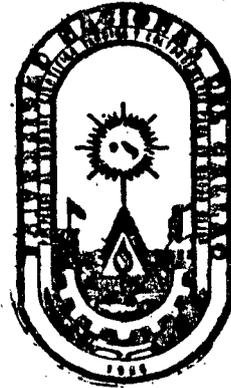


T / 620.1 / C88 M

Universidad Nacional del Callao

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TANQUE
DE 200 M. B. CON TECHO FLOTANTE**

Tesis

PRESENTADO POR

Pablo Cristóbal de la Cruz Camarena

750

**Para optar el título de:
INGENIERO MECANICO**

CALLAO - PERU

1986

El autor agradece a los profesores de la Universidad Nacional del Callao por las valiosas informaciones, así como a los Ingenieros de Petroperú; por último agradecer al Ingeniero Alberto Heredia por la asesoría brindada en la elaboración de esta Tesis.

PABLO DE LA CRUZ

I N D I C E

CAPITULO I.	FUNDAMENTOS DEL PROYECTO	1
CAPITULO II.	CALCULOS PRELIMINARES	3
CAPITULO III.	CONSTRUCCION DE CIMENTACION DE TANQUE.	7
CAPITULO IV.	CALCULO Y DISEÑO DEL FONDO	14
CAPITULO V.	CALCULO Y DISEÑO DEL CASCO	25
CAPITULO VI.	CALCULO Y DISEÑO DE TAPA FLOTANTE.	49
CAPITULO VII.	COSTOS	67
CAPITULO VIII.	ESPECIFICACIONES TECNICAS	78
CAPITULO IX,	ANEXOS Y PLANOS	114
CAPITULO X.	CONCLUSIONES	127

CAPITULO I

FUNDAMENTO DEL PROYECTO

En vista de la inmensa necesidad de almacenar grandes cantidades de gasolina, debido a la importancia que dicho combustible tiene para el desarrollo y progreso del país, es que Petróleos del Perú (PETROPERU) se ha visto en la obligación de obtener tanques de techo flotante tipo pontones con capacidad para 200,000 barriles.

¿El por qué de techo flotante tipo Pontones?

Estos tipos de tanques de acuerdo a su fabricación y disponibilidad de accesorios tiene la ventaja de que el techo y accesorios estén edificados co-

mo para permitir que el combustible del tanque reboce para luego retornar a un nivel del líquido por debajo del borde superior, además que está construido de tal forma que el tanque está habilitado para operar a plena carga sin dañar ninguna de sus partes.

Síntesis del Proyecto

Veremos en los primeros capítulos todo lo relacionado a los cálculos para la obtención de las medidas tanto de altura como del diámetro del tanque, así como también todo el proceso de la cimentación incluyendo la preparación de la mezcla "Sando-oil".

En los capítulos siguientes se analiza lo referente al diseño y construcción del piso, casco y techo, se incluye también una parte muy importante como es la soldadura (tipos, electrodos).

Para los últimos capítulos se ha dejado lo referente a costos, mantenimiento y especificaciones incluyendo tratamiento térmico, así como la prueba hidrostática.

Esta tesis en síntesis tiene por finalidad primordial hacer ver el gran alcance y utilidad que tienen estos tipos de tanques.

CAPITULO II

CALCULOS PRELIMINARES

2.1. CALCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE

- Combustible : Gasolina

Producto	Densidad específica a 15.5°C	Peso/Galón		Potencia Calorí- fica superior Cal/Kg.	Porcentaje	
		Lbs.	Kg.		C	H S
Gasolina	0.713	5.935	2.692	11,528	84.3	15.7

- Temperatura máxima de trabajo : T máx. = 60°C

- Temperatura mínima de trabajo : T min. = 10°C

- Variación de Temperatura (T)

$$T = T \text{ Máx.} - T \text{ min.} = 60^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$$

T está basado a la fricción que va a generar el combustible al ingresar al tanque.

- Volumen Nominal = Es el volumen real que va a ocupar el com
bustible en el Tanque = 200,000 Barriles.

