



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
ARAGON**

**CLASIFICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO
DE GRAN CAPACIDAD PARA PETROLEO.**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A
EDGAR ARAGON BORJA**

ESTADO DE MEXICO

MAYO 1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I · N D I C E .

INTRODUCCION.....	1
1. REQUERIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DEL PETROLEO	2
2. PROPIEDADES DEL PETROLEO	8
CAPITULO I TANQUES Y SUS NECESIDADES.....	14
1.1 CLASIFICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	15
1.2 MATERIALES PARA SU CONSTRUCCION	19
1.3 ELECCION DEL TIPO DE TANQUE	36
1.4 DIMENSIONES DEL TANQUE	41
CAPITULO II CARACTERISTICAS DE LA CIMENTACION DEL TANQUE.....	45
II.1 INVESTIGACION DEL SUELO	46
II.2 GENERALIDADES DE LA CIMENTACION DE LOS TANQUES	48
II.3 CONSIDERACIONES DE LA CIMENTACION YA TERMINADA	52
CAPITULO III FONDO DE LOS TANQUES.....	53
III.1 DISEÑO	54
III.2 SELECCION DE LOS MATERIALES	66
III.3 LOCALIZACION	69
III.4 SELECCION DE EQUIPO	71
III.5 SELECCION DE PERSONAL	72
III.6 MONTAJE Y ENSAMBLE DE PLACAS	73
III.7 PRUEBAS A LAS QUE DEBE SOMETERSE UN TANQUE DE ESTAS CARACTERISTICAS.	77

CAPITULO IV	ENVOLVENTE DEL TANQUE.....	80
IV.1	CARACTERISTICAS DE LA ENVOLVENTE	81
IV.2	DISTRIBUCION Y SELECCION DE PLACAS	85
IV.3	SECUENCIA DE CONSTRUCCION	88
IV.4	ACCESORIOS	98
IV.5	FUERZAS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCION	99
CAPITULO V	CUBIERTA DEL TANQUE.....	104
V.1	CARACTERISTICAS	105
V.2	SELECCION Y DISTRIBUCION DE PLACAS	107
V.3	ARMADO DEL TECHO	110
V.4	ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS	120
V.5	TOLERANCIAS Y PRUEBAS	127
CAPITULO VI	PROTECCION DEL TANQUE Y ROTULACIÓN.....	131
VI.1	GENERALIDADES	132
VI.2	PREPARACION DE SUPERFICIES	133
VI.3	RECUBRIMIENTOS	136
VI.4	ROTULACION	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		145
BIBLIOGRAFIA.....		150

I N T R O D U C C I O N

- 1. REQUERIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DEL PETRÓLEO.**
- 2. PROPIEDADES DEL PETRÓLEO.**

1. REQUERIMIENTO DEL ALMACENAMIENTO DEL PETROLEO .

Al petróleo se le ha llamado oro negro y aunque en realidad no tiene ninguna semejanza con algún metal precioso, es más valioso a causa de sus usos que son infinitamente variados .

A pesar de que en su mayor parte se encuentra escondido en el subsuelo, donde se formó hace millones de años por efecto de la descomposición de residuos animales y vegetales en lugares que fueron ocupados por lagos y mares, se le conoció aún antes de iniciarse -- las perforaciones porque afloraba en pequeñas cantidades en algunos manantiales y lagunas .

De estos depósitos naturales era recogido por el hombre de --- hace siglos y empleado en muy diversas formas.

En la Biblia, por ejemplo, aparece con el nombre de "betún mineral combustible" y se cita que Noé lo usó como impermeabilizante al calafatear su arca (Génesis 6-14) .

Los babilonios y los asirios, lo emplearon para alumbrado en - sustitución del aceite vegetal y como cemento en sus construcciones.

Los árabes y hebreos, lo utilizaban para fines benéficos como era el fabricar medicinas, mientras que los romanos lo usaban para destruir las naves enemigas incendiándolas .

Los egipcios, se valían de él para llevar a cabo sus prácticas de embalsamamiento y para preparar las pinturas con que decoraban - sus tumbas .

Los chinos por su parte, como los romanos, también usaron al - petróleo como elemento de guerra en forma de aceite hirviendo o grnadas de fuego, pero fueron además, los primeros en emplear al gas natural en lámparas, valiéndose para ello de tubos de bambú por donde lo hacían circular .

En el continente americano los indígenas lo empleaban para impermeabilizar sus canoas desde antes de la llegada del hombre blanco .

En México, se le recogía de la superficie de las aguas para usarlo como medicina y como incienso para los ritos, además algunas tribus que habitaron en las costas, lo masticaban para limpiar y blanquear su dentadura .

Sin embargo, no fue sino muchos años después, por razón de los nuevos inventos, que el petróleo comenzó a obtener cada vez mayor importancia y a observarse que crecía su demanda . Entre los hechos que marcaron su incipiente auge se encuentran:

La invención en 1784, por parte de Amado Argand, físico-matemático y químico italiano (1755-1808), de una lámpara con mecha hueca y redonda protegida por un tubo cilíndrico de vidrio. Dicha lámpara fue modificada posteriormente por el farmacéutico Antoine Quinquet, de donde se derivó su nombre .

Como el petróleo crudo, dejaba al arder muchos residuos bituminosos, se buscó la manera de evitarlo. Esto lo logró Samuel Kier en 1850 valiéndose de un alambique donde destiló un barril, obteniendo además un mejor iluminante. Más tarde en 1855 el químico norteamericano Benjamín Silliman Jr. (1816-1885), perfeccionó el proceso -- haciendo de paso un gran estudio sobre la refinación del petróleo, -- basado en la destilación fraccionada, que es el método empleado aún en nuestros días.

El 27 de agosto de 1859, cerca de Titusville, Pennsylvania, -- Edwin L. Drake, exconductor de trenes, erigió una casa de máquinas y una torre, a 21 metros de profundidad, el petróleo empezó a aflorar produciendo 34 litros diarios. Este fue el primer pozo comercial que existió.

Para 1870 se vendían gran cantidad de productos de refinación que servían como limpiadores, pomadas, lociones, unguento, parafina, recubrimientos de píldoras y goma de mascar.

En 1886 Karl Benz (1844-1929), Ingeniero Mecánico alemán precursor de la industria automotriz, construyó el primer automóvil impulsado mediante un motor de gasolina, que podía desarrollar una velocidad de poco más de 15 kilómetros por hora.

Este invento trajo como consecuencia, el uso del petróleo como carburante en los motores de combustión interna, generalizándose el uso de la gasolina que anteriormente no tenía valor comercial.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX el residuo de la destilación sustituyó al carbón que se empleaba como combustible en las locomotoras y barcos, ya que era de más fácil manejo y tenía mayor poder calorífico.

Todo lo anterior ha traído como consecuencia que desde el año 1858 en que se perforó el primer pozo comercial de petróleo que producía 34 litros al día, la producción mundial haya aumentado considerablemente, siendo en 1974, de 57 millones de barriles diarios.

México no estuvo desvinculado del gran desarrollo e influencia del petróleo, incluso fue conocido como país petrolero desde el año 1901, cuando se realizó la primera producción comercial, esto fue en el municipio de Eban, San Luis Potosí, donde la Mexicana Petroleum Co. construyó una refinería con capacidad de 2 000 barriles diarios.

El 20 de noviembre de 1910, estalló el movimiento armado de la "Revolución Mexicana", pero no obstante esto, la industria petrolera continuó su marcha ascendente, así, en ese año la producción total de crudo fue de 3 632 192 barriles, en 1911 de 12 546 296 barriles y para 1917 de 55 292 767 barriles, cantidad que colocó a México en el tercer lugar como productor mundial de petróleo.

Como el consumo de productos petroleros seguía aumentando constantemente, la producción que se obtenía de los pozos era muy grande y se empezaban a realizar exportaciones, muchas compañías petroleras extranjeras se establecieron de lleno en el país, invitadas por el gobierno del entonces presidente de la República, General --

Porfirio Díaz.

Llegó así nuestra Nación, a la llamada "Epoca de Oro" en el -- año 1921, cuando con una producción de 193 397 586 de barriles anua les, México ocupó el segundo lugar a nivel mundial como productor - de crudo.

La producción se mantuvo en constante incremento hasta el año de 1938, cuando se escribió el capítulo cumbre de la Historia Econó mica de México, pues fue entonces cuando se realizó la "Expropia--- ción Petrolera" encabezada por el presidente Lázaro Cárdenas del -- Rfo.

Por decreto pasaron a ser propiedad de la Nación, la maquina-- ria, instalaciones, edificios, oleoductos, refinerías, tanques de - almacenamiento, vías de comunicación, carros tanque, embarcaciones y todos los demás bienes muebles e inmuebles de las compañías petrole ras que operaban en el país.

En esta etapa, existió una baja en cuanto a la producción de - crudo y productos petrolíferos que se resintió sobre todo en los as pectos de exportación e importación, los cuales se decrementaron e incrementaron, respectivamente.

Del año 1938 a 1943, se tuvo el lapso más crítico y de 1943 -- hasta 1973, se efectuaron una serie de altibajas luego de las cua-- les se llegó por fin a un período de franca recuperación, al grado de que en 1979 se obtuvo tal producción, que ya no existió práctica mente importación (véase la tabla 1) .

CIFRAS EN MILES DE BARRILES/AÑO

AÑO	EXPORTACION	IMPORTACION
1938	8995	123
1943	5725	212
1948	13118	2556
1953	15348	3983
1958	11642	5369
1963	18718	2142
1968	19988	3619
1973	8699	24156
1977	75388	3465
1978	177572	2283
1979	294200	—
1980	368300	—
1981	441500	—
1982	508800	—

Tabla 1. EXPORTACION E IMPORTACION DE CRUDO Y PRODUCTOS PETROLIFEROS.

(Datos obtenidos del folleto editado por PEMEX "Petróleos Mexicanos, 1938-1982")

Por otra parte en la tabla 2, podemos observar conjuntamente los volúmenes de exportación, producción y ventas internas tanto del crudo y productos petrolíferos, como de productos petroquímicos y del gas natural, en los años 1970, 1975, 1980 y 1982 .

C O N C E P T O	1970	1975	1980	1982
Ventas internas de productos petrolíferos que incluyen gas licuado, gasolinas, kerosina, diesel, residuales, lubricantes, -- parafinas y grasas .	150 000 000 B/A*	225 000 000 B/A	325 000 000 B/A	380 000 000 B/A
Ventas internas de productos -- petroquímicos.	1 000 000 T/A*	2 000 000 T/A	3 500 000 T/A	4 600 000 T/A
Ventas internas de gas natural.	8 000 000 000 M ³ /A	9 000 000 000 M ³ /A	15 000 000 000 M ³ /A	17 000 000 000 M ³ /A
Exportación de productos petroquímicos .	despreciable	despreciable	1 000 000 T/A	2 100 000 T/A
Exportación de gas natural.	despreciable	despreciable	cero	20 600 000 000 M ³ /A
Exportación de crudo y productos petrolíferos.	19 900 000 B/A	40 000 000 B/A	368 300 000 B/A	508 800 000 B/A
Producción total de crudo y -- condensados.	400 000 B/D*	700 000 B/D	2 000 000 B/D	2 600 000 B/D
Producción total de gas natural.	50 000 000 M ³ /D*	50 000 000 M ³ /D	125 000 000 M ³ /D	140 000 000 M ³ /D

Tabla 2. VENTAS INTERNAS, EXPORTACION Y PRODUCCION DE CRUDO Y DERIVADOS .

B/A, barriles al año; T/A, toneladas al año; M³/A, metros cúbicos al año;

B/D, barriles al día; M³/D, metros cúbicos al día .

(Tabla basada en la revista "Petróleos Mexicanos, 1938-1982") .

Cabe añadir que actualmente Petróleos Mexicanos exporta crudo y sus derivados a Estados Unidos, España, Inglaterra, Suecia, Antillas Holandesas, Belice, Guatemala, Colombia, Ecuador, Perú, Costa Rica y Brasil. Es por ésto que la explotación de crudo de be seguir aumentando día a día, lo cual será factible gracias al -- descubrimiento de nuevos yacimientos y a la perforación de pozos, - de los cuales actualmente existen 3 732 .

El petróleo obtenido de los mencionados pozos debe ser conducido a las terminales de distribución interna y de exportación, pudiendo - llegar a éstas hasta 2 000 000 de barriles al día. Por esta razón - se requieren grandes tanques de almacenamiento, los cuales guarda- rán el crudo mientras se decide su destino que puede ser: el cargar buques-tanque (que llegan a tener capacidad de hasta 1.5 millones - de barriles), el llenar carros-tanque o autos-tanque, o mandarlo -- por oleoductos a las diversas refinerías del país.

2. PROPIEDADES DEL PETROLEO .

La palabra petróleo es una castellanización del latín petro--- leum (de petra-piedra y oleum-aceite), que significa aceite de piedra. El vocablo chapopote proviene da la palabra náhuatl chapopoc-- tli, de cháhualtl-grasa y poctli-humo.

Se define como un compuesto formado por hidrocarburos, los cua les son combinaciones de carbono e hidrógeno.

Su color característico no es definido, pudiendo variar entre un café oscuro, verdoso o amarillento .

En sus depósitos naturales se le puede encontrar asumiendo las tres fases físicas de la materia: sólida, líquida y gaseosa, natu--

ralmente dependiendo de la composición, temperatura y presión a que se encuentre.

La fórmula del petróleo de manera general es la de los hidrocarburos saturados, C_nH_{2n+2} de la serie del metano, C_nH_{2n} de la serie del etileno y C_nH_{2n-2} de la serie del acetileno .

Vemos pues, que el petróleo no es una especie química, sino una mezcla compleja de hidrocarburos, que puede además contener impurezas como azufre, oxígeno, nitrógeno, hierro, vanadio, agua emulsionada y bióxido de carbono, por lo que sus propiedades físicas son el resultado de la combinación de los compuestos y elementos que forman la mezcla .

Sin embargo, para poder efectuar un análisis de una manera satisfactoria, lo que podemos hacer primeramente, es una separación entre el crudo y su gas natural asociado con que se encuentra en los depósitos.

El gas natural se compone de metano, que lo constituye en su mayor porcentaje (de 80% a 98%), con menores cantidades de etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano y tal vez otros hidrocarburos de mayor peso molecular .

En la siguiente tabla (3), pueden verse dichos hidrocarburos, así como sus temperaturas críticas, presiones críticas y puntos de ebullición .

HIDROCARBURO	TEMPERATURA CRITICA °C	PRESION CRITICA (ATMS).	PTO. DE EBULLICION °C
C ₁ H ₄ : Metano	-82.4	45.8	-161.4
C ₂ H ₆ : Etano	32.3	48.3	- 89.0
C ₃ H ₈ : Propano	96.8	42.0	- 42.1
C ₄ H ₁₀ : Isobutano	134.0	36.9	- 11.7
C ₄ H ₁₀ : nButano	153.1	36.0	00.5
C ₅ H ₁₂ : Isopentano	187.8	32.9	27.9
C ₅ H ₁₂ : nPentano	197.2	33.0	36.0
C ₆ H ₁₄ : Hexano	234.8	29.5	68.7
C ₇ H ₁₆ : Heptano	267.0	27.0	98.4
C ₈ H ₁₈ : Octano	295.9	25.2	125.6
Gas Natural (Promedios aprox.)	-62.0	47.1	—

Tabla 3. PROPIEDADES FISICAS DE ALGUNOS HIDROCARBUROS .

(Fuente: Ingenieria de Producción del Petróleo L. Ch. Uren. C.E.C.S.A. , 1965).

Por otra parte a los crudos los podemos dividir de manera general en:

Los que al enfriarse depositan un material de la consistencia de la cera o parafina y se les denomina petróleos base parafina, como los que se obtienen en los campos productores de pennsilvania, - Nueva York.

Los que contienen materiales asfálticos y se les llama petróleos base nafteno, como los que se encuentran en California y costas del Golfo de México.

Y los petróleos de base intermedia que tienen caracterfsticas intermedias de los dos primeros como los que se obtienen en América Central.

Aproximadamente el 85% de todos los petróleos crudos del mundo pertenecen a las tres clases anteriores.

En la tabla 4 podemos observar las características de crudos -
provenientes de diversos lugares.

Lugar de origen del crudo	Densidad específica a 15.5°C	Peso por galón (kg)	Poder calorífico por (Kg)	COMPOSICION %				
				C	H	S	N	O...
California	0.917	3.463	10 505	84.00	12.70	0.75	1.7	1.20
Kansas	0.921	3.479	10 628	84.15	13.00	1.90	0.4	--
Oklahoma	0.869	3.282	10 834	85.70	13.11	0.40	0.3	--
Oklahoma	0.871	3.290	10 825	85.00	12.90	0.76	---	--
Pensilvania	0.813	3.070	10 836	86.06	13.88	0.06	0.0	0.00
Texas	0.875	3.305	10 811	85.05	12.30	1.75	0.7	0.00
Wyoming	0.868	3.278	10 839	-----	-----	-----	---	--
México	0.975	3.683	10 419	83.70	10.20	4.15	---	--

Tabla 4. Características de crudos provenientes de diferentes lugares.

(Fuente:Manual del Ingeniero Mecánico de Marks, Lionel S. Marks, UTEHA, 1969).

Como ya se dijo, el petróleo crudo contiene una gran cantidad de diferentes hidrocarburos, pero los más importantes son el metano, etileno, propileno, butileno y benceno. Los cinco representan menos del tres por ciento del rendimiento de la refinación, pero dan el ochenta por ciento de todos los plásticos, el noventa por ciento de las fibras artificiales y casi todo el caucho sintético, es por -- ello que por el momento son insustituibles en la vida moderna.

En la tabla 5 podemos ver sus constantes físicas principales - y a continuación en la tabla 6, algunos de los productos que se obtienen a partir de ellos, luego de someterlos a diferentes procesos.

Hidrocarburo	Densidad con relación al aire	Peso Molecular	Kg/m ³	m ³ /Kg	Pto. de ebullición a presión atm.	Temperatura crítica °C	Presión crítica Kg/cm ² abs.
Metano	0.5544	16.0312	0.6782	1.4749	-161.0	-82.1	47.2
Etileno	0.9748	28.0312	1.1869	0.8425	-104.0	10.0	52.5
Propileno	1.4505	42.0468	1.7804	0.5617	- 47.0	92.0	46.5
Butileno	1.9353	56.0624	2.3748	0.4211	- 6.1	144.0	43.7
Benceno	2.6935	78.0468	3.3061	0.3025	80.0	288.0	49.2

Tabla 5. Constantes físicas principales de los cinco hidrocarburos más importantes en la industria.

(Datos obtenidos del Manual del Ingeniero Mecánico de Marks, L.S. Marks UTEHA. 1969).

Por último, hay que recordar a otros productos derivados de la refinación que son los combustibles, entre los que se encuentran:

El gas combustible, el propano, butano e isopentano, que tienen uso doméstico e industrial; la gasolina, que se emplea en los automóviles; la turbosina, utilizada como combustible en aviones; el diáfano, usado en lámparas incandescentes; el diesel, empleado en los camiones y el combustóleo, que se usa en los motores de los grandes barcos.

Hidrocarburo	Productos que se obtienen.	Fórmula	Usos
METANO	PLASTICOS FENOLICOS DE BAKELITA.	$(C_7H_8O_2)_X$	AISLANTE
	PLEXIGAS	$(C_5H_8O_2)_X$	COMBUSTIBLE PARA AVIONES
	UREA	$C_4H_4N_2$	ALIMENTO PARA GANADO
	ANTICONGELANTE	C_2H_6O	PARA RADIADORES DE AUTO
	PLASTICOS DE VINILO.	$(C_2H_3Cl)_X$	JUGUETES
ETILENO	ACETATO DE RAYON	$C_{12}H_{16}O_8$	ROPA
	ASPIRINAS	$C_9H_8O_4$	MEDICINA
	CAUCHO ESTIRENO BUTADIENO	$(C_{20}H_{26})_X$	MANGUERAS
	DACRON	$(C_{10}H_8O_4)_X$	ROPA
PROPILENO	ADHESIVOS EPOXY	$(C_{18}H_{20}O_3)_X$	PEGAMENTO
	CELOFAN	$(C_9H_{18}O_7)_X$	ENVOLTURAS
	PINTURAS RESINICAS	$(C_{11}H_{10}O_5)_X$	PINTURAS
	ACETONA	C_3H_6O	DISOLVENTE INDUSTRIAL
BUTILENO	PINTURAS LATEX	$(C_{28}H_{30})_X$	PINTURAS
	CAUCHO BUTILICO	$(C_9H_{16})_X$	LLANTAS DE AUTO
	ADITIVOS	$(C_4H_8)_X$	PARA PARTES DE MAQS.
	METIL-ETIL-CETONA	C_4H_8O	DISOLVENTE DE LACAS
BENCENO	INSECTICIDAS DDT	$C_{14}H_9Cl_5$	INSECTICIDAS
	ANILINAS	$C_{20}H_{20}N_3Cl$	COLORANTES
	ESPUMA DE POLIURETANO	$(C_8H_{12}O_4)$	AISLANTES
	COMPUESTOS PARA AGRICULTURA	$C_4H_4O_2N_2$	ABONOS
	DETERGENTES	$C_{35}H_{68}O_{12}$	LIMPIADORES

Tabla 6 . Esta tabla muestra algunos de los productos más usados que se obtienen a partir de los hidrocarburos. El símbolo "X" luego del paréntesis con las fórmulas indica que el material está polimerizado. (Fuente: Colección Científica del Time-Life "ENERGIA", 1981).

CAPITULO I TANQUES Y SUS NECESIDADES.

I.1 CLASIFICACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

I.2 MATERIALES PARA SU CONSTRUCCIÓN.

I.3 ELECCIÓN DEL TIPO DE TANQUE.

I.4 DIMENSIONES DEL TANQUE.

1.1 CLASIFICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO .

Es pertinente, antes que nada, hacer una distinción entre los recipientes de almacenamiento y los recipientes colectores. Estos últimos son de baja capacidad y sirven como un paso intermedio entre el pozo y los tanques que almacenan grandes cantidades de aceite.

Tales colectores pueden ser de dos tipos: depósitos y tanques. Los depósitos son depresiones naturales o hechas por medio de excavaciones donde se guarda el petróleo crudo mientras se separan los sólidos en suspensión y se asientan el agua y otras impurezas, luego de lo cual se conduce a los "verdaderos tanques de almacenamiento" donde espera su futuro destino en el mercado.

Hacer una clasificación de tanques no resulta muy sencillo, ya que existen muchos aspectos que se pueden tomar como referencia para llevarla a cabo, así por ejemplo tenemos a la presión de diseño, temperatura de trabajo, material de construcción, servicio que presta y otros.

Sin embargo, una clasificación muy clara y sencilla es la que toma como referencia si los tanques son abiertos o tienen cubiertas y subdividiéndolos según la forma geométrica de los mismos, de esta manera tenemos:

TANQUES
ABIERTOS

Cilíndricos verticales
Cilíndricos horizontales

TANQUES
CON
CUBIERTA

Cilíndricos verticales
Cilíndricos horizontales
Esféricos
Gotiformes

Los recipientes abiertos se usan normalmente como mezcladores, para reposo y para almacenamiento y resultan más económicos que los cerrados, siendo ambos de la misma capacidad.

Dentro de los tanques con cubierta, tenemos a los gotiformes, es decir, que no tienen una configuración geométrica bien definida, se usan para realizar ciertos procesos como sucede en los modificadores catalíticos y crackers catalíticos.

Los tanques esféricos, que son extensamente empleados, sirven tanto como mezcladores, como para almacenar fluidos a altas presiones como el gas licuado, oxígeno (O_2), hidrógeno (H_2), propileno (C_3H_6) y amoníaco (NH_3), entre otros.

Los tanques cilíndricos horizontales, tienen generalmente como función almacenar sustancias que provienen de equipos especiales y fluidos a presiones más bajas o altas que la atmosférica, pero cercanas a ella.

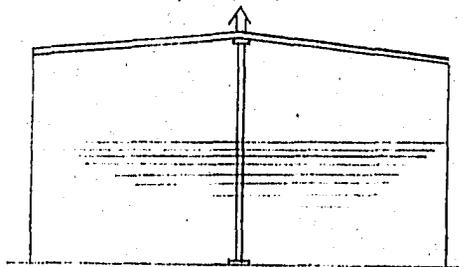
Por último tenemos a los tanques cilíndricos verticales, de los que existen una gran variedad y pueden servir además para muchos usos, aunque los más frecuentes son como: reactores, torres de destilación y para almacenamiento.

De todos los tipos de tanques citados anteriormente, son los cilíndricos -- verticales los que se emplean para almacenar grandes volúmenes de producto, ya que a causa de su forma, no presentan tantas restricciones para su construcción en cuanto a dimensiones como sucede con los otros.

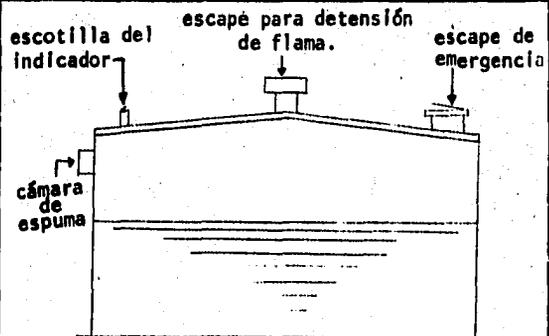
A continuación se hace una lista de los tipos de tanque más usuales para almacenamiento de crudo, todos ellos son cerrados y sólo el esferoidal no es cilíndrico vertical.

1. TANQUE CON TECHO CONICO NO PROTEGIDO.
2. TANQUE CON TECHO CONICO ESTANDAR.
3. TANQUE CON TECHO CONICO ESTANDAR CON GAS INERTE Y AGUA DE ENFRIAMIENTO.
4. TANQUE CON ESPACIO VARIABLE DE VAPOR Y GAS INERTE.
5. TANQUE CON TECHO LEVANTABLE.
6. TANQUE DE BAJA PRESION (2 1/2 psi) Y CON GAS INERTE.
7. TANQUE ESFEROIDAL.
8. TANQUE DE DIAFRAGMA FLOTANTE.
9. TANQUE DE TECHO FLOTANTE.

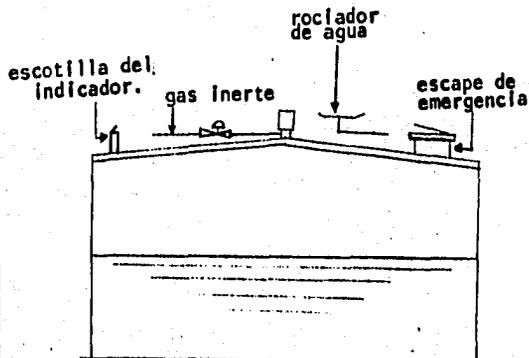
* Nota: ver a continuación los dibujos I.1 y I.2 .



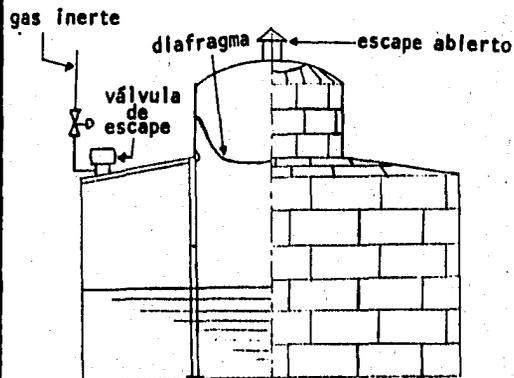
1) TANQUE TECHO CONICO NO PROTEGIDO.



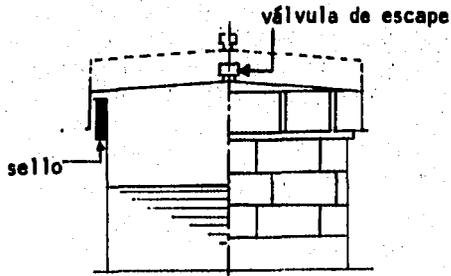
2) TANQUE TECHO CONICO ESTANDAR.



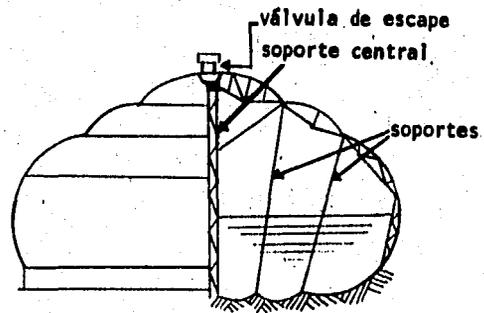
3) TANQUE TECHO CONICO ESTANDAR CON GAS INERTE Y AGUA DE EN-FRIAMIENTO.



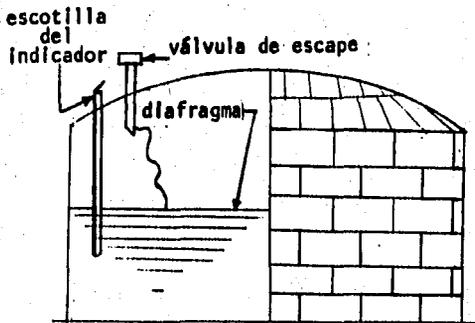
4) TANQUE CON ESPACIO VARIABLE DE VAPOR.



