendo la secuencia de estudios definidos a continuación.

a).-Recopilación de antecedentes y reconocimiento superficial.

b).-Reconocimiento por medio de sondeos.

1.-Pruebas de penetración con o sin recuperación de muestras alteradas.

Las pruebas de penetración se realizarán siguiendo el procedimiento estándar. Los resultados de este tipo de sondeo se emplearán para programar sondeos inalterados, verificar la homogeneidad del suelo de la zona y estimar el estado de compactación y las propiedades mecánicas de los materiales de los cuales no sean posible obtener muestras inalteradas.

2.-Sondeos inalterados.

Los sondeos inalterados en trincheras, pozos a cielo abierto consisten en excavar un pozo de dimensiones superficiales para que un técnico pueda directamente bajar y analizar los estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas de agua en el suelo.

De éstos pozos se obtienen muestras alteradas o inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado.

Para cada tanque se realizarán por lo menos un sondeo inalterado y tres alterados localizados respectivamente en el centro y en la periferia del mismo.

Por otra parte, el número total de sondeos alterados o inalterados deberán de ser por lo menos cuatro por cada 1000 M²., construídos. Este número se incrementará hasta un máximo de 10 si el subsuelo resulta ser heterogéneo. Los sondeos se llevarán hasta la profundidad del estrato resistente o, de no encontrarse tal

extracto, hasta una profundidad tal que el incremento de esfuerzos inducido a este nivel por la construcción, sea inferior a 10% de la sobrecarga superficial. La teoría de la elasticidad permite establecer que para el centro de una superficie circular uniformemente cargada, esta profundidad es aproximadamente igual a dos veces el diámetro de la misma.

B).- PRUEBAS DE LABORATORIO.

En el laboratorio se determinará las propiedades requeridas para los análisis de estabilidad y asentamiento definidas más adelante. Se procederá además a la determinación de las propiedades índice de los suelos para fines de clasificación de los materiales a lo largo de los sondeos inalterados o alterados realizados. Se determinará en particular la variación con la profundidad de las propiedades siguientes:

- a).-Contenido de agua y grado de saturación.
- b).-Densidad de sólidos.
- c).-Límite líquido y plástico.
- d).-Curva granulométrica.

C).- ASENTAMIENTOS TOTALES.

Los asentamientos respecto a puntos de la superficie del terreno circundantes no afectados por la construcción, no deberán alcanzar una magnitud tal que ocasionen dificultades en la operación del tanque. El máximo asentamiento total permisible se fijará tomando en cuenta las características del tanque y la flexibilidad del sistema de alimentación del mismo; para tanques construidos con acero ASTM A-36, ASTM 283-C y 283-D, los máximos asentamientos permisibles serán:

TIPO DE ASENTAMIENTO.	MAXIMO ASENTAMIENTO.
Máximo asentamiento total en el perímetro.	30 cms.
Máximo asentamiento diferencial en el fondo.	5 cms. en 10 mts.

Por otra parte, los movimientos diferenciales a lo largo del perímetro del tanque deberán ser suficientemente reducidos para limitar las deformaciones de la pared cilíndrica.

Se verificará por tanto, que la compresibilidad del terreno de desplante sea aproximadamente uniforme a lo largo del perímetro y se evitará en lo posible el desplante de tanques parte sobre terreno firme y parte sobre relleno.

D).- TIPOS DE CIMENTACIONES EN TANQUES CILINDRICOS VERTICALES.

Los tanques cilíndricos verticales además de ser los más usuales y económicos para almacenar, son los que mayores cargas inducen al suelo.

Es por ésto que el tipo de cimentación puede ser:

- 1.-Superficiales.
- 2.-Profundas.

Para definir cuál de estos tipos es el más adecuado, es necesario conocer las cargas actuantes y el estudio de mécanica de suelos.

E).- CARGAS QUE DEBEN CONSIDERARSE.

El análisis de cargas que se hacen para un tanque es mucho más sencillo que el que se hace para otra estructura y consiste en la determinación de:

- a).-Peso del tanque vacío.
- b).-Peso del tanque en operación (a su máxima capacidad).
- c).-Carga accidentales debidas a vientos, sismos, o efectos climatológicos como son nieve, etc..

El peso del tanque vacío lo podremos determinar a partir de los espesores de las láminas para fondo, pared y techo que proporcione el fabricante, los accesorios del tanque tales como escaleras, válvulas, medidores, boquillas, etc., se pueden considerar como cargas muy pequeñas a la pared del recipiente.

El peso del tanque en operación y bajo prueba hidrostática se determina con el peso de la columna del líquido.

II.2.- CIMETACINES SUPERFICIALES.

II.2.1.-ANALISIS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

A).- Capacidad de carga.

Para suelos suficientemente homogéneos, la capacidad de carga podrá estimarse recurriendo a la fórmula de Terzaghi para desplante en áreas circulares superficiales.

Tomando en cuenta que la flexibilidad del fondo del tanque impide la redistribución de esfuerzos, se considerará que la falla ocurre por corte local.

Para materiales cohesivos la prueba representativa será una triaxial (no consolidada - no drenada) o una de compresión simple.

Para materiales no cohesivos la resistencia considerada será la determinada en pruebas drenadas de resistencia al corte o, en su defecto, la estimada a partir del estado de compacidad y de la granulometría del material.

En el caso de subsuelos estratificados, se verificará la estabilidad de la cimentación suponiendo que la falla pueda ocurrir a lo largo de superficies circulares y recurriendo a métodos de análisis límite (Sueco, Bishop o similares).

B).- ASENTAMIENTOS ELASTICOS.

Se estimarán los asentamientos inducidos inmediatamente al llenar el tanque, recurriendo a la teoría de la elasticidad.

C).- ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION.

Se estimará la magnitud total y la evolución con el tiempo de los asentamientos por deformación volumétrica del subsuelo.

En suelos cohesivos los asentamientos finales se calcularán a partir de los resultados de las pruebas de consolidación unidimensional realizada en el laboratorio.

Los asentamientos a diferentes tiempos de la construcción se estimarán a partir de la teoría de la consolidación unidimensional de Terzaghi, para una estimación más precisa, en particular en la periferia del tanque, se tomará en cuenta la influencia por consolidación secundaria.

D).- SUSCEPTIBILIDAD DEL SUBSUELO A LA LICUACION.

Se considerará susceptible a la licuación e inadecuado para desplante superficial de tanques, todo estrato superficial de arena fina uniforme o de limo poco plástico (Índice de plasticidad menor de 6), en estado saturado, que presente una resistencia menor de 10 golpes/30 cm. en la prueba de penetración estándar.

E).- SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO AL COLAPSO.

Se considerará susceptible al colapso bajo carga e inadecuado para desplante superficial de un tanque, todo estrato de material limoso no saturado susceptible de llegar a saturación durante la vida útil de la estructura y tal que el coeficiente k_d sea menor de 0.5.

$$k_d = \frac{W_L - W_o}{I_p}$$

En que:

W_L = Contenido de agua en el límite líquido.

W_o = Contenido de agua natural.

I_p = Índice de plasticidad.

II.2.2.-TIPOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

II.2.2.1.-CIMENTACION SOBRE MURO ANULAR DE CONCRETO REFORZADO.

Este tipo de cimentación es recomendable para cualquier tipo de tanque. Las principales características de este tipo de cimentación se muestran en la fig. 6.

El fondo del tanque, descansará sobre un terraplén cuya altura se fijará en función de la posibilidad de inundación de la zona; en ningún caso esta altura será menor de 30 cms. sobre el nivel circundante.

El terraplén se constituirá después de sustituir al material superficial indeseable por un material libre de materias orgánicas y productos corrosivos. Los 10 cms. superiores del terraplén serán contruidos por arena limpia gruesa, grava o piedra molida, con tamaño de partícula de 1 a 2.5 cms. Este estrato se estabilizará con un producto asfáltico para poder dar a la superficie de apoyo la forma adecuada. Se dará una ligera pendiente a la superficie de apoyo del centro hacia la orilla con objeto de compensar posibles asentamientos esperados pero no deberá ser menor del 1%.

El muro deberá descansar sobre suelo inalterado o compactado y ser dimensionado de tal forma que la presión de contacto en su parte inferior sea aproximadamente igual a la presión actuante en el relleno confinado a la misma profundidad.

Usando este criterio el ancho del muro se calculará a partir de la siguiente formula:

$$b = \frac{100 W}{\sqrt{\delta_f H/2 + h (\zeta_m - \delta_c)}}$$

Donde:

b= Ancho del muro en cms.

H= Altura del tanque en m.

h= Altura del muro en m.

W= Peso de la pared lateral de acero y de la fricción de techo soportado por m.l en ton/m.

δ_f = Peso volumétrico del fluido en ton/m².

γ_m = Peso volumétrico del relleno confinado ton/m³.

γ_c = Peso volumétrico del concreto reforzado ton/m³.

El muro será reforzado en forma continua a lo largo de toda la circunferencia para resistir la presión h tal atribuible al material confinado y a la sobrecarga del fluido. La tensión del muro se calculará con la siguiente expresión:

$$T = P_o D/2$$

Donde:

T = Fuerza de tensión en la sección de muro, en tons.

D = Diámetro interior del muro, en m.

P_o = Presión horizontal en ton/m², la cual se calcula en la forma que se indica a continuación.

$$P_o = K_a (\gamma_m h + \gamma_f H)$$

Donde γ_m , h , γ_f y H fueron definidos anteriormente.

$K_a = \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2)$, siendo ϕ el ángulo de fricción interna del material de relleno.

II.2.2.2.-CIMENTACION SOBRE ZAPATA ANULAR DE GRAVA O ROCA TRITURADA.

Este tipo de cimentación (Fig. 7) se considerará adecuada en caso de que no se justifique el empleo de un muro de concreto, en particular si el suelo presenta una resistencia apreciable aún en los estratos superficiales.

La pared vertical se apoyará sobre la zapata anular de grava o roca triturada, a través de placas metálicas, estas placas deberán ser planas, de 1.25 cm. mínimo de espesor y extenderse a ambos lados de la pared cilíndrica hasta una distancia mínima de 15 cms.

II.2.2.3.-ESTABILIZACION DEL SUBSUELO.

Si el subsuelo no permite asegurar la estabilidad del tanque o puede ocasionar asentamientos mayores que los permisibles, se estudiará la posibilidad de estabilizarlo recurriendo a una de las técnicas enumeradas a continuación.

1.-REMOLICION DE MATERIAL OBJETABLE.-Al igual que los materiales superficiales indeseables, los estratos blandos localizados a poca profundidad podrán ser removidos y sustituidos por material compacto.

2.-CONSOLIDACION POR PRECARGA.-En algunos casos es posible construir cimentaciones de tanques sin retirar las capas malas, si se tiene tiempo, antes de iniciar la construcción de los tanques, una solución muy práctica es la de colocar rellenos de carga sobre los depósitos compresibles para que se contraigan antes de construir el recipiente.

La sobrecarga tiene dos propósitos: reducir los asentamientos que se presentarán al entrar el tanque en operación y el producir suficiente resistencia en el terreno para reducir al mínimo las probabilidades de colapso total del tanque.

3.-ESTABILIZACION DEL MANTO MALO.-Por medios químicos o a base de inyecciones de lechada de cemento, se puede estabilizar el material blando, sin embargo éste método puede llegar a ser tan costoso o más que el uso de pilotes.

4.-COMPACTACION DE MATERIALES SUELOS INSITU.-La compactación de estratos superficiales de materiales arenosos sueltos se llevará a cabo recurriendo a métodos tales como vibroflotación o hincado de pilotes cortos. La compacidad obtenida deberá unificarse en todos los casos por medio de pruebas de penetración estándar.