- Coeficiente del combustible : (α)

$$\alpha = 8 \times 10^{-4} \text{ 1/C}^{\circ}$$

- Volumen de diseño : volumen a la cual se va a cons-
truir el Tanque.

$$V \text{ Diseño} = V \text{ nominal} + \Delta V \text{ ----- (1)}$$

¿por qué ΔV?

Donde : $\Delta V = \alpha \cdot \Delta T \cdot V \text{ nominal}$

$$\Delta V = 8 \times 10^{-4} \frac{1}{\text{C}^{\circ}} \times 50^{\circ}\text{C} \times 200,000 \text{ barriles}$$

$$\Delta V = 8,000 \text{ barriles}$$

ΔV = Variación de volumen

Reemplazando datos en (1)

Tenemos :

$$V \text{ diseño} = 200,000 + 8,000 = 208,000 \text{ bbl.}$$

$$\text{diseño} = 208,000 \text{ bbl}$$

Transformando las cantidades de barriles en metros cúbicos
tenemos :

$$V \text{ diseño} = 208,000 \text{ bbl} \times 42 \frac{\text{galones}}{\text{bbl}} \times \frac{0.1304 \text{ pies}^3}{\text{galón}}$$
$$\frac{\text{m}^3}{(3.28 \text{ pies})^3} =$$

$$V \text{ diseño} = 32,274.215 \text{ m}^3$$

2.2. CALCULO DEL DIAMETRO Y ALTURA DEL TANQUE

Por consideraciones de costos, para tanques grandes se cumple que :

$$D = \frac{8}{3} H \text{ ----- (1)}$$

Además :

$$V = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) H \text{ ----- (2)}$$

Despejando H de la ecuación (1) y reemplazando en (2) tenemos :

$$V = \frac{3 \pi D^3}{32} ; \quad D^3 = \frac{32 \times 208,000}{3 \times \pi}$$

$$D^3 = 706,221.86 \text{ bbl}$$

Transformando a metros cúbicos obtenemos :

$$D^3 = 706,221.86 \text{ bbl.} \times \frac{42 \text{ galones}}{\text{bbl}} \times \frac{0.1304 \text{ pies}^3}{\text{galones}} \times \frac{\text{m}^3}{(3.28 \text{ pies})^3}$$

$$D^3 = 109,272.84 \text{ m}^3$$

$$D = 47.81 \text{ m.}$$

Luego reemplazando en (1).

$$H = \frac{3}{8} \times 47.81 = 17.928 \text{ m.}$$

Teniendo en cuenta que el ancho mínimo de las planchas es de 1.8 mts. y para evitar retaceo de las mismas consideramos la altura del tanque en función del ancho de la plancha y tomaremos como múltiplo de 1.8 mts. cercano a 17.928 mts.

Así la nueva altura será :

$$H = 18 \text{ mts.}$$

Sin considerar soldaduras :

Entonces para el diámetro tenemos reemplazando en (2)

$$V = \frac{D^2 \pi}{4} H$$

$$\text{Despejando : } D = \sqrt{\frac{4V}{18 \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 32274.215 \text{ m}^3}{\pi \times 18 \text{ mts.}}}$$

$$D = 47.78 \text{ m.}$$

CAPITULO III

CONSTRUCCION DE CIMENTACION DEL TANQUE CON ANILLO DE CONCRETO

3.1. RELLENOS

El material de relleno será afirmado o arena limpia del lugar (libre de materiales orgánica, arcilla, pedrones, etc.).

Se ejecutará colocando capas bien apisonadas de no más de 0.30 m. de espesor, las que se regarán con la cantidad de agua suficiente para que el material empleado obtenga su máxima compactación.

3.2. ESTRUCTURA DE CONCRETO

- Materiales .-

- Cemento Portlanda.- Se empleará cemento nacional, cuyas características satisfagan las especificaciones ASTM-C-150-56.

N Agregado Fino .- El agregado fino o arena estará constituido por partículas de material duro, resistente y durable, no recubiertas por ninguna sustancia oleaginosa, prácticamente libre de impurezas y material orgánico.