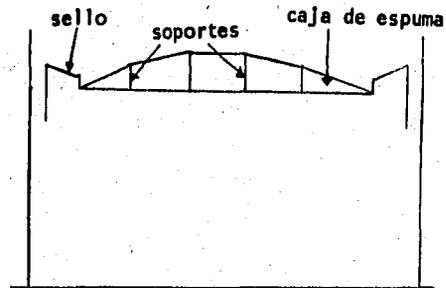
5) TANQUE TECHO LEVANTABLE.



7) TANQUE ESFEROIDAL.



8) TANQUE CON DIAFRAGMA FLOTANTE.



9) TANQUE CON TECHO FLOTANTE.

1.2 MATERIALES PARA SU CONSTRUCCION.

Antiguamente, a finales del siglo XIX y principios del XX, para construir recipientes de almacenamiento se usaban duelas de madera de pino, que para unirse entre si se biselaban y rodeaban con -- cinchos metálicos en su circunferencia exterior, pero tenían un -- gran inconveniente que era que como habían sido inicialmente fabricados para almacenamiento de agua, al usarlos para guardar aceite -- no se obtuvieron los mismos buenos resultados, pues el agua al penetrar a la madera, la hincha, permitiendo un mejor ajuste en los acoplamientos de las duelas, en cambio el aceite tiende a encoger dichas duelas, lo que provoca su separación y los consecuentes escurremientos de producto.

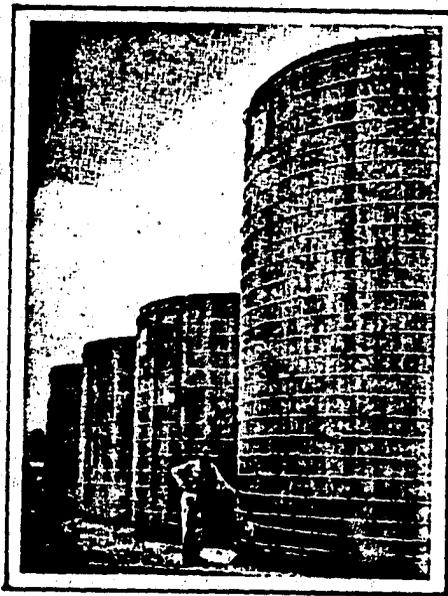


Figura I.3 . Tanques de duelas de madera para almacenar aceite .

Otra desventaja de estos recipientes, es que las propiedades mecánicas de la madera que los forma son muy bajas, por lo que sus capacidades nunca podrían ser muy grandes, siendo las máximas de -- 2 000 barriles de petróleo (cada barril contiene 159 litros).

Poco tiempo después, se empezó a utilizar al acero para construir tanques tanto atornillados como remachados, cuyas capacidades en relación con los de madera se incrementaron grandemente llegando a ser de 10 000 y 134 000 barriles respectivamente.

Sin embargo, su fabricación fue interrumpida durante la "Primera Guerra Mundial" (1914-1918), cuando conseguir láminas de acero para otro fin que no fuera el armamento de combate se tornó prácticamente imposible.

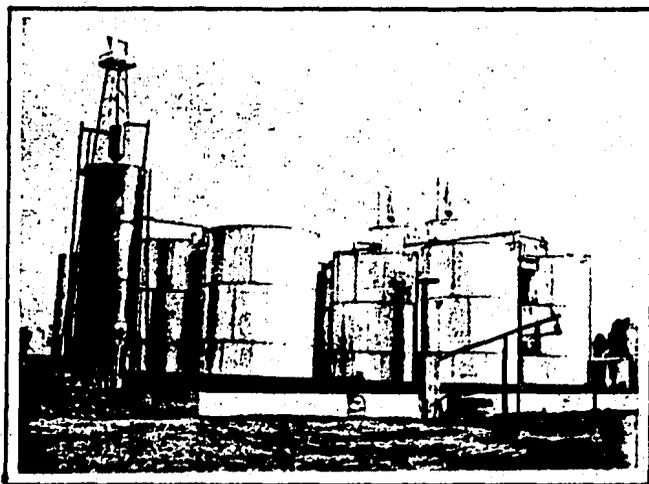


Fig. 1.4 . Tanques atornillados de almacenamiento y para separación de agua.

De esta manera se volvió imperativo desarrollar nuevas técnicas para construir tanques, surgiendo así un nuevo material para -- tal fin que fue el concreto reforzado, que tiene algunas muy buenas

características como las mencionadas a continuación:

No está sujeto a corrosión y por ello no requiere protección contra agentes que forman óxidos, ni tampoco sufren los efectos de la electrólisis .

Los tanques de este material, se pueden construir de cualquier forma que sea requerida a causa del terreno o construcciones vecinas en la localización seleccionada.

La baja conductividad del concreto aísla al aceite almacenado de los cambios bruscos de temperatura, evitando pérdidas por evaporación en el verano y haciendo más fácil el bombeo del aceite en -- invierno.

Los materiales conformantes del concreto no atraen a los rayos, además de que se pueden comprar o adquirir localmente, eliminando -- así pérdidas de tiempo por transporte.

Con respecto a su mantenimiento se tiene que el pintado y el -- calafateado se vuelven innecesarios.

Empero, si sus ventajas son muy grandes, también lo son sus -- desventajas entre las que se tienen :

El gran costo inicial de tanques de este material y su falta -- de portabilidad, ya que no pueden moverse en un caso necesario a -- una nueva localización y volverse a armar, teniendo un valor de recuperación nulo.

Si se construyen de techo hermético eliminan totalmente las -- pérdidas por evaporación, pero se pueden crear en su interior presiones muy grandes que terminen por ocasionar una explosión.

Su capacidad no puede ser muy alta (siendo la máxima de unos -- 55 000 barriles) pues para fabricar recipientes con concreto se necesita que sus operaciones sean continuas, sin ninguna interrupción, --

lo cual es muy difícil de lograr en tanques de grandes dimensiones, pero fundamental si se quiere lograr una estructura uniforme.

Actualmente en México, la selección de los materiales en la fabricación de los recipientes está regida por la "Sociedad Americana de pruebas y materiales" (ASTM). El material principal es el acero, pero también se emplean otros metales dependiendo de la sustancia - que se vaya a manejar, como se aprecia en la tabla I.1 .

Sustancia	Acero al Carbono					
	Miguel	Inconel	Monel	A.I. Tipo 304	A.I. Tipo 316	
Acetona	A	A	A	A	A	
Acetileno	A	A	-	A	A	
Cerveza	P	A	A	A	A	
Benzeno Benzal	A	A	A	A	A	
Benzina, Nafta	A	A	A	A	A	
Acido Bórico	X	-	-	P	A	
Cloruros en Gral.	X	R	R	R	X	
Butano	A	-	-	A	A	
Acido Cítrico	X	R	A	A	A	
Mercurio	A	A	-	A	A	
Gas Natural	A	A	A	A	A	
Aceites Petróleo 500°F Crudos	A	P	A	P	R	
Acido Fosfórico	P	P	P	P	R	
Azúfre	A	A	A	A	P	
Acido Sulfúrico	X	P	P	R	P	
Acido Sulfuroso	X	P	P	P	A	
Whiskey y Vinos	X	A	A	P	A	
Sustancias con Hidrógeno	A	A	A	A	A	

Tabla I.1 . Materiales de construcción de recipientes de acuerdo a las sustancias a manejar, en forma general. El significado de las letras en la tabla es: A=bueno; R=regular; P=precaución y - X= NO recomendable.

El inconel, el monel y aún el níquel (que son metales no ferríficos) cuando se emplean para fabricar recipientes llevan ciertos porcentajes de elementos de aleación, lo que les permite variar sus propiedades como punto de fusión, resistencia a la tensión y a la compresión, resistencia a la corrosión, conductividad térmica y -- otras (tabla I.2) .

DESIGNACION	COMPOSICION EN PORCENTAJES							
	Ni	Cr	Cu	Fe	Mn	Si	C	otros
Níquel	99.4	--	0.10	0.15	0.20	0.05	0.10	---
Níquel D	95.2	--	0.05	0.15	4.50	0.05	0.10	---
Níquel L	99.5	--	0.02	0.05	0.20	0.15	0.01	---
Monel	67.0	--	30.00	1.40	1.00	0.10	0.15	---
Monel R	67.0	--	30.00	1.40	1.10	0.05	0.10	0.35 S
Monel K	66.0	--	29.00	0.90	0.75	0.50	0.15	2.7 Al
Inconel	77.0	15	00.20	7.00	0.25	0.25	0.08	0.5 Ti

Tabla I.2. Composición química de aleaciones de níquel. (Fuente: "Manual del Ingeniero Mecánico de Marks", L.S. Marks, UTEHA, 1967).

Pero como ya dijimos anteriormente, el acero es el metal de -- uso más generalizado, por lo que hablaremos un poco acerca de él.

Se define como toda aleación maleable de hierro y carbono que generalmente contiene además pequeñas cantidades de silicio, manganeso, fósforo y azufre.

Convencionalmente los aceros se han dividido en tres grupos -- principales :

- a) Aceros al carbono.
- b) Aceros aleados.
- c) Aceros inoxidables.

a) Acero al carbono.- Es aquel material ferroso que debe -- principalmente sus propiedades distintivas al carbono que contiene.

b) Acero aleado o especial.- Es aquel que debe principalmente sus propiedades distintivas a algún elemento o elementos distintos del carbono, o juntamente a tales elementos y al carbono.- Algunos aceros aleados contienen hasta un 1.25 por ciento de carbono por lo que hasta ahora, ya que no se ha trazado una línea divisoria entre aceros aleados y al carbono, no se sabe si clasificarlos en uno u otro grupo.

c) Acero inoxidable.-Este metal se puede considerar más bien, un tipo de acero aleado que tiene la característica de ser resistente a la corrosión atmosférica, a los álcalis, a los ácidos y a la oxidación a temperaturas elevadas. Su elemento aleado principal es el cromo, el cual se le puede agregar hasta en una proporción de un 25 por ciento, en algunos casos.

En la tabla I.3 podemos apreciar algunos elementos de aleación del acero y las propiedades que proporcionan al mismo.

Elemento	Resistencia Mecánica	Resistencia al Impacto	Dureza	Dureza en Caliente	Templabilidad	Ductilidad	Tamaño de grano	Resistencia a la corrosión
Carbono	↑		↑			↓		
Manganeso	↑				↑			
Silicio		↑			↑			
Tungsteno	↑			↑				
Cromo	↑	↑						↑
Vanadio					↓		↓	
Cobalto				↑				
Molibdeno	↑	↑				↑		
Níquel		↑				↑		

Tabla I.3 . Influencia en las propiedades mecánicas del acero de algunos elementos de aleación. Las flechas hacia arriba o hacia abajo, indican que la propiedad se incrementa o decrecientemente.

(Tabla basada en datos proporcionados por la Compañía de Herramientas Greenfield S.A.)

Otra clasificación de interés respecto al acero es la que se refiere al porcentaje de carbono que contiene, así con 0.10 por ciento a 0.30 por ciento se le denomina de bajo carbono; con 0.31 por ciento a 0.45 por ciento de mediano carbono; y con 0.46 por ciento a 1.70 por ciento de alto carbono. Aceros con mayor contenido de carbono, no son de uso comercial.

En la tabla I.4, se especifican los aceros más empleados en México para la construcción de recipientes, tanto a presión como atmosféricos y se dicen también los rangos de temperatura a que éstos trabajan aproximadamente.

Cuando se llega a presentar algún problema para una compañía constructora de tanques en la adquisición de materiales fabricados bajo las normas de la tabla mencionada, pueden emplearse otras especificaciones siempre y cuando cumplan con los mismos requisitos.

Por ejemplo, para construcción de recipientes atmosféricos se usan aceros ASTM A-285 grado (gr.) C, A-283 gr.C y A-36, y sus equivalentes bajo otras especificaciones serían: ISO R-630 Fe-42 e ISO R-630 Fe-44, o también CSA G 40.21 38W y 44W .

Hemos visto hasta aquí, que el acero es el material principal conformante de los recipientes de proceso y almacenamiento, sobre todo si son de grandes dimensiones, ahora veamos que materiales se utilizan para unir las placas que los forman.

El proceso para llevar a efecto lo anterior se le conoce como soldadura, y ya que este tema constituye toda una especialidad y es demasiado extenso se hará tan sólo un análisis de sus puntos principales .

Existen varios tipos de proceso de soldadura de los que podemos citar los más usuales, que son:

ESPECIFICACION DEL MATERIAL	GRADO	OBSERVACIONES
ASTM A-285 ASTM A-283 ASTM A-36	C C	Son aceros al carbono muy dúctiles, maleables y fáciles de maquinar. Se usan en placas que resultan muy económicas y tienen gran existencia en el mercado, indicadas para emplearse en tanques atmosféricos que trabajen a temperaturas moderadas de entre 61°F (18.33°C) y 650°F (345°C).
ASTM A-515		Se usa para recipientes a presión que trabajen a temperaturas entre 61°F (18.33°C) y 775°F (413°C).
ASTM A-387		Se usa en recipientes a presión que trabajen con temperaturas elevadas de hasta 1050°F (566°C).
ASTM A-516		Es un acero al carbono que se usa en recipientes a presión, los cuales a su vez se emplean en procesos criogénicos con temperaturas de servicio bajas y moderadas entre -50°F (-45°C) y 60°F (15°C).
ASTM A-203 ASTM A-240-TP		Son aceros con un contenido de níquel del 2.2 al 3.5%, para recipientes que trabajen a temperaturas muy bajas de hasta -425°F (-254°C).
ASTM A-662	B	Las placas de este tipo de acero al carbono-manganeso se usan en recipientes a presión, en servicio de temperaturas baja y moderada, de -50°F (-45°C) a 60°F (15°C).

Tabla I.4.

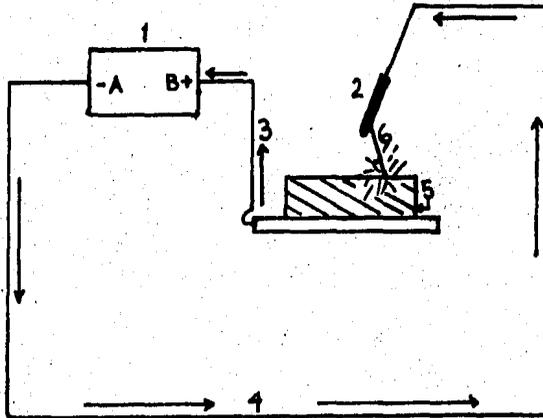
Tipos de acero más empleados en México para la construcción de recipientes, tanto a presión como atmosféricos.

(Información basada en las normas API Std. 620 y Std. 650, normas ASTM y normas de PEMEX, para diseño de tanques).

- a) Soldadura de arco eléctrico protegido.
- b) Soldadura por resistencia eléctrica.
- c) Soldadura autógena.

Sin embargo, el más empleado tratándose de recipientes, es el de arco eléctrico protegido. En el dibujo I.5 se muestran las partes primordiales de este equipo, las cuales son:

- 1.- Máquina soldadora.
- 2.- Pinza portaelectrodo.
- 3.- Cable para polaridad positiva.
- 4.- Cable para polaridad negativa.
- 5.- Metal base (pieza a soldar).
- 6.- Electrodo.



Dib. I.5 . Equipo de soldadura con arco eléctrico protegido.

El electrodo es una varilla de metal o de carbón (para procesos especiales) que va recubierta por un revestimiento fundente, para proteger al metal soldado - del aire que puede ocasionar descensos de ductibilidad y resistencia mecánica.

Al soldar, se debe tener mucho cuidado de que el material de aporte de la - varilla sea compatible con el material base a soldar. La ASTM y la AWS, han edita^{do} juntas una serie de especificaciones estándares a este respecto.

Así tenemos que para soldar aceros inoxidable entre si de los tipos A-304 y A-304L, se usan electrodos E 304L y E 308L. Para soldar aceros inoxidable ti--pos A-316 y A-316L, se usa el electrodo E 316L .

Y para recipientes atmosféricos, como los de almacenamiento conformados por placas de acero al carbono, los electrodos factibles para emplearse son los de la serie E 60XX y E 70XX (ver tabla I.5) y de ellos, los más comunmente usados son - el E 6010 y el E 7018.

CLAVE	TIPO DE CUBIERTA	POSICION DE LA SOLDADURA	TIPO DE CORRIENTE ELECTRICA
E6010	Alta Celulosa Sódica	P, V, SC, H	CD con polaridad invertida
E6011	Alta Celulosa Potásica	P, V, SC, H	CA ó CD con polaridad invertida
E6012	Alto Titanio Sódico	P, V, SC, H	CA ó CD sin cambio de polaridad
E6013	Alto Titanio Potásico	P, V, SC, H	CA ó CD con cualquier polaridad
E6020	Alto Oxido de Hierro	Filetes Horizontales	CA ó CD sin cambio de polaridad
E6020	Alto Oxido de Hierro	P	CA ó CD con cualquier polaridad
E6027	Polvo de Hierro, Oxido de Hierro	Filetes Horizontales	CA ó CD sin cambio de polaridad
E7014	Polvo de Hierro, Titanio	P, V, SC, H	CA ó CD con cualquier polaridad
E7015	Sodio al Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CD con polaridad invertida
E7016	Potasio al Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CA ó CD con polaridad invertida
E7018	Polvo de Hierro, Bajo Hidrógeno	P, V, SC, H	CA ó CD con polaridad invertida
E7024	Polvo de Hierro, Titanio	P, Filetes Horizontales	CA ó CD con cualquier polaridad
E7028	Polvo de Hierro, Bajo Hidrógeno	P, Filetes Horizontales	CA ó CD con polaridad invertida

Tabla 1.5 . ELECTRODOS PARA SOLDAR ACERO AL CARBON. Las posiciones de la soldadura son: P=Plana; H=Horizontal; SC=Sobre Cabeza; V=Vertical. Con polaridad Invertida - significa que el electrodo es positivo, sin cambio de polaridad que el electrodo es negativo. (Basada en el manual de soldadura de la A.W.S.).

Ahora veamos los materiales con que se fabrican otros elementos imprescindibles en recipientes, que son los accesorios.

Tenemos, por ejemplo a las boquillas, las cuales están compuestas por el cuello y la brida, y su selección depende de las condiciones de operación, comportamiento y propiedades de los fluidos.

Las bridas son normalmente fabricadas con acero al carbono de acuerdo a las especificaciones ASTM A-181, A-105 y A-516, o alguna otra equivalente como la ASA B16.5, 1953.

Los tipos de bridas más comunes son los siguientes:

1. Cuello soldable (welding-neck).
2. Deslizables (slip-on).
3. Roscada (threaded).
4. Traslape (lap-joint).
5. Ciega (blind).
6. De orificio (orifice).
7. Con cara realzada (raised face).
8. Con cara macho-hembra (male-female).
9. Con ranura y lengüeta (groove and tongue).

Nota: véanse los dibujos I.6 .

Las bridas con cuello soldable, tienen como característica su cuello cónico entre su cara y la junta de soldadura al cuerpo del recipiente. Se usan en condiciones de servicio pesado tales como: líneas de tubería sujetas a expansión térmica y cambios en la presión de operación. También para altas presiones y altas temperaturas y para manejo de fluidos peligrosos en los que una falla o fuga

sería fatal.

Las bridas deslizables tienen gran facilidad de montaje y alineación al soldar, además de su bajo costo. Su resistencia es aproximadamente dos tercios la de la brida soldable bajo iguales condiciones de operación. El uso de estas bridas es sobre todo para presiones moderadas.

Los dos tipos de bridas anteriores son las que más se utilizan en recipientes de almacenamiento de elevada capacidad.

Las bridas roscadas, se emplean en condiciones de baja presión y tienen el inconveniente de ser susceptibles a fugas bajo cualquier tipo de operación.

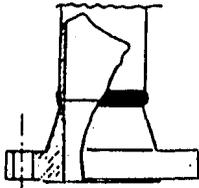
Las bridas de orificio son una clase de las soldables, deslizables o roscadas que poseen la particularidad de tener orificios donde pueden colocarse medidores de flujo.

Las bridas a traslape, se montan en un tubo cuyo extremo tiene un abocinado para acoplamiento, tienen la cualidad de evitar fugas de fluido y de no entrar en contacto con este, su rango de presión en general es para servicio moderado.

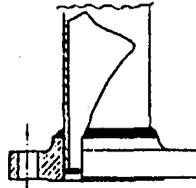
Las bridas ciegas, por su parte, se utilizan para bloquear extremos de válvulas y líneas de tubería para adiciones futuras.

Por otro lado tenemos, haciendo referencia a la forma de la cara de las bridas, que las de cara realzada cubren el mayor rango de presiones y temperaturas de servicio, un poco menos usadas son las de cara ranurada y lengüeta, mientras que las de cara macho-hembra tienen una gran aplicación en intercambiadores de calor, entredas hombre y en las bridas terminales.

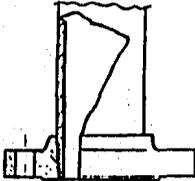
Con respecto a las tuberías y sus accesorios inherentes, empleados en tanques de almacenamiento, se pueden trabajar bajo varias especificaciones, sin embargo dada la cantidad de éstas, se mencionan a continuación las que se manejan en forma más usual.



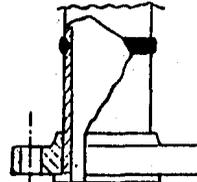
CUELLO SOLDABLE



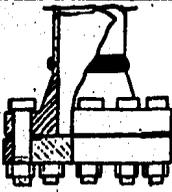
DESLIZABLE



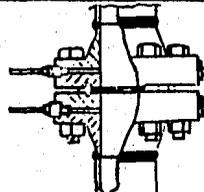
ROSCADA



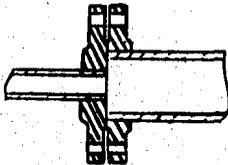
A TRASLAPE



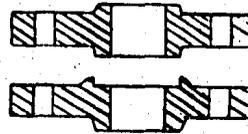
CIEGA



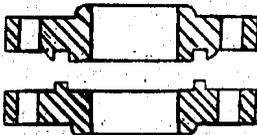
DE ORIFICIO



REDUCTORAS



CARA MACHO - HEMBRA



RANURADA Y LENGUETA



CARA REALZADA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

B R I D A S

ESCALA: SIN

ACOT: SIN

DIBUJO NO.
1.6

HOJA NO.
32

Los tubos se seleccionan de acuerdo a las especificaciones -- ASTM A-106 grado B y A-53 grados A y B .

Por su parte los accesorios como son: codos, ya sean a 45° , 90° o reductores; retornos de radio corto o largo; tees simples, reductoras o ranuradas; reductores concéntricos o exéntricos; tapones y y otros con sus posibles variantes (figuras I.7), se clasifican en tres grupos según la manera de unirse a la tubería.

Tenemos a los accesorios soldables a tope o sin enchufe, los cuales para unirse se ponen en contacto por sus bordes y se les -- aplica un cordón de soldadura a tope. Se usan cuando por requeri--- mientos específicos es necesario que el flujo dentro de la tubería esté libre de turbulencias (figura I.8). Las especificaciones por - las que están regidos son la ASTM A-243, A-106 grados A y B o la -- ASA B16.9 .

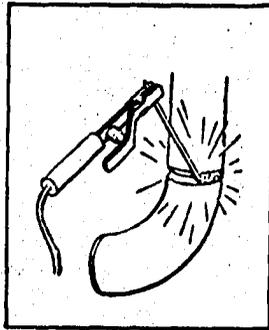
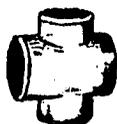


Fig. I.8. Unión de accesorios
soldados a tope .

Tenemos luego a los accesorios de juntas soldables o de enchufe, los cuales tienen una zona determinada para acoplarse con los tu bos, hecho lo cual se sueldan. Su uso es muy común en refinerías de



TE



CRUZ



COPE



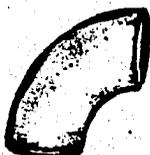
YE



TAPON CABEZA CUADRADA



TAPON CABEZA HEXAGONAL



CODO 90°



CODO REDUCTOR



TE REDUCTORA



CODO 45°



RETORNO



REDUCTOR



TAPON



SILLETA



REDUCTOR EXCENTRICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

ACCESORIOS DE TUBERIA

ESCALA: SIN

ACOT.: --

DIBUJO NO.
1.7

HOJA NO.
34

petróleo, plantas químicas, líneas de amoniaco y servicio hidráulico. La especificación bajo la cual se encuentran comercialmente es la ASTM A-105 grado II .

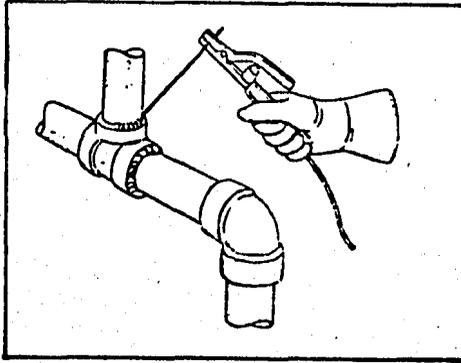


Fig. I.9 . Unión de accesorios de juntas soldables.

Finalmente, se tienen a los accesorios roscados, que como su nombre lo indica, su forma de unión es por medio de roscas. Se usan mucho en refineras, plantas químicas, en líneas hidráulicas, de amoniaco y donde se manejan sustancias corrosivas o erosivas, aprovechando su ventaja inherente de que cuando se gastan son fácilmente intercambiables (ver figura I.10). Su especificación comercial es la ASTM A-105 grado II, pero también la ASA B16.14 cubre los requisitos indispensables .

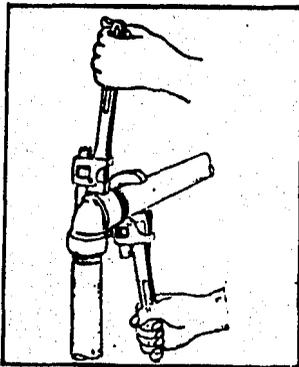


Fig. I.10. Unión de accesorios roscados.

Finalmente tenemos a los tornillos, pernos y tuercas, que son elementos muy útiles los cuales sirven para unir piezas de modo semipermanente.

Su diseño, incluyendo los tipos de cabezas y roscas, es infinitamente variado, yendo desde un caso sencillo en que basta un cálculo fácil y ocasional, hasta el caso extremo (cuando son elementos de máquina) en que es necesaria una extensa experimentación destinada a simular condiciones particulares. En la figura I.11 vemos algunos tipos de los tornillos más comunes.

En la construcción de tanques cuando necesitamos de dichos tornillos, pernos y tuercas, el material que comúnmente se emplea es el acero "ordinario" cuya especificación es la ASTM A-307 o una equivalente como la SAE grado 1 .

I.3 ELECCION DEL TIPO DE TANQUE.

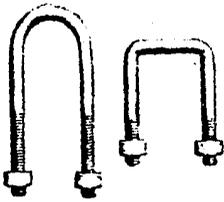
Para llevar a cabo la elección de un tipo de tanque, debemos formularnos tres preguntas fundamentales que son:

¿Qué uso se le va a dar?

¿Qué sustancia va a contener?

¿Cuál será la capacidad que deberá tener?

Las respuestas a las cuestiones formuladas que nos servirán como base al seleccionar el tanque para nuestro caso particular son: su uso será el de almacenar; la sustancia, el petróleo crudo; y su capacidad deberá ser muy alta dadas las condiciones actuales de producción, pudiendo variar desde unos 400 000 hasta 1 000 000 de barriles (cada barril contiene 159 litros). Con esto contestamos aun



PERNOS EN U



PERNO DE CABEZA CUADRADA



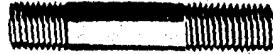
TORNILLO PARA MAQUINA



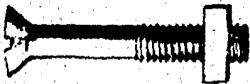
PERNO DE CARRUAJE



TORNILLO-PRISIONERO DE APRIETE
CON CABEZA CUADRADA



ESPARRAGO-ROSCA BASTA



PERNO DE CABEZA HUNDIDA
RANURADA



TORNILLO DE CABEZA NORMAL

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

TIPOS DE TORNILLOS

ESCALA: SIN

ACOT.: - -

DIBUJO NO.
1.11

HOJA NO.
37

que de manera somera las tres preguntas iniciales y nos formamos -- una cierta idea del tipo de tanque que se va a requerir.

Ahora bien, sabemos que los tipos de tanque de que disponemos son los que citamos en el apartado I.1 (pag. 16), los cuales están provistos de tapas para evitar pérdidas por evaporación de los hidrocarburos más ligeros que componen al petróleo.

De todos ellos debemos escoger al más adecuado y para tal fin, los compararemos entre si tomando como parámetro a la seguridad contra el fuego, pues es éste el causante de las mayores pérdidas de producto, tiempo y dinero.

Para efectuar tal comparación, dividimos a la seguridad contra el fuego en cinco aspectos a los cuales se les asigna un valor de veinte puntos a cada uno, que pueden irse decrementando conforme -- disminuya la eficiencia de un tanque respecto al aspecto correspondiente. Los resultados obtenidos los podemos ver en la tabla I.6 .