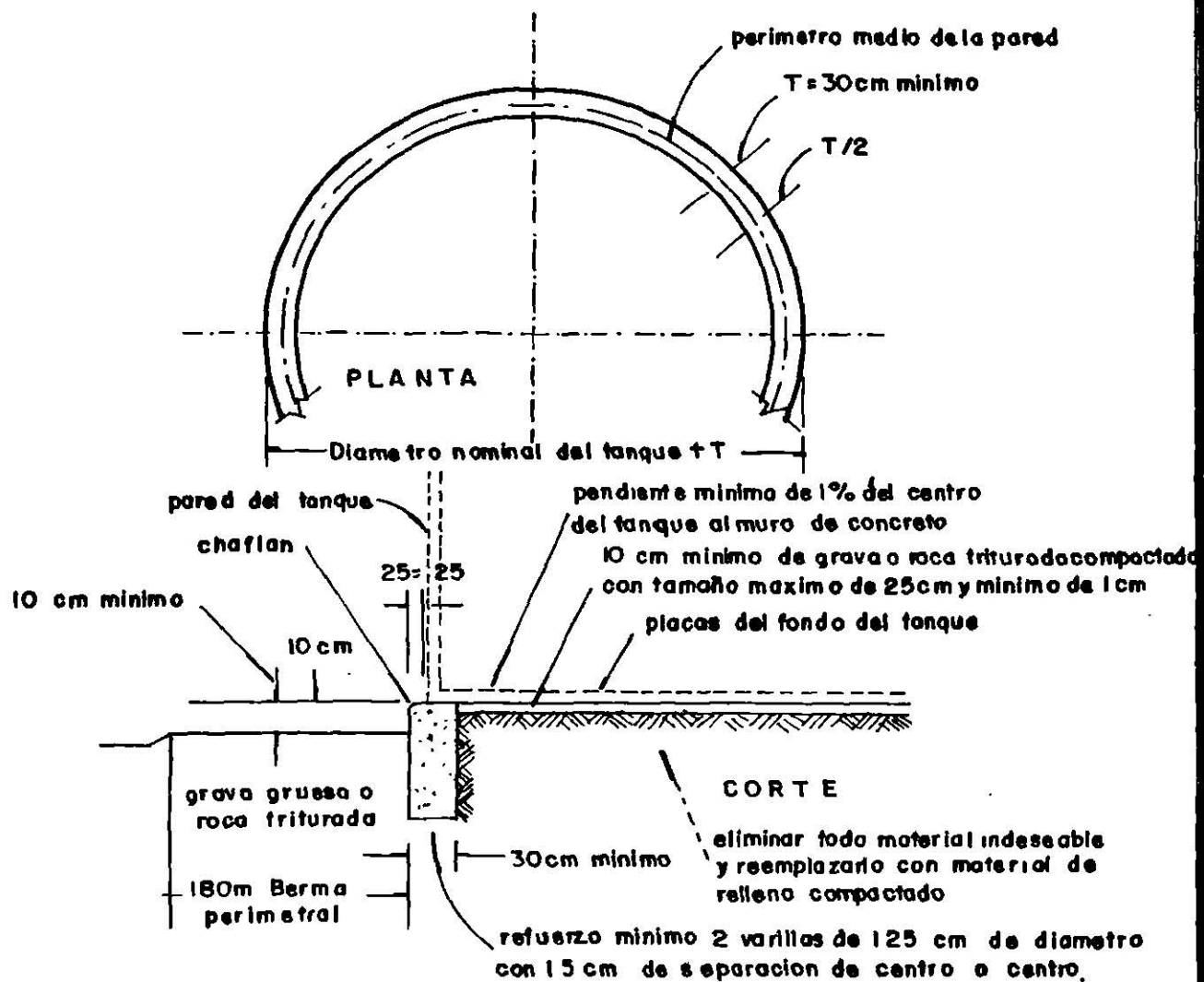


FIGURA 6. CIMENTACION SOBRE MURO ANULAR DE CONCRETO

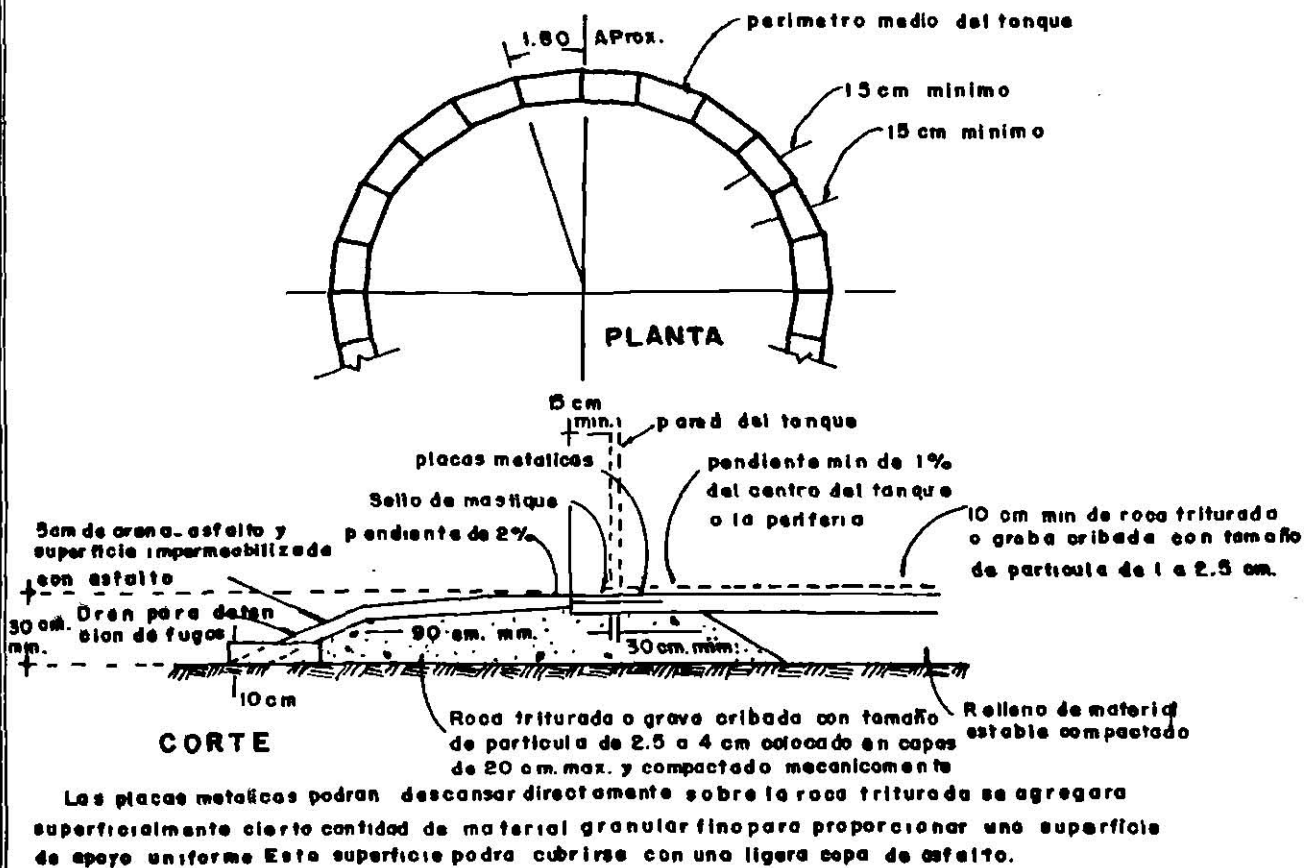


FIGURA 7. - CIMENTACION SOBRE ZAPATA DE GRAVA ROCA TRITURADA

II.3.- TIPOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS.

II.3.1.-CIMENTACION RIGIDA.

Este tipo de cimentación (Fig. 8) sólo se empleará si así lo requiere las características del tanque y del producto almacenado.

Los pilotes empleados serán pilotes de punta, cuyas cabezas estarán unidas por una losa de concreto reforzado, diseñada despreciando el soporte proporcionado por el suelo en su parte inferior.

El tanque descansará sobre la losa a través de un terraplen.

II.3.2.-CIMENTACION FLEXIBLE.

En este caso las cabezas de los pilotes serán rodeadas y cubiertas por una capa de grava o roca triturada compactada, que asegurará la transmisión de carga a los pilotes por arqueado y permitirá la absorción de pequeños movimientos diferenciales entre pilotes sin causar daños a la estructura.

Este material y el relleno subyacente serán confinados por medio de un muro anular en el que descansará el tanque. Los detalles del desplante superficial será idénticos al de cimentación sobre muro anular de concreto reforzado (Fig. 9.).

II.3.3.-CIMENTACION CON PILOTES Y/O TABLAESTACAS.

Es posible evitar la falla del tanque confinado el movimiento lateral de los suelos débiles, por medio de una pared anular de concreto, pantalla de pilotes o tablaestacas metálicas como se ilustra en la fig. 10. La pared anular de concreto puede ser la solución hasta unos 10 mts., más profundo tendrán que usarse pantallas de pilotes o tablaestacas metálicas, con el inconveniente que estas pueden resultar demasiado caras.

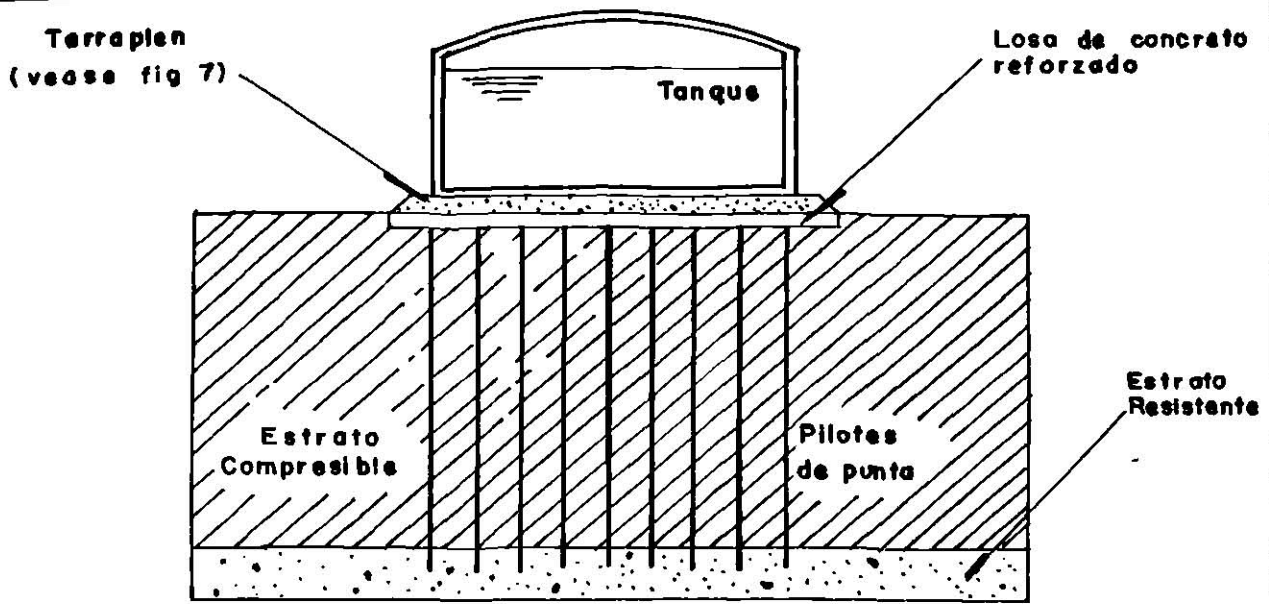


FIGURA 8.- CIMENTACION RIGIDA SOBRE PILOTES DE PUNTA

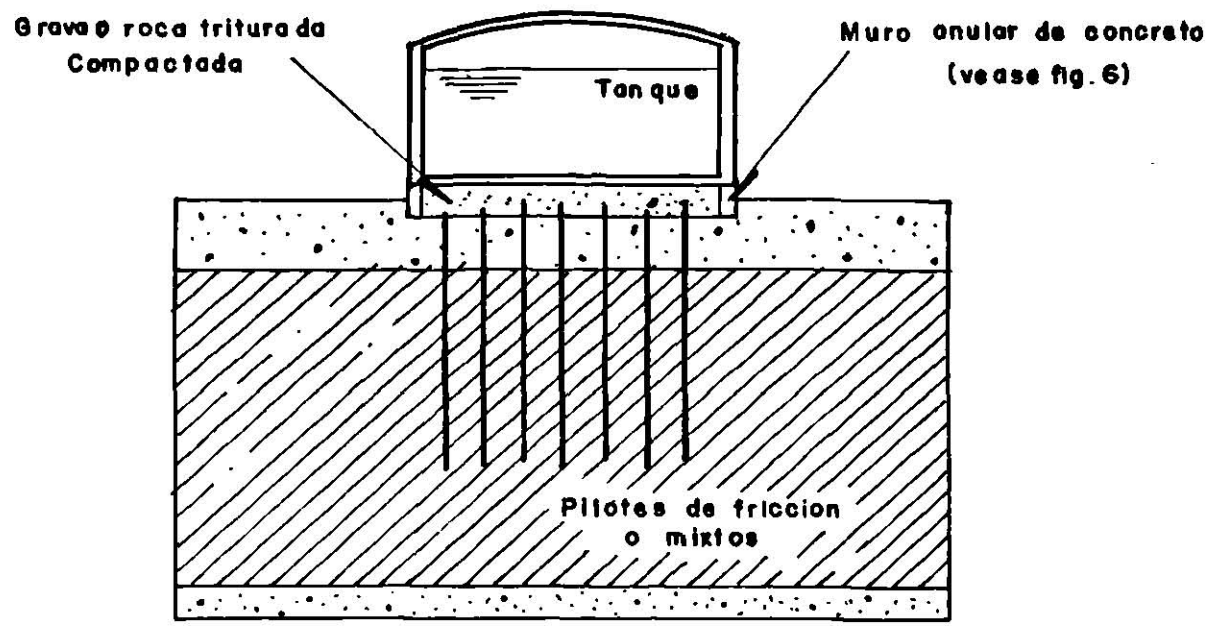
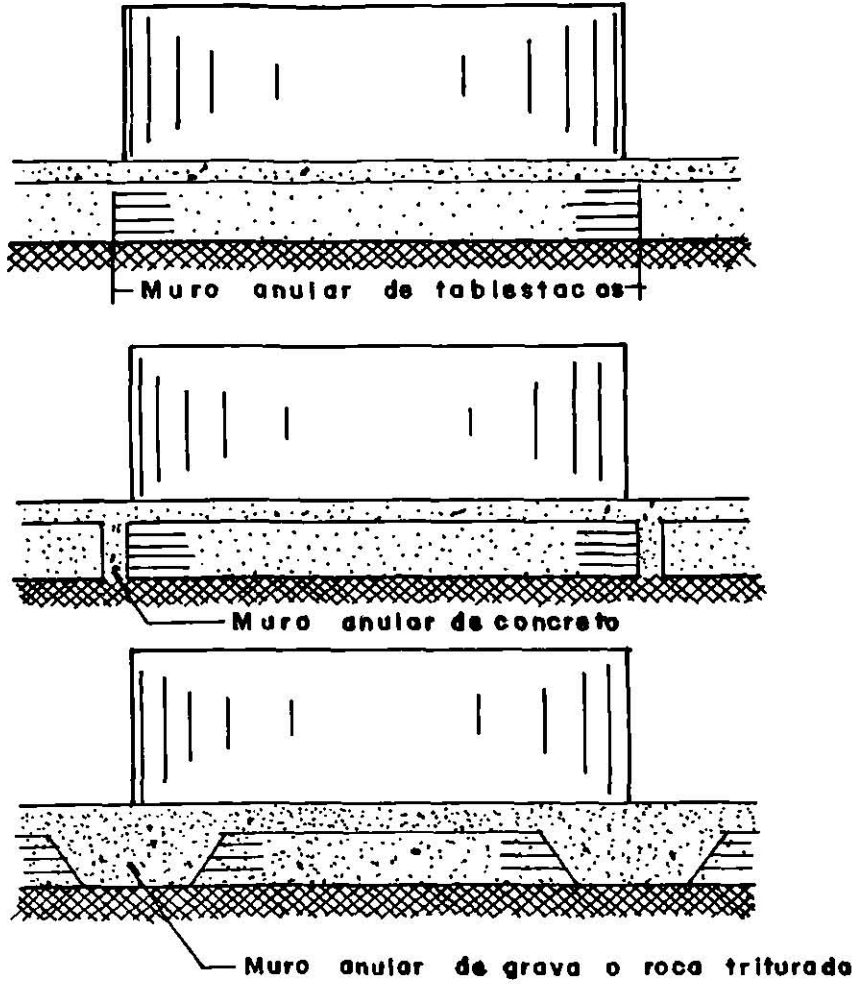




FIGURA 9.- CIMENTACION FLEXIBLE SOBRE PILOTES DE FRICCION O MIXTOS



Relleno 

 Suelo blando 


 Suelo firme 

FIGURA 10.-MUROS ANULARES DE CONFINAMIENTO

C A P I T U L O III

III.- PROYECTO DE UN TANQUE DE 55,000 BLS.

III.1.- CALCULO DE LA CIMENTACION.

III.1.1.- CARACTERISTICAS DEL LUGAR.

El terreno estudiado está ubicado, en una zona sensiblemente plana, inundable temporalmente, debido al estancamiento de la precipitación pluvial.

III.1.2.- EXPLORACION DEL SUBSUELO.

* Exploración.

Para conocer la estratigrafía de este lugar, se perforó un sondeo mixto en los puntos del área de estudio.

Los sondeos se efectuaron con máquina rotatoria Longyear, equipada con bomba Moyno para lodos, barras AW, así también con muestreadores standar; empléandose además lodo bentonítico para el ademe de la perforación.

* Avance con penetración standard.

Este método de exploración tiene dos objetivos: el primero es obtener muestras alteradas representativas de los suelo, el segundo es el de conocer, con base en correlaciones, el orden de magnitud de los parámetros de resistencia del suelo donde fue realizada la prueba de penetración.

El muestreador que se empleó en cada sondeo es el standar de media caña, de 800 mm. de longitud, hincado con el martinete de 63.5 kg. de peso, mediante caída libre desde 76 cm. de altura.

En cada prueba realizada se hincaron primero 15 cms. y a partir de este punto se contaron los golpes del martinete necesario para avanzar el penetrómetro otros 30 cms. Este número de golpes es el que se reporta como resultado de la prueba y el que se indica en los registros de exploración.

* Muestreos con tubos de pared delgada.

El objeto de emplear este tipo de muestreo es el de obtener muestras lo menos alteradas posibles que sean apropiadas para realizar con ellas pruebas de compresibilidad y de resistencia, que no se pueden efectuar en las muestras obtenidas con el penetrómetro standar, debido a la alteración tan fuerte que este tipo de muestreador le produce a las muestras con él extraídas.

El muestreador que se usó es el de tipo Shelby, de 1m. de largo y de 0.10 m. de diámetro interior, hincado a presión a velocidad constante lo más aproximado que se pudo.

* Avance auxiliar.

El avance para completar los 60 cms. de la prueba de penetración standar y los 80 cms. del muestreo inalterado, que normalmente se avanzan en este tipo de ensayos, se afectuó a base de rotación con broca tricónica.

* Posición del nivel de aguas freáticas.

El nivel de aguas freáticas (N.A.F.) se localizó mediante la excavación manual de un pozo a cielo abierto encontrándose a 2.95 mts. de profundidad, pero se hace notar que es variable con las estaciones del año.

III.1.3.- ENSAYES DE LABORATORIO.

Con las muestras obtenidas en ambas perforaciones, se efectuaron diversos ensayos de laboratorio, de acuerdo con la naturaleza de los suelos de dichas muestras, con lo cual se pudieron clasificar los distintos materiales encontrados y conocer sus propiedades mecánicas.

Las propiedades índice se determinaron mediante los ensayos de contenido natural de agua, límites de Atterberg y análisis granulométrico.

Las propiedades mecánicas de los suelos granulares se determinó en base a la correlación existente entre el número de golpes de la prueba de penetración standar y el ángulo de fricción interna del material. Los materiales se clasificaron, siguiendo los linemien-

tos del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

A).- ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION.
0.00 - 0.70	Arena fina limosa color café oscuro (SM), material de relleno, semicompacta. Su compactación relativa es de 35.50% aprox. $\phi = 31^\circ$.
0.70 - 1.30	Arena fina limosa de colores café, gris, cobre con vetas de color negro, su estado es semicompacto. La compactación relativa es de 30.20% aprox. $\phi = 30^\circ$.
1.30 - 2.50	Arena fina limosa de color gris (SP-SM) semicompacta. Cr= 30.20% aprox. $\phi = 30^\circ$.
2.50 - 4.30	Arena fina limosa de color gris (SP-SM) semicompacta. Cr= 42.50% aprox. $\phi = 32^\circ$.
4.30 - 7.90	Arena fina limosa color gris (SP-SM) mezclada con restos fósiles fragmentados se encuentra semicompacta, Cr= 46.0% aprox. $\phi = 32^\circ$.
7.90 - 10.90	Arena fina limosa de color gris (SM), intercalada con una veta de arcilla color gris oscuro, Cr= 39.0% aprox. $\phi = 31^\circ$.
10.90 - 11.50	Arena fina arcillosa (SC) color gris, con una veta de arcilla gris oscuro. Su estado es suelto Cr= 18.30% aprox. $\phi = 29^\circ$.
11.50 - 14.50	Arcilla limo-arenosa color gris oscuro (CL) su consistencia es semidura C= 0.45 kg/cm ² . aprox. $\phi = 29^\circ$.