La arena no deberá contener más del 10% en peso de partículas de arcillas endurecida. Todo el material que pase la malla N° 200 será considerado como polvo, cuyo porcentaje en peso mayor del 3% para que la arena sea aceptable.

Lozas y muros en que las superficies no quedarán expuestas a la interperie----- 3/4"

- Calidad de Concreto.- En caso de no haber indicaciones en los planos, todo el concreto armado será de 140 Kg./cm² de carga de ruptura a los 28 días (f'c= 140 Kgs./cm²).

- Sub-Base.- El material de la sub-base será material de afirmado. Se colocará dicho material en capas no mayores de 30 cm. de espesor y se compactará con rodillo vibratorio.

La proporción de arena-aceite debe ser tal que después de ser aplicada la base "Sand Oil", el contenido de aceite en dicha base será de 8 Lt./m².

Esta cantidad equivale a 80 lts. de aceite por metro cúbico de mezcla arena-aceite, para las bases de 10 cms. de espesor y un contenido de 160 lts. de aceite por metro cúbico de mezcla de arena-aceite para las bases de 5 cms. de espesor.

- Aplicación. -

La mezcla "Sand Oil" debe extenderse sobre una superficie seca y cuando las condiciones del tiempo sean favorables. Se deberá extender cuidando la concavidad hacia arriba de 2% de la base del tanque, utilizando reglas para la conformación del espesor indicado en los planos.

- Agregado Grueso.- Consistirá de piedra triturada u otro material inerte de características similares. Debe estar formado por elementos duros y resistentes, durables y libres de sustancias oleaginosas, impurezas o material orgánico.

No contendrá más del 1% en volumen de tierra, arcilla o polvo. Si fuera necesario se procederá a su lavado antes de emplearlo. El límite máximo del contenido de fragmentos de piedras blandas será del 2% en peso. Tendrá una adecuada granulometría comprendiendo elementos de diferentes tamaños, con un porcentaje de vacíos del 30% al 55%. No más del 10% del volumen total de

Tendrá una adecuada granulometría comprendiendo elementos de diferentes tamaños, con un porcentaje de vacíos del 30% al 55%. No más del 10% del volumen total de piedra pasará la malla de 1/4".

La dimensión máxima de los elementos que forman el agregado grueso, no excederá en más de 1/5, la menor dimensión entre los lados de los encofrados de los elementos estructurales donde se haya de emplear el concreto, ni será mayor que 3/4 del mínimo espacio libre entre las barras que forman el refuerzo.

- Armadura.- El refuerzo metálico será corrugado, de grado intermedio y deberá satisfacer las especificaciones particulares de la ASTM.

Todos los ensayos de los materiales del concreto, se hará de acuerdo con las normas de la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales (A.S.T.M.).

- Preparación y Encofrado.-

- Proporciones y consistencia del concreto.- La proporción de agregado a cemento, debe ser aquella que de una mezcla fácil de colocar los encofrados y alrededor de la armadura.

Se recomienda que la consistencia del concreto se rija por la tabla de asentamiento adjunta, que se refie-

re a un cono de 12" de altura, 8" de diámetro en la base inferior y 4" en la base superior.

Zapatas y muros de sostenimiento 5" máx. 2" mín.

Losas, vigas y columnas 6" máx. 3" mín.

En el caso que se use vibrador, los valores dados se reducirán en aproximadamente 1/3.

- Colocación de la armadura.- Las barras de la armadura se asegurarán en su posición. El espaciamiento libre mínimo entre las hileras será 2.5 cm.

En general se evitarán empalmes de las barras de losas y vigas en las zonas de máximo esfuerzo. Cuando haya varios empalmes en la misma zona, se observará el espaciamiento mínimo. La longitud de empalme de los elementos en compresión será de 24 diámetros y la de los elementos en flexión será de 40 diámetros.

- Colocación de Concreto.- Durante el vaciado, el concreto se apisonará por medios apropiados, cuidándose de que se acomode perfectamente en las aristas del encofrado y envuelva las barras de la armadura.

Cuando el apisonado del concreto sea difícil o cuando en una zona haya muchas barras de acero, deberá colocarse previamente una capa de mortero de cemento y arena, de la misma proporción en que intervienen estos

materiales en el concreto. El espesor de esta capa no deberá ser menor de 2.5 cm.