El referido como tanque ideal sería el que soportara una cierta presión de diseño, que evitara las explosiones, eliminara todas las formas posibles de escapes, pudiera contener en su totalidad -- componentes inflamables, poseyera un espacio o protección adecuada para prevenir daños por exposición al fuego y no necesitara implementos para combatir al fuego, ya que éstos nunca existirían.

Empero, tal tanque es inexistente y al analizar los demás, observamos que en la práctica los recipientes que más se asemejan al ideal son los de techo flotante. En seguida se detallarán los puntos de la tabla para ese tipo de tanques.

Seguridad contra la explosión.- Es máxima, ya que en este tipo de tanque no existe espacio entre el nivel del líquido y el techo -- que permita la formación de gases y por tanto de presiones que induzcan la explosión.

Seguridad contra incendios por escape de vapores.- Se penalizan cinco puntos por el vapor que pudiera escapar alrededor del sello, -

Tipo de tanque	Seguridad contra la explosión	Seguridad contra incendios - por escape de vapores.	Seguridad contra daño por exposición al fuego .	Eficiencia combatiendo al fuego .	Grado de dependencia - en mantenimiento de implementos	Seguridad contra el fuego.
Ideal	20	20	20	20	20	1 0 0
Techo cónico no protegido.	0	0	0	0	20	2 0
Techo cónico estándar.	5	5	5	5	15	3 5
Techo cónico estándar, con gas - inerte y agua de enfriamiento.	20	10	15	10	5	6 0
De espacio variable de vapor y gas inerte.	20	10	10	10	10	6 0
De techo levantara.	20	10	10	10	10	6 0
De baja presión (2 1/2 psi) con gas inerte.	20	15	15	10	10	7 0
Esferoidal .	20	15	15	10	10	7 0
Con diafragma - flotante.	15	20	10	10	20	7 5
Con techo flotante.	20	15	20	20	10	8 5

Tabla 1.6 . COMPARACION DE TANQUES EN CUANTO A SU SEGURIDAD CONTRA EL FUEGO. (Fuente: Fire Protection Manual, CH. H. Vervalin, G.P.C., Houston Texas).

que es un implemento de ajuste, que se encuentra situado entre el techo y la envolvente del tanque.

Seguridad contra daño por exposición al fuego.- Se tiene el valor máximo de veinte puntos, pues aunque el tanque se expusiera accidentalmente al fuego, la presión debida a ésto no sería tan grande que no pudiera ser compensada por el desplazamiento del techo flotante.

Eficiencia combatiendo al fuego.- Esta eficiencia se considera total, si se instalan en el tanque un número suficiente de boquillas contra incendios con sus respectivas cámaras de espuma, la cual es un compuesto de ácido carbónico excelente para extinguir flamas.

Grado de dependencia en mantenimiento de implementos.- En este aspecto se decrementan 10 puntos a causa del incremento en el mantenimiento más o menos alto del sello, pero esto es justificable por razón de los beneficios ya mencionados en los otros puntos.

Así pues, vemos que la seguridad contra el fuego total del tanque de techo flotante es del 85 por ciento.

Haciendo un estudio similar para los otros tipos de tanques a los que se hace referencia en la tabla I.6, se obtienen valores de seguridad contra el fuego menores, en vista de eso es que la mejor opción que tenemos entre los tanques de almacenamiento es el de techo flotante, siendo precisamente de él de quien nos ocuparemos --- principalmente en el desarrollo ulterior de esta tesis.

1.4 DIMENSIONES DEL TANQUE.

Para determinar las dimensiones de un tanque de almacenamiento de gran capacidad, necesitamos conocer ante todo tres cosas. Primeramente cuál va a ser dicha capacidad, que puede comprender desde 200 000 hasta poco más de 1 000 000 de barriles; segundo, que tipo de acero va a utilizarse y tercero cual será el ancho de las placas que conformarán al tanque.

A continuación, se lleva a cabo un análisis sencillo basado en las normas de PEMEX para "Diseño de Tanques Atmosféricos", que nos sirve para elegir las dimensiones de un recipiente. Hay que hacer mención de que las normas de PEMEX se basan a su vez en las de la ASTM (Asociación Americana para Pruebas y Materiales), API (Instituto Americano del Petróleo), AISC (Instituto Americano de Construcciones de Acero), CSA (Asociación Canadiense de Normalización) e ISO (Organización Internacional de Normalización).

Empecemos pues el análisis, contestando las preguntas formuladas al inicio de este apartado. De la capacidad podemos decir que depende de las condiciones particulares de cada caso y puede variar entre rangos muy amplios.

El paso siguiente es saber qué tipo de acero debemos emplear existiendo dos posibles alternativas, una es usar el acero ASTM A-283 grado C, que es comercialmente el que más se utiliza y la otra, usar algún tipo de acero aleado que posea mejores propiedades mecánicas, lo cual, sin embargo, trae consigo un inherente costo mayor. Sólo se preferiría usar este último material cuando la sustancia que se fuera a almacenar tuviera propiedades que así lo requirieran o cuando el volumen fuera decididamente muy grande (alrededor de 1 000 000 de barriles).

Y por último, comercialmente y por normas de fabricación el ancho que se trabaja para placas de acero para construcción de tanques cilíndricos verticales es de 2.438 m (96 pulg.), aunque en ca-

sos especiales se podrían hacer pedidos con otra medida.

En las tablas I.7 y I.8 tenemos las dimensiones y número de anillos conformantes de la envolvente de varios tanques según su capacidad.

Veamos un caso concreto en el que tengamos por ejemplo, la necesidad de almacenar 500 000 barriles de crudo, abarcando la menor área posible.

Como la capacidad requerida no es demasiado grande, no necesitamos usar tanques construidos con acero aleado, sino que basta simplemente con el acero ASTM A-283 grado C, por lo que solamente hacemos referencia a la tabla I.7 . En ella vemos que existen dos tanques que pueden satisfacer nuestra necesidad de almacenamiento, el que tiene capacidad nominal de 504 000 barriles y el de 526 800, pero como tenemos la restricción de abarcar la menor superficie de terreno posible debemos elegir el segundo, ya que su diámetro es menor que el primero.

Las características completas de este tanque seleccionado de acuerdo a las tablas son: diámetro 85.34 m, altura 14.63 m, número de anillos de 2.438 m de altura 6 y su capacidad nominal 526 800 barriles .

Diámetro del Tanque m (pies)	Altura del Tanque m (pies)	Número de Anillos	Capacidad Nom. del Tanque en Barriles
60.96 (200)	12.19 (40)	5	224 000
67.05 (220)			271 000
73.15 (240)			322 600
79.24 (260)			378 600
85.34 (280)			439 000
91.44 (300)			504 000
97.53 (320)			573 400
103.53 (340)			647 400
109.72 (360)			725 900
115.82 (380)	808 600		
54.86 (180)	14.63 (48)	6	217 700
60.96 (200)			268 800
67.05 (220)			325 200
73.15 (240)			387 100
79.24 (260)			454 300
85.34 (280)			526 800
90.83 (298)			596 800
48.76 (160)	17.06 (56)	7	200 700
54.86 (180)			254 000
60.96 (200)			313 600
67.05 (220)			379 500
73.15 (240)			451 600
75.28 (247)			478 300
48.76 (160)	19.50 (64)	8	229 400
54.86 (180)			290 300
60.96 (200)			358 400
64.61 (212)			402 700

Tabla I.7. Dimensiones, número de anillos y capacidad de tanques cilíndricos verticales de almacenamiento fabricados - con acero tipo ASTM A-283 gr.C .

(Basada en las "Normas de Construcción de Obras, Diseño de Tanques Atmosféricos, Petróleos Mexicanos").

Diámetro del Tanque m (pies)	Altura del Tanque m (pies)	Número de Anillos.	Capacidad Nom. del Tanque en Barriles
79.24 (260)	14.63 (48)	6	454 300
85.34 (280)			526 800
91.44 (300)			604 800
97.53 (320)			688 100
103.63 (340)			776 800
109.72 (360)			870 900
115.82 (380)			970 400
121.92 (400)			1 075 200
79.24 (260)	17.06 (56)	7	530 000
85.34 (280)			614 700
91.44 (300)			705 600
97.53 (320)			802 800
103.63 (340)			906 300
109.72 (360)			1 016 100
115.82 (380)			1 132 100
121.92 (400)			1 254 400
73.15 (240)	19.50 (64)	8	516 100
79.24 (260)			605 700
85.34 (280)			702 500
91.44 (300)			806 400
97.53 (320)			917 500
103.63 (340)			1 035 800
109.72 (360)			1 161 200
115.82 (380)			1 292 800
117.04 (384)	1 321 200		

Tabla I.8 . Dimensiones, número de anillos y capacidad de tanques cilíndricos verticales de almacenamiento fabricados - con aceros aleados (al V,Cu,Ni,Cr y Mo).

(Basada en las "Normas de Construcción de Obras, Diseño de Tanques Atmosféricos, Petróleos Mexicanos").

CAPITULO II CARACTERISTICAS DE LA CIMENTACION DEL TANQUE.

II.1 INVESTIGACIÓN DEL SUELO.

II.2 GENERALIDADES DE LA CIMENTACIÓN DE LOS TANQUES.

II.3 CONSIDERACIONES DE LA CIMENTACIÓN TERMINADA.

II.1 INVESTIGACION DEL SUELO .

Cuando se proyecta construir algún tipo de estructura importante, es imprescindible conocer las características del lugar - que se ha elegido para llevar a cabo tal construcción con la finalidad de evitar resultados desastrosos, que pueden ocasionar fallas en las cimentaciones o en el funcionamiento de las estructuras que estas soportan.

Entre los factores importantes a considerar en la zona de trabajo, tenemos al clima y a la naturaleza del suelo.

Dentro del clima se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Precipitación media anual.
- Lluvia máxima extrema en 24 horas.
- Máximo de días lluviosos al mes.
- Temperatura media anual.
- Temperatura máxima extrema.
- Temperatura mínima extrema.
- Velocidad media del viento normal.
- Velocidad media del viento de ciclón.
- Humedad relativa (promedio anual).

En cuanto al suelo, el aspecto más importante que se debe considerar es el que se refiere a la presión que puede soportar, que en caso de ser muy baja, puede ocasionar asentamientos indeseables. En la tabla II.1, se hace una clasificación general de los suelos atendiendo precisamente a dicha presión o capacidad de carga .

NATURALEZA DEL SUELO.	Capacidad de carga de se- guridad, toge- ladas por m ²
Lecho macizo de roca dura, como granito, roca trapeana, etc.....	245-975
Esquisto arcilloso sólido y otras rocas medianas que requieran la explosión de barrenos para arrancarlos.....	95-145
Tepetate o tierra endurecida, arena y grava cementadas, difíciles de arrancar con pico.....	80-95
Roca blanda, lecho desintegrado; en lecho natural, difícil de arrancar con pico.....	50-95
Arena y grava compactas, que requieren el pico para su arranque....	40-60
Arcilla dura, que requiera el pico para su arranque.....	40-50
Grava, arena gruesa, en mantos gruesos naturales.....	40-50
Arena suelta, media y gruesa, arena fina compacta.....	15-40
Arcilla media, rígida, pero que puede removerse con azada.....	20-40
Arena fina suelta.....	10-20
Arcilla blanda.....	10

Tabla II.1. Clasificación de suelos. (Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico de Marks, L.S.marks,UTEHA, 1967).

Hay que mencionar, que cuando se construyen tanques muy altos, los cálculos respectivos a sus fundaciones deben tomar valores de capacidad de carga del terreno lo más bajos posibles, para de esta manera obtener una mayor seguridad, ya que en caso de existir fallas, estas ocasionarían problemas muy grandes por bajo rendimiento y tiempo necesario que se utilizaría para la reparación de los recipientes, lo cual se traduciría finalmente, en pérdidas de dinero.

Por otra parte, debemos añadir, que no siempre los suelos son tan homogéneos como se presentan en la tabla II.1, y que existen además algunas condiciones especiales que requieren esmerada atención, como son los siguientes:

Terrenos en laderas, donde la futura cimentación pudiera quedar parte sobre roca y parte sobre un terraplén u otra construcción.

Terrenos pantanosos o rellenados con capas de cascajo, fango o vegetación, compresibles, que están en o bajo las superficies.

Terrenos donde se han depositado como relleno, materiales corrosivos.

Terrenos donde existen capas compresibles de arcilla, que temporalmente pudieran soportar cargas pesadas, pero que después de un tiempo se asentarían excesivamente.

Terrenos aledaños a caudales de agua o excavaciones profundas, en donde la estabilidad del terreno es dudosa.

Terrenos expuestos a inundaciones, en donde podrían presentarse levantamientos o desplazamientos del suelo.

Para obtener mayor cantidad de datos (si fuera necesario), --- pruebas o estudios más profundos acerca de los suelos y sus propiedades, es el laboratorio de Mecánica de Suelos quien se hace cargo y determina, en un momento dado también, si un tipo de terreno es -- apropiado o no.

II.2 GENERALIDADES DE LA CIMENTACION DE LOS TANQUES.

Debido a la gran variedad y condiciones de los suelos, no es posible establecer requisitos de diseños de cimentaciones que cubran todos los casos. Además los cálculos de dichas cimentaciones --- competen más que nada a la Ingeniería Civil, es así, que los párrafos siguientes están encaminados a establecer sólo los aspectos más importantes, de las fundaciones que se usan más comunmente en los --- tanques cilíndricos verticales de acero, para almacenar petróleo o

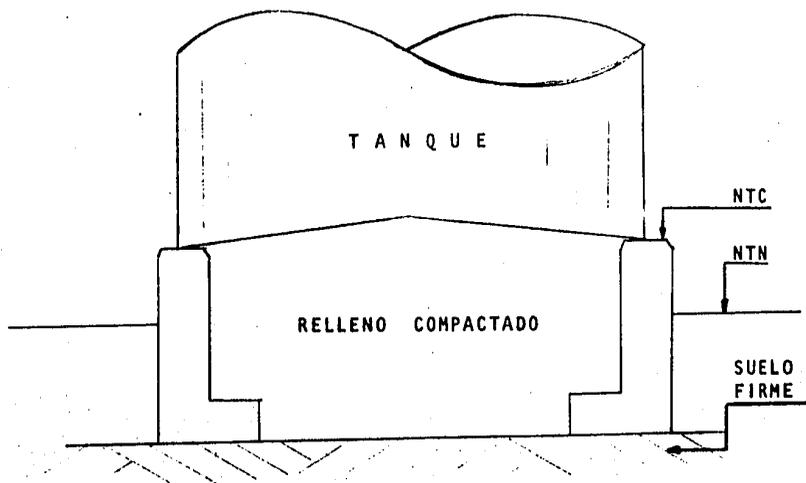
sus derivados.

Cuando las condiciones del suelo aseguren la estabilidad del tanque y garanticen limitar los asentamientos totales, los cuales, no deben deformar las tuberías, ni llegar a un punto en donde el nivel de fondo del recipiente esté por debajo de la superficie del terreno circundante, entonces se procederá a iniciar la construcción de la cimentación, que podrá ser fundamentalmente de tres tipos:

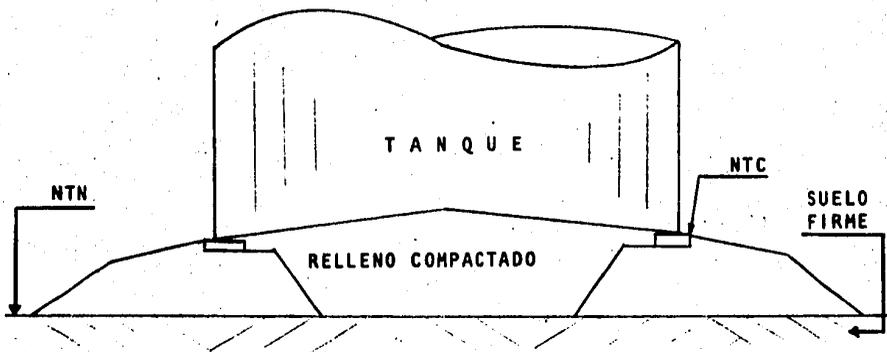
- Cimentación formada con terraplén.
- Cimentación de terracerías confinadas por un muro anular de concreto reforzado.
- Cimentación de terracerías con zapata anular de piedra triturada.

Cimentación formada por terraplén.- Este tipo de cimentación se emplea para tanques pequeños y en suelos que tengan una alta capacidad de carga en relación con las que transmite el tanque. Se lleva a cabo retirando el material inadecuado, reemplazándolo con un material controlado y compactado, haciendo posteriormente sobre él, un terraplén de grava triturada y arena graduada.

Cimentación de terracería confinada con muro anular de concreto reforzado.- Estas cimentaciones se emplean para tanques con grandes capacidades o muy altos y donde los suelos tienen baja capacidad de soporte y alto grado de deformación bajo carga. Sobre todo se usan con particular importancia, en los tanques de techo flotante, para evitar asentamientos, que si existieran podrían deformar la envolvente, que por tanto, debe ir apoyada en su perímetro en el muro anular de concreto, que al mismo tiempo tiene la facultad de confinar las terracerías compactadas y controladas, que rellenan el interior del anillo. (dibujo II.1a) .



a) CIMENTACION CON ANILLO ANULAR DE CONCRETO.



b) CIMENTACION SOBRE ZAPATA DE GRAVA O PIEDRA TRITURADA COMPACTADA.

NTC NIVEL TOPE DE CIMENTACION.
 NTN NIVEL DE TERRENO NATURAL.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
 MECANICA
 ELECTRICA

CIMENTACIONES DE TANQUES

ESCALA: SIN

ACOT.: --

DIBUJO NO.
 11.1 a,b

HOJA NO.
 50

Tiene además, este tipo de cimentación con muro anular, las siguientes ventajas sobre la de terracerías sin anillo:

- 1.- Distribuye de forma uniforme la carga concentrada de la envolvente sobre el piso bajo el tanque.
- 2.- Proporciona una base sólida de arranque para la construcción de la envolvente y para la aplicación de aislamiento, cuando sea requerido.
- 3.- Da un mejor medio para la nivelación de terracerías y conserva su contorno durante la construcción.
- 4.- Retiene las terracerías bajo el fondo del tanque, evitando pérdidas de material por desplazamientos.
- 5.- Actúa como aislante contra la humedad y conserva la capacidad de carga del terraplén.

Cimentación de terracerías confinadas con zapata anular de grava, arena o piedra triturada.-Este tipo de cimentación se considera adecuada cuando no se justifica el empleo de un muro de concreto, a causa de que el suelo presente una resistencia apreciable, aún en los estratos superficiales.

Sus características son las mismas que las de la cimentación de muro-anillo de concreto, excepto por la base donde se apoyará la pared vertical del tanque y que estará construída con grava, arena y piedra triturada, todas ellas compactadas y luego impermeabilizadas y pavimentadas (dibujo II.1b) .

II.3 CONSIDERACIONES DE LA CIMENTACION YA TERMINADA.

Las consideraciones que se presentan a continuación, se refieren a los tipos de cimentaciones vistas anteriormente y se aplican indistintamente a cualquiera de ellas.

Como primer punto tenemos que la base, sobre la que descansará el fondo del tanque, debe quedar como mínimo 12 pulgadas arriba de la superficie del terreno circundante, con lo que se compensará -- cualquier pequeño asentamiento que pudiera ocurrir.

La última capa sobre la base, deberá ser de arena, grava o piedra triturada y tener un espesor mínimo de 4 pulgadas.

Se debe de tener cuidado de que hayan sido eliminadas todas -- las irregularidades de la superficie, antes de colocar las placas -- del fondo del tanque.

Una vez que se tengan a las terracerías perfectamente terminadas, se deben estabilizar impregnando su superficie con aceite, o -- de alguna otra manera que mantenga un mejor contorno durante la --- construcción y proteja al fondo del tanque contra la humedad del -- suelo.

Es recomendable que la rasante de dichas terracerías, tengan -- una pendiente, del centro a la periferia de la cimentación, de --- 1:120, como mínimo. Además tal pendiente, compensará los ligeros -- asentamientos del tanque, que probablemente serán mayores en el centro y también facilitará tanto la limpieza como la remoción de agua y sedimentos, por las aberturas de la envolvente o por los sumide--ros situados cerca de la misma.

Y finalmente, por regla general, debemos checar que ningún punto en la circunferencia del anillo de cimentación, varíe en su elevación promedio 6 mm, ya sea en más o en menos.

CAPITULO III FONDO DE LOS TANQUES

III.1 DISEÑO.

III.1a TERMINOLOGÍA.

III.1b CRITERIOS EMPLEADOS.

III.2 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES.

III.3 LOCALIZACIÓN.

III.4 SELECCIÓN DE EQUIPO.

III.5 SELECCIÓN DE PERSONAL.

III.6 MONTAJE Y ENSAMBLE DE PLACAS.

III.7 PRUEBAS A LAS QUE DEBE SOMETERSE UN
TANQUE DE ESTAS CARACTERÍSTICAS.

III.1 DISEÑO .

Antes de entrar de lleno al tema central de este capítulo, que es el diseño del fondo del tanque, veremos la terminología básica que se usará constantemente en el desarrollo posterior de este trabajo de tesis.

III.1a Terminología.

Acerca de los productos de laminación tenemos:

Lámina: producto de laminación con espesor de hasta $3/16$ de pulgada, inclusive.

Plancha o placa: producto de laminación con espesor mayor de $3/16$ de pulgada.

Solera: producto de laminación de perfil rectangular cuyo ancho máximo es de 6 pulgadas.

Tira: material producto del corte de una lámina o plancha cuyo ancho máximo es de 12 pulgadas.

Respecto a los tipos de soldaduras:

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 cantos están en contacto. Los cantos pueden ser rectangulares, en "V" (simple o doble) o en "U" (simple o doble).

Soldadura de filete: es la soldadura que tiene sección transversal aproximadamente triangular, une dos superficies que se encuentran casi en ángulo recto, como las ensambladas en "T", en rincón o a traslape.

Soldadura de filete completo: es una soldadura de filete, cuyo tamaño es igual al espesor de la pieza más delgada por unir.

Soldadura provisional o por puntos: es la soldadura que se hace para mantener alineados a los elementos ensamblados, mientras se sueldan definitivamente.

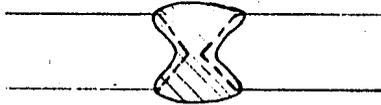
En el siguiente dibujo (III.1), se pueden observar algunos de los diferentes tipos de soldadura.



SOLDADURA EN JUNTA A TOPE
BISEL SENCILLO EN " V " .



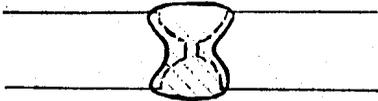
SOLDADURA EN JUNTA A TOPE
BISEL SENCILLO EN " U " .



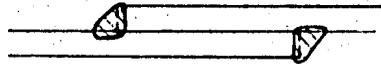
SOLDADURA EN JUNTA A TOPE
BISEL DOBLE EN " V " .



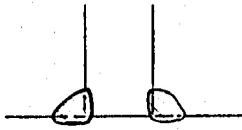
SOLDADURA EN JUNTA A TOPE
RANURA RECTANGULAR CON --
SOLERA DE RESPALDO.



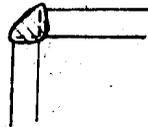
SOLDADURA EN JUNTA A TOPE
BISEL DOBLE EN " U " .



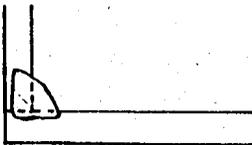
SOLDADURA DE FILETE DOBLE
COMPLETO.



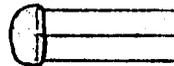
SOLDADURA DE FILETE DOBLE
EN " T " .



SOLDADURA DE FILETE EN
RINCON.



SOLDADURA DE FILETE EN
ANGULO.



SOLDADURA DE REBORDES.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

TIPOS DE SOLDADURAS

ESCALA: SIN

ACOT: --

DIBUJO NO.

1111

HOJA NO.

56

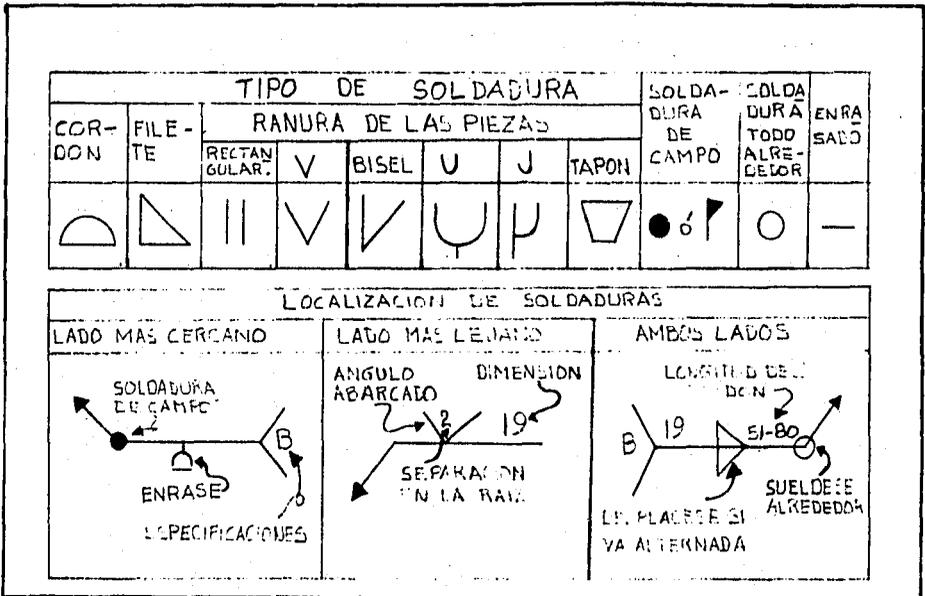
Y en cuanto a los procedimientos para efectuar la soldadura te
nemos:

Soldadura manual: soldadura en que la operación completa se --
efectúa y controla a mano.

Soldadura automática (a máquina): soldadura en la que se emple
a un equipo que ejecuta la operación de soldado, bajo
el control y vigilancia de un operador.

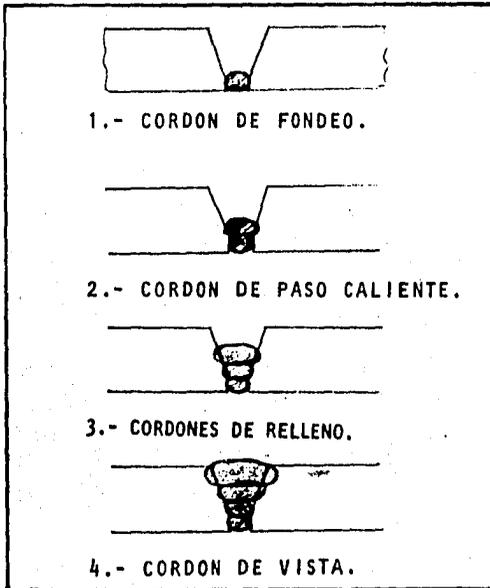
Soldadura semiautomática: soldadura de arco, con equipo que re
gula únicamente el suministro del metal de aporte, pe
ro el avance de la operación se regula manualmente.

Respecto a los símbolos de soldadura , que son muy importantes
debido al gran uso que tienen en la realización de planos, la nota
ción comunmente empleada es la aprobada por la "A.W.S.", que se --
muestra en el dibujo III.2 .



DIBUJO III.2 . SIMBOLOGIA EMPLEADA PARA REPRESENTAR TIPOS Y
OTRAS ESPECIFICACIONES DE LA SOLDADURA (APROBADA POR LA A.W.S.).

Y finalmente, los nombres que corrientemente se dan a los cordones de soldadura, dependiendo del orden en que se apliquen son: cordón de fondeo, cordón de paso caliente, cordón de relleno y cordón de vista, aunque cabe señalar, que algunas veces se pueden eliminar algunos de ellos (ver dibujo III.3) .



Dibujo III.3. CORDONES DE SOLDADURA .

III.1b Criterios empleados.

La finalidad de este subtema, es la de describir y establecer los requisitos básicos que debe llenar el diseño del fondo de tanques de acero cilíndricos verticales, para almacenamiento de petróleo crudo, que descansen sobre un tipo de cimentación como las descritas en el apartado II.2 .

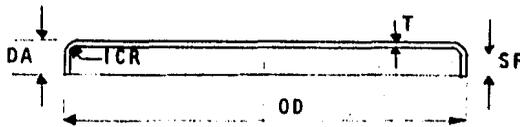
Los implementos que se usan para cerrar un recipiente cilíndrico, son las tapas (conocidas también como cabezas), que van unidas generalmente a la envolvente por medio de soldadura. Para efectuar la elección de dichos elementos se deben considerar principalmente:

- Presión del recipiente.
- Tamaño del recipiente.

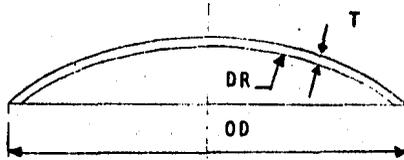
Existen diversos tipos de tapas, entre las que se tienen:

- a) Tapa plana.
- b) Tapa abombada.
- c) Tapa abombada inversa.
- d) Tapa abombada con pestañas.
- e) Tapa esférica.
- f) Tapa tori esférica.
- g) Tapa cónica.
- h) Tapa toricónica.