14.50 - 18.30 Limo-arenoso color gris obscuro (OL) $C = 0.44 \text{ kg/cm}^2$.
 $\phi = 29^\circ$.

18.30 - 25.00 Arcilla color gris, azul y café claro de alta plasticidad (CH) y de consistencia muy dura $C = 1.17 \text{ kg/cm}^2$. aprox.

B).- ESTUDIO DE LA CIMENTACION.

Para el análisis de la cimentación, se tomará en cuenta la estratigrafía y características mecánicas e hidráulicas de los suelos principalmente en lo referente a su resistencia y deformabilidad.

1.- CAPACIDAD DE CARGA.

PROF. DE DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA ADMITIDA (TON/M2)
0.60	12.50
1.20	14.72
1.80	19.35
2.40	20.60
3.00	23.70

Con un factor de seguridad (F.S)= 3

La presión estimada que transmitirá el tanque es de 12.50 ton/m².

La profundidad de desplante será de 1.20 mts.

2.- ASENTAMIENTOS INMEDIATOS.

Para el análisis de asentamientos, se recurrió a la teoría semiempírica de Terzaghi para losa de cimentación desplantada en arena, estimándose un asentamiento de 0.55 cm. mismo que se presentará en la etapa de construcción. En este análisis se consideró una presión de contacto de 12.50 ton/m².

Tomaremos la cimentación a base de anillo de concreto reforzado ya que la resistencia del terreno es aceptable y que la profundidad de desplante es de 1.20 mts., el anillo será de 1.50 mts. de altura,

y se cambiará el material que se encuentra hasta 1.20 mts. por un material compactado en capas de calidad aceptable.

III.1.4.- PROPORCIONES OPTIMAS.

Haciendo un análisis matemático de las proporciones óptimas de un tanque de cualquier capacidad tenemos:

$$A_f = \text{Area del fondo} = \pi D^2/4$$

$$A_e = \text{Area de la envolvente} = \pi DH$$

$$V = \text{Volumen del tanque} = \pi D^2 L/4$$

$$A_t = A_f + A_e = \pi D^2/4 + \pi DH$$

$$V = \pi D^2 L/4 \text{ por lo tanto } 4V/D = \pi D H$$

$$A_t = \pi D^2/4 + 4V/D \text{ derivando el área con respecto al diam.}$$

$$D/2 = 4V/D^2 \text{ por lo tanto } D/2 = 4V/D^2$$

$$D^3 = 8V \text{ de donde } D = [8V/\pi]^{(1/3)}$$

$$55,000 \text{ Bls.} = 8745 \text{ M}^3.$$

$$D = [8 \times 8745/\pi]^{(1/3)}$$

$$\text{De donde el } D = 28.13 \text{ mts. y } H = 4V/D^2 \text{ de donde } H = 14.07 \text{ mts.}$$

La relación que nos dan estas dimensiones son: $D=2H$

Pero el diseño no se sujetará a esta fórmula sino que se buscará la mayor aproximación ateniéndose a las dimensiones de los materiales que nos ofrecen las especificaciones. Recurriendo a la tabla 1 que nos ofrece las dimensiones típicas y capacidades aproximadas correspondientes a tanques con anillos de 96", 2438 mm de ancho soldados a tope recomendadas por el A.P.I. se tiene un tanque de 100 ft (30.48 mts.) de diámetro por 40 ft (12.19 mts.) de altura nos da la siguiente proporción $D= 2.50 H$, que es la que más se aproxima a la relación matemática obtenida.

**TABLA N.º 1 TAMAÑOS TÍPICOS Y CAPACIDADES NOMINALES CORRESPONDIENTES
PARA TANQUES CON ANILLOS DE 2438 mm (96" DE ANCHOS SOLDADOS A TOPE**

DIAMETRO DEL TANQUE MIM	CAPACIDAD APR. POR METRO DE ALTURA (BARRILES)	ALTURA DEL TANQUE M.							
		4.87 (16)	7.31 (24)	9.75 (32)	12.19 (40)	14.63 (48)	17.06 (56)	19.50 (64)	
		2	3	4	5	6	7	8	
		NUMEROS DE ANILLOS EN LA ALTURA TOTAL DE TANQUE							
3.04 (10)	48 (14)	225	335	450	-	-	-	-	-
4.57 (15)	109 (31.5)	503	755	1,010	1,260	-	-	-	-
6.09 (20)	184 (56)	900	1,340	1,790	2,240	2,690	-	-	-
7.62 (25)	287 (87.4)	1,400	2,100	2,800	3,500	4,200	4,900	5,600	
9.14 (30)	415 (126)	2,020	3,020	4,030	5,040	6,040	7,050	8,060	
10.66 (36)	562 (171)	2,740	4,110	5,480	6,850	8,230	9,600	10,980	
12.19 (40)	734 (224)	3,360	5,370	7,180	8,990	10,740	12,540	14,340	
13.71 (45)	930 (283)	4,330	6,800	9,060	11,340	13,600	15,860	18,140	
15.24 (50)	1,147 (350)	5,600	8,400	11,200	14,400	16,800	19,600	22,400	
16.76 (54)	1,385 (414)	7,080	10,620	14,160	18,120	21,600	25,140	28,220	
18.28 (60)	1,653 (504)	8,760	12,960	17,280	22,080	26,160	30,480	34,640	
21.33 (70)	2,250 (687)	10,960	16,440	21,960	27,440	32,930	38,410	43,890	
24.38 (80)	2,956 (905)	14,320	21,500	28,670	36,840	45,010	53,180	61,350	
27.43 (90)	3,717 (1,133)	18,130	27,220	36,290	46,360	55,410	64,460	73,510	
30.48 (100)	4,589 (1,399)	22,380	33,600	44,800	56,000	67,200	78,400	89,600	
36.57 (1200)	6,610 (2,014)	32,250	48,380	64,500	80,620	96,740	112,860	128,980	
42.67 (140)	8,994 (2,742)	45,900	65,860	85,820	105,780	125,740	145,700	165,660	
48.76 (160)	11,730 (3,591)	57,340	74,600	91,860	109,120	126,380	143,640	160,900	
54.86 (180)	14,889 (4,532)	72,370	93,410	114,850	136,290	157,730	179,170	200,610	
60.96 (200)	18,358 (5,598)	89,600	114,490	140,980	167,470	193,960	220,450	246,940	
67.06 (220)	22,215 (6,770)	108,410	139,420	170,830	202,240	233,650	265,060	296,470	

NOTAS: 1.- Las capacidades nominales dadas en esta Tabla, están basadas en la fórmula: Capacidad (C. 0.699m³ barril) = 4.94 D² l. En donde D = Diámetro del tanque sobre de la Plancha m (pies).
 l = Altura anillada del tanque m (pies.)
 2.- Las capacidades y diámetros subrayados en las columnas 4 y 9 inclusive, son máximo para las alturas de tanques mostrados basado en un espesor máximo permisible de 127 mm. (1/2") para plancha de la envolvente y un esfuerzo máximo permisible de diseño.

III.1.5.- CALCULO DE LA CIMENTACION.

Datos:

Capacidad.- 55,000 Bls.

Producto.- Crudo estabilizado, se considerará agua por la prueba hidrostática que se realiza en el tanque ya terminado.

Diámetro.- 30.48 Mts.

Altura del material de relleno.- 1.50 Mts.

Peso del material de relleno.- 1.80 Ton/m³.

Angulo de fricción del material de relleno.- 30°

Peso del cuerpo y accesorios.- 1.88 Ton/m.

Peso del volumen del concreto.- 2,400 Kg/m³.

Resistencia del terreno.- 15 Ton/m².

$$b = \frac{100 W}{\gamma_f H/2 + h (\gamma_m - \gamma_c)}$$

$$b = 188/5.195 = 36.18 \text{ cms.}$$

$$b = 36 \text{ cms. } T = P_o D/2 \quad P_o = K_a (m h + f h)$$

$$K_a = \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2) \quad K_a = \text{tg}^2 (45^\circ - 30/2)$$

$$K_a = \text{tg}^2 (30^\circ) \quad K_a = 0.333$$

$$P_o = 0.333 \times (1.80 \times 1.5 + 1 \times 12.19)$$

$$P_o = 4.958 \text{ ton/m. } T = P_o D/2$$

$$T = 4.963 \times (30.48 - 0.72)/2 \quad T = 73.65 \text{ Ton.}$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2. \quad f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2.$$

Por especificación el área mínima de acero de refuerzo del anillo será 0.002 veces el área de la sección transversal más el refuerzo adicional necesario para soportar el empuje lateral del terraplén con la sobrecarga del peso del tanque lleno, el acero de refuerzo será de varilla corrugada colocada continuamente traslapada en toda la longitud del anillo.

$$T = A_s f_y \quad A_s = T/f_y$$

$$A_s = 73,650 \text{ kg} / 4,200 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A_s = 17.54 \text{ cm}^2.$$

Usando varilla de 3/4" de \emptyset y colocando refuerzo en dos lechos:

$$\# \text{ vars. } 3/4" = 17.54 \text{ cm}^2 / 2.87 \text{ cm}^2 = 6.11 = 7 \text{ varillas.}$$

Se colocarán 7 varillas en cada lecho.

La separación será igual a :

$$s = 1.40 / 7 = 0.20 \text{ mts.} \quad s = 20 \text{ cms. c.a.c.}$$

La longitud de traslape será:

$$L_d = 0.06 A_b f_y / \sqrt{f'_c} \geq 0.006 d b f_y$$

$$L_d = 0.06 \times 2.87 \times 4200 / (200)^{1/2}$$

$$L_d \text{ min.} = 51.14 \text{ cms.}$$

Se traslaparán 55 cms.

En el sentido transversal se armará para absorber los esfuerzos por cambio de temperatura.

$$A_s = 0.002 \times 150 \times 36$$

$$A_s = 10.80 \text{ cm}^2.$$

Usando varilla de 1/2" , tendremos:

$$\text{Número de varillas} = 10.80 / (2 \times 1.27) = 5 \text{ Vars.}$$

$$\text{Separación} = 100 / 5 = 20 \text{ cms. c.a.c.}$$

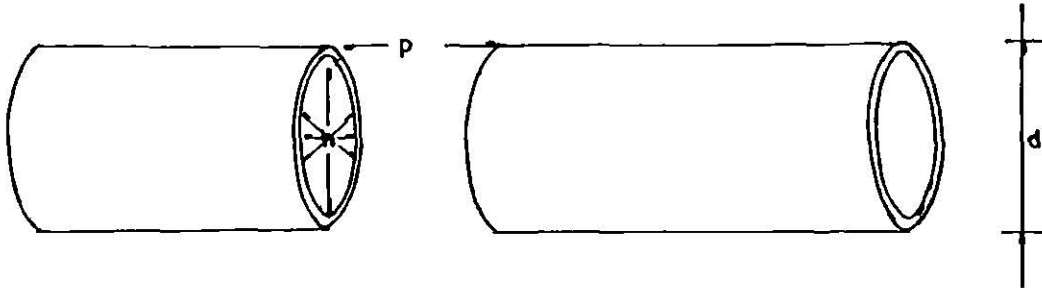
III.2.- DIMENSIONAMIENTO DEL CUERPO CILINDRICO (ENVOLVENTE).

III.2.1.- ANALISIS DE ESFUERZOS.

Antes de hacer el cálculo se analizará en qué se basa la fórmula que dan las especificaciones del A.P.I para el diseño de espesores de las láminas de los anillos que forman la envolvente la fórmula está basada en la Teoría de la membrana que se expondrá a continuación.

" Si en un cilindro de pared delgada se ejerce una presión interna, da como resultado un esfuerzo uniforme en la pared que se manifiesta en dos direcciones, uno longitudinalmente y el otro circunferencialmente". Se analizará dichos esfuerzos para saber cual nos controla el diseño.

ESFUERZOS LONGITUDINAL.- Si se limita el análisis al esfuerzo de presión solamente, se tiene el siguiente diagrama de cuerpo libre.



n = presión interna.

p = fuerza que tiende a romper longitudinalmente el recipiente.

A = área interior de la tapa sobre la cual actúa la fuerza

a = área del metal resistiendo longitudinalmente

l = longitud del cilindro

t = espesor de la pared del cilindro

d = diámetro del cilindro

$$A = \pi d^2 / 4$$

$$p = nA = n \pi d^2 / 4$$

Donde el esfuerzo f será:

$$f = p/a$$

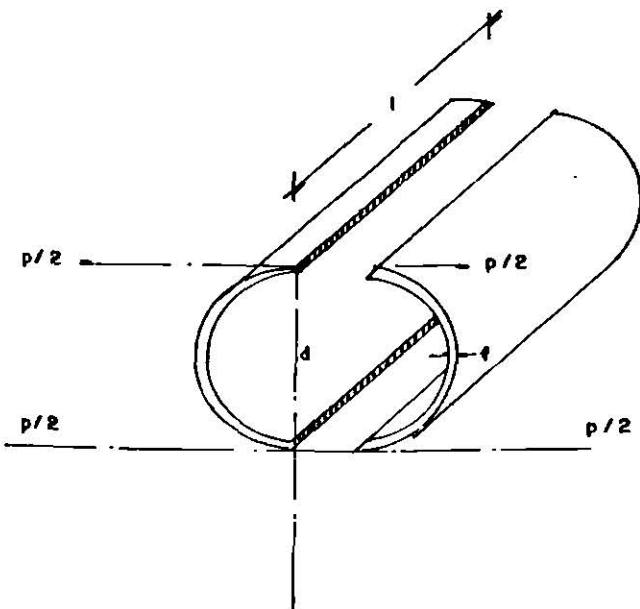
$$a = t \pi d$$

$$f = \frac{n \pi d^2}{4 t \pi d} = \frac{n d}{4 t}$$

Despejando a t :

$$t = \frac{n d}{4 f} \dots \dots \dots (1)$$

ESFUERZOS CIRCUNFERENCIALES.- En la siguiente figura se hace un diagrama de cuerpo libre del cilindro para analizar el esfuerzo circunferencial.



p = fuerza que tiende a romper el recipiente circunferencialmente.

a = área del metal resistiendo la fuerza.

$$p = nd$$

$$a = 2 t l \quad f = P/A$$

$$f = n d / 2 t$$

Despejando t :

$$t = \frac{n d}{2 f} \dots \dots \dots (2)$$

Como se aprecia en esta última ecuación nos controla el diseño ya que resulta dos veces mayor que la ecuación (1). La fórmula deducida para el diseño no toma en cuenta la tolerancia para la corrosión, ni tampoco la eficiencia de las juntas soldadas.

Es por eso que el A.P.I., introduce en esta fórmula un factor de eficiencia (E) de las juntas soldadas, y considera también la corrosión sufrida por el metal.

Aplicando lo anterior tenemos que:

$$t = \frac{n \cdot d}{2fE} + c \dots\dots\dots(3)$$

En la que:

E= eficiencia de la junta (generalmente es igual a 0.85)

c= corrosión perimetral.

Los esfuerzos se calcularán suponiendo que el tanque está completamente lleno de agua a 16° C con el peso específico de 1 Kg/dm3. (62.4 lb/pie3.)

La tensión en cada anillo se calculará 12" arriba de la junta horizontal inferior de cada anillo en cuestión. En el cálculo de estos esfuerzos, el diámetro del tanque se tomará como el diámetro nominal del fondo (1er. anillo).

Para explicar lo anterior se analiza la presión hidrostática y se hacen algunas consideraciones.

La presión hidrostática de un tanque varía desde un mínimo en la parte más alta de la hilera superior, a un máximo en el fondo en la hilera inferior. Si para calcular el espesor de un anillo en particular, se basará en la presión de la parte inferior, resultaría un sobrediseño y sería antieconómico; y un diseño basado en la mínima presión, o sea en la parte superior del anillo daría como resultado un diseño bajo.

Las consideraciones que se tienen en cuenta son debidas a la resistencia proporcionada por las placas de unión de dos anillos.

Además que se debe de tomar en consideración que las placas del fondo del tanque dan una mayor resistencia al primer anillo, esta resistencia es efectiva para una altura apreciable.

Es una unión de dos anillos intermedios con placas pesadas, estarán trabajando con poco esfuerzo, esto tiende a anular cualquier sobre-esfuerzo en la parte inferior del anillo en consideración.