- Desencofrado.- Con tiempo favorable (temperatura mínima superior a los 9°C) los plazos para efectuar desencofrados serán los siguientes:

	Cemento Nacional	Super Cemento
Encofrado lateral de vigas y columnas	2 días	2 días
Fondo de vigas y lozas de mediana luz.	8 días	4 días
Fondo de vigas y lozas de gran luz.	21 días	8 días

- Recubrimiento.- En caso de no haber indicación expresa en los planos se deberá cumplir los siguientes recubrimientos de las armaduras.

Zapatas y otras estructuras en que el concreto se vacíe contra el terreno----- 3"
Vigas y columnas en que las superficies no quedarán expuestas contra el terreno o la intemperie----1/2"
Estructura que después quedarán expuestas contra el terreno o la intemperie----- 2"

CAPITULO IV

CALCULO Y DISEÑO DEL FONDO

MATERIALES

Las planchas utilizadas para el fondo del tanque será A - 283 (planchas de acero al carbono de calidad estructural de bajo a intermedia resistencia a la tracción grado C y D solamente. Máximo espesor de plancha grado C igual 1 1/2" , grado D - 3/4").

4.1. CORTE Y COLOCACION DE PLANCHAS

Del Manual API 650 para :

$$30' \leq H \leq 60'$$

Como : $H = 59.4'$

El espesor de la plancha recomendada es 1/4 pulgada.

Diámetro mínimo = $d_e + 2x \text{ Margen}$

Diámetro mínimo = $d_i + 2t + 2x \text{ Margen}$

donde :

d_e = diámetro exterior

d_i = diámetro interior

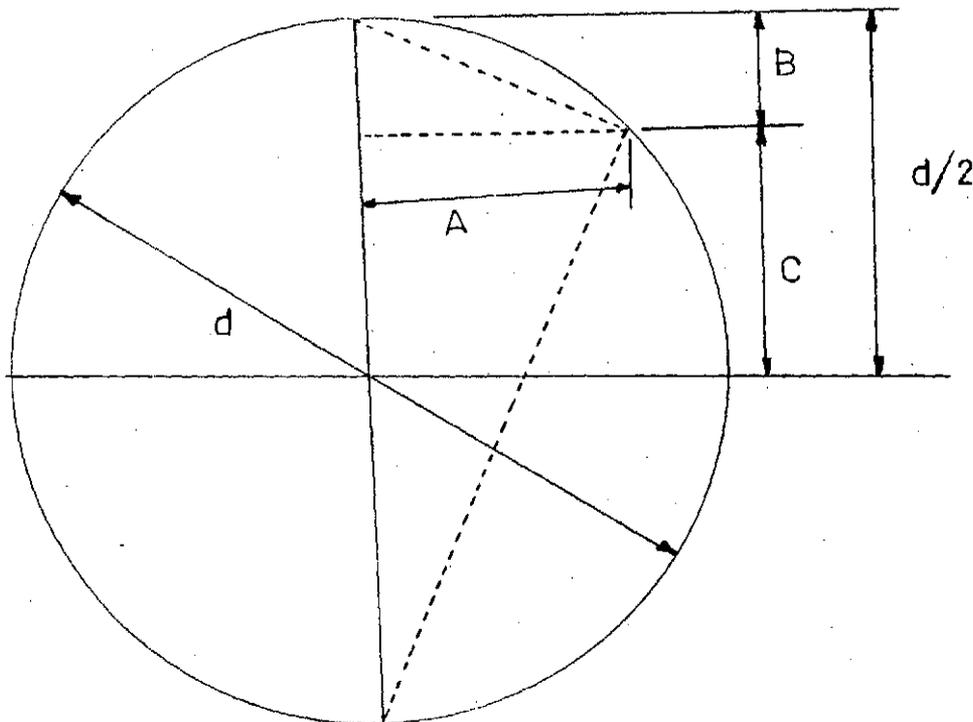
t = espesor del primer anillo.

asumimos margen de 50 mm (método práctico).