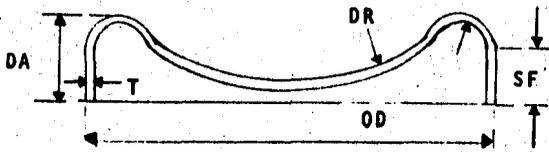
Para cada una de ellas, existen diferentes características, -- limitaciones de uso, ecuaciones de cálculo y criterios (véanse los dibujos III.4, III.5 y III.6) .



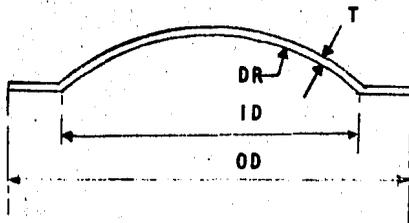
a) Tapa plana



b) Tapa abombada



c) Tapa abombada
inversa



d) Tapa abombada
con pestafias

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

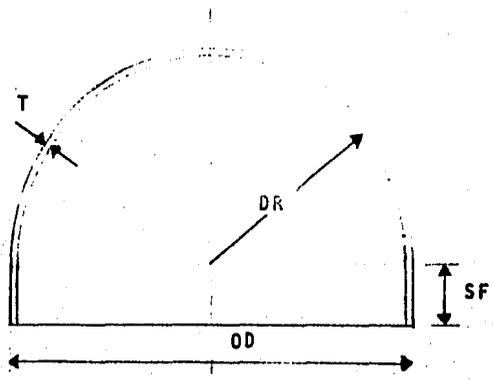
TIPOS DE TAPAS PARA TANQUES.

ESCALA: SIN

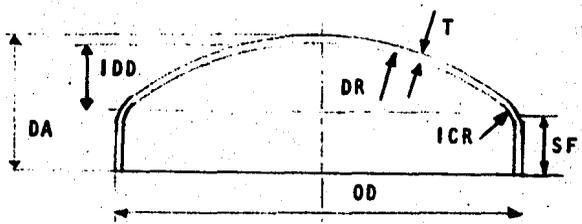
ACOT.:-

DIBUJO NO.
111.4

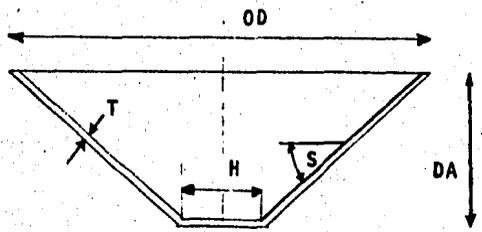
HOJA NO.
60



e) Tapa esférica



f) Tapa toriesférica



g) Tapa cónica

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

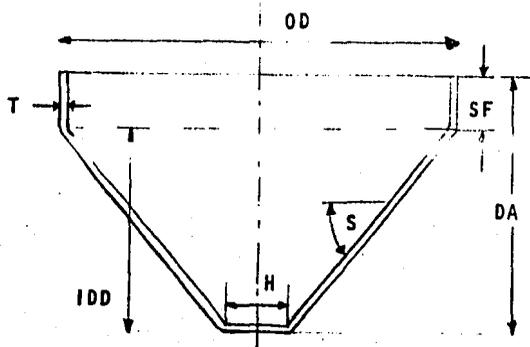
TIPOS DE TAPAS PARA TANQUES.

ESCALA: SIN

ACOT: -

DIBUJO NO.
111.5

HOJA NO.
61



f) Tapa toricónica

- OD Diámetro exterior del tanque.
- ID Diámetro interior del abombado.
- H Diámetro interior del fondo plano.
- T Espesor de placa.
- DR Radio de curvatura de la placa.
- ICR Radio de curvatura del doblés.
- SF Ancho de la pestaña.
- DA Altura total de la tapa.
- IDD Altura interna de la tapa (parte curva).
- S Angulo de curvatura.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

TIPOS DE TAPAS PARA TANQUES.

ESCALA: SIN

ACOT: -

DIBUJO NO.
111.6

HOJA NO.
62

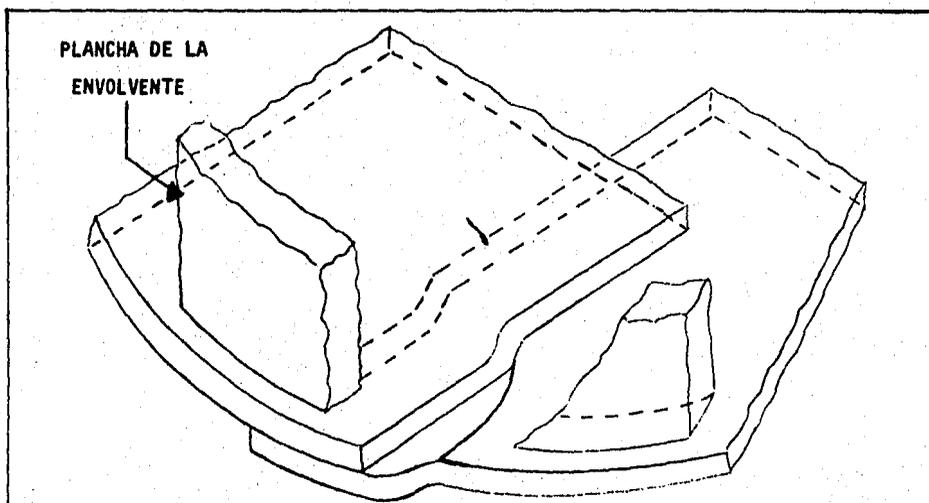
éstas están basadas, Código API std. 650 "Welded Steel Tanks for -- Oil Storage" (Tanques de Acero Soldado para Almacenar Petróleo").

A continuación vemos los puntos más importantes que debemos tomar en cuenta, para diseñar el citado fondo del tanque.

Todas las planchas del fondo deben tener forma rectangular con un ancho mínimo de 6 pies y un espesor, también mínimo de 1/4 de -- pulgada, o un peso de 10.2 lb/pie² sin aceptar tolerancias hacia -- abajo.

El espesor mencionado, es el que se considera no tomando en -- cuenta aumentos, que a veces son necesarios a causa de la corrosión la que en nuestro caso, por tratarse de almacenamiento de petróleo crudo, prácticamente no existe en el fondo del tanque.

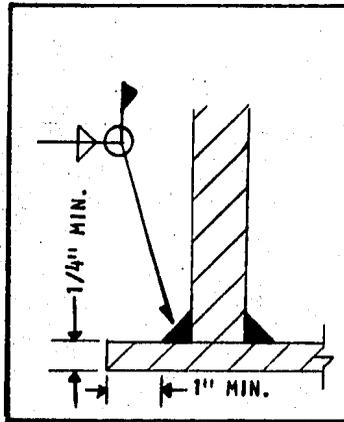
Las planchas que quedarán debajo del anillo inferior de la envolvente, deben traslaparse y ajustarse de manera que esta se apoye libremente sobre ellas (como se ve en el dibujo III.7), a menos que se utilicen placas anulares para el fondo.



Dibujo III.7 . AJUSTE DE LAS PLACAS DE FONDO DEL TANQUE.

Tales placas anulares, nos ahorran tiempo al no tener que hacerles dobleces, debiendo ir soldadas a tope con ranura en "V" o cuadrada y llevar una tira o solera de respaldo, con espesor mínimo de 1/8 de pulgada, punteada a la parte posterior de la plancha.

La longitud de las placas de las orillas debe sobresalir cuando menos 1 pulgada, de la orilla exterior de la soldadura que unirá al fondo con las placas de la envolvente, y dicha soldadura será de filete continuo sobre ambos lados, con una dimensión no mayor de 1/2 pulgada, ni menor que la placa más delgada en la junta (dibujo III.8) .

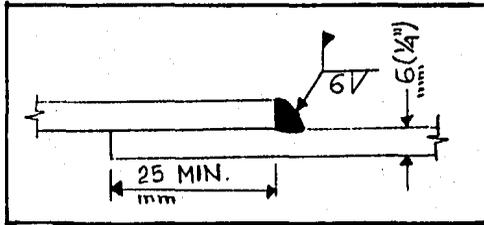


Dibujo III.8 . JUNTA DE LA ENVOLVENTE
CON EL FONDO DEL TANQUE.

Por otra parte, la dimensión de la soldadura para planchas --- traslapadas con espesores mayores de 3/16 de pulgada, deberá ser como mínimo de un tercio del espesor de la plancha más delgada en la - junta, pero en ningún caso debe ser menor de 3/16 de pulgada.

Hay que recordar que la dimensión o tamaño de una soldadura de filete es, por definición de la AWS, la longitud del cateto mayor - de un triángulo inscrito en una soldadura de este tipo.

Y por último, tenemos que los traslapes de tres planchas de fondo, distarán entre sí y de las uniones de la envolvente del tanque cuando menos 12 pulgadas, y únicamente serán soldados por su cara superior, con soldadura de filete completo y continuo en toda la junta (dibujo III.9).



Dibujo III.9 . JUNTA DE LAS PLANCHAS
DEL FONDO DEL TANQUE.

III. 2 SELECCION DE LOS MATERIALES.

Cuando se va a construir un tanque y se necesitan comprar las planchas que lo conformarán, se deben analizar las opciones que dan los proveedores, en cuanto a espesores, largo, ancho y composición química y de acuerdo a los requerimientos que se tengan, se escogen las placas que se ajusten en mejor forma.

Por otro lado, todo el material suministrado por un proveedor deberá estar garantizado por él, contra defectos de fabricación y fallas durante la operación normal de un recipiente, por un período mínimo de un año, a partir de la fecha de puesta en operación y debe reemplazar o reparar sin costo alguno cualquier material inadecuado.

Las placas de acero del fondo del tanque, de acuerdo a lo expuesto en el -- apartado III.1 "Diseño", deben tener un espesor mínimo de 1/4 de pulgada, y para dicho espesor la ASTM nos da la composición química requerida que es: carbono, -- 0.25%; manganeso y silicio, 0.1% cada uno; pudiéndose prescindir de ellos; fósforo, que es una impureza 0.04% y azufre, que es también una impureza, 0.05% máximo. Tal composición corresponde al tipo de acero A-283 grado C.

Como una nota aclaratoria debemos decir, que todas las placas del fondo, -- así como las de la envolvente y techo, se eligen normalmente conforme a la ASTM, -- pero puede emplearse otra especificación siempre y cuando reúna los requisitos -- indispensables.

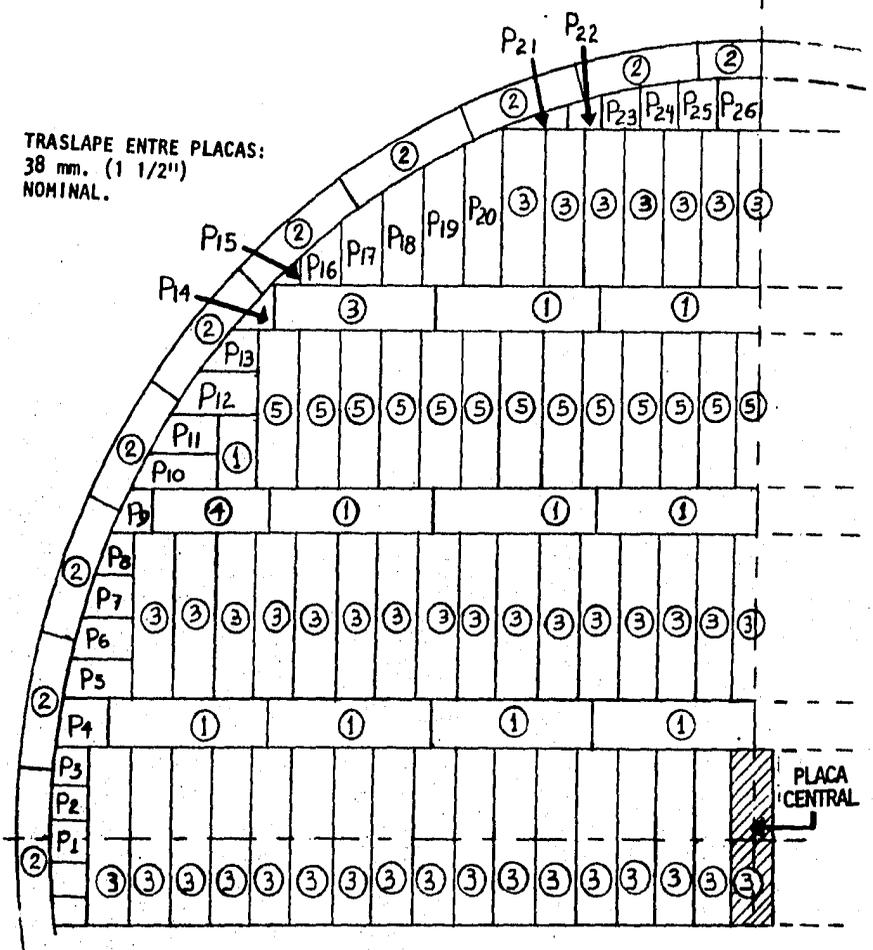
A continuación se da una opción en cuanto a las dimensiones de las placas - (tabla III.1), así como la distribución de las mismas en el fondo del tanque, don de se debe tener cuidado únicamente, de que las futuras uniones entre ellas no va yan a coincidir posteriormente con las verticales del primer anillo.

Marca	Especificación del material	Largo	Ancho	Espesor	Peso por pieza, Kg
5	ASTM A-283 gr.C	29 ft	8 ft	1/4 pulg	1073
4	ASTM A-283 gr.C	23 ft	8 ft	1/4 pulg	851
3	ASTM A-283 gr.C	30 ft	8 ft	1/4 pulg	1110
2	ASTM A-283 gr.C	25 ft	5 ft	1/2 pulg	1156
1	ASTM A-283 gr.C	32 ft	8 ft	1/4 pulg	1184

Tabla III.1 . LAMINAS PARA FONDO DE TANQUES DE ACERO SOLDADO .

Las placas marcadas en el dibujo III.10 con el número "2" son del tipo anular, mientras que las denotadas con una letra "P" y sub índice, se pueden obtener de las que tienen marca "1", son de ajuste de la periferia del fondo y su corte debe ser realizado en campo, para compensar variaciones (que deben tratar de evitarse a toda cos ta) en las medidas de otras placas o en trazos de referencia pre---vios.

TRASLAPE ENTRE PLACAS:
38 mm. (1 1/2")
NOMINAL.



DISTRIBUCION DE PLACAS DEL FONDO DEL TANQUE.
EN EL DIBUJO SOLO SE VE UNA CUARTA PARTE, LAS
OTRAS TRES SON IGUALES.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

FONDO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

ESCALA: SIN	ACOT: --	DIBUJO NO. 111.10	HOJA NO. 68
-------------	----------	----------------------	----------------

En cuanto al electrodo que se debe emplear, como los espesores de las placas no son muy grandes y no se requiere por tanto de mucha penetración, es recomendable usar el electrodo AWS E 7018, que además suelda eficazmente aceros que tienen, como en el caso tratado, impurezas de fósforo y azufre.

III.3 LOCALIZACION.

La localización del lugar donde se realizará la construcción de un tanque, no importando la sustancia que contenga, es muy importante, ya que los factores naturales de la región determinarán, de alguna forma, las características de diseño del recipiente.

En México, una de las regiones principales por su gran auge petrolero es la de "Dos Bocas", Tabasco, que es una central de distribución interna y de exportación de crudo. Allí se reciben hasta 2 000 000 de barriles de petróleo al día, que llegan a través de oleoductos, provenientes de los pozos perforados de la zona de Campeche.

Es por ésto que escogemos al sitio anteriormente citado, para construir en él, tanques de almacenamiento de gran capacidad con techo flotante, para petróleo.

"Dos Bocas", se encuentra en el estado de Tabasco, a 18.5° latitud norte y a 93° longitud oeste de greenwich (dibujo III.11).

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

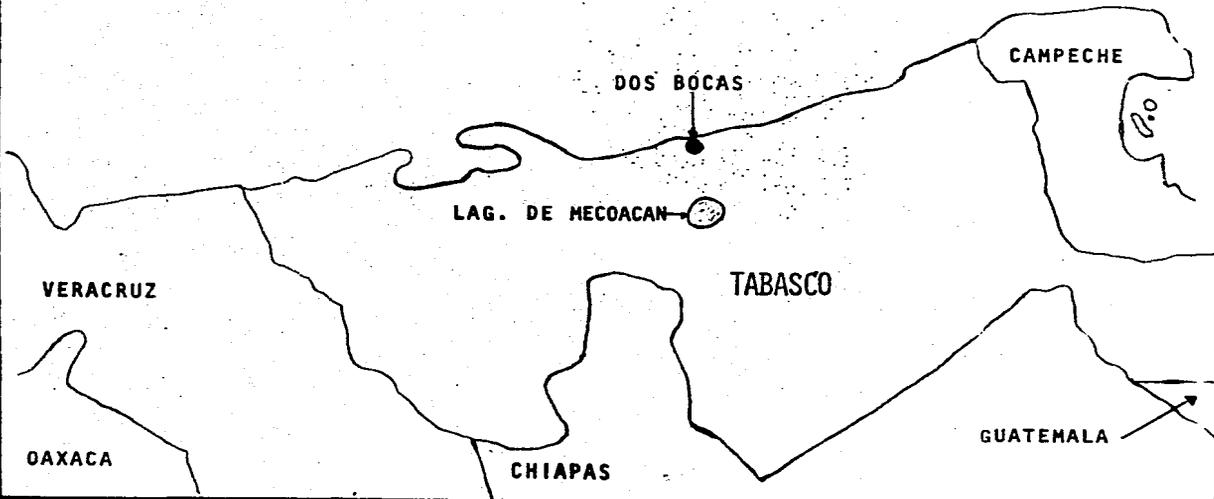
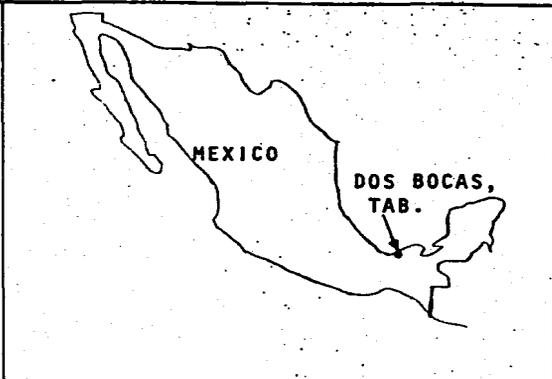
LOCALIZACION DE DOS BOCAS, TAB.

ESCALA: SIN

ACOT:--

DIBUO NO
111 H

HOJA NO.
70



El clima es tropical húmedo, con precipitaciones de unos 2 000 mm anuales.

Los suelos son de origen aluvional, originados por los ríos y el mar, compuestos de arena limosa con raicillas y restos orgánicos de origen animal y vegetal.

Su intensidad sísmica aunque no es nula, es relativamente baja, pues afortunadamente no se encuentra directamente sobre alguna falla volcánica.

Los vientos, considerando primordialmente a los causados por ciclones, pueden llegar a tener velocidades de hasta 200 Km/hr. Sus efectos sobre los tanques, así como los provocados por sismos, serán analizados posteriormente.

III.4 SELECCION DE EQUIPO.

Las clases de equipos y herramientas que se requieren para llevar a cabo el montaje, unión, reparación, recubrimiento y pintado de las placas de un tanque de grandes dimensiones, son esencialmente los que se mencionan a continuación, pero hay que aclarar que el número de unidades de cada uno de los elementos es variable e incluso se pueden emplear otros equipos adicionales, siendo pues, esta lista únicamente enunciativa y de ninguna manera limitativa:

Grúas para el montaje de las placas con capacidad de 15 a 20 toneladas, traslación en neumáticos o en oruga, equipadas con sus respectivos cables de acero, balancines, grilletes, etc.

Compresores de aire, para la aplicación de chorros de arena, -

recubrimientos y pinturas, con sus respectivas mangueras flexibles y boquillas.

Equipos para soldar: manuales, semiautomáticos o automáticos.

Esmeriles manuales, eléctricos o neumáticos, para poner al ras de las paredes los cordones de soldadura.

Camiones de plataforma y camionetas, para transportar las planchas de acero y herramientas, respectivamente.

Herramientas como: martillos, cinceles, separadores, punzones, espátulas, etc.

III.5 SELECCION DE PERSONAL.

La construcción de un tanque de almacenamiento involucra el trabajo de una gran cantidad de personas en diversidad de tareas diferentes, las cuales deben ejecutarse de manera totalmente satisfactoria.

Al personal involucrado, de una manera u otra con el levantamiento de un recipiente, lo podemos dividir en: personal administrativo, ingenieros, operadores de vehículos de transporte, operadores de equipo mecánico, operadores de equipo de soldadura, personal de limpieza, de pintado y de pruebas.

Sin embargo, de todos ellos, son los ingenieros, operadores de equipo mecánico y de soldadura, los que deben pasar pruebas más rigurosas, con el fin de poder ser elegidos para ejecutar las maniobras o tareas que se les encomienden.

Los ingenieros deben ser muy experimentados, ya que supervisan todas las operaciones que se efectúan y tienen además la obligación de prever y dar solución a los problemas imprevistos que pudieran presentarse.

A los soldadores, por su parte, se les hacen pruebas de aplicación de soldaduras, con el fin de asegurarse de que éstas serán posteriormente bien aplicadas, al momento de conformar el tanque. En general, tales pruebas se deben apegar a las recomendaciones hechas por el código A.S.M.E., sección IX "Welding and Brazing Qualifications".

Por último, de los operadores mecánicos, son los de grúas los que deben tener una amplia experiencia y poseer completo conocimiento de la capacidad, limitaciones del equipo, técnica y práctica en el manejo del mismo, pues cualquier descuido, falla en un movimiento o una señal mal entendida, puede provocar un accidente, lo que se traduce siempre en pérdidas, incluso de la vida de los trabajadores.

III.6 MONTAJE Y ENSAMBLE DE PLACAS.

El montaje de las placas conformantes del fondo del tanque se ejecuta valiéndose de una grúa, con capacidad opcional, pero que generalmente se encuentra entre las 15 y 25 toneladas, prefiriéndose las últimas por razones de seguridad.

Un punto fundamental que se debe tomar en consideración cuando se efectúan maniobras con grúas, es el que se refiere a la manera en que se deben transmitir las instrucciones a los operadores. El

código que se tiene para tal efecto es manual y se da a continua---
ción:

Montar la carga (subir). El dedo índice levantado hacia lo al-
to manteniendo la mano cerrada.

Bajar la carga. El dedo índice hacia abajo manteniendo la mano
cerrada.

Levantar la pluma. El dedo índice y el pulgar en forma de "V"
dirigido hacia arriba, con la mano cerrada.

Bajar la pluma. Dedos índice y pulgar en forma de "V" apun-
tando hacia abajo, con la mano cerrada.

Orientar. El dedo índice tendido hacia el lugar de orientación
con la mano cerrada.

Parar. La mano abierta levantada a la altura de la cabeza con
la palma de la mano hacia el operador del equipo.

Alto total. Movimiento de los dos antebrazos de la manera si-
guiente: Los dos antebrazos cruzados con las ma-
nos abiertas a la altura de la cara, con las pal-
mas hacia el operador.

Rotación. Movimiento del pulgar indicando la dirección a se-
guir.

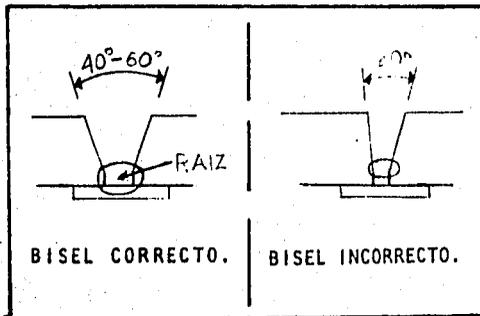
Cabe añadir, que es frecuente que las grúas debido a su edad y
desgaste, ya no puedan subir o bajar la carga para las que fueron -
diseñadas, como también es posible que el objeto a levantar pese --
más de lo que se estimaba, es por esto que al levantar una carga --
cualquiera, debe hacerse primero una práctica de la maniobra, lo --
que permite además al operador familiarizarse con la operación y a
las reacciones de la grúa a una cierta carga.

Una vez tomados en consideración los aspectos anteriores res--

pecto a las grúas, pasamos ya en forma a lo que es el tendido de -- las placas, lo cual se inicia con las de apoyo del primer anillo de la envolvente. Si nos decidimos a emplear las anulares, por su más bajo costo y mayor simplicidad al unir las, el procedimiento es el siguiente:

Se colocan todas las placas sobre el muro de cimentación de manera que formen un anillo, para luego proceder a soldarlas a tope, en secciones de dos en dos y sólo por arriba, empleando respaldos de cobre o "tapes" de cerámica.

El bisel correcto para ejecutar soldaduras como las anteriores, debe tener un ángulo mínimo de 40° y uno máximo de 60° . Un bisel insuficiente origina que no pueda entrar el electrodo adecuadamente en la raíz y provoque falta de penetración, además de que se crea una tendencia a agrietar la soldadura. Por su parte, un bisel muy abierto requiere de mucho material de relleno, lo que provoca un -- costo elevado tanto por el gasto de material, como por el tiempo empleado en depositarlo (dibujo III.12) .



DIBUJO III.12 .Biseles, correcto e incorrecto en soldadura a tope .

Cuando se han soldado en su totalidad las placas anulares, de-

be revizarse que todo el conjunto haya quedado concéntrico, al cabo de lo cual se precisa esmerilar todas las soldaduras anteriores, en el lugar por donde pasará el primer anillo.

El tendido de las demás placas de fondo, se inicia colocando - en su lugar preciso la placa que cae exactamente sobre el centro del tanque, pudiendo servir como referencias, cuatro estacas, colocadas cada una sobre un eje de simetría del fondo y fuera del área que -- ocupará la placa. Se procede luego, a colocar las placas restantes punteándolas con traslape mínimo de 63/64 de pulgada (25mm).

Una vez que todas las placas estén perfectamente acomodadas, -- se puede proseguir con el paso inmediato, que es el levantamiento - del cuerpo del tanque.

Es importante recalcar, que las soldaduras definitivas del fon do se harán únicamente hasta haber concluido la construcción del -- primer anillo, para que en caso de existir deformaciones a causa de tensiones debidas al peso de la envolvente, se puedan corregir con facilidad.

En cuanto al procedimiento de soldadura para unir todas las -- placas de fondo, se puede usar tanto el automático, como el manual y en caso de elegir este último, se utilizan los electrodos más comunes para estos trabajos, mencionados ya con anterioridad en el -- apartado I.2, que son el AWS E 7018 y el AWS E 6010.

Como una última recomendación debemos decir, que nunca se debe soldar con ambiente húmedo, pues ésto puede dar como resultado una soldadura defectuosa y propiciar accidentes a los soldadores.

III.7 PRUEBAS A LAS QUE DEBE SOMETERSE UN TANQUE DE ESTAS CARACTERISTICAS.

Es muy común que cuando se efectúan soldaduras, aparezcan en ellas, burbujas, grietas internas u otros defectos que pueden ocasionar fallas por falta de resistencia o concentraciones de esfuerzos, que con el paso del tiempo provocan roturas. Lo anterior se puede evitar en buena medida, adoptando las disposiciones especificadas en un proyecto dado y los debidos cuidados en la realización de los trabajos, siendo ésto más eficaz y económico para aumentar la resistencia, que el uso de materiales más resistentes.

Sin embargo, es conveniente que siempre después de efectuadas se revicen las soldaduras. A simple vista, por ejemplo, se pueden observar defectos muy notorios que deben ser rechazados de inmediato, como son los debidos a:

- a) Soldaduras hechas con exceso o carencia de velocidad.
- b) Soldaduras hechas con exceso o carencia de intensidad de corriente eléctrica.

Tales defectos los podemos observar en el dibujo III.13 .



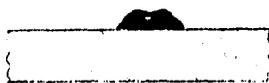
SOLDADURA HECHA CON CARENCIA DE VELOCIDAD.



SOLDADURA HECHA CON EXCESO DE VELOCIDAD.



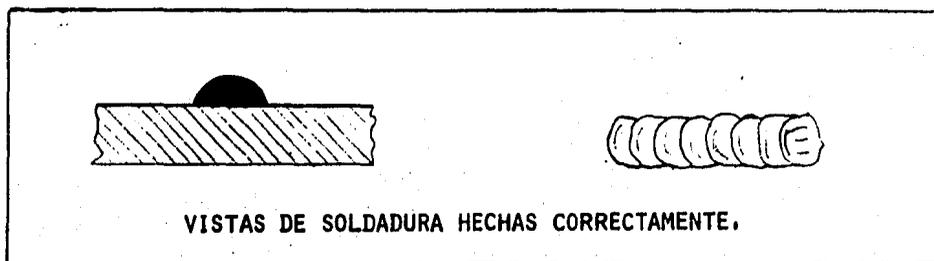
SOLDADURA REALIZADA CON POCA INTENSIDAD DE CORRIENTE.