Por eso se basa el diseño a una altura de 12" (30.48 cms.) de la parte inferior la cual puede ser considerada como conservadora.

La ecuación siguiente toma en cuenta la densidad del agua porque se supone que no excede a la del fluido ya que se utiliza agua en la prueba hidrostática.

$$n = p \frac{(H - 1)}{144} \quad \text{(sistema inglés)} \quad (4)$$

$$n = p(H - 0.30) \quad \text{(sistema métrico)} \quad (5)$$

Donde:

p= Densidad del agua a 60° F ó 15° C = 62.37 lb/ft³.
= 0.001 Kg/cm³.

H= Altura en ft ó mts. de la parte inferior del anillo en consideración a la parte superior del ángulo de unión de la envolvente con la cúpula (altura del tanque), o a la parte inferior de cualquier vertedor de demasías, el cual limita la altura de llenado del tanque.

n= presión en lbs/pulg². ó Kg/cm².

En la construcción de la envolvente con anillo soldados a tope con doble soldadura el valor de n puede ser sustituido en la ecuación (3) cuando se utiliza un esfuerzo de diseño de 21,000 lb/pulg². = 1,470 Kg/cm². para placas A-264 una eficiencia de 0.85, sustituyendo estos valores tenemos:

Para el sistema inglés:

$$t = \frac{62.37 (H - 1) 12 D}{2 (21,000) (0.85) (144)} + C$$

$$t = 0.0001456 (H - 1) D + C \dots\dots\dots (6)$$

En el sistema métrico:

$$t = \frac{0.001 (H - 0.30) (10,000)}{2 (1470) (0.85)} D + C$$

$$t = 0.004 (H - 0.30) D + C \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

T= espesor en pulgadas, cms.

H= altura como se definió en la ecuación (4 y 5)

C= corrosión en pulgadas, cms.

D= diámetro interior del tanque en pies y mts.

Las fórmulas (6) y (7) son las recomendadas por el A.P.I.

Para el cálculo se usará la fórmula del sistema inglés, ya que todas las casas comerciales trabajan con pulgadas o pies, así como también en la mayoría de los manuales usan dicho sistema, aunque se pondrá su equivalencia en unidades métricas.

El tanque de diseño tiene una altura de 40 ft y constará de 5 anillos cuyos espesores se procederá a calcular.

III.2.- CALCULO DE ESPESORES DE ANILLOS DE LA ENVOLVENTE.

- Calculo del espesor de las placas del 1er. anillo:

$$D = 100 \text{ ft} \qquad H_1 = 40 \text{ ft} \qquad C = 1/16''$$

$$t_1 = 0.0001456 (40 - 1) (100) + 1/16''$$

$$t_1 = 0.63034 = 3/4'' = 19.1 \text{ mm.}$$

Se usará una placa comercial de 3/4" que es la inmediata superior.

- Cálculo del espesor de las placas del 2do. anillo.

$$H2 = H1 - 8 \qquad H2 = 40 - 8 \qquad H = 32'$$

$$t2 = 0.0001456 (32 - 1) (100) + 0.0625''$$

$$t2 = 0.5138'' = 5/8'' = 15.9 \text{ mm.}$$

Se usará placa de 5/8" de espesor.

- Cálculo del espesor de las placas del tercer anillo.

$$H3 = H1 - 16 \qquad H3 = 40 - 16 \qquad H3 = 24'$$

$$H3 = 0.0001456 (24 - 1) (100) + 0.0625''$$

$$t3 = 0.39738 = 1/2'' = 12.7 \text{ mm.}$$

Se usará placa de 1/2" de espesor.

- Cálculo del espesor de las placas del cuarto anillo.

$$H4 = H1 - 24 \qquad H4 = 40 - 24 \qquad H4 = 16'$$

$$t4 = 0.0001456 (16 - 1) (100) + 0.0625''$$

$$t4 = 0.2809 = 5/16'' = 7.9 \text{ mm.}$$

Se usará placa de 5/16" de espesor.

- Cálculo del espesor de la placa del quinto anillo.

$$H5 = H1 - 32 \qquad H5 = 40 - 32 \qquad H5 = 8'$$

$$t5 = 0.0001456 (8 - 1) (100) + 0.0625''$$

$$t5 = 0.16442 = 1/4'' = 6.4 \text{ mm.}$$

Como se observa a medida que aumenta el número de anillos disminuye el espesor de las placas, y como el quinto anillo se llegó al espesor de 3/16" se tomará el espesor mínimo de 1/4" que marcan las especificaciones.

III.2.3.- CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS DE LA ENVOLVENTE.

Para el cálculo del número de placas se analizarán por anillo, debido al cambio de espesores.

- Cálculo del número de placas del 1er. anillo.

$$\text{Diámetro medio del tanque} = 100' + 0.0625' = 100.0625'$$

$$\text{Dimensión de cada placa} = 8' \times 30'$$

$$\text{Perímetro medio} = 314.355'$$

$$\text{Número de placas} = \frac{314.355'}{30'} = 10.478$$

Como se observa se necesitan 10 placas enteras y un recorte, que darán 11 uniones soldadas que por especificación ocuparán un espacio de 1/8" cada uno por lo que se ajustará al número de placas.

$$\text{Perímetro medio} = 314.355'$$

$$\text{Espacio para uniones} = 11 \times 0.0104 = 0.115'$$

$$\text{Perímetro cubierto con 10 placas} = 300'$$

$$\text{El recorte será de una longitud de} = 14.24'$$

$$\text{Por lo tanto se empleará un recorte de} = 14' 2 \frac{7}{8}" \times 8'$$

- Cálculo del número de placas del 2do. anillo.

$$\text{Diámetro medio del tanque} = 100' + 0.052' = 100.052'$$

$$\text{Perímetro medio} = 314.323'$$

$$\text{Número de placas} = \frac{314.323'}{30'} = 10.477$$

$$\text{Perímetro medio} = 314.323'$$

$$\text{Espacio para uniones soldadas} = 0.115'$$

$$\text{Perímetro cubierto con 10 placas} = 300'$$

$$\text{El recorte será de una longitud} = 14.208'$$

$$\text{Por lo tanto se empleará un recorte de} = 14' 2 \frac{1}{2}" \times 8'$$

- Cálculo del número de placas del 3er. anillo.

$$\text{Diámetro medio del tanque} = 100 + 0.04167 = 100.04167'$$

$$\text{Perímetro medio} = 314.290'$$

$$\text{Número de placas} = \frac{314.290'}{30'} = 10.476$$

$$\text{Espacio para uniones soldadas} = 0.115'$$

$$\text{Perímetro cubierto con 10 placas} = 300'$$

$$\text{El recorte será de una longitud de} = 14.175'$$

$$\text{Por lo tanto se empleará un recorte de} = 14' 2" \times 8'$$

- Cálculo del número de placas del cuarto anillo.

$$\text{Diámetro medio del tanque} = 100' + 0.026 = 100.026'$$

$$\text{Perímetro medio} = 314.241'$$

$$\text{Número de placas} = \frac{314.241'}{30'} = 10.474$$

Espacio para uniones soldadas= $11 \times 0.0078 = 0.086'$

Perímetro cubierto con 10 placas= $300'$

El recorte será de una longitud de $= 14.155'$

Por lo tanto se empleará un recorte de $14' 1 \frac{7}{8}'' \times 8'$

- Cálculo del número de placas del quinto anillo.

Diámetro medio del tanque = $100 + 0.0208 = 100.0208'$

Perímetro medio = $314.224'$

Espacio para uniones soldadas = $0.086'$

Perímetro cubierto con 10 placas = $300'$

El recorte será de una longitud de $= 14.138'$

Por lo tanto se empleará un recorte de $= 14' 1 \frac{3}{4}'' \times 8'$

Haciendo un resumen del cálculo anterior tenemos:

primer anillo.....10 placas de $8' \times 30'$... recorte de $8' \times 14' 2 \frac{7}{8}''$

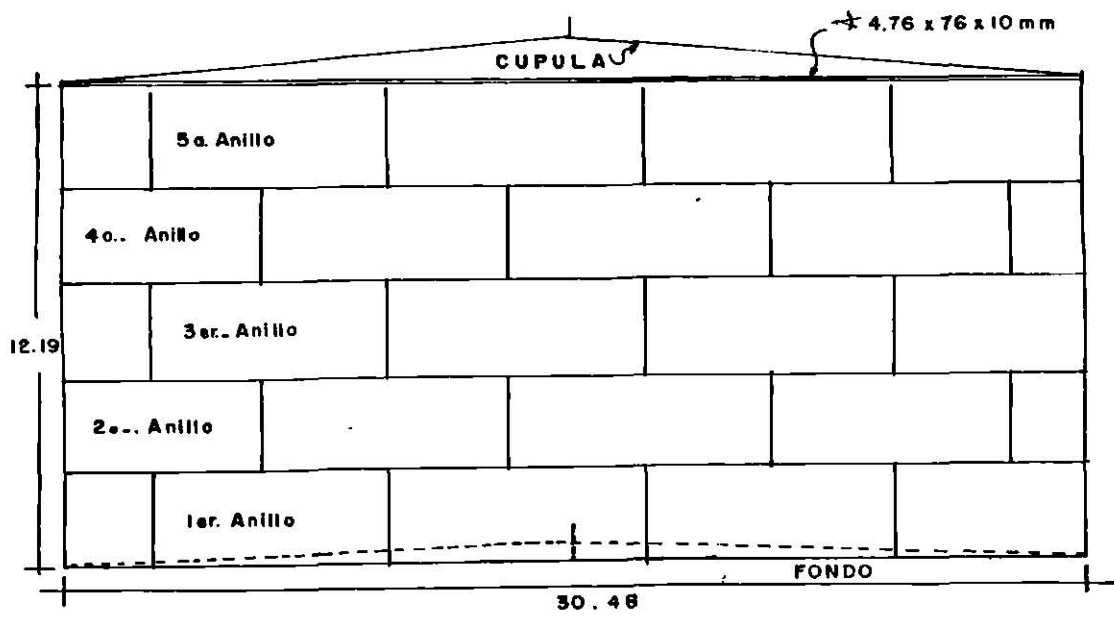
segundo anillo..... 10 placas de $8' \times 30'$... recorte de $8' \times 14' 2 \frac{1}{2}''$

tercer anillo 10 placas de $8' \times 30'$... recorte de $8' \times 14' 2''$

cuarto anillo 10 placas de $8' \times 30'$... recorte de $8' \times 14' 1 \frac{7}{8}''$

quinto anillo 10 placas de $8' \times 30'$... recorte de $8' \times 14' 1 \frac{9}{16}''$

Las soldaduras se harán por especificación, dependiendo el espesor de la soldadura del espesor de la placa en estudio.



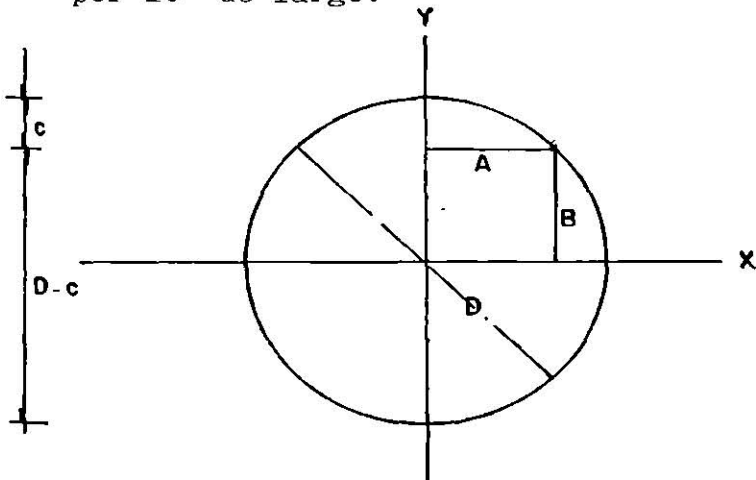
III.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS PLACAS DEL FONDO.

Como el fondo estará soportado directamente por una cimentación de concreto armado y una superficie bien compactada, se eliminará cualquier esfuerzo de flexión, por lo que las láminas trabajarán a un esfuerzo de compresión simple.

Su diseño será de acuerdo a las especificaciones del A.P.I. ya que bastaría una lámina de espesor muy pequeño para soportar la carga del líquido almacenado, se usará lámina de 1/4" de espesor.

Se armará colocando una placa centrada en el fondo en el cruce de los ejes de simetría. De esta forma la hilera del centro tendrá 2 recortes de igual medida, pero habrá cuatro placas del perímetro iguales para cada hilera que siga del centro.

Los tamaños de las placas nos daran la localización y medidas de los recortes, las comunmente usadas son las de 72" de ancho por 20" de largo.



$$A^2 = C (D - C)$$

$$B^2 = D^2/4 - A^2$$

Donde:

A= longitud del eje vertical al punto tratado.

B= longitud del eje horizontal al punto tratado.

D= diámetro del fondo.

Con las fórmulas anteriores se colocará la longitud de los recortes, calculando el diámetro real:

$$D = D_i + 2e + 2''$$

Donde:

D_i = diametro interior

e = espesor de la lámina del primer anillo

D = Diámetro total (Exclusivo de cálculo)

$$D = 100' + 2 (3/4") + 2" = 1203.5"$$

$$D = 1204"$$

* CALCULO DEL RECORTE R2

$$Z = D^2/4 = (1204)^2/2 \quad B2 = Z - A^2 \quad A = 3' = 36" \quad B = 600.92"$$

Se usarán traslapes de 1" según especificaciones. Se tiene 5 traslapes y 4 láminas de 6' x 20' por lo tanto:

$$R2 = 600.92" - (2 \times 240" - 3 \times 1") \quad R2 = 123.92"$$

* Cálculo del recorte R3

$$A = 9' = 108" \quad B2 = Z - (108)^2 \quad B = 592.23"$$

$$R3 = 592.23" - (1.5 \times 240" - 2 \times 1") \quad R3 = 234.23"$$

* Cálculo del recorte R4

$$A = 15' = 180" \quad B2 = Z - (180)^2 \quad B = 574.46"$$

$$R4 = 574.46" - (2 \times 240" - 3 \times 1") \quad R4 = 97.46"$$

* Cálculo del recorte R5

$$A = 21' = 252" \quad B2 = Z - (252)^2 \quad B = 546.72"$$

$$R5 = 546.72" - (1.5 \times 240" - 2 \times 1") \quad B = 188.72"$$

* Cálculo del recorte R6

$$A = 27' = 324" \quad B2 = Z - (324)^2 \quad B = 507.37"$$

$$R6 = 507.37" - (2 \times 240" - 3 \times 1") \quad R6 = 30.37"$$

* Cálculo del recorte R7

$$A = 33' = 396" \quad B2 = Z - (396)^2 \quad B = 453.42"$$

$$R7 = 453.42" - (1.5 \times 240" - 2 \times 1") \quad R7 = 95.42"$$

* Cálculo del recorte R8

$$A = 39' = 468" \quad B2 = Z - (468)^2 \quad B = 378.66"$$

$$R8 = 378.66" - (1 \times 240" - 2 \times 1") \quad R8 = 140.66"$$

* Cálculo del recorte R9

$$A = 45' = 540" \quad B2 = Z - (540)^2 \quad B = 266.09"$$

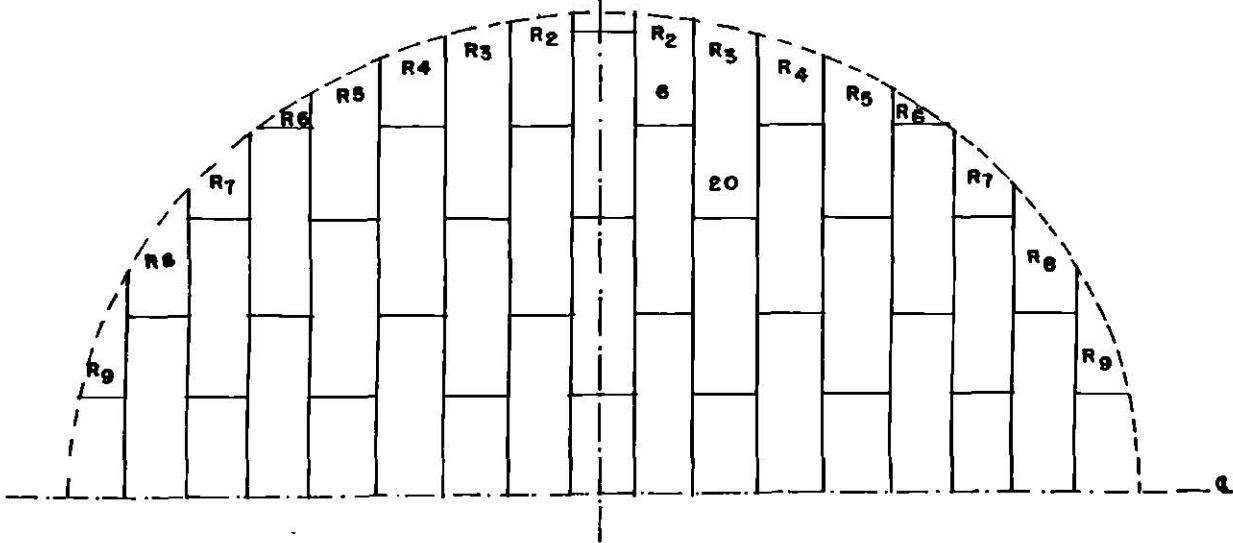
$$R9 = 266.09" - (0.5 \times 240" - 1 \times 1") \quad R9 = 147.09"$$

Para el fondo se utilizarán 53 láminas enteras y 20 láminas más para los 32 recortes restantes, por lo que hacen un total de 73 láminas.