Por lo tanto :

diámetro mínimo = $47.750 + 2 \times 0.032 + 2 \times 0.050$

diámetro mínimo = 47.914 mts.



VISTA DE PLANTA

Sabemos que :

$$A^2 = B (d - B)$$

Por otro lado :

$$B = \frac{d}{2} - c$$

Reemplazando :

$$A^2 = \frac{d}{2} - c \left(d - \frac{d}{2} + c \right)$$

$$A^2 = \frac{d^2}{4} - c^2$$

Para nuestro diseño :

$$d = 47.914 \text{ m.}$$

$$c = 1.80 \text{ m. (ancho de la plancha).}$$

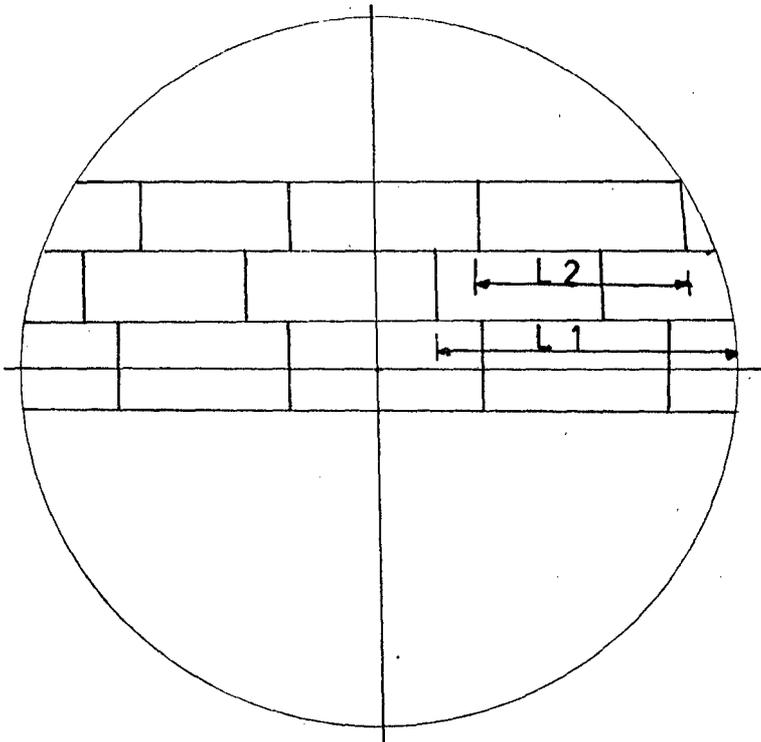
Reemplazando valores :

$$A^2 = \frac{(47.914)^2}{4} - (1.80)^2$$

$$A^2 = 570.698 \text{ m}^2$$

$$A = 570.698$$

$$A = 23.889 \text{ mt.}$$



$$L_1 = A - C$$

$$L_1 = 23.889 - 1.8$$

$$L_1 = 22.098 \text{ m.}$$

$$L_2 = L_1 - C$$

$$L_2 = 22.098 - 1.8$$

$$L_2 = 20.298 \text{ m.}$$

Ver plano de diseño del fondo para la distribución de planchas así como los cortes de planchas y cortes de planchas perimetrales.

Se utilizará 217 planchas de 1.80 x 4.80 x 6.4 mm. con un peso aproximado de 95 toneladas.

Terminado de los bordes de las planchas

Las planchas del fondo serán ordenadas de tal manera que cuando sean devastadas como mínimo 1" de ancho deberá proyectarse más allá del borde exterior de la soldadura de fijación del fondo a la plancha del casco.

El corte de los bordes de las planchas podrá hacerse con cizalla, fresa, cincel ú oxígeno con guías. El uso de la cizalla se limitará a planchas de 3/8 de pulgada de espesor para uniones a tope y de 5/8 de pulgada para uniones traslapadas.

Cuando se corten al oxígeno, la superficie resultante será uniforme y lisa y se limpiarán las acumulaciones de escama y escoria antes de soldarse.