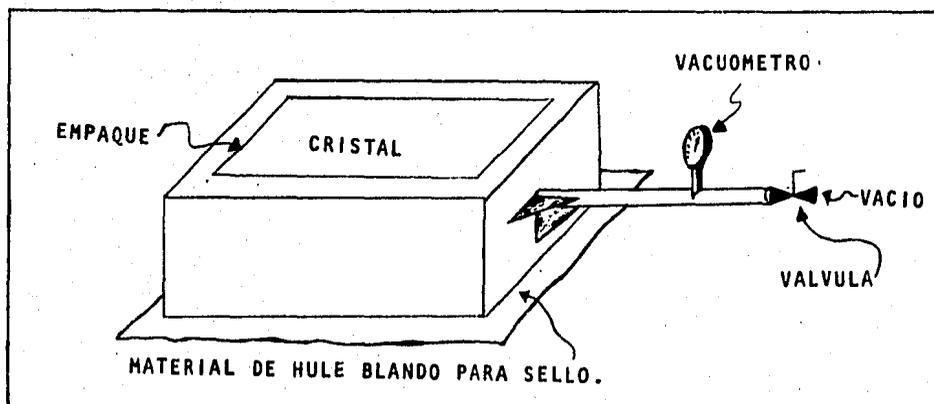
SOLDADURA REALIZADA CON EXCESO DE INTENSIDAD DE CORRIENTE.

Y aún cuando las soldaduras parezcan, también a simple vista - estar bien realizadas (dibujo III.14), para tener una completa seguridad, se deben checar con alguno de los métodos siguientes:

- Con líquidos penetrantes.
- Radiografiado con rayos "X".
- Con una caja de vacío (dibujo III.15).



DIBUJO III.14. VISTAS DE SOLDADURA HECHA CORRECTAMENTE .



DIBUJO III.15. CAJA DE VACIO.

Empero, el sistema más confiable es el de los rayos "X", pues con ellos se pueden ver no sólo defectos superficiales, o que no puedan detectarse con la caja de vacío o líquidos penetrantes, sino también los internos, como son:

- a) Porosidad circular o tubular.
- b) Inclusiones de escoria.
- c) Falta de penetración del electrodo.
- d) Falta de fusión.
- e) Grietas, internas y externas.

CAPITULO IV ENVOLVENTE DEL TANQUE.

IV.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE.

IV.2 DISTRIBUCIÓN Y SELECCIÓN DE PLACAS.

IV.3 SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN.

IV.4 ACCESORIOS.

IV.5 FUERZAS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCIÓN.

Se especifica además en normas, que de cualquier forma, el espesor de las planchas para envolvente en tanques con diámetro mayor de 200 pies nunca será menor de 3/8 de pulgada.

Es necesario señalar también, que la fórmula anterior se desarrolló en base a las condiciones que trabajaría el tanque lleno de agua a unos 60°F, con un peso específico de 62.4 lb/pie³, como sucede durante la prueba hidrostática, aunque el estado normal de operación será menos severo, ya que la densidad del petróleo crudo es menor que la unidad.

Ahora bien, si aplicamos la fórmula IV.2b y hacemos las operaciones pertinentes, obtenemos los espesores de placa correspondientes a cada uno de los seis anillos. El espesor t_1 corresponde al primer anillo que va unido al fondo del tanque, el espesor t_2 corresponde al segundo anillo, y así sucesivamente.

A	B
$t_1 = 1 \frac{11}{32}$ pulgadas	1 1/2 pulgadas
$t_2 = 1 \frac{5}{32}$ pulgadas	1 3/8 pulgadas
$t_3 = \frac{59}{64}$ pulgadas	1 pulgada
$t_4 = \frac{11}{16}$ pulgadas	13/16 pulgadas
$t_5 = \frac{7}{16}$ pulgadas	9/16 pulgadas
$t_6 = \frac{7}{32}$ pulgadas	3/8 pulgadas

En la columna "B" podemos apreciar el espesor real aproximado que deberán tener las placas para dar un mayor margen de seguridad.

Y con respecto a la composición química del acero, es la que se especifica en la siguiente tabla (IV.1) .

Placas del anillo:	C %	Mn %	Si %	Pmax%	Smax%
Primero	0.26	0.8 a 1.2	0.15 a 0.4	0.04	0.05
Segundo	0.25	0.8 a 1.2	-----	0.04	0.05
Tercero	0.25	0.8 a 1.2	-----	0.04	0.05
Cuarto	0.25	0.8 a 1.2	-----	0.04	0.05
Quinto	0.25	-----	-----	0.04	0.05
Sexto	0.25	-----	-----	0.04	0.05
Angulo de corona--- miento.	0.20	-----	-----	0.04	0.05

Tabla IV.1 . Composición química del acero de las placas de los anillos, bajo especificaciones ASTM A - 36 .

Por último, diremos algunas consideraciones importantes que se deben tomar muy en cuenta y son:

- La envolvente debe diseñarse de manera que los anillos queden irreprochablemente verticales.
- Los biseles en "U" o en "V" asimétricos, en las juntas a tope, indistintamente pueden quedar unos u otros hacia el interior de la envolvente.
- A la envolvente deberá fijársele un ángulo en el borde superior, cuyas dimensiones deberán ser las establecidas por las normas. Para recipientes con diámetro mayor de 60 pies, tales dimensiones generalmente son de 3x3x3/8 de pulgada.

IV.2 DISTRIBUCION Y SELECCION DE PLACAS.

El siguiente paso es distribuir adecuadamente las placas de -- acero que conformarán la envolvente, debiendo remarcar que, si bien no existen restricciones para la longitud de las mismas, si las hay y no deben perderse de vista en cuanto al espesor (calculado en el apartado anterior), ancho (2.438 m) y radio de curvatura (que para el tanque en cuestión es 42.653 m), dimensiones que deben verificarse.

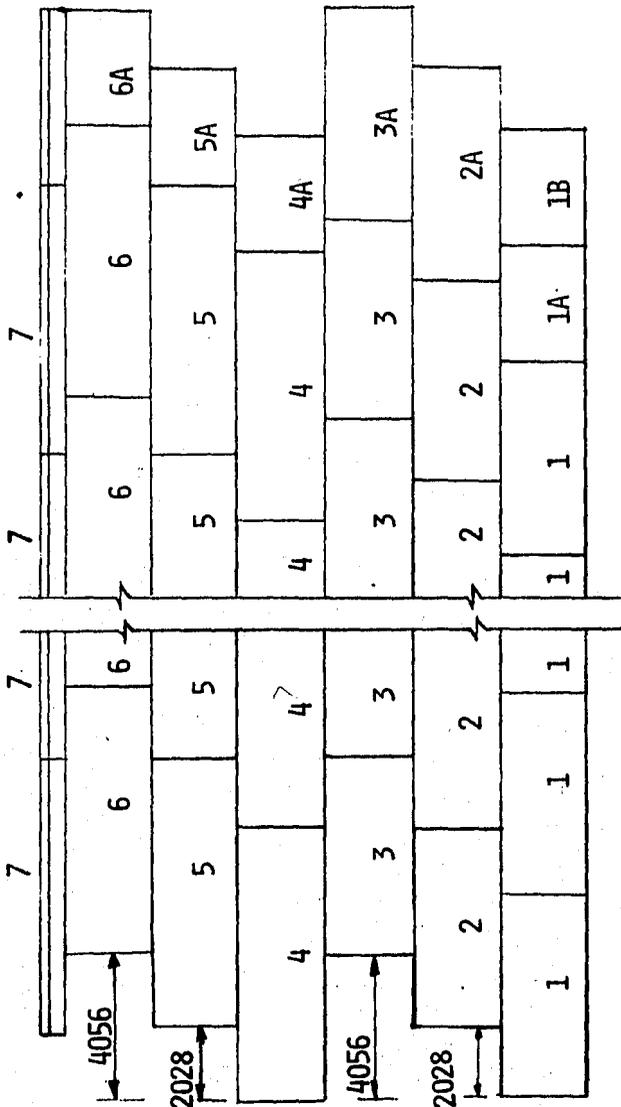
En la tabla IV.2, vemos las dimensiones completas elegidas para las placas. Su distribución se debe hacer teniendo cuidado de -- que las uniones verticales entre ellas al formar un anillo, no coincidan con las de otros anillos colindantes.

En el dibujo IV. 1, se observa la mencionada distribución, denotando que las placas marcadas en éste caso como 1A, 2A, 3A, 4A, 5A y 6A, son de ajuste y su longitud de 11 ó 22 pies es aproximadamente - la que se requerirá, pero como pueden llegar a existir algunas variaciones, deben enviarse al campo sin cortar, con longitudes de 20 ó - 30 pies, según sea el caso.

Frecuentemente, se escoge alguna placa en particular de posterior uso significativo (donde podrá ir por ejemplo, una boquilla de admisión o descarga) para usarla como referencia de colocación de - las demás. Tal placa se marca en el dibujo como 1B .

Marca	Especificación del material	Largo (pies)	Ancho (pies)	Espesor (pulgadas)	Peso por pieza (Kg)
7	ASTM A-36	30	1/4	3/8	95.8
6A	ASTM A-36	11	8	3/8	605
6	ASTM A-36	30	8	3/8	1654
5A	ASTM A-36	11	8	9/16	908
5	ASTM A-36	30	8	9/16	2481
4A	ASTM A-36	11	8	13/16	1311
4	ASTM A-36	30	8	13/16	3584
3A	ASTM A-36	22	8	1	3233
3	ASTM A-36	20	8	1	2938
2A	ASTM A-36	22	8	1 3/8	4445
2	ASTM A-36	20	8	1 3/8	4040
1A	ASTM A-36	11	8	1 1/2	2420
1B	ASTM A-36	11	8	1 1/2	2420
1	ASTM A-36	20	8	1 1/2	4407

TABLA IV.2 . DIMENSIONES DE LAS PLACAS USADAS EN LA
 ENVOLVENTE DE UN TANQUE DE 500 000 BA
 RRILES DE CAPACIDAD .



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

DISTRIBUCION DE LAS PLACAS DE
LA ENVOLVENTE DEL TANQUE

ESCALA: SIN	ACOT: mm	DIBUJO NO. IV. 1	HOJA NO. 87
-------------	----------	---------------------	----------------

IV.3 SECUENCIA DE CONSTRUCCION.

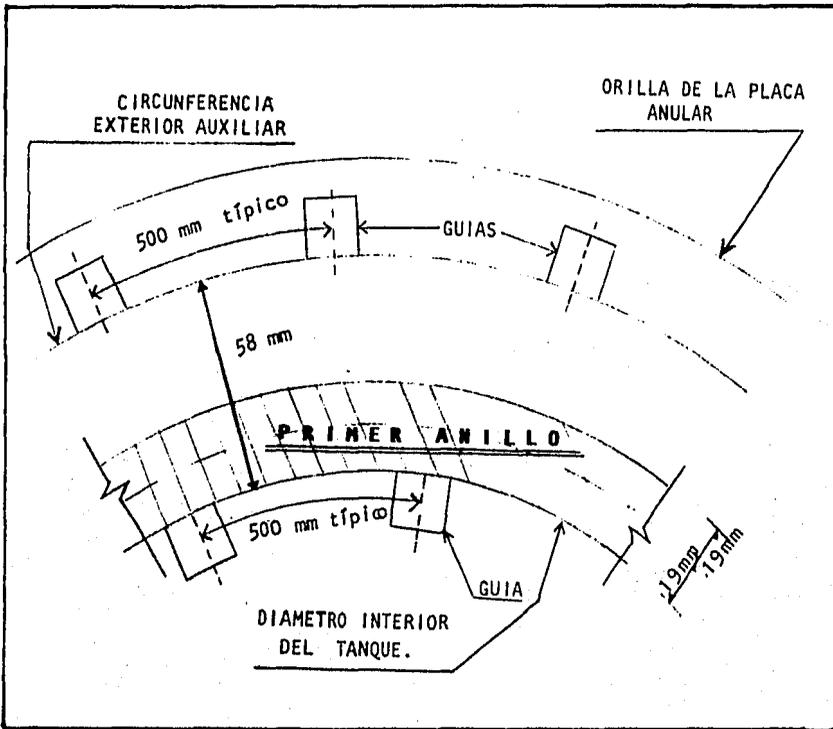
Es necesario, antes que ninguna otra cosa, para poder llevar a cabo la erección del cuerpo del tanque, trazar algunas referencias que nos serán de suma utilidad cuando se coloquen las placas.

Así, un primer trazo muy importante, es el que corresponde a la circunferencia que pasará a la mitad del espesor del primer -- anillo del tanque, el cual se raya y puntea sobre las placas anulares.

También se marcan con crayón las cuerdas de las placas y los espacios que se dejan entre ellas requeridos para soldar, chequeando que la última marca coincida con la primera, y de ser así, se remarcan con golpe de punzón y luego con pintura, para hacerlos -- más visibles.

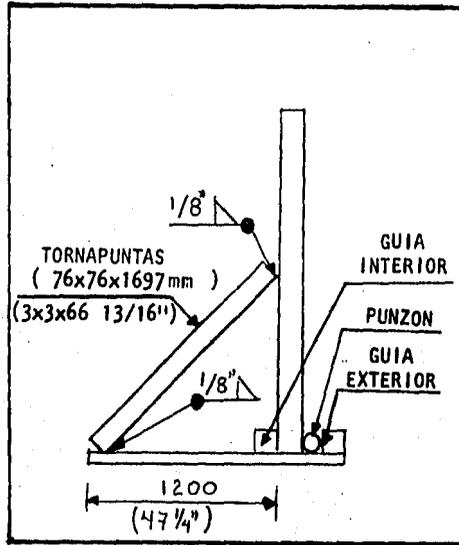
Si queremos facilitar la tarea de acomodar las placas del -- primer anillo, nos podemos auxiliar con unas pequeñas láminas de más o menos 13x38x50 mm que fungirán como apoyos o guías al mover las placas, para poder así ubicarlas en su posición exacta. Tales apoyos deberán estar; unos limitando con el diámetro interior y -- otros a unos 58 mm de éste, alrededor de una circunferencia exterior auxiliar, como podemos apreciar en el dibujo IV.2 .

El montaje ya en sí, se inicia colocando la placa corta que denotamos como 1B, y que como ya dijimos se usa como referencia para colocar todas las demás. Se monta de acuerdo a los trazos -- auxililiars, chequeando que coincida con ellos perfectamente, para luego apuntalarla en dicha posición.



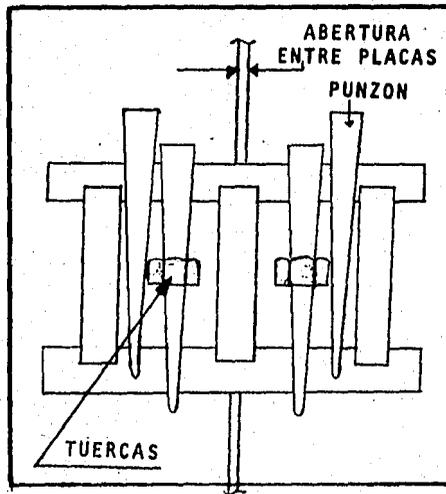
DIBUJO IV.2 . Colocación típica de apoyos para acomodar las placas del primer anillo -- del tanque de almacenamiento .

Los soportes inclinados (tornapuntas) que debe llevar son tres, uno exactamente a la mitad y los otros dos a los costados de éste, a unos 1.128 m, teniendo sólo precaución de que exista entre estos últimos soportes y la orilla de la placa una distancia mínima de 0.548 m, con la finalidad de que exista un espacio suficiente para colocar los candados y los separadores (ver dibujo IV.3) .

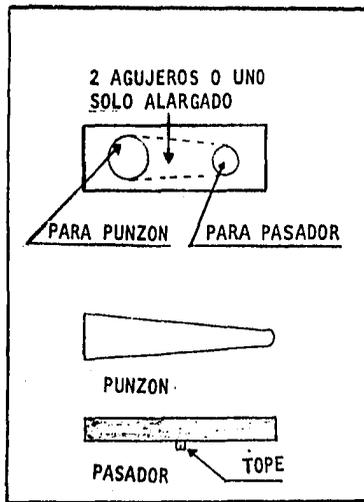


Dibujo IV.3. Apuntalamiento de placas.

Los separadores son elementos que sirven, como su nombre lo indica, para mantener a una longitud determinada una placa de otra y los candados sirven, por su parte, como dispositivos de fijación -- entre ellas (dibujos IV.4 y IV.5).



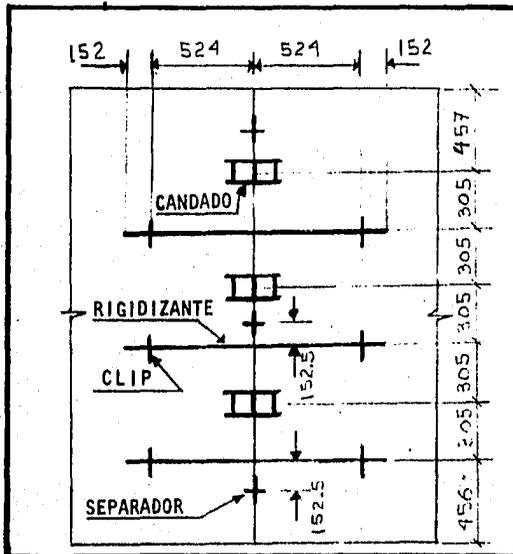
Dibujo IV.4. Candado para placas .



Dibujo IV.5. Placa separadora.

La segunda y tercera placas se montan de igual manera, excepto que la distancia entre soportes será de unos 2.50 m .

Sóamente las tres placas anteriores se apuntalan, las demás se sujetan únicamente con candados, separadores y herrajes de rigidización, situándolos en su lugar preciso señalado con anterioridad con trazos (ver dibujo IV.6), con lo que se logrará una perfecta estabilidad.



Dibujo IV.6. Distribución típica de candados, rigidizantes y separadores. (acot. en mm).

Las tuercas para candado y los clips de los herrajes, deben ir soldados de antemano y quedar en la parte interior del tanque.

Nuestro paso siguiente es la ejecución del proceso de soldadura, el cual se debe llevar a cabo estrictamente bajo criterios y -- normas establecidos para montaje de tanques, en el caso presente -- por PEMEX . Dicha soldadura se ejecuta manual y verticalmente, a tope, con bisel en doble "V", simétrico y a 60°, con una separación -- entre placas de 4 mm (5/32 pulg.) y raíz de 3 mm (1/8 pulg.). Se -- realiza inicialmente por la parte de afuera usando un electrodo --- AWS E 6010, que es de alta penetración, para fondeo y un AWS E 7018 para el cordón de vista.

Terminado el proceso anterior, se procede a limpiar de rigidi-- zantes el lado interior de la envolvente, dejando totalmente esmeri-- lados los cordones de soldadura auxiliares.

Soldamos luego, unos 200 cm (7 11/32 pulg.) de unión vertical interior en la parte más baja de las placas, para seguidamente veri-- ficar la concentricidad del anillo, que si está correcta, nos permi-- te pasar a puntear éste a las placas anulares y terminar de soldar verticalmente por dentro. En caso de detectarse algún error debemos buscar hasta encontrarlo, para luego repararlo.

Debemos comprobar también, la calidad de la soldadura vertical mediante algún tipo de inspección y en caso de ser aceptable, proce-- demos a esmerilar el cordón interior con pulido fino.

Finalmente, pasamos a ejecutar la soldadura de filete entre la placa anular y el primer anillo de la envolvente, la cual, a dife-- rencia de las demás soldaduras horizontales entre anillos, no debe tener cien por ciento de penetración, pudiendo por tanto usarse pa-- ra su realización un electrodo AWS E 6012, para el que se especifica que se debe precalentar la lámina a soldar a unos 100°C (212°F).

El montaje del segundo anillo, que se puede llevar a cabo si-- multáneamente con la soldadura de filete entre placas anulares y -- primer anillo, se realiza en forma similar al primero.

Debe armarse con sus clips, candados, separadores y herrajes - rigidizantes y una vez conformado (dibujo IV.7), se toman lecturas de deformaciones y en caso de existir desviaciones, deben corregirse para después poder efectuar las soldaduras verticales, las cuales se ejecutan inicialmente por el lado exterior, luego 20 cm (-- 7 11/32 pulg.) por el interior, checando nuevamente que no haya deformaciones y finalmente se completa la soldadura, al cabo de lo -- cual revizamos una vez más todo el conjunto, para cerciorarnos de -- que esté dentro de lo estipulado.

La soldadura a usar debe ser a tope, con bisel en doble "V", si métrica y a 60°, con separación entre placas de 4 mm (5/32 pulg.) y raíz de 3 mm (0.1181 pulg.).

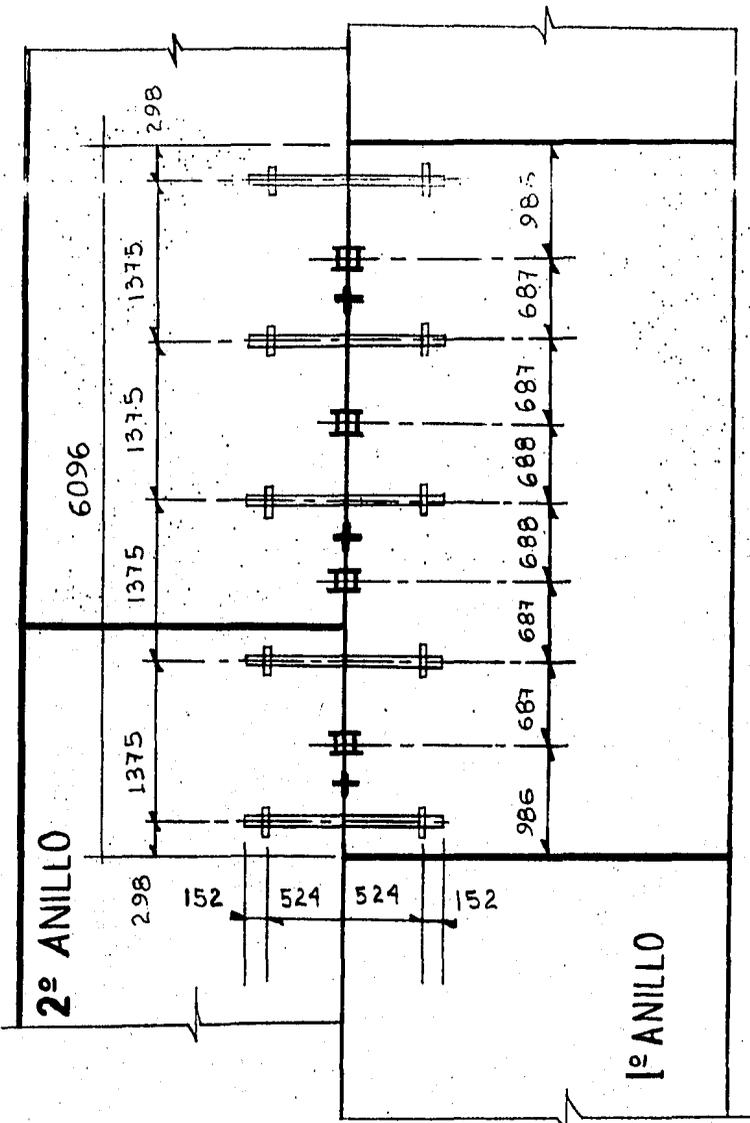
La soldadura horizontal entre primero y segundo anillos, se debe efectuar hasta haber finalizado cien por ciento las uniones -- verticales de ambos. Esta soldadura también se realiza a tope, de-- biendo tener doble bisel, el exterior con un ángulo de 45° y el in-- terior con un ángulo de 40°, separación entre placas de 2.4 mm (-- 3/32 pulg.) y raíz de 4 mm (5/32 pulg.) .

Los electrodos factibles de emplearse son el AWS E 6010 para - fondeo y el AWS E 7018, para el cordón de vista.

El paso siguiente para dar por concluido este anillo es, como en el anterior, inspeccionar la soldadura y si es correcta se esme- rila.

La colocación y soldadura de las placas de los anillos tres y cuatro, son similares a las descritas para el segundo, excepto por algunas salvedades como son:

- 1.- En las uniones verticales será suficiente una separación - entre placas de 3 mm (1/8 pulg.).
- 2.- En la unión horizontal entre los anillos segundo y tercero, y tercero y cuarto, será suficiente una separación entre - placas de 1.5 mm (1/16 pulg.).



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

INSTALACION DE HERRAJES,
CANDADOS Y SEPARADORES ,

ESCALA: SIN

ACOT: mm

DIBUJO NO.
IV.7

HOJA NO.
94

Para realizar las soldaduras de los anillos quinto y sexto, en los que por su espesor no se requieren electrodos de alta penetración, se puede usar el AWS E 7010, tanto para el cordón de fondeo, como para el de vista.

Como en los casos anteriores empezamos haciendo las uniones -- verticales, que en este caso se realizan sólo por fuera, a tope y en "V", con un ángulo de 60° y con separación entre placas y -- raíz de 3 mm (1/8 pulg.).

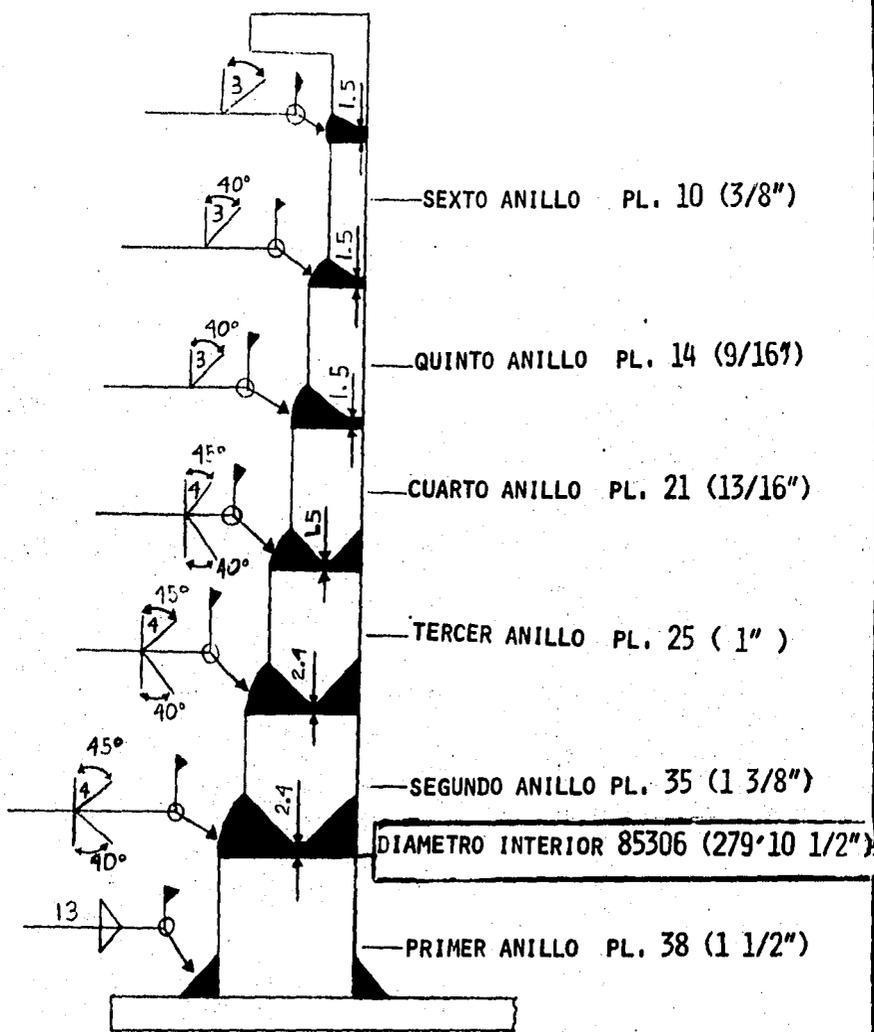
Por su parte, las juntas horizontales se llevarán a cabo en -- "V", con ángulo de 40° , separación entre placas y raíz de 3 mm (1/8 pulg.) y también se hacen exclusivamente por fuera.

El ángulo de coronamiento que va unido al sexto anillo cumple con las mismas especificaciones anteriores.

Existe otra alternativa para soldar verticalmente los anillos uno, dos, tres y cuatro, que consiste en usar el procedimiento de -- soldadura automática, lo que ocasionaría que sólo se tuviera que -- hacer costura por el lado exterior del tanque, siendo necesaria entonces una separación entre placas de 10 mm (25/64 pulg.), raíz de 3 mm (1/8 pulg.) y un ángulo de bisel de 30° , para el primer y se-- gundo anillos, de 40° para el tercero y de 45° para el cuarto.

Las soldaduras del quinto y sexto anillos se ejecutan siempre, por facilidad, con proceso manual.

En los dibujos IV.8 y IV.9, podemos observar gráficamente las características de las soldaduras descritas precedentemente.