℄

D = 1204'

PLACA 6 X 20



III.4.- DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA Y LA CUPULA.

La estructura de un tanque con un diámetro relativamente grande, consiste en un sistema de columnas, traveses y largueros.

Para estos tanques se usa un polígono de traveses circunscrito al anillo de la envolvente y una columna central, los cuales sostendrán los largueros que soporten las láminas del techo.

Considerando una tira de circunferencia del techo de una pulgada de ancho, localizada en la periferia exterior y sin considerar el apoyo presentado por la armazón. Esta viga se supone que es una viga recta, plana, continua con carga uniforme.

El momento flexionante máximo es igual a $WL^2/12$.

$$M_{\text{máx.}} = WL^2/12 = P(1) L^2/12 \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

L= longitud de la tira entre largueros en pulgadas

P= carga unitaria en lb/pulg.² = W cuando el ancho es de una pulgada.

Al considerar el esfuerzo resultante de la flexión por medio de la ecuación de la escuadría en su primer término:

$$F = M/Z \dots\dots\dots(2)$$

Z= $bt^2/6$ Como estamos considerando $b=1"$, tenemos que:

$$Z = t^2/6 \dots\dots\dots(3)$$

Sustituyendo (1) y (3) en (2) se tiene: $F = PL^2/2t^2$

De donde: $L^2 = 2 t^2 F/P$

$$L = t (2F/P)^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

En esta ecuación con un esfuerzo permisible de 18,000 lb/plg² (especificado por el A.C.I para aceros en techos) y con una carga viva de diseño de 25 lb/ft² además del peso propio de la cúpula de 7.65 lb/ft² nos resulta una separación de:

$$L = (3/16)X ((2x18000)/((25+7.65)/144))^{1/2} = 74.712"$$

Esta distancia es menor que la separación máxima por especificación que es de 75.36" por lo que es correcto.

Para determinar el número de largueros para el anillo exterior se divide la circunferencia del casco entre el máximo espaciamento entre largueros.

$$\text{Número mínimo} = 2 \pi r/L = 2(3.1416)(50)(12)/74.712" = 50.46$$

Usaremos un hexágono en una circunferencia de 25' de radio.

Se necesitará repartir los largueros en números iguales en los lados del polígono, por lo que la cantidad escogida deberá ser múltiplo de seis, de donde utilizaremos 54 largueros o sea 9 por cada trabe.

Calculando la longitud del lado del hexagono:

$$R = a/2 \text{ sen } \phi \qquad \phi = 180^\circ/n$$

Donde:

a= Lado del polígono

n= Número de lados.

R= Radio de la circunferencia circunscrita.

$$\phi = 180^\circ/6 = 30^\circ$$

$$a = 2R \text{ sen } \phi = 2 \times 25' \text{ sen } 30^\circ = 25'$$

$$R_1 = a/2 \text{ tang } \phi = 25'/2 \text{ tang } 30^\circ = 21.65'$$

El hexágono en la circunferencia nos da una longitud de larguero de 25' a 28.35'.

$$\text{El espacio promedio será } 25'/9 = 2.78'$$

Se observa que el espacio es menor que el máximo especificado que es de 5.5'.

El número de largueros entre el hexágono y la columna central será:

$$P = (3.1416 \times 50' \times 12) / 74.712 = 25.22 \text{ largueros}$$

Al igual que el caso anterior el número de largueros deberá ser múltiplo de 6, por lo que se tomarán 30 largueros.

III.4.1.- CALCULO DEL PERALTE DE LOS LARGUEROS.

Analizaremos los largueros entre la envolvente y el hexágono. Para el cálculo preliminar de la carga supondremos que es uniforme y será calculada con un ancho promedio:

$$74.712" = 6.23'$$

$$a = \frac{(6.23 + 2.78)}{2} = 4.50' = 1.37 \text{ mts.}$$

La carga viva se tomará como 25 lb/ft² y el peso de la lámina de la cúpula es de 7.65 lb/ft², la carga total de prediseño sera:

$$W_t = 25 + 7.65 = 32.62 \text{ lb/ft}^2 = .016 \text{ kg/cm}^2.$$

Ya que los largueros son atornillados en sus extremos se considerarán como vigas simplemente apoyadas y su momento máximo será igual a:

$$M = WL^2/8$$

Donde:

$$W = 0.016 \text{ kg/cm}^2 \times 137 \text{ cms.} = 2.19 \text{ kg/cm.}$$

$$L = \frac{28.35 + 25}{2} = 26.675' = 813.05 \text{ cm.}$$

$$M = (2.19 \times (813.05)^2) / 8 = 18092.52 \text{ kg-cm.}$$

El módulo de sección será: $S = M/F_s$

$$S = 18092.52 / 1265 = 143.05 \text{ cm}^3.$$

Usando un canal standard con las siguientes características:

Canal de 10 "

$$W= 22.77 \text{ kg/m}$$

$$A= 28.77 \text{ cm}^2.$$

$$D= 11.10 \text{ mm.}$$

$$C= 6.10 \text{ mm.}$$

$$I_x= 2783.80 \text{ cm}^4.$$

$$S= 219.20 \text{ cm}^3.$$

* Revisión por flexión:

$$W_t= 2.19 \text{ kg/cm} + 0.227 \text{ kg/cm} = 2.42 \text{ kg/cm.}$$

$$M= (2.42 \times (813.05)^2)/8 = 199967.72 \text{ kg-cm.}$$

$$S= 199967.72/1265 = 158.08 \text{ cm}^3.$$

158.08 es menor que 219.20, por lo tanto se acepta.

* Revisión por cortante:

$$v= V/ht \quad V= WL/2 = (2.42 \times 813.05)/2 = 983.79 \text{ Kg.}$$

$$v= 983.79/(25.4 \times 0.61) = 63.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

63.49 Kg/cm² es menor que 1050 Kg/cm².

* Revisión por flecha:

$$\frac{5 WL^4}{384 EI} \text{ Deve ser menor o igual que } L/360$$

$$\frac{5 (2.42) (813.05)^4}{384 (2.1 \times 10^6) (2783.80)} = 2.35$$

813.05/360 = 2.25 Se anda dentro de la tolerancia.

La sección propuesta es aceptada.

Para los largueros comprendidos entre el hexágono y la columna central:

$$\text{Ancho promedio} = \frac{6.23 + (25/6)}{2} = 5.20' \approx 1.58 \text{ mts.}$$

$$L = \frac{25 + 21.65}{2} = 23.32' \approx 710.79 \text{ cms.}$$

* Revisión por flexión:

$$M = (W L^2) / 8 \quad W = 0.016 \times 158 = 2.53 \text{ Kg/cm.}$$

$$W_t = 2.53 + 0.227 = 2.76 \text{ Kg/cm.}$$

$$M = (2.76) (710.79)^2 / 8 = 174301.74 \text{ Kg-cm.}$$

$$S = 171301.74 / 1265 = 137.79 \text{ cm}^3. \text{ menor que } 219.20 \text{ cm}^3.$$

* Revisión por cortante:

$$V = WL / 2 = (2.76 \times 710.79) / 2 = 980.89 \text{ Kg.}$$

$$v = 980.89 / (25.4 \times 0.61) = 63.31 \text{ Kg/cm}^2.$$

El esfuerzo cortante es menor que el esfuerzo permisible, por lo tanto se acepta la sección.

* Revisión por flecha:

$$\frac{(5 \times 2.76 \times (710.79)^4)}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 2783.80} = 1.43$$

$$L / 360 = 710.79 / 360 = 1.97$$

Por lo tanto se acepta la misma sección.

III.4.2.- CALCULO DEL PERALTE DE LAS TRABES.

La longitud de la trabe será de 25' y se supondrá cargada uniformemente, cada trabe soporta un extremo de 14 largueros.

Suponiendo que la mitad de la carga total soportada por cada larguero es lo que soporta la trabe tenemos:

$$9 \text{ largueros exteriores} = 9 \times 983.79 = 8854.11$$

$$5 \text{ largueros interiores} = 5 \times 980.89 = \underline{4904.45}$$

$$13758.56$$

$$W = \frac{13,758.56 \text{ Kg.}}{25' \times 30.48} = 18.06 \text{ Kg/cm.}$$

El momento máximo será:

$$M = \frac{18.06 \times (25' \times 30.48)^2}{8} = 1'310,803.33 \text{ Kg-cm.}$$

$$S = 1'310,803.33 / 1265 = 1036.21 \text{ cm}^3.$$

Utilizando una viga I con las siguientes características:

	W= 90.48 Kg/m.
	A= 114.00 cm ² .
I de 15"	Ix= 25,348.60 cm ⁴ .
	C= 15.00 mm.
	S= 1330.60 cm ³ .

* Revisión por flexión:

$$W_t = 18.06 + 0.9048 = 18.96 \text{ Kg/cm.}$$

$$M = \frac{18.96 \times (25' \times 30.48)^2}{8} = 1'376,126.28 \text{ Kg-cm.}$$

$$S = 1'376,126.28 / 1265 = 1087.85 \text{ menor que } 1330.60 \text{ cm}^3.$$

* Revisión por cortante:

$$V = 18.96 \times (25' \times 30.48) / 2 = 7223.76 \text{ Kg.}$$

$$v = V/ht = 7223.76 / (38.10 \times 1.5) = 126.40 \text{ Kg/cm}^2. \text{ Menor que el esfuerzo permisible } 1050 \text{ Kg/cm}^2.$$

* Revisión por flecha:

$$= \frac{5 \times 18.96 \times (25' \times 30.48)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 25,348.20} = 1.56$$

$$L/360 = 762/360 = 2.12$$

Por lo tanto se acepta la sección.

III.4.3.- DISEÑO DE COLUMNAS.

Se emplearán un total de 7 columnas, seis para el hexágono y una central. La carga total soportada por cada columna del hexágono es igual a:

$$P = (18.96)(762) = 14,447.52 \text{ Kg.}$$

La longitud de la columna será igual a la altura de la envolvente, mas la altura debido a la inclinación del techo menos los peraltes de la trabe y de los travesaños.

$$H = 40' + 50'(0.0625) - 1.25' - 0.83'$$

$$H = 41.79'$$

La relación de esbeltez será, en los elementos principales a compresión, la relación l/r no debe exceder de 180.

$$l/r = 180 \quad r = l/180 = \frac{41.79 \times 12}{180} = 2.78" = 7.06 \text{ cms.}$$

Se analizará la combinación de dos canales soldados como como se indica con las características siguientes:

$$W = 39.87 \text{ Kg/m.}$$

$$A = 50.65 \text{ cm}^2.$$

$$8" \times 2 \frac{1}{4}"$$

$$r_x = 7.90 \text{ cms.}$$

$$10" \times 2 \frac{5}{8}"$$

$$r_y = 7.49 \text{ cms.}$$

$$l/r = 1273.76/7.06 = 180.42$$

La relación de esbeltez de la columna, que separa el pandero elástico del inelástico es igual a:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times 3.1416^2 \times 2.1 \times 10^6}{2530}} = 128$$

En la sección total de la columna cargada axialmente cuando kl/r excede a C_c :

$$F_a = \frac{10480000}{(kl/r)^2} = \frac{10'480,000}{(180.42)^2} = 321.95 \text{ Kg/cm}^2.$$

Determinando la capacidad de carga:

Capacidad de carga= $50.65 \text{ cm}^2 \times 321.95 \text{ Kg/cm}^2 = 16,306.80\text{Kg}$.

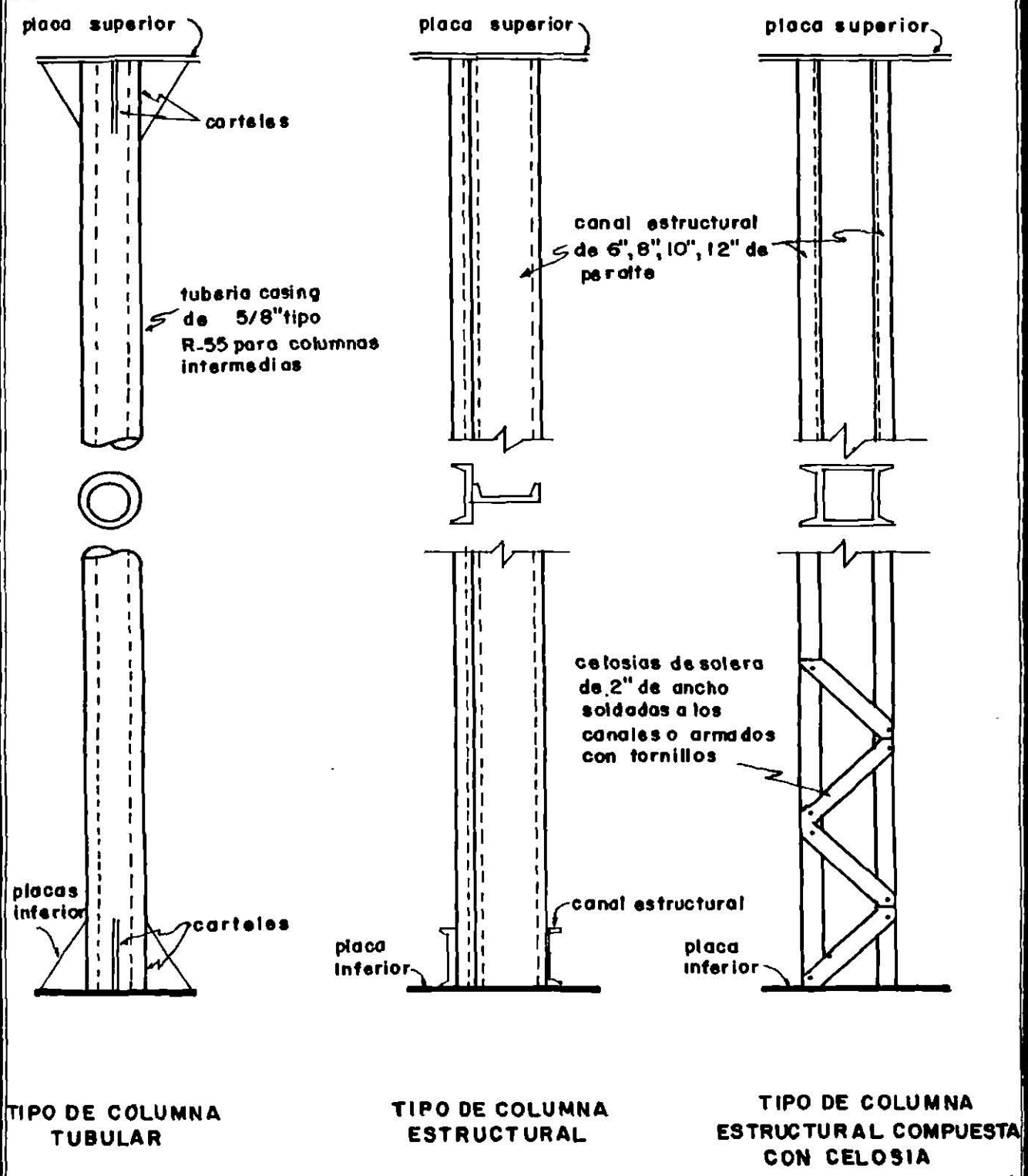
16.31 ton. es mayor que 14.48 ton.

Se acepta la sección propuesta.

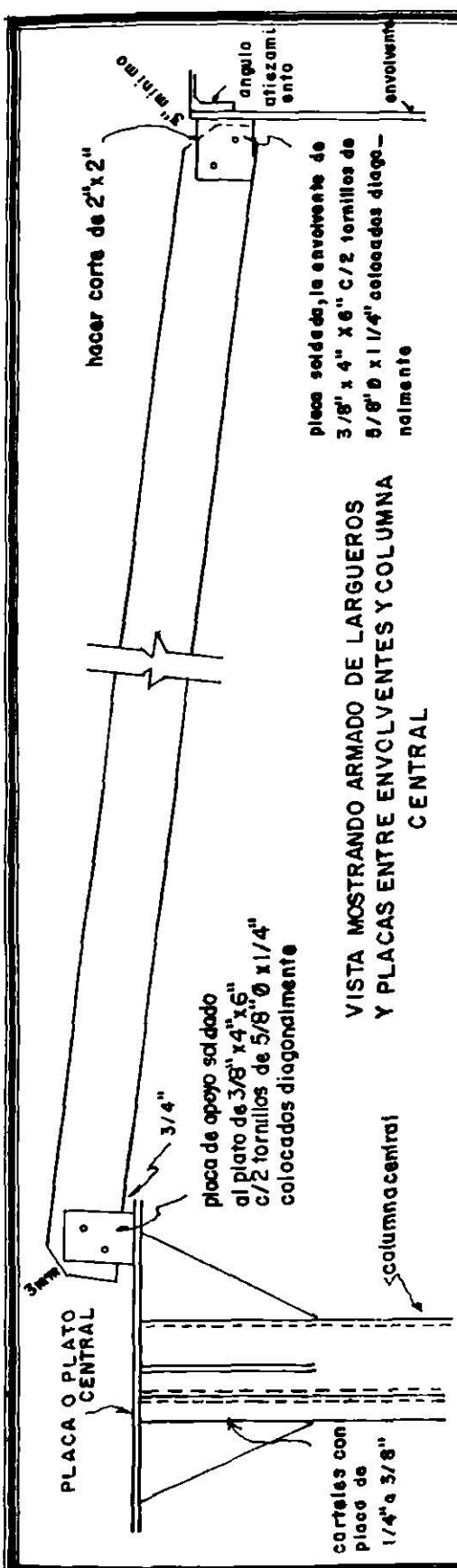
III.4.4.- DIMENSIONAMIENTO DE LA CUPULA.

El diámetro será igual al del fondo por lo que se empleará la misma distribución de láminas.

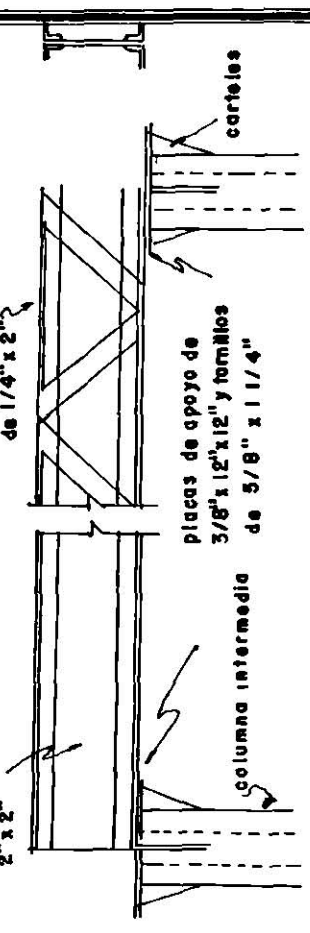
Se empleará lámina de 3/16" de espesor que es lo que marcan como mínimo las especificaciones.



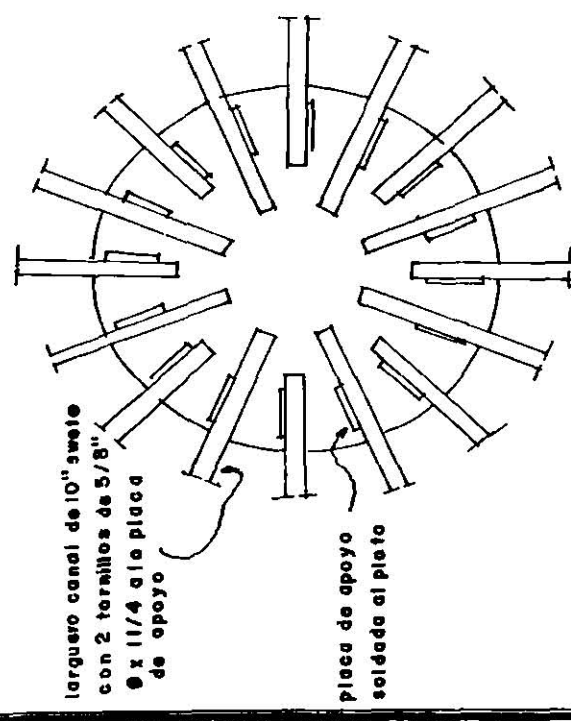
TIPOS DE COLUMNAS MAS USUALES



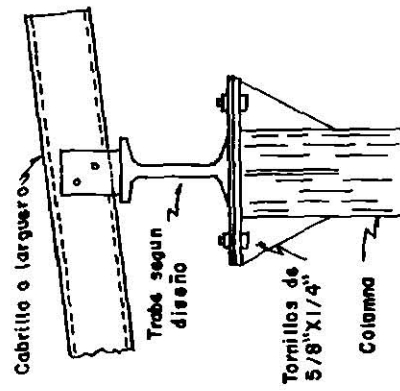
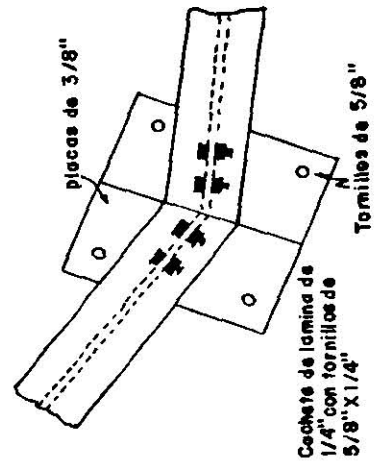
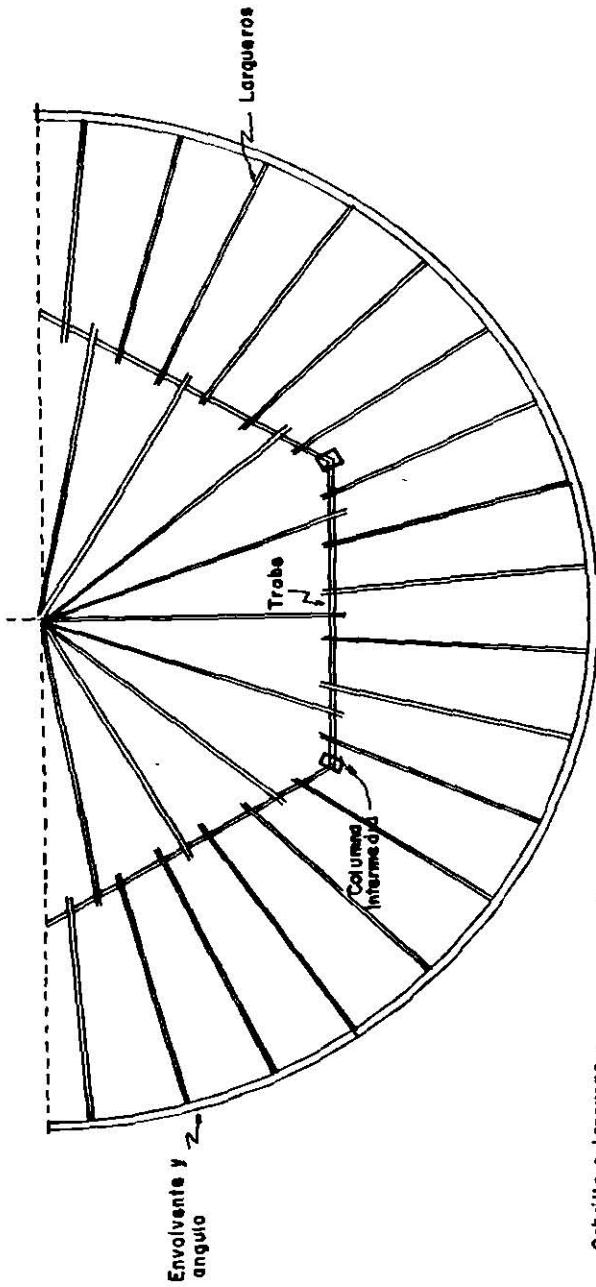
VISTA MOSTRANDO ARMADO DE LARGUEROS Y PLACAS ENTRE ENVOLVENTES Y COLUMNA CENTRAL



TIPO DE CARGADOR "1" COMPUESTO CON MATERIALES ESTRUCTURALES Y SOLDADURA



PLANTA MOSTRANDO COMO DISTRIBUIR LOS EXTREMOS DE LOS LARGUEROS EN EL PLATO DE LA COLUMNA CENTRAL



C A P I T U L O IV

IV.- PROCESO CONSTRUCTIVO.

El procedimiento de instalación de los tanques comprende desde el estibado del material, el cuál se pondrá lo más cerca de la construcción para evitar más acarreo del debido y sobre todo que no se dañen las piezas hasta la terminación de la erección del tanque.

Antes de iniciarse el montaje se procederá a la limpieza del terreno, de manera que se elimine la vegetación, desperdicios y materiales varios ajenos a la obra. Se efectuará la limpieza de las áreas marcadas en los planos del proyecto. Se procederá a hacer la nivelación del terreno de acuerdo a los planos del proyecto o a las especificaciones particulares. El anillo perimetral se construirá de acuerdo a lo especificado en los planos y las especificaciones particulares. Se rellenará el anillo con material seleccionado de acuerdo con el proyecto, esté material deberá ser compactado en capas de 30 cms. de espesor. Se le dará el talud especificado para después llevar a cabo la protección de la base. Este se hará de la siguiente manera, primero se le dará un riego de asfalto inmediatamente se colocará un tendido de cartón "PEMEX" laminado que cubra toda el área, por último se le dará otro riego de asfalto.

Todos los tanques se hacen de acuerdo con unos ejes cardinales, siendo éstos ejes por lo general con respecto al norte, y sirven para tener determinada orientación del tanque.

IV.1.- EQUIPO MINIMO A UTILIZAR.

El equipo mínimo utilizado en la construcción de tanques consiste en:

Máquinas de soldar, equipo de corte oxiacetileno, winches ó grúas, cepillos de alambre, esmeriles.

La experiencia ha demostrado que mediante el empleo de algunos accesorios especiales se ha logrado mayor facilidad y exactitud en el ermado.

Existen infinidad de accesorios en forma y tamaños variables pero los más comunmente usados con magnificos resultados son:

Candados y tuercas, punzones, placas separadoras, placas de conformación, perros para el manejo de láminas, barras para armado, puentes para dar rigidez, escuadras de varilla corrugada para andamios, cable de acero de 1"Ø, marros de bola.

IV.2.- ARMADO DEL FONDO.

IV.2.1.-PROCEDIMIENTO PARA EL ARMADO.

Existen dos procedimientos para el armado del fondo, el primero corresponde al de "escurrimiento hacia el centro" y el segundo al de "escurrimiento hacia la periferia".

Cualquiera de los dos sistemas es bueno, ambos dan el mismo resultado debido a que por construcción, la base del tanque tiene una pendiente del centro hacia la periferia. Por facilidades de construcción se emolea con mucha frecuencia el de "escurrimiento hacia el centro".

La colocación de las placas del fondo puede hacerse con un winche, una pluma, una grúa o manualmente, resultando más rápido el armado con el empleo de una grúa.

Con la ayuda de una grúa se coloca la primera placa rectangular en el centro de la base de tal manera que los ejes de la misma coincidan con los ejes marcados, se sigue el tendido hacia uno u otro lado, en el sentido del eje mayor de la lámina dando entre ellas el traslape especificado hasta llegar a colocar los recortes que forman la periferia.

Indistintamente el tendido puede seguir hacia uno u otro lado de la primera hilera de placas y colocando luego la pieza más próxima a la central dejando su traslape indicado.

Tomando como referencia el centro de la primera placa y empleando una cinta metálica se va checando el diámetro correspondiente al fondo y poniendo puntos de soldadura en los traslapes para irlo fijando, una vez terminada esta operación de fijación se marca

con un punto el diámetro interior del tanque, referencia que servirá para ir colocando las placas de conformación para el fondo con el primer anillo.

Hay que hacer notar que debe colocarse solamente una hilera de placas de conformación, de preferencia las que corresponden al diámetro exterior.

Para evitar al máximo los abolsamientos que pueda sufrir, el fondo no es recomendable soldarlo de inmediato sino hasta que el último de los anillos del tanque, se encuentre colocado.

Con el fin de tener un correcto asentamiento del primer anillo con el fondo, se efectúa un dobles especial en los traslapes correspondientes a la periferia del fondo en el lugar donde asentará.

En el redondel de concreto, es necesario hacer una caja para alojar el dobles especial y tener en toda la periferia un asentamiento correcto.

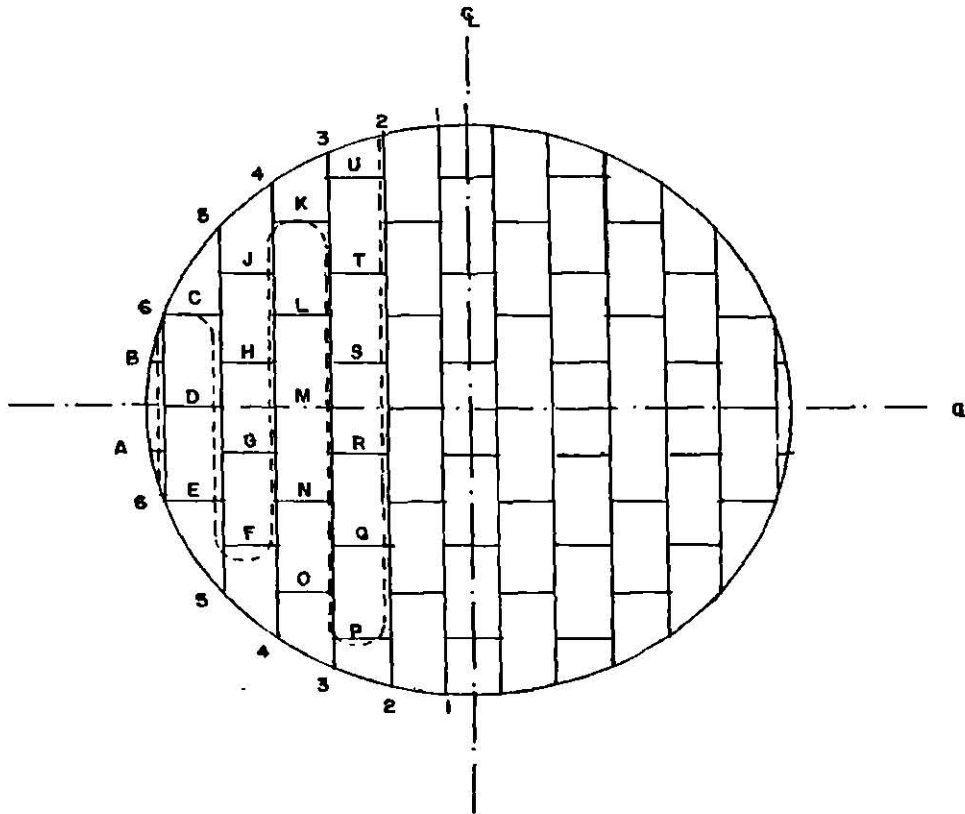
IV.2.2.-SOLDADURA DE FONDO.

Con anterioridad quedó establecido que el fondo se puede soldar una vez que se haya colocado todos los anillos que forman la envolvente.

Por lo general el espesor de la placa del fondo no es menor de 6.4 mm. (1/4"), por el poco espesor de las mismas y la gran flexibilidad, el principal problema que se presenta son las contraciones sufridas al tiempo de soldar debido al calentamiento provocado por el arco; éstas contracciones dan como resultado los llamados "abolsamientos". Por lo cual se selecciona el método en que las contracciones son mínimas.

Deberá tenerse un cuidado especial en los lugares donde llegan a juntarse tres placas para formar un traslape, debido a que entre ellas queda un claro por no asentar perfectamente unas respecto a otras, por tal razón hay que hacer asentar dichas placas calentando y efectuando un cuidadoso dobles.

Muy variados son los métodos que se siguen para soldar el fondo del tanque cilíndrico vertical, pero de acuerdo con los resultados obtenidos se ilustra a continuación el mejor resultado que se ha obtenido.