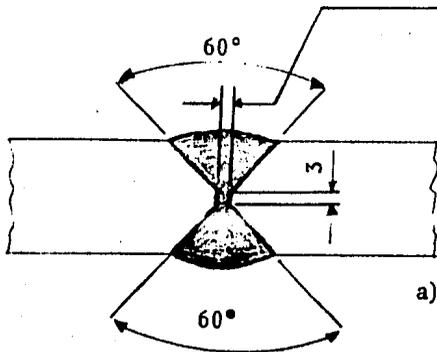


ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

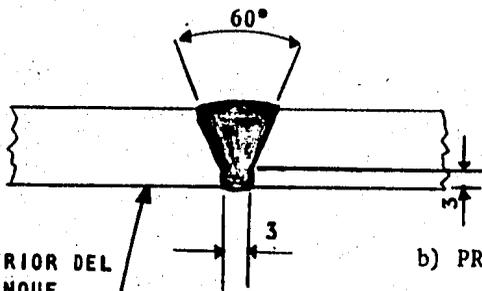
SOLDADURAS HORIZONTALES ENTRE PLACAS

ESCALA: SIN	ACOT: mm	DIBUJO NO. 1V. 8	HOJA NO. 96
-------------	----------	------------------	-------------



- 4º ANILLO = 3
- 3º ANILLO = 3
- 2º ANILLO = 4
- 1º ANILLO = 4

a) PREPARACION PARA SOLDADURA MANUAL.

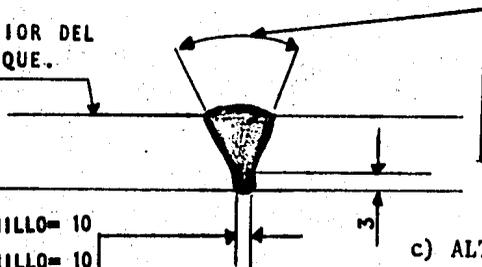


- 5º ANILLO
- 6º ANILLO

INTERIOR DEL TANQUE.

b) PREPARACION PARA SOLDADURA MANUAL.

EXTERIOR DEL TANQUE.



- 4º ANILLO = 45°
- 3º ANILLO = 40°
- 2º ANILLO = 30°
- 1º ANILLO = 30°

- 4º ANILLO = 10
- 3º ANILLO = 10
- 2º ANILLO = 10
- 1º ANILLO = 10

c) ALTERNATIVA: PREPARACION PARA SOLDADURA AUTOMATICA.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

SOLDADURAS VERTICALES ENTRE PLACAS

ESCALA: SIN

ACOT: mm

DIBUJO NO.
IV. 9

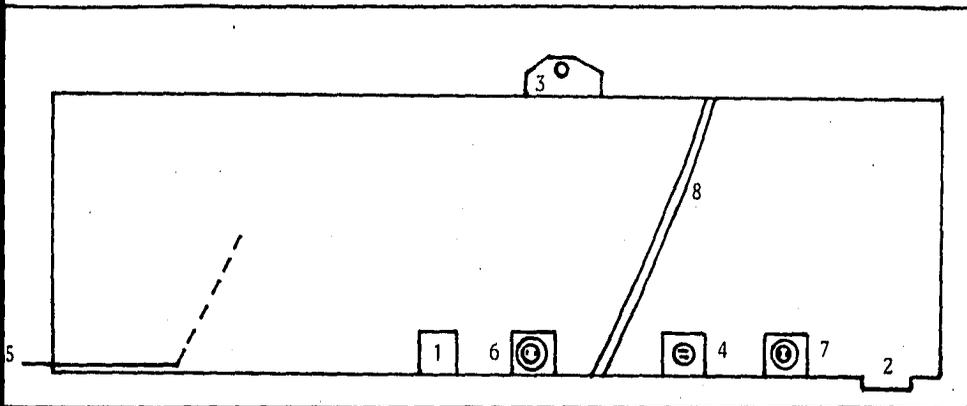
HOJA NO.
97

IV.4 ACCESORIOS.

Los accesorios para envoltivo varían de acuerdo a las características de los recipientes de que se trate. Para tanques de almacenamiento de grandes dimensiones, como en el caso presente, con capacidad de 500 000 barriles, se mencionan a continuación los accesorios indispensables, así como la cantidad recomendable de ellos y sus dimensiones estándar de acuerdo a las Normas de Construcción de Obras de Petróleos Mexicanos.

Dichos accesorios son:

- 1.- Cuatro puertas de limpieza de 48 x 48 pulgadas.
- 2.- Seis boquillas de drenaje con sumidero de 4 pulgadas de diámetro, que se usan cuando se lava interiormente el tanque.
- 3.- Once placas de soporte para boquillas contra incendio, de 4 pulgadas de diámetro.
- 4.- Dos registros de hombre de 24 pulgadas de diámetro.
- 5.- Cuatro boquillas de descarga del agua que viene desde el techo por el drenaje, que puede ser plegable, de unas 6 pulgadas de diámetro.
- 6.- Tres boquillas de entrada de producto de 30 pulgadas de diámetro.
- 7.- Dos boquillas de salida de producto de 30 pulgadas de diámetro.
- 8.- Escalera helicoidal, que desemboca en la parte superior del tanque (véase el dibujo IV.10 de la página siguiente).



Dibujo IV.10. Accesorios de la envolvente.

Cabe hacer aquí, una observación muy importante que es, que la repartición de aberturas en el cuerpo del tanque para la colocación de los implementos citados, no tiene una orientación específica, -- tan sólo es necesario tener cuidado de que los huecos no vayan a -- coincidir con las uniones verticales de los anillos.

IV.5 FUERZAS A CONSIDERAR EN LA CONSTRUCCION.

Existen dos factores que son capaces de ocasionar grandes daños, en un momento dado, a todo tipo de estructuras, si no se toman las previsiones necesarias. Tales factores son:

- a) Las fuerzas debidas a los vientos.
- b) Las fuerzas debidas a los sismos.

Respecto a la acción del viento, se toma en cuenta en particular el provocado por huracanes, cuya velocidad llega a ser de 200 Km/hr. Para nuestro tanque en cuestión, sus efectos se toman equivalentes al de una fuerza perpendicular distribuída sobre toda el área expuesta, considerada esta última, como la proyección vertical de la pared cilíndrica.

Esa presión debida al viento la podemos calcular empleando la llamada "Ecuación Fundamental de la Hidrodinámica", que sirve en general para cualquier fluido en movimiento:

$$P = \frac{w}{2g} V^2 \quad \text{(IV.3)}$$

Donde:

P = Presión del viento en Kg/m² .

w = 1.2227 Kg/m³ (peso volumétrico del aire a 15°C).

g = 9.81 m/seg² (aceleración de la gravedad).

V = Velocidad del viento en m/seg .

Sustituyendo en la fórmula anterior con un valor de V = 200 Km/hr, obtenemos:

$$P = 192.343 \text{ Kg/m}^2 = 0.0192 \text{ Kg/cm}^2$$

Pero además, el viento ejerce un momento de volteo sobre el tanque, que se calcula así:

$$M_v = P A h C F \quad \text{(IV.4)}$$

Donde:

Mv = Momento flexionante por viento en Kg-m .

P = Presión del viento Kg/m² .

A = Area expuesta en m² .

h = Brazo de palanca (al centroide del cilindro) en m² .

C = Porcentaje del 10% que se agrega, debido al área de plata formas, escaleras y tuberías .

F = Factor de forma igual a 0.6, para recipientes cilíndricos.

Sustituyendo (recordando que el diámetro del tanque es de --- 85.306 m y su altura de 14.63 m) obtenemos:

$$Mv = 1158933.6 \text{ Kg-m}$$

Y calculando el momento de flexión:

$$\delta = \frac{Mv}{S} \text{ --- (IV.5)}$$

Donde:

$$S = \frac{\pi(De^4 - Di^4)}{32 (De)} \text{ --- (IV.6)}$$

De = Diámetro exterior del tanque en centímetros.

Di = Diámetro interior del tanque en centímetros.

Tomando incluso el diámetro exterior correspondiente al sexto anillo, cuyo espesor es el menor, tenemos que:

$$S = 28\ 582\ 125 \text{ cm}^3$$

y sustituyendo en la ecuación IV.5 :

$$\delta 4.055 \text{ Kg/cm}^2$$

Vemos que este esfuerzo no rebaza el permisible con que se diseñó el tanque, el cual es mucho mayor (véase el apartado IV.1).

Analicemos ahora, también de forma breve, los efectos de los sismos (que son desplazamientos de partes de la corteza terrestre) sobre los tanques.

La fuerza cortante horizontal ocasionada por la acción de un sismo, se obtiene multiplicando el peso total del tanque por el coeficiente sísmico.

$$F = C W \text{ --- (IV.7)}$$

Donde:

C = Coeficiente sísmico.

W = Peso del tanque en kilogramos.

El coeficiente se obtiene de tablas de acuerdo al tipo de estructura considerada, la zona sísmica donde se encuentra y según el tipo de suelo, así en nuestro caso, por tratarse de un tanque de grandes dimensiones para almacenar crudo, que se localizará en Tabasco y estará cimentado sobre arcilla compactada, su valor es de 0.208 .

Al peso del recipiente por su parte, le asignaremos un valor estimativo de 1 700 toneladas, de esa manera sustituyendo en la fórmula IV.7 , obtenemos:

$$F = 353 \text{ 600 Kg}$$

CAPITULO V CUBIERTA DEL TANQUE.

V.1 CARACTERÍSTICAS.

V.2 SELECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLACAS.

V.3 ARMADO DEL TECHO.

V.4 ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS.

V.5 TOLERANCIAS Y PRUEBAS.

V.1 CARACTERÍSTICAS.

El tipo de cubierta que se va a tratar a continuación, será la elegida en el primer capítulo y es la flotante, por lo que todo lo siguiente se referirá a ella.

Las características de esta cubierta, como las de otros tipos, para usarse en tanques que estarán en contacto con petróleo o sus derivados, están basadas (en México) en las normas y criterios de diseño para la construcción de techos de tanques, aprobados por --- PEMEX.

A continuación se dan las características de la cubierta flotante en cuestión:

El techo puede permitir el derrame de líquido a un nivel prede terminado y cuando dicho líquido regresa a su nivel máximo normal, el techo flota, sin haberse dañado a si mismo, a la envolvente o a los accesorios. Estos últimos además, no deben requerir ninguna operación manual para protegerse.

El techo flotante al ser del tipo de contacto, no permite la existencia de mezclas aire-vapores, debajo de él.

Las placas del techo flotante se unen con soldadura continua, de filete completo sobre la parte superior.

El volumen del pontón mantiene flotando a la cubierta sobre un líquido cuya densidad relativa sea de 0.7 , aún cuando dos de sus compartimientos y la cubierta estén perforados.

En caso de que el drenaje principal no funcione, el techo puede contener 25.4 cm (10 pulg.) de agua de lluvia en un período de 24 horas, sobre el área total del techo sin hundirse (sin ningún compartimiento o cubierta perforados). Pueden opcionalmente diseñarse drenajes de emergencia para limitar la carga sobre el techo a un

volumen inferior, que pueda ser soportado dentro de los límites de seguridad, teniendo cuidado que a la vez no permitan que el producto contenido en el tanque fluya hacia el exterior de éste.

En cada compartimiento del pontón existe un registro de hombre, con tapa a prueba de agua (hermética) y con aditamentos de fijación u otros medios que prevengan que se levante con el viento.

Todas las placas de mamparas de pontones se sueldan con soldadura de filete sencillo, a lo largo de su perímetro, obteniéndose así hermeticidad contra el agua.

El techo flotante cuenta con una escalera que se ajusta automáticamente a sus movimientos de ascenso o descenso, de manera que -- siempre se tiene acceso a éste. Debe tal escalera tener pasamanos a ambos lados y a todo lo largo de ella, y no importando la posición en que se encuentre, debe ser capaz de soportar una carga de 455 Kg (1 000 lb) colocada en su centro.

El drenaje principal puede ser por medio de manguera o por tubería articulada. En caso de ser manguera, se debe tener cuidado para evitar que se enrolle o perfora debajo de las patas de la cubierta. Si es tubería de drenaje, las juntas articuladas deben empacarse para evitar fugas. Ambos accesorios pueden reemplazarse cuando es necesario. El diámetro mínimo de la tubería o manguera para el drenaje principal es de 10.2 cm (4 pulg.), para techos mayores de --- 18.288 m (60 pies) de radio.

Se suministran con venteos, válvulas de extracción u otros medios apropiados, para evitar el sobre esfuerzo de las cubiertas o - en el sello del techo, debiendo tener el tamaño necesario para evacuar el aire y gases de la parte inferior del tanque, durante el -- llenado inicial.

El techo flotante cuenta también con patas de soporte, que en caso de ser fabricadas con tubo, tienen que perforarse o ranurarse en el fondo para permitir su drenado, su longitud debe ser ajusta--

ble desde la parte superior del techo, para lo cual, Petróleos Mexicanos especifica los niveles de operación y limpieza para el ajuste de las mismas.

Las patas y sus uniones deben soportar el techo, más una carga adicional de por lo menos 125 Kg/m^2 (25 lb/pie^2).

Se debe contar por lo menos con un registro de hombre en el techo, para proporcionar acceso al interior del tanque, así como para ventilación del mismo cuando esté vacío. El tamaño mínimo de los registros será de 61 cm (24 pulg.) con tapas herméticas, empacadas y atornilladas.

Tiene además otros dispositivos para mantener al techo en posición centrada y prevenir su rotación.

El espacio entre la periferia exterior del techo y la envolvente del tanque se sella por medio de dispositivos flexibles que den un cierre apropiado ajustado a la superficie de la envolvente. Alternativamente se pueden usar zapatas de acero o algún otro material especificado por Petróleos Mexicanos.

También se deberá proveer al techo con una boquilla con tapa hermética, que permita la medición del líquido almacenado.

Y con respecto al espesor de las placas que conforman el techo, como no soportan presión hidrostática, es aún menor que el de las del fondo, siendo el mínimo de 4.8 mm (3/16 pulg.) o que tenga un peso de 37 Kg/m^2 (7.5 lb/pie^2).

V.2 SELECCION Y DISTRIBUCION DE PLACAS.

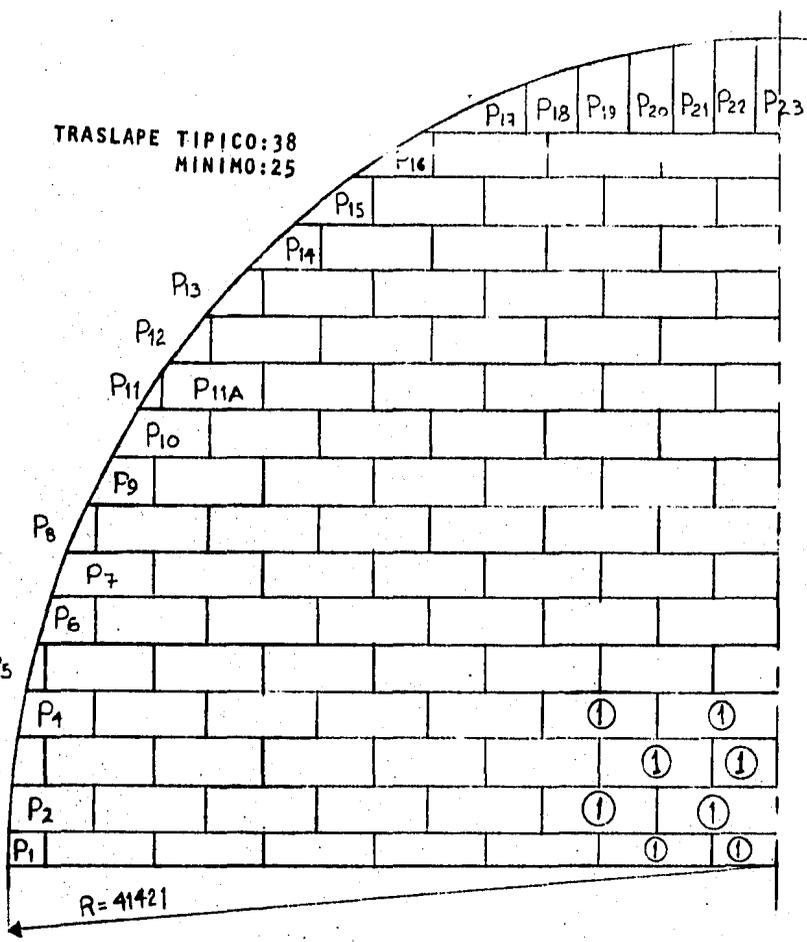
De la misma forma que para el fondo y la envolvente del tanque, también para el techo se tienen que elegir, el tipo de acero, dimensiones y hacer la distribución de las placas.

En cuanto a la composición química del acero, de acuerdo a la función y espesor de las placas de 4.8 mm (3/16 pulg) es, según especificaciones de la ASTM. A-283 : carbono, 0.25%; inclusiones máximas de fósforo y azufre, 0.04% cada uno; y puede prescindirse del manganeso y el silicio.

Respecto a las dimensiones y distribución de las placas, en la tabla V.1 y en el dibujo V.1, se muestra una alternativa, aclarando que no es la única.

Marca	Especificación del material	Largo (pies)	Ancho (pies)	Espesor (pulg)	Peso por pieza, (Kg)
P _{11A}	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₁₆	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P ₂₃	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P ₂₂	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P ₂₁	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P ₂₀	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P _{19,5}	ASTM A-283	15	8	3/16	416
P ₁₇	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₁₅	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₁₄	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₁₃	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₁₀	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P _{9,18}	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₈	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₇	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P _{6,12}	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P _{4,11}	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P ₂	ASTM A-283	20	8	3/16	555
P _{1,3}	ASTM A-283	20	8	3/16	555
1	ASTM A-283	20	8	3/16	555

Tabla V.1 . PLACAS PARA EL DIAFRAGMA DEL TANQUE DE ACERO,
SOLDADO CON CAPACIDAD DE 500 000 BARRILES .



DIBUJO DE UNA CUARTA PARTE DEL DIAFRAGMA, LAS OTRAS TRES SON IGUALES.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

DISTRIBUCION DE PLACAS DEL DIAFRAGMA

ESCALA: SIN	ACOT: mm	DIBUJO NO. V. 1	HOJA NO. 109
-------------	----------	--------------------	-----------------

Las placas marcadas en el dibujo anterior con la letra "P" y subíndice, son de ajuste de la periferia del diafragma del techo y su corte debe ser realizado en campo. Todas las demás que no están marcadas son del tipo "1" .

V.3 ARMADO DEL TECHO.

El armado del techo se lleva a cabo siempre y cuando, ya haya sido terminada la soldadura de las placas del fondo y de los anillos primero y segundo.

Para lograr una explicación más clara del proceso de construcción del citado techo, lo dividimos en tres partes principales que son:

- 1.- Armado del pontón.
- 2.- Armado del diafragma.
- 3.- Colocación del tubosello.

Empecemos por describir el proceso de construcción del pontón, que es el elemento principal causante de la flotación del techo. Para lo anterior nos ayudaremos con el dibujo V.2 .

Como primer paso se hace un andamiaje tubular dentro del tanque, y sobre él, se montan la totalidad de las placas inferiores de cubierta de pontones (I), que en cantidad pueden variar de acuerdo a su longitud, pero en espesor deberán tener 8 mm (5/16 pulg.), se puntean entre si y se cierra el conjunto con placas de cierre recor

tadas en campo, a la medida que sea requerida.

Se pasa luego a colocar las secciones superior (A) e inferior (B) de la envolvente exterior del pontón, sobre la cubierta inferior, se sueldan y esmerilan las uniones verticales, que se llevan a cabo por fuera. Punteamos después dicha envolvente a la cubierta inferior, a la vez que efectuamos las uniones radiales de esta última, cuidando de que no coincidan con las uniones verticales.

Debe existir una diferencia de 22.9 cm (9 1/64 pulg.) del cuerpo del tanque a la sección superior del pontón, de manera que haya un espacio suficiente para colocar posteriormente el tubosello.

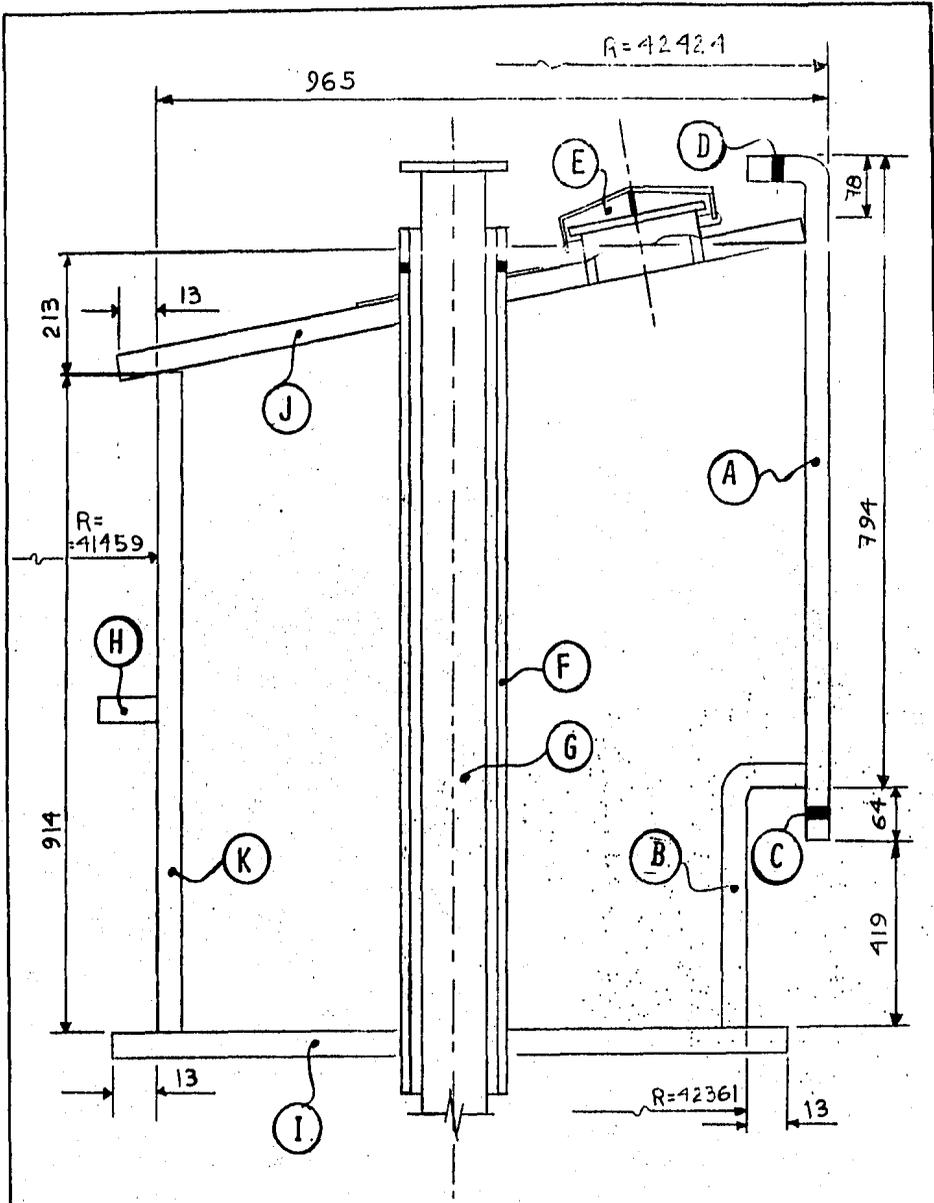
El número de compartimientos en que se divide el pontón es opcional, si escogemos por ejemplo 56, la cantidad de placas divisorias (o mamparas, las cuales no se ven en el dibujo V.2) que se necesitarían serían también 56. Estas mamparas deben tener la forma de la sección transversal del pontón y se deben puntear en primera instancia a la envolvente exterior y cubierta inferior.

A continuación, se coloca y puntea la envolvente interior(K) a la cubierta inferior en la posición que se ve en el dibujo.

Seguidamente, se colocan y puntean las cubiertas superiores del pontón(J) como podemos observar en el dibujo. El número de placas requeridas será igual al que se necesita para la cubierta inferior.

Se abren agujeros en las cubiertas superiores, uno en cada compartimiento, donde se instalarán registros cuyo tamaño debe ser de unos 50.8 cm (20 pulg.) de diámetro por 17.8 cm (7 pulg.) de altura. Se sitúan sus cuellos respectivos, se puntean y luego se sueldan.

La tarea contigua, es completar totalmente la soldadura de los compartimientos, efectuándose de la siguiente manera: por el interior, en las uniones de envolvente exterior y placas de compartimientos, a cubierta, y por el exterior, en la unión de la envolvente interior a las placas superiores de cubierta.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

PONTON DEL TANQUE.

ESCALA: SIN

ACOT: mm

DIBUJO NO.
V. 2

HOJA NO.
112

También se puntea y se suelda progresivamente a la envolvente interior, un anillo (H) de espesor y ancho de 1 por 7.6 cm (3/8 por 3 pulg.), conformado con placas de largo opcional, que servirá para la fijación posterior del diafragma.

Llegando a este punto, es pertinente mencionar, que todas las soldaduras precedentes pueden ser realizadas con electrodo AWS E - 7024 .

Continuando con nuestra secuencia de construcción, se deben -- llevar a cabo dos barrenos en la envolvente exterior superior, el - "D" nos ayudará tanto para sujetar las láminas de protección contra la lluvia, como para la banda de desgaste, mientras que el "C", sólo para esta última (ver dibujos V.2 y V.4).

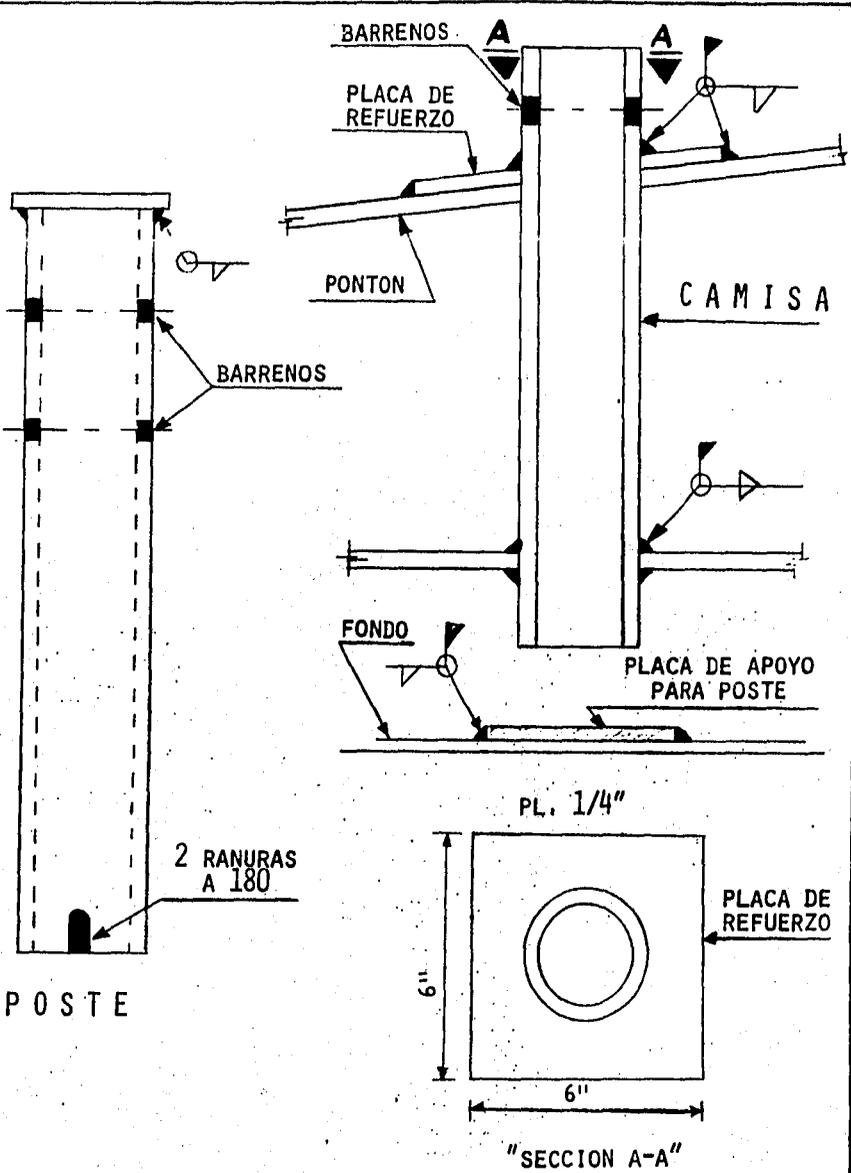
Finalmente se abren los agujeros correspondientes a 28 compartimientos alternados, uno sí y otro no del pontón, para instalar -- las camisas (F) con sus respectivos postes (G), hechos preferentemente con tubo, que funcionan como soportes del techo.

Tanto las camisas como los postes, deben llevar unos barrenos alineados horizontalmente, para que al hacerlos coincidir se les -- pueda insertar un pasador, las primeras llevan sólo un par, mien-- tras que los segundos varias perforaciones a diferentes distancias predeterminadas, lo cual define, a fin de cuentas, la altura que -- existirá entre techo y fondo, cuando el techo se encuentre vacío o semivacío.

Los postes tienen además en su extremo inferior, ranuras que - sirven para su drenaje y en su lugar de asentamiento una placa de - apoyo, como puede verse en el dibujo V.3 .

En cuanto al diafragma, que es el elemento del techo de mayor superficie, cuya distribución de placas se hizo ya en el apartado V.2, se verán en seguida los pasos necesarios para conformarlo.