Haciendo referencia al esquema mostrado dejese sin soldar la costura 1-1; asentando bien la placa se puntea la costura 2-2 sin que quede ondulación alguna, en ciertas ocasiones es necesario quitar los puntos que se pusieron durante el tendido y poner nuevos puntos para que quede bien asentada la lámina, soldese la costura 2-2 de la periferia hacia el centro es conveniente poner dos cordones de soldadura, el primero delgado y el segundo formará el

relleno y vista al mismo tiempo. No se suelde la costura 3-3.

Siguiendo el mismo procedimiento indicado suéldese la costura 4-4; en resumen, el proceso de soldado consiste en soldar alternadamente las costuras, una libre y otra soldada. Si se dispone de un buen número de soldadores se podrá atacar ambas mitades del fondo simultáneamente. Realizado lo anterior, suéldense las costuras 3-3, 5-5, etc. hasta finalizar dichas costuras.

Para soldar las costuras transversales o sea las que corresponden al ancho de la placa, se empieza a soldar la costura marcada con la letra (A) luego la (B), (C), (D), etc., y así sucesivamente siguiendo la dirección de las flechas hasta llegar a las costuras (U). Realice lo mismo del lado opuesto; terminada la operación anterior se procede a soldar las costuras longitudinales marcadas como 1-1 y suéldese siguiendo el mismo sentido anterior las costuras transversales restantes. Con el empleo de este método, se han logrado resultados mejores que los conseguidos por otros distintos sistemas.

IV.3.- ARMADO DE LA ENVOLVENTE.

IV.3.1.- PROCEDIMIENTO PARA EL ARMADO.

La envolvente de un tanque cilíndrico vertical está formado por un número determinado de anillos los que a su vez constan de otro número determinado de placas.

Para la colocación de la placa de la envolvente es necesario y muy útil contar con un balancín cuyas características dependen del peso de las mismas.

Para la colocación de las placas se puede emplear una pluma o una grúa, haciendo notar que el empleo de una grúa es muy favorable, el primer anillo puede ser colocado por un winche.

En la colocación de la primera placa correspondiente al primer anillo hay que tener cuidado con algunas de las costuras verticales no vayan a quedar precisamente en donde se encuentra localizado algún accesorio o boquilla o algún registro y además algunas de las costuras correspondientes al fondo.

Verificado lo anterior y con la ayuda de la grúa, balancín y perros, se procede a la colocación de la primera placa, una vez colocada ésta, se hace llegar su cara exterior hasta que tope con las placas de conformación colocadas en el fondo poniendo inmediatamente las placas de conformación correspondientes al diámetro interior con lo cual la placa queda aprisionada; antes de retirar la grúa que se encuentra soportando la placa, es necesario poner un puntal o más a ésta para que pueda sostenerse al quedar libre.

Por facilidad y antes de colocar la primera placa es necesario soldarle las tuercas para los candados, es conveniente soldar tres tuercas repartidas en todo lo ancho de la placa para colocar tres candados a ambos lados.

Colocada la primera placa del primer anillo se procede a la colocación de la segunda para lo cual es necesario soldarle antes las tuercas para los candados, dichas tuercas deben de soldarse de manera análoga con respecto a la primera lámina para que cheque bien a la hora de colocar el candado.

Estando próximos los extremos que formarán una costura vertical se coloca entre los mismos las placas separadoras, también se colocan las placas conformadoras de fondo y los candados correspondientes con lo cual queda ensamblada la primera placa con la segunda.

Es muy conveniente que la colocación de los candados sea en el lado exterior del tanque para tener una buena visibilidad con el operador de la grúa y para que el rebabeo interior sea mínimo.

Con el mismo procedimiento se van colocado todas las placas que formarán el primer anillo hasta que se llegue al cierre del mismo. El siguiente paso consiste en conformar todas las verticales para retirar los candados y consiste en ir llevando a paño interiormente el lugar de ensamble de las láminas e ir soldando exteriormente las placas de conformación para la envolvente sin depositar un solo punto de soldadura en lo que es la costura vertical.

Efectuando lo anterior y previa localización se procede a abrir el agujero del registro-hombre para poder tener acceso al

interior.

La separación aproximada entre estas placas de conformación para el cuerpo debe de ser de 6" para que dé rigidez y por consiguiente una buena conformación; según se van colocando estas placas por el interior del tanque se va checando su diámetro con un escantillón.

El número de candados en una costura vertical está limitado por el ancho de la placa, por lo tanto puede ser variable la cantidad de los mismos, pero nunca debe ser menor de dos.

Terminada la conformación del primer anillo se checa bien el diámetro, perímetro y la verticalidad de las placas, efectuando lo anterior y con resultados satisfactorios se proceden a colocar dos puentes en cada costura vertical exteriormente los cuales tienen la finalidad de no permitir desalineamientos en las costuras cuando posteriormente se efectúe la soldadura.

Antes de la colocación de la primera placa del segundo anillo hay que checar la posición correcta, es decir, el desplazamiento que llevará con respecto a las costuras vaerticales del primer anillo ya que puede ser $1/2$, $1/3$, $1/4$, etc. de la longitud de la placa.

Antes de colocar la primera lámina correspondiente al segundo anillo hay que soldarle las tuercas para los candados en las verticales y al mismo tiempo soldarles tuercas en las horizontales para el amarre del primer anillo con el segundo. La cantidad de tuercas en la horizontal también dependen del largo de la placa pero bien pueden ser 3 ó 4 para igual número de candados.

Para poder trabajar en el armado del segundo anillo hay que colocar un adamiaje sobre las láminas del primer anillo o bien colocar un andamio tubular sobre el piso, por lo tanto, el empleo de este último tipo de andamios es el mejor ya que no hay que soldar escuadras al tanque tanto por el exterior como por el interior.

De acuerdo con el desplazamiento indicado se procede a colocar la primera placa del segundo anillo, estando próxima esta placa

a asentar sobre el primer anillo, se colocan las placas separadoras que pueden ser cuatro o cinco en la horizontal y se deja que la placa a colocar asiente sobre las mismas, las que a su vez descansan sobre el primer anillo, efectuando lo anterior, se procede a soldar las tuercas para el ensamble horizontal sobre la parte superior de las placas del primer anillo y en el mismo eje vertical que las soldadas en la lámina del segundo anillo, hecho lo anterior se colocan los candados para el ensamble horizontal. Es necesario apuntalar esta primera placa por seguridad ya que el ensamble horizontal es capaz de sostenerse por sí mismo.

Para la colocación de una segunda placa se repite la operación es decir, soldar las tuercas, estando próxima a asentar la lámina se colocan las placas separadoras tanto horizontales como verticales, se asienta la placa y se colocan los candados en la vertical se sueldan las tuercas para la horizontal y se colocan los candados con lo cual queda amarrada la placa tanto horizontal como en el primer anillo así como en la vertical con la placa colocada anteriormente del anillo de erección.

La misma operación se repite hasta cerrar el anillo; posteriormente se conforman todas las verticales, terminando lo anterior se procede a la conformación de la horizontal sin poner un punto de soldadura en las costuras.

Para la colocación de un tercero, cuarto, etc., anillos se sigue el mismo procedimiento descrito.

Una vez que se encuentra totalmente armada la envolvente del tanque, se procede a colocar el ángulo de refuerzo, mismo que va sobre el último anillo.

Hay que tener especial cuidado en no maltratar los biseles de las placas durante su manejo.

Hay que hacer notar que una vez conformado el segundo anillo se pueden empezar a soldar las costuras verticales correspondientes al primer anillo; conformado el tercer anillo se pueden soldar

las costuras verticales entre el segundo y tercer anillo y así sucesivamente hasta terminar las soldaduras.

Una vez que han sido colocados todos los anillos, se puede igualmente empezar a soldar el fondo.

IV.3.2.-SOLDAURA DE LA ENVOLVENTE.

El procedimiento a seguir para soldar las costuras verticales es el llamado de "retroceso".

Este sistema da muy buenos resultados ya que con él se evita al máximo la contracción de las placas y consiste en dividir una costura vertical en espacios como de 30 cm. aproximadamente y empezar a soldar de abajo hacia arriba los 30 cm. correspondientes a la parte superior de la costura; se sigue soldando de abajo hacia arriba el espacio inmediato inferior hasta lograr una buena fusión con la iniciación de la soldadura correspondiente al espacio anterior.

De esta misma manera se sigue soldando hasta llenar todos los espacios que forman una costura. El último cordón debe hacerse "chorreado" o sea de arriba hacia abajo continuamente.

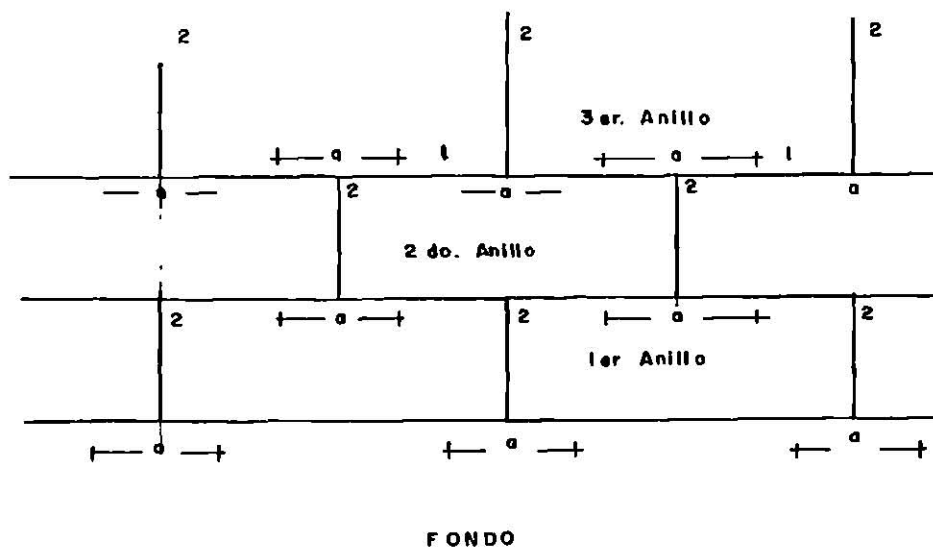
El número de cordones que lleva cada costura depende del espesor de la placa, pero en todos los casos el primer cordón se le llama "fondeo", luego sigue el "paso caliente", posteriormente el "relleno" y por último el cordón de "vista".

Para soldar el primer anillo con el fondo es conveniente soldar antes las costuras verticales del anillo mencionado tanto interior como exteriormente. La soldadura del fondo con el primer anillo se hace por ambos lados, es decir, por dentro y por fuera.

La soldadura horizontal de los anillos se efectúa en posición normal. Por lo general, las placas que forman la envolvente de un tanque traen bisel sencillo o doble en los primeros anillos y en los últimos anillos por ser pequeños los espesores de las láminas carecen de bisel. Cuando traen doble bisel lo más indicado

es soldar por dentro del tanque hasta terminar totalmente la soldadura. Una vez soldado por uno se sus lados es conveniente, arca-
 yar por el lado opuesto hasta sacar el fondo, pues esta operación
 evita al máximo la inclusión de escoria y defectos propios de la
 soldadura, efectuado el arca-yado se procede a soldar en la forma
 indicada.

Hay otra manera de depositar soldadura en la envolvente y
 se ilustra según el esquema siguiente.



En el esquema anterior se denominó con "1" a las uniones
 horizontales y con "2" a las uniones verticales de un tanque de
 almacenamiento. La práctica común consiste en armar los anillos,
 uniendo las láminas con puntos de soldadura, y después soldar las
 uniones horizontales dejando sin soldar los espacios como "a",
 que deberán tener una longitud de más o menos 30 cm., 15 cm. a
 cada lado de la unión vertical. Como siguiente paso se sueldan
 las uniones verticales y posteriormente los espacios marcados "a"
 dejados pendientes de las uniones horizontales.

La razón por la cual se deja al final la soldadura de los

espacios denominados "a" consiste en la necesidad de permitir la libre contracción que se produce al enfriar la soldadura de las uniones verticales y permitir que se deformen las placas, para evitar que el esfuerzo inducido por esta contracción pueda originar roturas en los cruces de soldar y/o en las placas, o que se produzcan deformaciones permanentes en los tanques. Es aconsejable que en el tramo "a" no haya soldadura de puntos.

IV.4.- MONTAJE DE LA ESTRUCTURA.

IV.4.1.-PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE.

a).-Cuidadosamente localizar y trazar el círculo donde van a quedar las columnas, marcar los puntos de localización de las columnas, incluyendo la central. Las columnas deben de estar completamente armadas, es decir, con sus bases y capiteles.

b).-Se erige la columna central, se ventea y se puntea en su base.

c).-Se para la primera columna del hexágono, se ventea y se puntea su base.

d).-Se erige la siguiente columna y solo se puntea, se sube la trabe y se atornilla, se colocan dos largueros, uno en cada extremo de la trabe (según planos del proyecto).

e).-Se quitan los vientos y se procede a ergir la siguiente columna, punteandola solamente, se sube la trabe fijandola en su lugar y se coloca un larguero en el extremo de la trabe del lado de la columna que se acaba de parar. Al mismo tiempo se van instalando los largueros en el sentido que se van colocando las columnas.

f).-Se repite el paso (a) hasta completar el hexágono formado por las trabes, completandose la colocación de los largueros.

g).-Se van marcando y colocando las placas que unirán las envolventes con los largueros.

h).-Se suben los largueros colocándolos en el lugar.

IV.4.2.-SOLDADURA DE LA CUPULA.

Con respecto a la soldadura del techo y como la constitución del mismo es similar al fondo, el procedimiento a seguir es igual al que se utilizó en éste.

Para conocer la eficiencia que están dando los soldadores es necesario tomar radiografías a las soldaduras. Por lo general se radiografían los primeros tres metros lineales de cada soldador todos los cruces formados por las costuras verticales y horizontales y de la soldadura restante el 25%.

IV.4.3.-COLOCACION DE ACCESORIOS.

Se clasifican como accesorios para tanques, a los registros de inspección, boquillas para carga y descarga, drenajes, escaleras y plataformas, etc., que son necesarios para su operación.

La colocación de estos accesorios no presentan problema alguno previa localización de los mismos, se procede a su colocación y soldado. Los accesorios se sujetarán a las especificaciones.

IV.4.4.-PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Actualmente se esta tratando de estandarizar el tipo de protecciones contra incendio en tanques de medición y almacenamiento, este tipo consiste en un cabezal generador de espuma, acondicionado con un generador tipo venturi de marca American Le France con el cual se produce una cantidad de espuma compuesta con polvo químico y agua. El cabezal distribuidor se maneja por medio de válvulas de compuerta operadas manualmente y de este modo se envían descargas a través de una tubería conectada a una pieza especial insertada en la parte superior de la envoltente llamado garza o curva de velocidad, la espuma cae en el interior del tanque chocando contra la pared interior de la envoltente y esparciéndose sobre el líquido inflamado.

De acuerdo con el diámetro del tanque son el número de tomas, distribuidas proporcionalmente en la circunferencia del tanque;

cuando ocurre un incendio en un tanque de dimensiones regulares por medio del cabezal se envían descargas alternadas hasta lograr una protección casi instantánea con una capa de espuma química sobre el líquido inflamado.

IV.5.- PRUEBAS DEL TANQUE.

La prueba la dividiremos en:

- a).- prueba de fondo.
- b).- prueba del cuerpo y techo.

IV.5.1.-PRUEBA DEL FONDO.

Terminada la soldadura del fondo y del primer anillo en un 100%, se puede probar dicho tanque aunque los demás anillos se total o parcialmente soldados.

Para efectuar la prueba de fondo, hay que colocar en éste un cople soldado al cual se conectará una línea de aire para que penetre éste entre la parte inferior de la lámina del fondo y la base del mismo.

En todo el exterior del tanque hay que poner un muro de tierra o ladrillo para alojar agua entre este y el tanque. Se procede a inyectar aire por el cople soldado al fondo (con una presión 1 kg/cm². es más que suficiente), posteriormente se procede a enjabonar todas las costuras longitudinales y transversales del fondo; en caso de que exista alguna fuga se detecta fácilmente por un burbujeo producido por el aire sobre la enjabonadura.

La altura del muro debe ser tal que quede unos 10 ó 15 cms. arriba de las láminas del fondo del tanque, para que cuando éste se llene de agua no haya posibilidad de que el aire escape.

IV.5.2.-PRUEBA DEL CUERPO Y TECHO.

Encontrándose totalmente soldado el tanque, así como colocados sus accesorios, y colocando en éstas válvulas o bridas ciegas se procede a llenar el tanque con agua para efectuar la prueba hidrostática del cuerpo y la neumática del techo, para ello hay que soldar

un cople en la parte superior del techo para poder inyectar aire.

Encontrándose el tanque lleno hasta un nivel aproximado 1' abajo del ángulo de refuerzo, se procede a inyectar aire por el cople soldado hasta llegar a una presión de aprox. 2 kg/cm²., conservándolo así presionado durante un lapso aproximado de 48 horas para poder detectar todas las fugas que pueda tener y para lograr un asentamiento definitivo del tanque.

Efectuada la prueba con resultados satisfactorios se procede a vaciar el tanque, teniendo la precaución de destapar cuando menos una boquilla de las localizadas en la parte superior; pues si no se hace ésta operación y se procede a vaciarlo el tanque se chupa.

Realizando lo anterior se procede a efectuar una limpieza general y se instalan los accesorios faltantes para su operación normal como niveles, sistema contra incendio, alumbrado, etc.

C A P I T U L O V

V.- PROTECCION ANTICORROSIVA.

Tan importante como el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento lo es su protección anticorrosiva, ya que se protege adecuadamente, se minimiza su mantenimiento prolongando así su vida útil.

En un tanque de almacenamiento, desde el punto de vista de corrosión, se puede clasificar sus superficies dependiendo del agente corrosivo a que están expuestas:

<u>SUPERFICIE</u>	<u>TIPO DE CORROSION</u>	<u>AGENTE CORROSIVO</u>
I.-EXTERIOR		
a).-Cuerpo y cúpula.	Química	Substancias disueltas en el aire.
c).-Fondo	Electroquímica	Contacto continuo con la base y la humedad.
II.-INTERIOR.		
a).-Cúpula y parte superior de la envolvente.	Química	Vapores emanados del producto que almacena
b).-Fondo y parte inferior de la envolvente.	Electroquímica	Agua salada.

Como se observa en la clasificación anterior, dos son los tipos de corrosión que es necesario combatir: La química y la electroquímica.

La corrosión química se evita por medio de una membrana o recubrimiento el cual para que sea efectivo debe reunir ciertas cualidades como son: Buena adherencia al metal, resistencia al medio ambiente, impermeabilidad y resistencia mecánica.

La corrosión electroquímica se contrarresta mediante protección catódica, la cual generalmente se hace por medio de ánodos

de sacrificio.

V.1.- DISEÑO DE PROTECCION CON RECUBRIMIENTOS.

Para proteger eficazmente con recubrimientos un tanque es necesario tomar en cuenta las condiciones de exposición de cada una de las superficies del mismo, para así seleccionar el sistema de recubrimientos más adecuado para cada una de ellas. Además de los recubrimientos a utilizar se debe de considerar con especial interes las limpiezas de las superficies por recubrir ya que de una buena lipieza depende el éxito del sistema de recubrimientos.

Nunca debe recubrirse sobre superficies mojadas o húmedas ni cuando la atmósfera sea extremadamente húmeda.

Para la aplicación de los recubrimientos primero se hará una limpieza con chorro de arena.

Lo anterior se refiere a la limpieza de superficies metálicas aplicando un chorro de aire con arena. En algunos casos se a considerado conveniente el uso de la granalla metálica de tipo especial.

Por éste método se eliminan los depósitos de óxido, pintura adherida o cualquier otra sustancia extraña.

Una vez efectuada la limpieza con chorro de arena se hará una eliminación del polvo.

Una vez hecha la limpieza se procederá a aplicar el recubrimiento necesario según se estipule. El método de aplicación por asperción es el más rápido y las películas resultantes son más uniformes en espesor.

A continuación se indican las especificaciones para la protección anticorrosiva con recubrimientos de un tanque para almacenamiento de crudo.

V.1.1.-SUPERFICIES EXTERIORES.

a).-FONDO.-Se limpiará con chorro de arena tipo ráfaga y se aplicará asfaltina a 0.008" de espesor; este trabajo deberá hacerse previo a la colocación de la lámina.

b).-ENVOLVENTE, CUPULA, CONEXIONES Y ACCESORIOS.-Se limpiarán

con chorro de arena a metal blanco dejando un anclaje mínimo de 0.0015"; se aplicará primario de zinc 100% inorgánico tipo autopurante a 0.003" y acabado vinilo de alto contenido de sólido color blanco a 0.005".

c).-ESCALERA Y BARANDALES.-Se limpiarán con chorro de arena a metal blanco dejando un anclaje mínimo de 0.0015"; se aplicará primario de zinc 100% inorgánico tipo autopurante 0.003" y acabado epóxico catalizado color negro a 0.005".

d).-ZONA DE ESCURRIMIENTOS.-Se pintara con esmalte alquidáltico brillante color negro a 0.0025".

V.1.2.-SUPERFICIES INTERIORES.

a).-Se limpiarán con chorro de arena a metal blanco dejando un anclaje mínimo de .0015" y se aplicará primario de alquitrán de hulla epóxico catalizado a 0.016" de espesor.

V.2.- PROTECCION CATODICA.

V.2.1.-DEFINICION Y CONCEPTOS TEORICOS FUNDAMENTALES.

La corriente de electrones necesaria para establecer un sistema de protección catódica puede obtenerse formando una pila eléctrica espontánea usando ánodos de metales más activos como zinc, aluminio, y magnesio o bien mediante la impresión de corriente eléctrica por medio de una fuente alterna con diodos de selenio o silicio.

Protección catódica.-El proceso de corrosión en metales se lleva a cabo con un flujo de electrones que abandonan la superficie metálica con la consecuente disolución y el paso del metal a forma iónica. Durante la protección catódica, se imprime corriente invirtiendo al sentido del flujo de electrones y evitando así la disolución del metal. Este método se utiliza preferentemente en tuberías y estructuras enterradas.

V.2.2.-MECANISMO DE LA PROTECCION CATODICA.

Métodos basados en la aplicación de procedimientos eléctricos.

Ejemplos son la protección catódica y la pasivación anódica, el primero consiste en la aplicación de una diferencia de potencial

opuesta a la de la pila de corrosión que se forma con lo que se disminuirá o anulará la reacción de corrosión. El segundo se aplica a materiales capaces de formar una película superficial pasiva, que puede mantenerse incluso en medios de los que normalmente no sería estable, mediante la aplicación de una diferencia de potencial adecuada para ser anódica, frente al electrodo de referencia. La superficie que ha de protegerse.

V.2.3.-CRITERIO DE PROTECCION CATODICA.

La diferencia de potencial entre el metal y el electrolito, para el caso de materiales ferrosos, deberá tener un valor de 0.85 volts, medido contra un electrodo de Cu/CuSo₄ saturado, manteniendo la estructura para proteger negativa. Otro criterio sugiere incrementar el potencial natural de la estructura en 0.200 volts. Si se considera que para fierro y sus aleaciones se tienen valores de potencial natural de orden de 0.5 volts de c.c., el límite mínimo de potencial de protección sería en este caso del orden de 0.700 volts de c.c.

Un ánodo galvánico o ánodo de sacrificio, es un material con un potencial más electronegativo que el potencial del metal que se pretende proteger y debe tener las siguientes características:

- a) Potencial suficientemente electronegativo, para asegurar un flujo de corriente adecuada.
- a) Corriente de salida elevada, por unidad de peso de material consumido.
- c) Buen comportamiento de polarización anódica a través del tiempo.
- d) Bajo costo.

Los ánodos galvánicos que con mayor frecuencia se utilizan en protección catódica son de magnesio, zinc y aluminio.

Los ánodos de magnesio han encontrado aplicación en la protección de estructuras enterradas, por su parte los ánodos de zinc y de aluminio se utilizan preferentemente para dar protección a

estructuras sumergidas en medios acuosos.

La protección catódica a base de anodos de sacrificio, tiene ventajas y desventajas respecto al sistema de protección en corriente impresa:

V E N T A J A S

- a) Bajo costo de instalación.
- b) Protección ideal de "puntos calientes".
- c) Bajo costo de mantenimiento.
- d) Menos daños al recubrimiento.

D E S V E N T A J A S

- a) Grandes cantidades de material anódico.
- b) Reposición periódica.
- c) No adaptables a control automático.
- d) Limitados a aplicación de baja corriente.

C A P I T U L O VI

VI.- CONCLUSIONES.

1.-Los tanque de almacenamiento son estructuras poco costosas en relación con sus dimensiones a diferencia de la mayoría de las estructuras, el costo de la cimentación de un tanque puede exceder el del propio tanque.

2.-El peso de los tanques es ligero en comparación con su contenido; la presión inducida al terreno puede incrementarse desde un valor muy pequeño hasta 1.5 kg/cm²., en un pequeño lapso de tiempo durante la prueba hidrostática. En cambio en otras estructuras la carga aumenta gradualmente conforme avanza la construcción, por ejemplo: en edificios la carga muerta es aproximadamente el 70% del total, quiere decir que apenas el 30% (carga viva) de la carga total puede presentarse en un tiempo relativamente corto, como resultado de este fenómeno, las cimentaciones de tanques no son aprobadas realmente, sino hasta que estan terminados los recipientes.

3.-Normalmente al analizar o calcular las cimentaciones de tipo rígida o semirígida, para estructuras en general, se supone que el terreno recciona uniformemente al nivel de desplante, cosa que en realidad no sucede por la variación de carga entre un punto y otro, sin embargo en las cimentaciones de tanques cilíndricos verticales, el fondo normalmente es de solo 6,3 mm. de espesor estará en contacto con el suelo y se deformará en él, es por esto que los tanques, de almacenamiento cilíndricos verticales son un caso único en que las cargas son aplicables uniformemente al suelo.

Por lo tanto, las condiciones de espesor bajo la superficie, probables deflexiones y asentamientos por consolidación y otros elementos mecánicos del subsuelo, pueden predecirse con más aproximación bajo cimientos de tanques.

4.-Los factores que influirán en la selección de la cimentación serán el problema de capacidad de carga, conocer el nivel

de esfuerzos que la cimentación puede transmitir al suelo sin provocar colapso, calcular los asentamientos o expansiones que el suelo va a sufrir con tales esfuerzos, y a los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia de la obra.

El uso de los pilotes deberá suprimirse hasta donde sea posible, por ser demasiado costoso en relación con el costo del recipiente empleando otros sistemas de cimentaciones.

5.-Para llevar a efecto el armado de tanques cilíndricos verticales deberán tomarse en consideración los siguientes puntos básicos:

- 1.-Equipo necesario.
- 2.-Inspección de materiales.
- 3.-Accesorios para el armado.

5.1.-EQUIPO NECESARIO.

Para el manejo de transporte, colocación y soldadura de cada una de las láminas que formarán un tanque cilíndrico vertical de cualquier capacidad será necesario el siguiente equipo:

A).-CAMION WINCHE.-Equipo utilizado en la erección de un tanque desde la selección del material, manejo y tendido de todas las láminas del fondo, e incluso hasta colocar todas las láminas de un segundo anillo en tanques de capacidad hasta de 55,000 bls. ya que su capacidad máxima es de 3.0 tons.

B).-PETTIBONE (GRUA SOBRE NEUMATICOS).-Con este equipo es posible montar hasta el último anillo (aprox. 15.0 mts.) aunque generalmente los usuales solo permiten armar hasta el tercer anillo y sus capacidades varían de 3 a 30 tons.

C).-GRUA (MONTADA SOBRE ORUGAS).-Este sería el equipo ideal para la erección total de todos los anillos de cualquier tanque cilíndrico vertical debido a que su pluma es lo bastante larga como para poder acomodar perfectamente bien todas las láminas hasta del techo. Así como los accesorios del tanque, las hay desde 20 tons. hasta 300 tons. de capacidad.

D).-EQUIPO DE CORTE.-Este es muy necesario para cortar todas las puntas sobrantes en la periferia del fondo de un tanque así como del techo o cualquier ajuste al cierre de cada uno de los anillos. Consiste de dos tanques cilíndricos uno contiene acetileno y el otro oxígeno ambos regulados por sus manómetros, dos mangueras que salen de la regulación de cada tanque las cuales convergen a un mezclador donde se regula la mezcla según la intensidad del calor de lo que requiera para efectuar el corte en la placa.

E).-EQUIPO PARA SOLDAR.-Este tipo de equipo es usado desde que se empiezan a puntear las primeras láminas del fondo hasta cerrar el último cordón de soldadura en el techo en la fabricación de un tanque de almacenamiento, los hay accionados por corriente eléctrica o sea las llamadas soldadoras rectificadoras hasta de 400 amperes y los llamados motogeneradores que consisten de un motor de combustión interna que es el que acciona a un generador para llegar a producir el amperaje suficiente (300 amperes), para la correcta fundición del electrodo.

F).-TIRFOR.-Lo menciono porque es muy necesario en las maniobras que se ejecutan para el manejo de cualquier máquina, herramienta e inclusive hasta para los ajustes que tengan que hacerse en el armado de un tanque, así como para poder ventear las láminas de la envolvente sobre todo cuando ya está armado el tercer anillo para poder evitar que con un fuerte viento el tanque se deforme.

5.2.-INSPECCION DE MATERIALES.

Es necesario efectuar una inspección minuciosa de los materiales que serán empleados en el armado, debido a que durante su transporte y manejo suelen sufrir daños de alguna consideración.

Deberá asegurarse que las láminas que formarán el fondo y el techo se encuentren perfectamente "planchadas y escuadradas" para evitar al máximo los abolsamientos y dificultades posteriores cuando se vaya a soldar.

Por lo que respecta a las láminas que formarán el cuerpo del tanque, es necesario someterlas a un chequeo con un escantillón de

madera para así comprobar que el rolado de las mismas esté de acuerdo con el diámetro especificado. En caso de que se encuentren láminas que hayan perdido su rolado total o parcialmente deberán someterse a un segundo rolado hasta lograr la curvatura requerida o especificada. Es frecuente encontrar láminas con abolladuras las cuales se deberán de sacar en frío hasta aproximarnos a la curvatura requerida.

Existen abolladuras que por su forma o magnitud obligan a efectuar un nuevo rolado y algunas, siendo de índole muy pequeña se sacarán únicamente utilizando marro.

Un especial cuidado deberá tenerse para conservar en buenas condiciones los biseles de las láminas que formarán el cuerpo, por tal razón es conveniente protegerlas con praimer de cromato durante su almacenamiento y tener mucho cuidado de que los biseles no se encuentren maltratados, cuando esto ocurra habrá que repararlos cuidadosamente.

5.3.-ACCESORIOS PARA EL ARMADO.

La experiencia ha demostrado que mediante el empleo de algunos accesorios especiales se ha logrado mayor facilidad y exactitud en el armado.

Existen infinidad de accesorios en formas y tamaños variables pero los más comunmente usados con magníficos resultados en la industria petrolera son:

Candados y tuercas.

Punzones.

Placas separadoras.

Perros para manejo de láminas.

Barras para armado.

Puentes para dar rigidez.

Escuadras de varillas corrugadas para andamios.

Las dimenciones de estos accesorios son variables.

B I B L I O G R A F I A

- | | |
|---|---|
| MECANICA DE SUELOS I Y II | JUAREZ BADILLO. RICO RODRIGUEZ.
EDITORIAL LIMUSA. |
| ASPECTOS FUNDAMENTALES DE
CONCRETO REFORZADO. | GONZALEZ. CUEVAS. CASILLAS.
EDITORIAL LIMUSA. |
| RESISTENCIA DE MATERIALES | ROBERT W. FITZGERALD.
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE
INGENIERIA. |
| MANUAL DE OBRAS CIVILES. | COMISION FEDERAL DE LA ELECTRICIDAD. |
| MANUAL MONTERREY. | FUNDIDORA MONTERREY. |
| MANUAL DE AHMSA. | ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. |
| EXPLORACION Y MUESTREO DE
SUELOS PARA PROYECTOS DE
CIMENTACIONES, NORMAS
No. 2.214.05. | NORMAS PARA PROYECTOS DE OBRAS
PEMEX. |
| CIMENTACIONES DE TANQUES
NORMA No. 2.214.01 | NORMAS PARA PROYECTOS DE OBRAS
PEMEX. |
| DISEÑO DE TANQUES ATMOSFERICOS
NORMA No. 2.012.04 | NORMAS PARA PROYECTOS DE OBRAS
PEMEX. |
| FABRICACION DE TANQUES
ATMOSFERICOS.
NORMA No. 3.612.04 | NORMAS PARA PROYECTO DE OBRAS
PEMEX. |