Una vez soldado en su totalidad el pontón, se hace un tendido desde éste hacia el centro del tanque con tubos colocados radialmen



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
 MECANICA
 ELECTRICA**

CAMISA Y POSTE DEL PONTON

ESCALA: SIN	ACOT:	DIBUJO NO. V.3	HOJA NO. 114
-------------	-------	-------------------	-----------------

te, cuidando de que su posición quede debajo del anillo de fijación (H).

Se tienden las placas del diafragma según el plano de montaje (dibujo V.1) y se procede a puntear y luego a soldar todo el conjunto. Para la unión del anillo de fijación con el diafragma, este último quedará debajo del primero. Debiéndose utilizar soldadura de filete completo, doble y con un traslape de 3.8 (1 1/2 pulg.).

Luego se abren los agujeros para la instalación de los registros del diafragma, se colocan los marcos de las tapas y se sueldan.

A continuación se traza el lugar donde se ubicarán los postes, tomando en cuenta la orientación de la escalera rodante, conexiones de drenaje, registros, etc., para todo lo cual se deberán haber definido tanto la cantidad como sus posiciones, desde antes de empezar el montaje. Abrimos los agujeros para las camisas de los postes correspondientes y las soldamos, reforzándolas, de forma alternativa, con placas de refuerzo.

Después, se colocan y sueldan otros elementos de flotación denominados "boyas", que para un tanque de nuestras dimensiones (diámetro 85.34 m y altura de 14.63 m) se requieren 109. Más adelante - las veremos más detalladamente.

Finalmente, se instala una guía antirotación, que también se describirá posteriormente.

Cabe añadir, que todas las soldaduras del diafragma pueden ser realizadas en forma efectiva, con el electrodo AWS E 7024 .

El siguiente elemento a colocar es el tubosello, que es el dispositivo de cierre entre la envolvente y el pontón. Su instalación debe ejecutarse con sumo cuidado, ya que es un elemento algo delicado (ver dibujo V.4) .

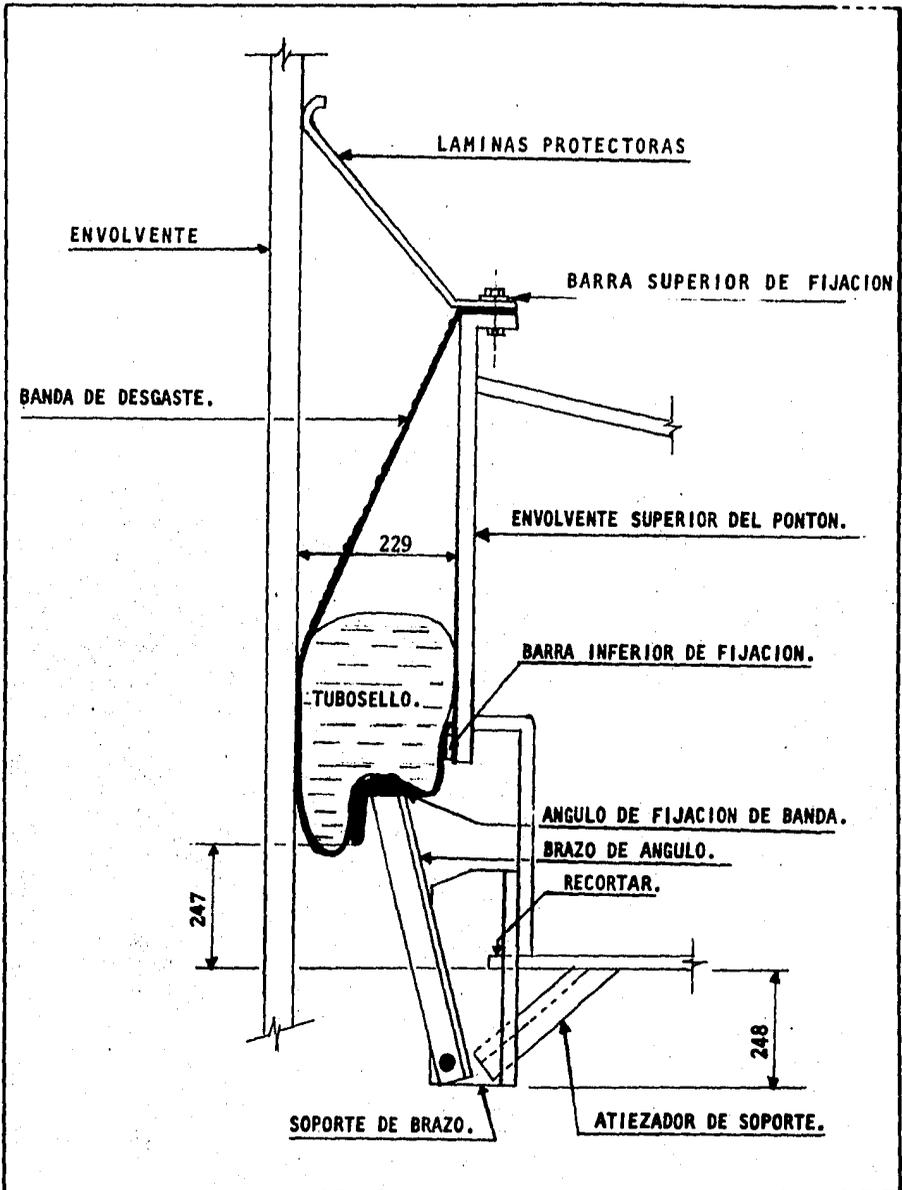
Primeramente, se tiene que barrer meticulosamente toda la superficie del techo, hasta dejarla limpia de partículas metálicas --

sueltas, para luego transportar a él, todos los componentes necesarios para la instalación del tubosello, como son :

- El tubosello, propiamente dicho.
- La banda de desgaste, que evita el contacto directo del tubosello contra la pared del tanque.
- Láminas de protección contra la lluvia.
- Líquido para llenar el tubosello.
- Barras de fijación de la banda de desgaste.
- Tornillería y tuercas para la fijación de la banda.

Se desempaca la banda de desgaste y se desenrolla sobre el pontón, con su lado lizo hacia arriba. La deslizamos de manera que su cara estriada quede siempre mirando a la envolvente del tanque y la ensartamos y aseguramos con tornillos en su ángulo de fijación, el cual va unido a un brazo, que a su vez está acoplado a un soporte por medio de tornillos y arandelas, lo que le permite tener un pequeño juego.

El soporte va soldado a la envolvente inferior del pontón, pero además para mayor seguridad, a un atiezador, como se puede observar en los dibujos V.4 y V.5 .



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

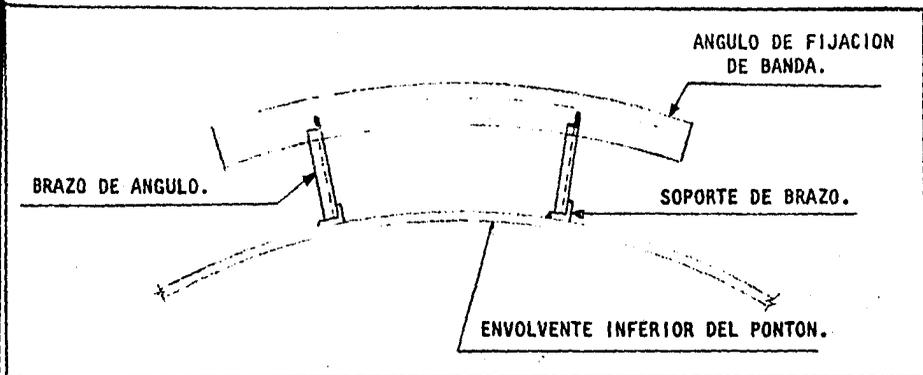
INSTALACION DEL TUBOSELLO

ESCALA: SIN

ACOT: mm

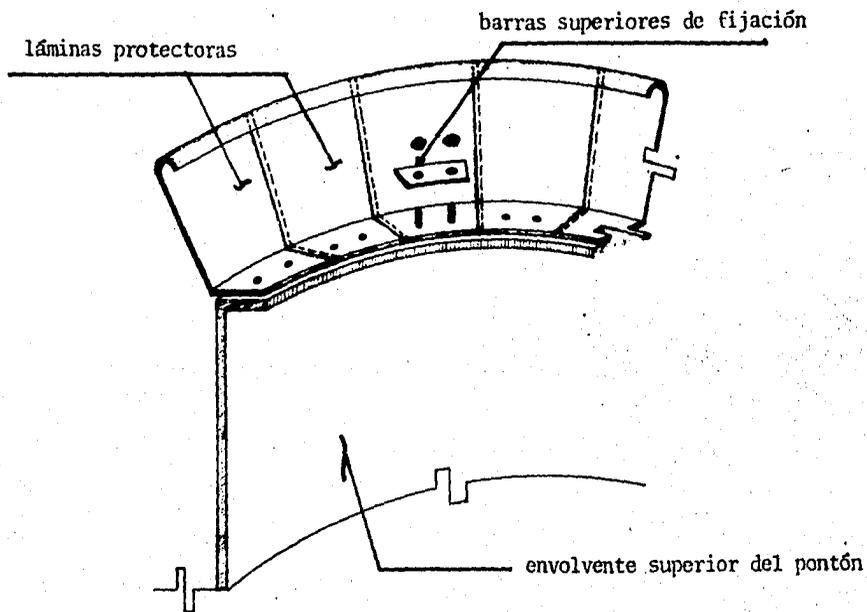
DIBUJO NO. V.4

HOJA NO. 117



Dibujo V.5 . Vista superior de los elementos necesarios para la instalación del tubosello.

Se colocan las barras superiores de fijación (dibujo V.4 y V.6) aproximadamente a cada metro; estas barras y sus tornillos son provisionales y se colocan de forma definitiva en el momento en que se instala el tubosello.



Dibujo V.6 . Barras superiores de fijación de banda y láminas de protección contra la lluvia.

Ya dispuesta la banda en su ángulo, se acerca el tubosello, debiéndose desempa-car cuidadosamente, evitando que se lastime (con un clavo de la caja, por ejemplo), se desenrolla y coloca cerca del perímetro exterior del pontón.

Se debe revizar el tubosello en su totalidad, vaciando unos 50 litros de petróleo, formando, levantando dos puntos del tubosello, un columpio y de esta manera entre dos trabajadores, se debe recorrer la longitud total buscando señales de humedad o goteo.

Se coloca luego el tubosello en la cuna que forma la banda de desgaste, descolgada en un tramo de unos 2.5m para luego subirla, enganchándola y colocándole sus barras de fijación. De la misma forma se procede hasta colocar el tubosello en toda la circunferencia, teniendo cuidado de que su empalme longitudinal se sitúe viendo hacia el pontón y sin torceduras en todo su largo. Debemos tener especial cuidado de no lastimar el sello con tornillos o aristas metálicas.

A continuación se procede a llenar el tubosello, utilizando preferentemente kerosina, o agua limpia, primeramente hasta una cuarta parte de la cantidad tabulada como necesaria para el llenado total, luego de lo cual, se debe efectuar una revisión total. Se repite la operación sucesivamente hasta que el tubosello llegue al 80% de su capacidad nominal, y finalmente, transcurridas 24 horas, se realiza un nuevo chequeo general y si no existen fallas, se instala conjuntamente con las láminas de protección contra la lluvia, de manera definitiva, auxiliándonos con las barras de fijación.

Finalmente, para dar por terminada la instalación del tubosello, se reviza una vez más, que toda rebaba, borde, cordón de soldadura, etc., en la parte interior del cuerpo del tanque, haya sido eliminado por completo, tanto arriba, como por debajo del nivel de montaje del sello. Así mismo, se inspecciona esmeradamente, que no hayan quedado herramientas, andamios, etc., en el interior del tanque y se barre el fondo hasta dejarlo bien limpio.

V.4 ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS.

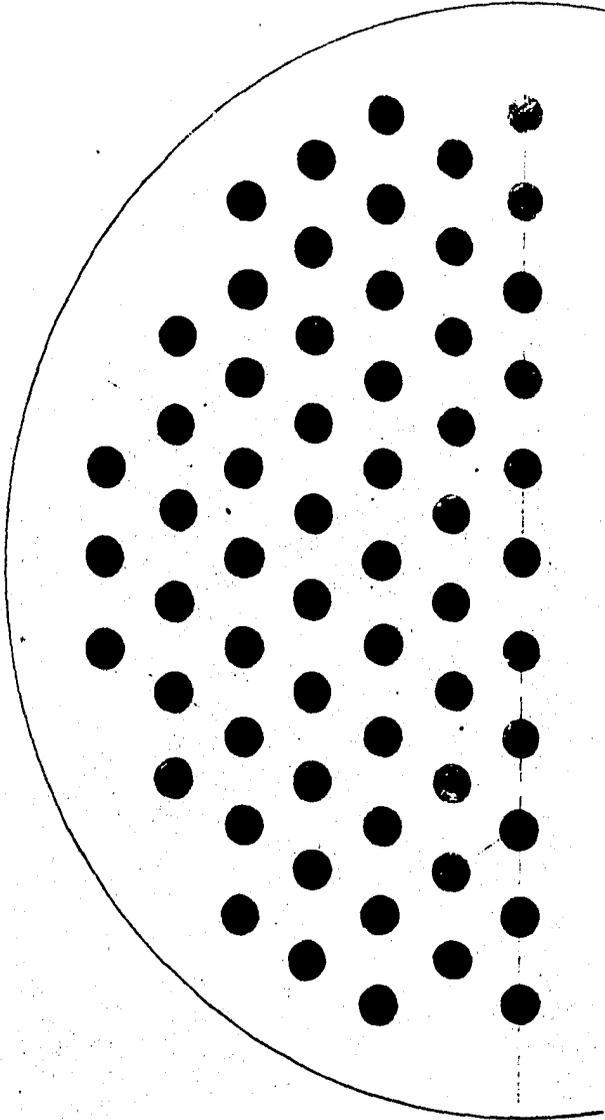
Además del pontón, diafragma y tubosello, existen otros elementos que también son partes integrantes del techo, como son los que se mencionan a continuación.

Tenemos a las boyas, que junto con el pontón son implementos que coadyuvan a mantener a flote el techo. Deben ser completamente herméticas e ir distribuidas en el diafragma de manera uniforme por la parte de arriba, sus dimensiones aproximadas son de 2.2 m de diámetro por unos 0.914 m de altura, con placas de 5 mm de espesor.

La distribución típica de las boyas la podemos observar en el dibujo V.7,-- la cantidad de ellas varía de acuerdo al diámetro del techo, pero para el caso en cuestión es de 109 y cada una debe ir acompañada de una camisa y poste, semejantes a los del pontón y área del diafragma, de los cuales solamente se diferencia por su forma de instalación. En el dibujo V.3 ya se vió el caso del pontón, en el dibujo V.8 podemos observar los otros dos casos.

Por otra parte, para saber la cantidad precisa de producto que contiene el tanque en un momento dado, empleamos un indicador de nivel (dibujo V.9), el cual consta principalmente de:

- A) Una regleta indicadora graduada, unida a lo largo y exteriormente a la envolvente .
- B) Corredera con flecha indicadora.
- C) Canaletas, donde se mueve verticalmente la corredera.
- D) Armazón de tubos, de unos 3.8 cm (1 1/2 pulg.) de diámetro.
- E) Cable de nylon.
- F) Flotador.
- G) Codos desarmables, que deben llevar un juego de pequeñas poleas dentro.



BOYAS EN EL DIAFRAGMA DEL TECHO FLOTANTE (SOLO SE VE LA MITAD).

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

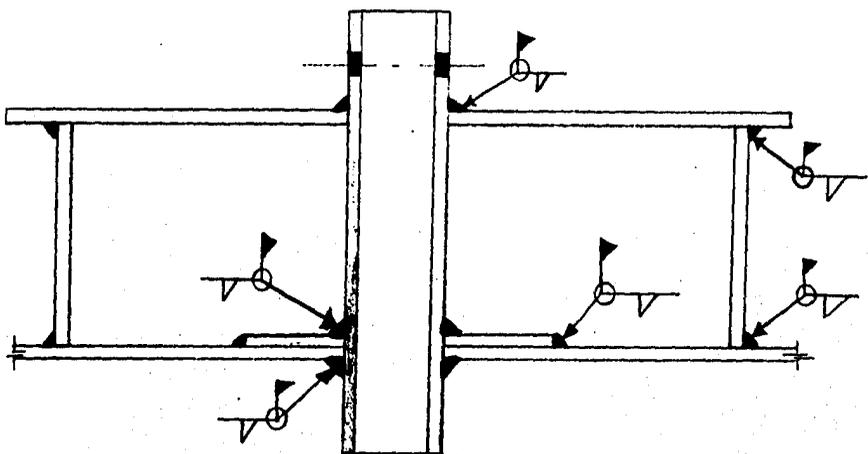
DISTRIBUCION TIPICA DE BOYAS

ESCALA: SIN

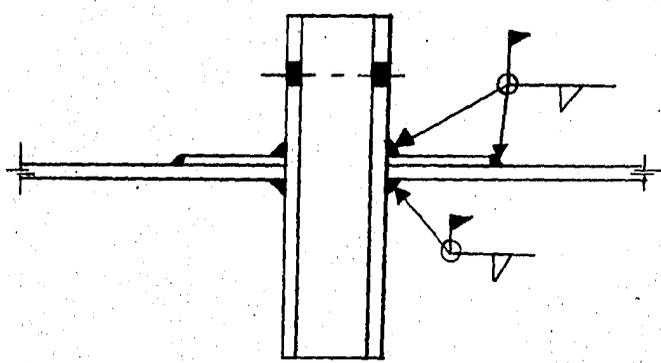
ACOT: --

DIBUJO NO.
V. 7

HOJA NO.
121



CAMISA EN UNA BOYA.



CAMISA EN EL DIAFRAGMA.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

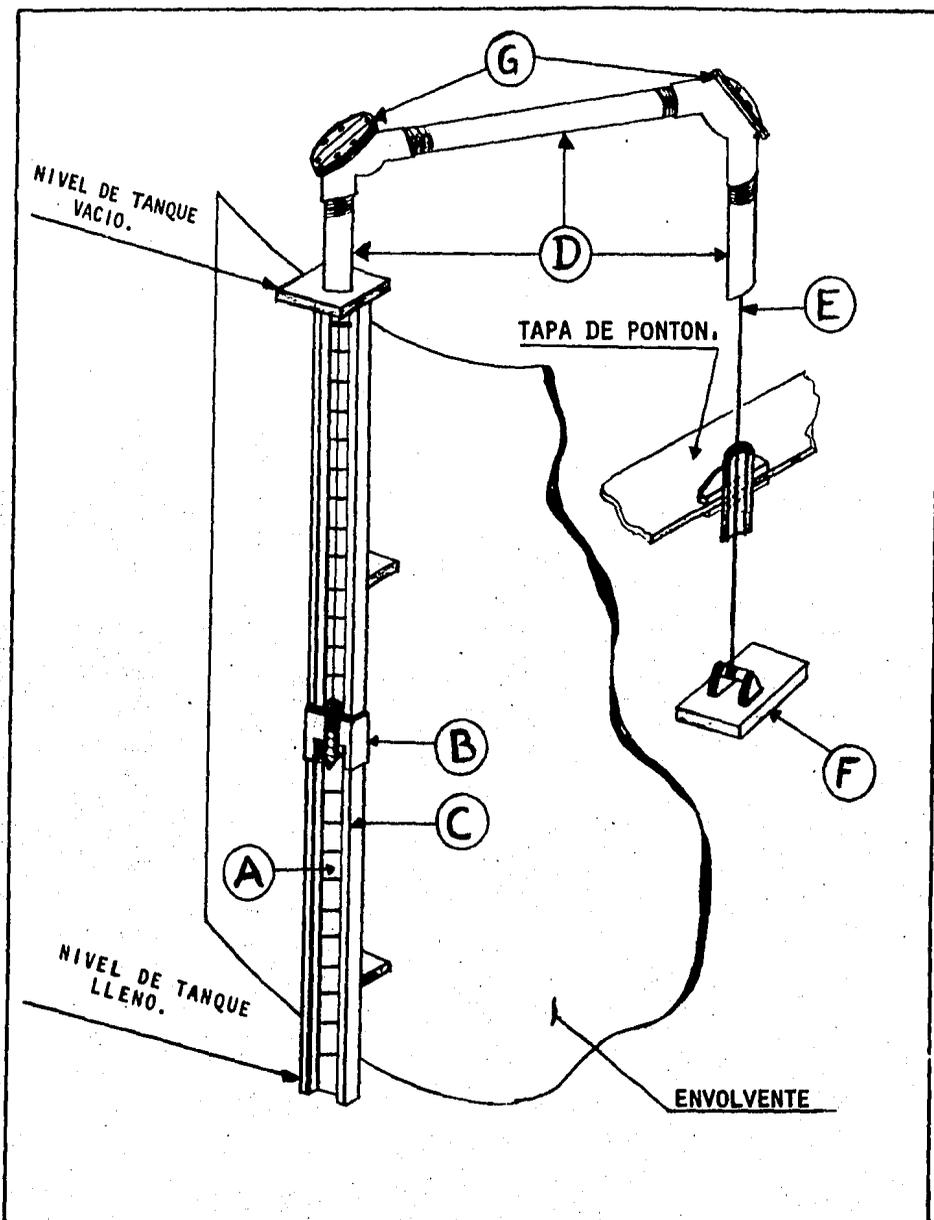
INSTALACION DE CAMISAS EN EL TECHO

ESCALA: SIN

ACOT: SI

DIBUJO NO.
V. 8

HOJA NO.
122



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

CONJUNTO INDICADOR DEL NIVEL

ESCALA: SIN

ACOT: SIN

DIBUJO NO.
V. 9

HOJA NO.
123

Se requieren, para un tanque con nuestras dimensiones, cuatro conjuntos de drenaje de techo, cada uno formado por un colector con válvula check, rejilla y línea de 15.2 cm (6 pulg.) de diámetro que debe conducir la precipitación pluvial al exterior.

Si se emplea un sistema de tubería plegable, se debe probar que sus uniones rotatorias tengan hermeticidad absoluta. Este sistema implica además, según normas de PEMEX, que del diafragma, al nivel del fondo de un tanque, tendrá que existir una altura mínima de 1.4 m (55 1/8 pulg.).

Otro implemento muy significativo, ya que permitirá al techo estabilidad, es la guía antirotación, que está formada por una camisa y un tubo, que va desde unos 0.260 m (10 15/64 pulg.) arriba del nivel del ángulo de coronamiento, atravesando un compartimiento del pontón, hasta el fondo del tanque, donde debe estar soldado.

Lleva también dicho tubo, unos barrenos que permiten el flujo del líquido, la tapa que se emplea en su extremo superior es de aluminio, accionada preferentemente con pedal, para tornarla más manejable. Este arreglo nos servirá para obtener muestras del producto, por lo que se empleará frecuentemente.

A pesar del registro de muestreo anterior, es recomendable que exista uno más, dada la gran capacidad del recipiente.

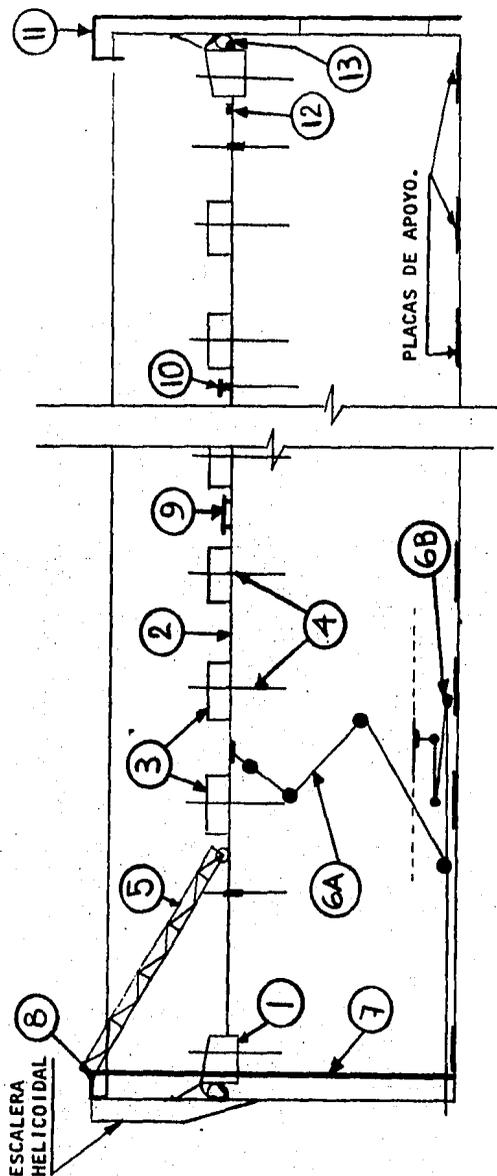
Se necesita también, una escalera que permita tener acceso de la parte de arriba de la envolvente, al techo del tanque. La clase de escalera más funcional es la que descansa sobre un par de ruedas, que se deslizan longitudinalmente sobre un carril, teniendo así, un ajuste perfecto con el diafragma, sea cual fuere la posición de éste.

Para evitar la formación de presión o de vacío debajo del diafragma, cuando este llega a su nivel inferior, o cuando se inicia el llenado, se precisa de ventilas automáticas de unos 30.5 cm (12 pulg.) de diámetro, y para ayudar a la tarea nos podemos auxiliar con válvulas manuales de 5.1 cm (2 pulg.) de diámetro, sobre todo para la extracción del aire del tanque.

Para tener acceso al recipiente a través del techo, se instalan en el diafragma dos registros rectangulares con tamaño suficiente para tal fin, de aproximadamente 0.762 m por 1.22 m (30 pulg. por 48 pulg.).

De manera alternativa, podemos tener cámaras de espuma, con sus respectivas boquillas y soportes para estas. Para el tamaño del tanque en cuestión, se necesitan alrededor de 11 de estos dispositivos y su función sería la de extinguir algún probable incendio en el área anular ocupada por el sistema del tubosello, mediante el uso de productos químicos apropiados.

Por último y a manera de resumen, observamos en el dibujo V.10 una vista en corte del tanque mostrando los implementos del techo ya mencionados.



- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1. PONTON. | 7. GUIA ANTITROTACION. |
| 2.. DIAFRAGMA. | 8. REGISTRO DE MUESTREO. |
| 3. BOYAS. | 9. REGISTRO DE ACCESO AL TANQUE. |
| 4. POSTES Y CAMISAS. | 10. VALVULA AUTOMATICA. |
| 5. ESCALERA RODANTE. | 11. INDICADOR DE NIVEL |
| 6. CONJ. DEL DRENAJE: | 12. VALVULA MANUAL. |
| A) TECHO EN POSICION ALTA | 13. SIST. DEL TUBOSELLO. |
| B) TECHO EN POSICION BAJA | |

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

IMPLEMENTOS DEL TECHO

ESCALA: SIN

ACOT.SIN

DIBUJO NO.
V. 10

HOJA NO.
126

V.5 TOLERANCIAS Y PRUEBAS.

Las tolerancias más importantes que se aplican a nuestro tanque de almacenamiento, involucran sobre todo a la envolvente y al techo, a continuación se mencionan dichas tolerancias.

- El ancho de todo un anillo de la envolvente, puede variar en más o en menos 1 cm con respecto al nominal de 2.425 m, siempre y cuando, el exceso o faltante se compense con el de otros anillos, para que la altura total del tanque, quede dentro de una tolerancia de más o menos 1.5 cm .
- La diferencia entre las diagonales de una misma placa, no debe exceder de 3 mm.
- La máxima desviación de la verticalidad de la pared del tanque en su boca, respecto a la parte inferior del primer anillo, podrá ser de 7.5 cm hacia adentro o hacia afuera.
- La variación máxima del radio del tanque respecto al radio nominal, medida tomada 30 cm arriba de la orilla inferior del primer anillo, será de más o menos 3.2 cm.
- La pendiente máxima del diafragma respecto a la horizontal, será de 1/120 .
- Todo borde, rebaba o cordón de soldadura que se encuentre en la zona donde trabajará el tubosello y la banda de desgaste debe ser esmerilado, al grado de que pueda pasarse la mano firmemente sobre las superficies sin lastimarse.

Finalmente, es necesario recalcar, que absolutamente todas las tolerancias y revisiones de soldadura (efectuadas por los métodos - de líquidos penetrantes, caja de vacío o radiografiado, según lo -- permita la posición de la soldadura) deberán ser checadas o efectua das de manera previa a la realización de la prueba hidrostática, o en su caso, de la prueba neumática.

Ambas pruebas anteriores sirven para verificar el comportamien to de una estructura, antes de iniciar su operación normal.

La prueba neumática se lleva a cabo sobre todo, en torres all- tas, diseñadas para manejar vapores, o para cualquier otro recipien te que contenga fluidos a presiones altas.

Sin embargo, en tanques de almacenamiento atmosféricos, como - en el caso de nuestro recipiente, es suficiente efectuar la prueba hidrostática, que consiste sencillamente, en el llenado y vaciado - del tanque, con agua limpia y simulando la operación del mismo.

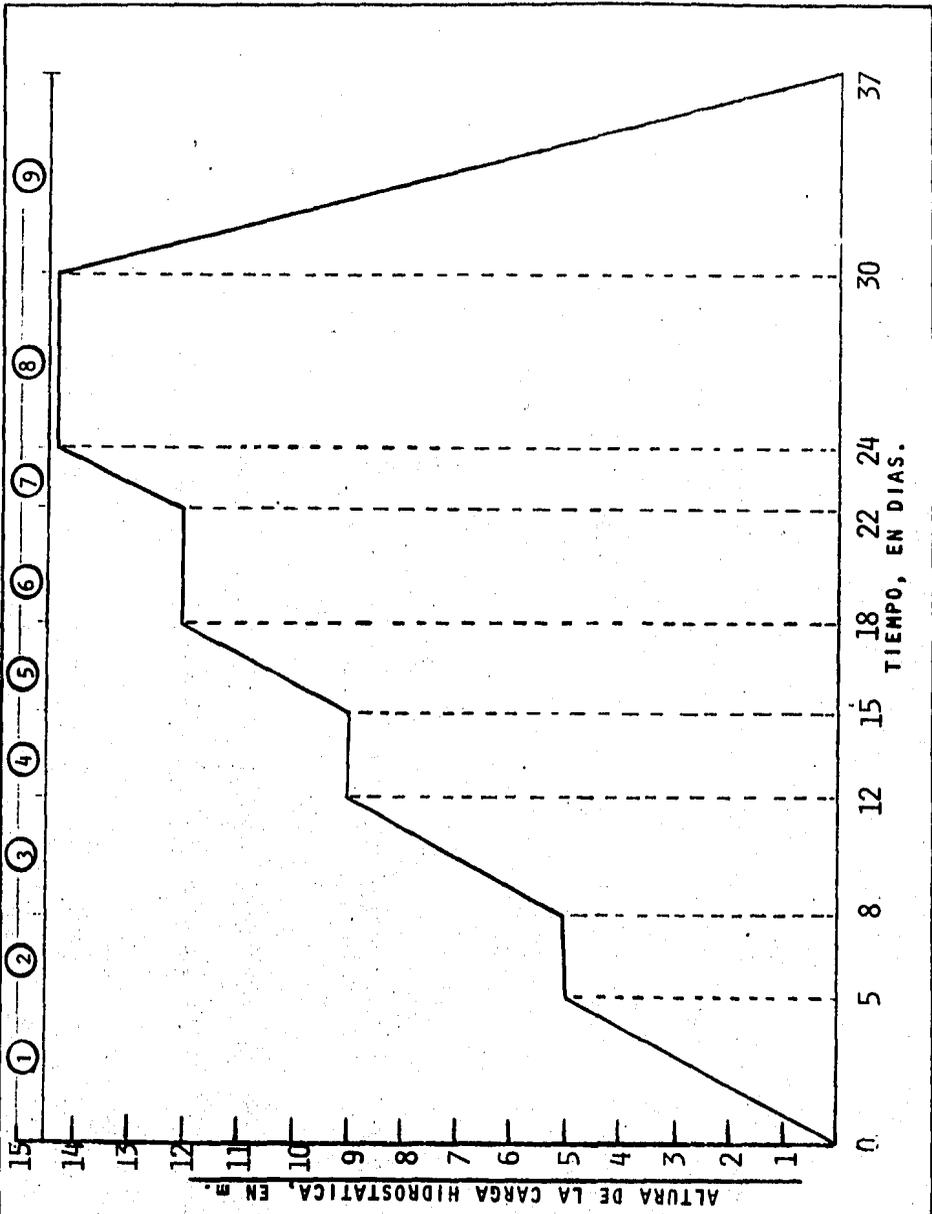
Por su parte, el programa del llenado del tanque es variable, - debiéndose, eso sí, desarrollar en varias etapas alternadas de lle- nado y reposo de agua, hasta llegar a la final que es la de vaciado del líquido. En la tabla V.2 se presenta un posible programa de me- diciones, que se debe de realizar durante la prueba hidrostática, y en el dibujo V.11 se ve su correspondiente gráfica.

Dos últimas recomendaciones muy importantes que tienen que se- guirse, son que:

- a) Las lecturas del nivel del agua deben realizarse diariamen te.
- b) Una vez que el tanque esté completamente lleno, se debe observar cuida dosamente la cara superior del diafragma y el interior de los ponto- nes, para determinar si existen fugas y en su caso, repararlas.

ETAPA N°	ACTIVIDAD	INCREMENTO m	ALTURA m	DURACION días
1	LLENADO	5.0	5.0	5
2	REPOSO	0.0	5.0	3
3	LLENADO	4.0	9.0	4
4	REPOSO	0.0	9.0	3
5	LLENADO	3.0	12.0	3
6	REPOSO	0.0	12.0	4
7	LLENADO	2.3	14.3	2
8	REPOSO	0.0	14.3	6
9	VACIADO	-14.3	0.0	7

Tabla V.2. Programa de mediciones que se ejecutan durante la prueba hidrostática, en un tanque de almacenamiento .



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

**INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA**

GRAFICA DE LA PRUEBA HIDROSTATICA

ESCALA: SIN	ACOT: --	DIBUJO NO. V. 11	HOJA NO. 130
-------------	----------	---------------------	-----------------

CAPITULO VI PROTECCION DEL TANQUE Y ROTULACION.

VI.1 GENERALIDADES.

VI.2 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

VI.3 RECUBRIMIENTOS.

VI.4 ROTULACIÓN.

VI.1 GENERALIDADES.

Para proteger a los metales en sus superficies, evitando que experimenten modificaciones químicas en las condiciones de trabajo o del medio ambiente, precisamos cubrirlos con capas protectoras, con los llamados recubrimientos, que usados en los tanques, tienen además otras funciones como son:

- Servir como medios de identificación.
- Realzar la apariencia.
- Reflejar la luz solar.

En el interior de los tanques de acero, los hidrocarburos del petróleo no presentan problemas de corrosión, sino al contrario, actúan como protección e inclusive, de algunos de sus compuestos como el cumeno, estireno, paraxileno, benceno, etc., se obtienen resinas, hules sintéticos, pinturas, barnices y recubrimientos especiales, entre otras cosas.

Son más bien, algunas impurezas, las que se deben tomar en cuenta con mucha consideración al almacenar petróleo; el agua por ejemplo, que contiene sales disueltas que en ciertas ocasiones forman ácidos; también el ácido sulfhídrico que se desprende formando sulfuro de hierro y luego combinado con humedad ácido sulfúrico, el cual es altamente corrosivo, llegando a atacar, en un momento dado, el interior del techo y de la envolvente, que se encuentran por arriba de la superficie del crudo.

Por el exterior, lógicamente todo el tanque estará expuesto a las condiciones presentes del medio ambiente, como son: la humedad, el ambiente salino, la luz solar, el polvo, etc. Sin embargo, todas las formas de corrosión posibles debido a lo anterior, se pueden evitar usando los recubrimientos adecuados y revizando periódicamente el recipiente.

VJ.2 PREPARACION DE SUPERFICIES.

Para el buen comportamiento de un recubrimiento, es indispensable la correcta preparación de la superficie por cubrir. Tal preparación consiste en la limpieza previa del tanque, y la clasificación de los métodos usados para tal fin, es la siguiente:

- a) Limpieza química.
- b) Limpieza manual.
- c) Limpieza con abrasivos.

Limpieza química.- Con este método se elimina óxido, aceite, --grasa, contaminantes y recubrimientos, por la acción química de las sustancias empleadas. Se puede usar como procedimiento completo o -combinarlo con algún otro, las operaciones de que consta son:

- A) Eliminación de capas gruesas de grasa, contaminantes y nódulos de corrosión, con espátula y otras herramientas de impacto.
- B) Aplicación del solvente seleccionado (como el tolueno, xileno, benceno, percloroetileno, etc.), dejándolo sobre la superficie el tiempo de contacto suficiente para su acción.
- C) Lavado de la superficie con agua dulce, para eliminar todos los residuos de impurezas y del solvente.

Limpieza manual.- Las etapas que constituyen este procedimiento se indican a continuación, de las cuales se pueden eliminar algunas, según se vuelvan innecesarias:

- A) Descostrado, que se efectúa con la ayuda de martillo y cincel quitando costras de óxido, restos de soldaduras o escorias.
- B) Lavado, mediante detergentes, de aceites y grasas.
- C) Rasqueteo, para eliminar depósitos de recubrimientos o pinturas anteriores.
- D) Cepillado, que se realiza con cepillo de alambre de acero, hasta hacer desaparecer restos de óxido, pintura u otras materias extrañas.
- E) Lijado, que elimina remanencias que hubiesen quedado luego de los pasos anteriores y deja a la superficie con el anclaje adecuado.
- F) Eliminación de polvo, que se lleva a cabo con brocha o cepillo de cerdas.

Limpieza con abrasivos.- Este método consiste en la limpieza de superficies metálicas, aplicando un chorro a presión de abrasivos como son la arena y la granalla. Las operaciones de que consta se dan a continuación, pudiendo eliminarse o modificarse cualquiera de ellas, de acuerdo a las condiciones específicas de cada obra:

- A) Descostrado, que se efectúa con la ayuda de martillo y cincel, quitando costras de óxido, restos de soldaduras o escorias.
- B) Remoción de depósitos de óxido, pintura u otras sustancias, por medio de un chorro abrasivo, cuyo agente puede ser arena lavada y seca o granalla del tipo munición acerada, escoria de coque o cobre, limpia y seca. En todo caso, los abrasivos podrán usarse nuevamente, siempre y cuando queden libres de contaminantes.

C) Eliminación, cuando se emplee chorro de arena, del polvo remanente, con cepillo o brocha de cerdas.

Cuando usemos este último sistema de limpieza, tenemos que verificar algunos aspectos inherentes a él, como son:

La rugosidad máxima o profundidad del perfil, que se obtenga en la superficie y que servirá como anclaje para el recubrimiento, estará comprendido entre 0.001" y 0.0025", debiéndose comprobar --- usándose algún instrumento (como un medidor de anclajes, por ejemplo).

El área tratada, tendrá que quedar color gris claro, bien uniforme, sin óxidos, pintura, aceite u otra sustancia en su superficie.

Respecto al chorro de aire empleado para impulsar la arena o granalla, se debe hacer mención, de que tiene que estar totalmente exento de agua, aceite o grasa.

Otros dos puntos importantes, en esta ocasión, para cualquiera de los tres métodos citados son:

Para aceptar una superficie ya tratada, deberá tener el mismo aspecto que otra de 2 m² seleccionada previamente como patrón.

Y el tiempo que se permitirá transcurrir entre la limpieza y la protección de una cierta área, dependerá del ambiente en que se opere, pero nunca debe ser mayor de cuatro horas.

VI.3 RECUBRIMIENTOS.

A causa de la gran cantidad de productos que pueden ser empleados como protección anticorrosiva, sería imposible elaborar una lista completa de selección de recubrimientos. En realidad, la única guía de seguridad para efectuar una buena elección son los resultados experimentales, las experiencias obtenidas anteriormente en condiciones similares o la opinión de expertos en corrosión.

En Petróleos Mexicanos, se emplean una gran cantidad de recubrimientos como son, por mencionar algunos: primario de cromato de cinc, primario de cinc al 100% autocurante, primario de alquitrán de hulla epóxico amínico, hule clorado, esmalte alquidálico brillante, recubrimientos antivegetativos, etc. Los mencionados como primarios, se aplican como una primer mano previamente a los recubrimientos de acabado.

Para un tanque como el elegido por nosotros, que almacenará petróleo crudo y estará localizado en una zona muy cercana a la costa, es muy importante seleccionar los recubrimientos adecuados, tanto para el interior, como para el exterior del recipiente. Tal selección, que la efectuamos de acuerdo a las normas de PEMEX (4.132.01), así como las características esenciales de los recubrimientos elegidos, los vemos a continuación:

En el exterior del tanque se debe aplicar una mano de inorgánico de cinc autocurante (RP-4B, según clasificación de PEMEX) con un espesor de 0.0025" a 0.003" , y una o dos manos de recubrimiento epóxico altos sólidos (RA-26), de 0.0045" a 0.005" de espesor cada una.

El anticorrosivo RP-4B, está constituido por polvo de cinc y un vehículo de silicato inorgánico. Es sumamente duro y resistente a la abrasión, a la mayoría de los solventes y a los ambientes húmedo, salino y marino. Seca rápidamente arriba de 0°C y entre 88% y -

99% de humedad relativa. A temperaturas moderadas es insoluble al agua a los 20 minutos de aplicado. Se usa como primario de un sistema, aplicándose lejos de flamas o chispas, ya que este recubrimiento contiene materiales inflamables. Para facilitar su aplicación se puede rebajar con xileno.

El recubrimiento RA-26, está formado a base de resinas epóxicas y un reactivo químico, que es el causante de su endurecimiento, envasados por separado. Proporciona un acabado duro, con resistencia excelente a las condiciones de exposición en ambiente salino, húmedo con o sin salinidad, a gases derivados del azufre, a la inmersión continua en destilados sin tratar y al agua potable. Se usa sobre algún primario y se recomienda adelgazar para su aplicación, -- con una mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xileno, en volumen.

En el interior del tanque se deben aplicar dos manos de recubrimiento primario de alquitrán de hulla epóxico catalizado (RP-5B), -- con espesores de 0.007" a 0.009" cada una.

Este anticorrosivo se compone de alquitrán de hulla, pigmentos inertes y un reactivo químico, que se envasan por separado. Deja -- una película muy dura, resistente al agua salada, agua cruda y tratada, petróleo crudo y combustóleo, para inmersión continua a una temperatura máxima de 70°C . Para su aplicación se recomienda adelgazarlo con tolueno o xileno, pudiéndose aplicar la segunda mano entre cuatro y doce horas después de la primera.

Ahora bien, los procedimientos para la aplicación de los recubrimientos, que se efectúan una vez que la superficie de trabajo ha quedado debidamente preparada, son tres:

- a) Por aspersión.
- b) Con brocha.
- c) Con rodillo.

Se usa brocha o rodillo, cuando se requiere de gran humedad de la superficie y la uniformidad de la película depositada no es un factor importante.

El método de aspersión se emplea cuando es menester, que el trabajo sea rápido y las películas resultantes uniformes en espesor, lo cual se puede confirmar por medio de medidores de película.

Por último, aunque sin tratarlo a fondo, mencionaremos un aspecto de mucho interés relacionado con los recubrimientos, que es, el que se refiere a las fallas, las cuales se tienen cuando existen:

- Mala preparación del área por cubrir.
- Selección inadecuada del recubrimiento.
- Deficiente calidad del recubrimiento.
- Incorrecta aplicación.
- Condiciones atmosféricas inapropiadas durante la aplicación.
- Inspección deficiente.
- La combinación de cualesquiera de los puntos anteriores.

En cuanto a las formas en que se manifiestan dichas fallas, las más comunes son:

- a) Discontinuidad de la película.
- b) Falta de adhesión.
- c) Ampollamiento.
- d) Agrietamiento.

- e) Corrugado.
- f) Corrosión debajo de la película.

VI.4 ROTULACION.

La rotulación en cualquier recipiente o tubería, es importante para saber qué sustancia es la que contiene, además de otros datos como su capacidad y localización de implementos.

En Petróleos Mexicanos se tiene un sistema propio de identificación de tanques. Para los de 12.19m de altura o mayores, en general, es de la siguiente forma:

Se empieza dándole al tanque en cuestión el recubrimiento de acabado, que es una capa de pintura blanca brillante, por lo que tiene gran poder reflejante de los rayos solares. Se pinta también, en el caso de depósitos verticales, en la parte inferior, una franja de color negro de 90 cm de alto, que sirve como protección contra la sal. Además, todas las entradas de hombre (manhold) se marcan con un trapecio, también de color negro.

Sobre la mitad de la altura del tanque se pinta otra franja negra de 90 cm de ancho y a 30 cm de ésta, una más con el mismo color pero del color individual que identifique al producto contenido.

En la tabla VI.1 podemos observar algunos productos y sus colores de identificación, tanto individuales, como del grupo al que pertenecen.

GRUPO COLOR DE IDENTIFICACION	PRODUCTO	COLOR DE IDENTIFICACION INDIVIDUAL.
(GASOLINAS) AMARILLO	GASOLINA BLANCA	Verde
	PEMEX NOVA	Azul
	GASOLVENTE	Verde tierno
	GASNAFTA	Azul oscuro
	GAS AVION	Azul pálido
	PEMEX EXTRA	Amarillo
	TURBOSINA	Blanco
(KEROSINAS) ROSA	DIAFANO	Morado
	TRACTOGAS	Verde oscuro
	TRACTOMEX	Naranja
(GASOLEOS) GRIS CLARO	DIESEL AUTOMOTRIZ	Bermellón
	DIESEL NORMAL	Bermellón
NEGRO	LUBRICANTES	Gris perla
NEGRO	ACIDOS Y CORROSIVOS	Rojo óxido

Tabla VI.1. Colores de identificación para algunos productos almacenados por PEMEX .

Empero, como un caso particular, los tanques de almacenamiento de crudo, son casi del todo blancos, sólo llevan la franja negra inferior horizontal y otra vertical del mismo color de 2 m de ancho, en la dirección del registro de muestreo, que sirve para disimular los escurrimientos (dibujo VI.1).

Con respecto a las letras y números que se emplean, deben abarcar un área total de 3.50 m por 15.50 m .

A cada recipiente le corresponderá una clave, que deberá ir en el ángulo superior derecho y estará de acuerdo con las listas siguientes:

a) Claves de tanques según su forma.

TV - Tanque vertical.

TE - Tanque esférico.

TH - Tanque horizontal.

b) Claves de tanques según el producto que contienen.

01 al 09 Crudo.

10 al 19 Gasolinas.

20 al 29 Kerosinas.

30 al 39 Gasóleos.

40 al 49 Combustóleo.

50 al 59 Lubricantes.

60 al 69 Amoniaco.

70 al 79 Gas licuado.

80 al 84 Contaminados.

85	al	89	Acidos y corrosivos.
90	al	94	Agua.
95	al	99	Alcoholes.
100	al	104	Aromáticos.

Así por ejemplo, para nuestro caso, en que almacenamos crudo - en un tanque vertical, la clave sería: TV - 01 e iría encerrada en un rectángulo de 3.50 m por 4.0 m, con un tipo de letra delgada, --- blanca y sobre un fondo del color del grupo, o negro si no tiene -- identificación establecida, la sustancia en cuestión.

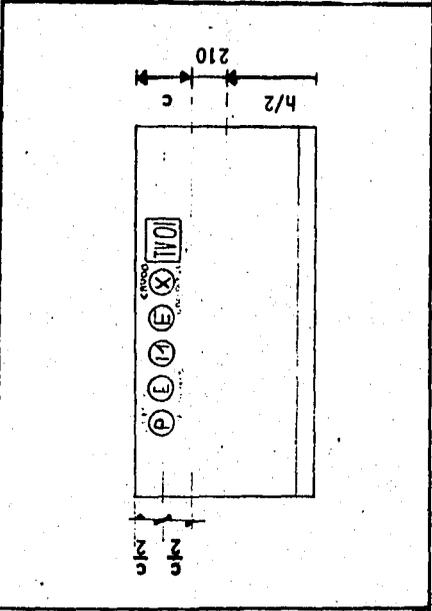
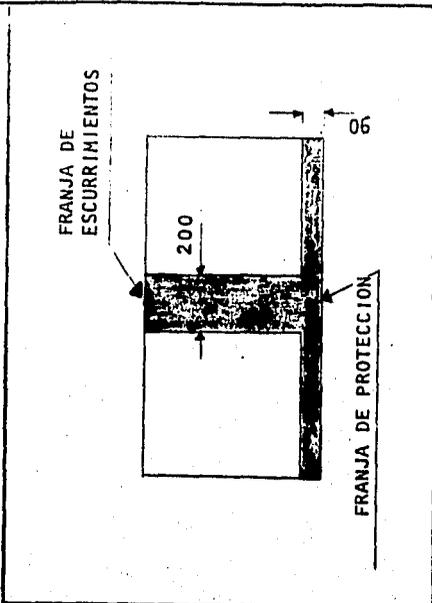
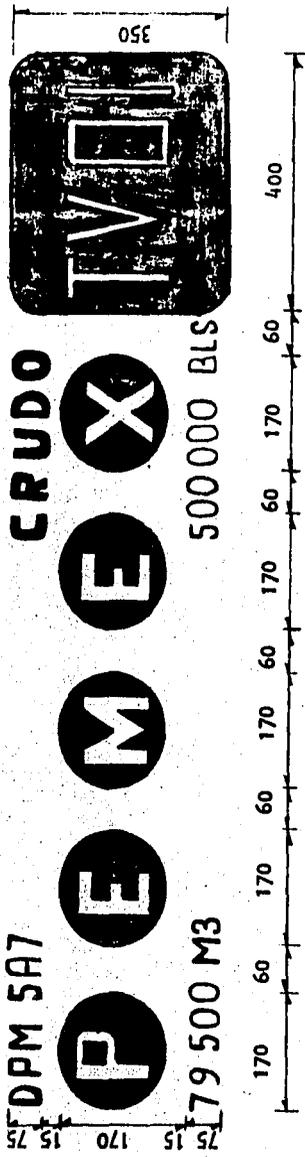
El letrero del nombre del producto, será hecho con letras gruesas, excepto cuando éste sea muy largo, como es el caso del dodecil benceno, en que se usarán letras delgadas, pero en ambos casos serán de color negro.

En el ángulo superior izquierdo deberán pintarse las siglas -- DPM (Departamento de Pesas y Medidas de la Secretaría de Industria y Comercio) y los números arábigos y la letra que fije la SIC .

Para las capacidades, ya sean en metros cúbicos o barriles, se emplean letras delgadas de 75 cm de altura.

Por último, el letrero "PEMEX", que es imprescindible, estará formado por letras blancas, gruesas y de 1.25 m de altura, encerradas en círculos de 1.70 m de diámetro y fondo de color negro.

En el dibujo VI.1, vemos como quedaría la rotulación ya terminada de un tanque de almacenamiento de crudo, con capacidad de --- 500 000 barriles.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA
MECANICA
ELECTRICA

ROTULACION DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 500 000 BARRILES.

ESCALA: SIN

ACOT: cm

DIBUJO NO. VI.1

HOJA NO. 1.13

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Para poder llevar a cabo el estudio de los diferentes tanques de almacenamiento de gran capacidad para petróleo crudo, efectuamos su clasificación. Nos basamos para lo anterior en varios parámetros, como fueron su geometría y si eran tanques -- abiertos o cerrados.

También vimos los diferentes materiales que se pueden emplear para construir la estructura del recipiente, así como los implementos que éstos necesitan. De tales materiales, pudimos darnos cuenta, que es el acero y sus aleaciones el más empleado, esto es por la capacidad que tiene de poder cambiar sus propiedades al variar su composición química, sin embargo, no es el único material que se puede usar.

De lo anterior se desprendió la necesidad de elegir de entre la infinidad de aleaciones de acero, la que se adaptaba mejor a nuestras necesidades. La elección la realizamos basándonos conjuntamente en las normas de PEMEX y de la A.S.T.M..

Una vez clasificados los tanques y analizadas sus características, pudimos concluir que:

De los tanques que sirven para almacenar fluidos que pueden vaporizarse a temperatura ambiente y a presión atmosférica, los de acero, que utilizan techo flotante, son los que proporcionan mayores ventajas por tener mayor seguridad contra el fuego y menos pérdidas de la sustancia contenida, por causa de su volatilización.

Las dimensiones del tanque, por su parte, se eligieron de acuerdo a una capacidad dada, al tipo de acero usado, al ancho de las placas que forman los anillos de la envolvente de los recipientes, y a la extensión de terreno disponible que se tenga. Recipientes con la misma capacidad, pueden tener diámetros y alturas diferentes.

Respecto a la cimentación, se nombraron tres tipos principales que pueden funcionar adecuadamente para tanques de mediana y gran capacidad, como el tratado fundamentalmente en esta tesis, que es el de techo flotante. De tales cimentaciones, dadas las características de la zona seleccionada para erigir --- nuestro tanque, que es cerca de la costa, en Dos Bocas, Tabasco, se recomendó (dadas sus ventajas en este caso) usar la formada con terracería confinada en un muro anular de concreto.

De los tipos de tapas existentes, vimos que las mejores para el fondo de un tanque cilíndrico y atmosférico de gran volumen, que está apoyado sobre suelo compactado, son las planas. - Su espesor y composición química las escogemos de acuerdo a las normas de PEMEX y de la A.S.T.M..

La envolvente de un tanque se puede calcular de varias formas, en esta tesis empleamos fórmulas proporcionadas por PEMEX, pero también se pueden emplear, por ejemplo, las fórmulas recomendadas por la A.S.T.M..

Por su parte, el techo flotante, que dividimos por comodidad en :

- a) Pontón.
- b) Diafragma.
- c) Tubosello.

debe obligatoriamente construirse hasta haber terminado e inspeccionado totalmente las soldaduras del fondo y anillos primero y segundo de la envolvente, y poseer, también obligatoriamente los siguientes accesorios: boyas, postes de techo con sus respectivas camisas, escalera de acceso a la parte superior del techo, drenaje, guía antirrotación, registro de muestreo y de -

acceso al tanque, válvulas automáticas y manuales e indicadores de nivel.

Más que el análisis y dimensionado en detalle de las piezas conformantes de un recipiente, lo que se lleva más tiempo es el proceso de construcción, el cual debe ser conocido de manera particular.

En tal proceso es importante, para evitar defectos y reducir el tiempo de maniobras, seguir la secuencia correcta de construcción de los anillos, así como realizar de manera satisfactoria las soldaduras y llevar a cabo todas las pruebas necesarias indicadas, como son:

- A) La visual.
- B) Con caja de vacío.
- C) Con líquidos penetrantes.
- D) Radiografiado.

Efectuadas las pruebas anteriores en la totalidad de un recipiente, podemos estar seguros de que no existirán en las soldaduras, defectos superficiales, ni internos y podemos pasar así, a efectuar la prueba hidrostática, en la cual se observa el comportamiento de la estructura, antes de su operación normal.

Los problemas probables de corrosión en los tanques de acero, deben estudiarse para que de acuerdo a condiciones exactas, se haga la selección apropiada de los recubrimientos y de los métodos de su aplicación adecuados.

Con respecto a la rotulación (que es importante para conocer la sustancia que contiene un recipiente, su capacidad, así como cualquier otro dato que se considere significativo) la seleccionamos, dado que nuestro recipiente elegido contendría petróleo crudo, de acuerdo a las normas establecidas por Petróleos Mexicanos.

El equipo, herramientas y todo el personal que tiene que ver directamente con el levantamiento de un recipiente, depende de cada caso en particular, y en el caso del personal, este debe ser altamente calificado y experimentado, sobre todo los Ingenieros, los soldadores y los operadores de equipo mecánico.

Para evitar catástrofes y pérdidas de dinero y vidas humanas, es imprescindible efectuar, no sólo para los tanques de almacenamiento o proceso, sino para cualquier tipo de estructura de grandes dimensiones en general, un análisis de las fuerzas naturales que le pueden afectar, como son las:

- a) Debidas a vientos.
- b) Debidas a sismos.

Como los códigos en que está basada la construcción de tanques están sujetos a revisiones periódicas, es necesario mantenerse actualizado de su contenido en su última edición, como también informarse de nuevas tecnologías y nuevos materiales de construcción de recipientes.

Finalmente recomendamos, que se lleven a cabo inspecciones periódicas en toda la estructura de los tanques cuando ya están en funcionamiento; en las tapas, en la envolvente, en los accesorios y en los recubrimientos.

En especial, debemos inspeccionar los recipientes con techo flotante, en los que se tiene que revizar cada uno de los implementos conformantes de éste último, como son: el tubose-- llo, la banda de desgaste, boyas, pontón, etc.

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

A.W.S. American Welding Society.
(Sociedad Americana de Soldadura).
Manual de Soldadura.

A.S.M.E. American Society of Mechanical Engineers.
(Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos).
Calificación de Soldadura, secc. IX

Código de diseño A.S.T.M. American Society for testing Materials.
(Asociación Americana para Pruebas y Materiales).
Secciones A-36 y A-283 .

Código A.P.I. American Petroleum Institute.
(Instituto Americano del Petróleo).
Standar-650, "Welded steel tanks for oil storage"

Fire Protection Manual.
Charles H., Vervalin.
Gulf Publishing Company; Houston, Texas.

Guía de electrodos y aleaciones para soldar AGA.

Ingeniería de Producción del Petróleo.
Lester Charles, Uren.
C.E.C.S.A.

Manual de construcción "Arocha Morton y Cía., S.A."
Sección: Efectos del viento en las estructuras.

Manual de Diseño de Obras Civiles.

Fascículos: Diseño por Viento y Diseño por Sismo.

Comisión Federal de Electricidad e Instituto de Investigaciones Eléctricas.

N.F.P.A. National Fire Protection Association.

(Asociación Nacional de Protección contra Incendios).

Volumen N°1 .

Non Destructive Testing, Radiographic Testing.

General Dynamics.

Convair Division, San Diego, California.

Tecnología de los Metales.

A. Malishev, C. Nicolaiv, Y. Shuvalov.

Petróleos Mexicanos.

Normas y Especificaciones de la Subdirección de Proyectos y Construcción de Obras.