En los bordes que deben ser soldados no se necesitará remover la capa fina de óxido que permanezca adherida después de limpiar el borde con cepillo de alambre. Los bordes circunferenciales del fondo pueden ser cortados con oxígeno a mano.

4.2. UNIONES DE PLANCHAS

Detalles de soldadura

a) Los tanques y sus estructuras serán soldadas por el método del arco metálico protegido usando equipo adecuado.

b) Todas las soldaduras a tope serán de penetración completa.

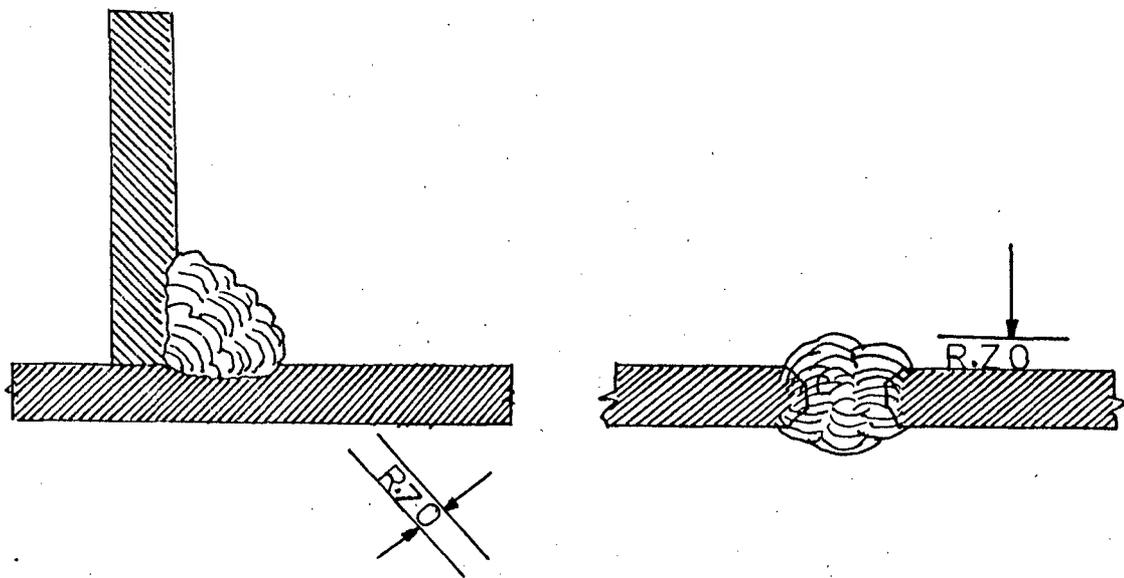
c) No se soldará cuando las superficies que deben ser soldadas estén mojadas por lluvias, o nieve o cuando estén cayendo lluvias en dichas superficies, ni durante períodos de vientos fuertes. *↓ nuevo?*

d) No se soldará cuando la temperatura del metal ba se esté entre - 18 y 0 c, cuando su espesor exceda de 1 1/4", se le calentará hasta una temperatura en que se sienta caliente con la mano, en un círculo de tres pulgadas de radio, cuyo centro sea el punto donde vaya a ha empezar la soldadura

e) El encuentro de la soldadura con las superficies de las planchas en las cuales estén depositadas, serán - sin ángulos muy agudos. No habrá socavación del metal ba se, excepto en las juntas traslapadas horizontales donde se aceptará una socavación no mayor de 1/32 de pulgada de profundidad.

f) El metal de la soldadura por ambas caras de todas las uniones a tope (excepto en las caras no alineadas de planchas de diferentes espesores) será acumulado a manera de refuerzo y de tal modo que de preferencia, no produzca sobre las caras de las planchas, un relieve mayor de 1/16 de pulgada.

NOTAS : Se llama refuerzo de una soldadura a la altura del metal de soldadura que en la cara exterior de ésta excede el perfil nominal especificado.



g) Durante la soldadura, las planchas de toda unión traslapada se mantendrán en buen contacto.



Según especificaciones de la AWS (American Welding Society) serán de la serie E - 60 y se elegirán según el tipo de corriente empleada, la posición de la soldadura y otras circunstancias.

Es un electrodo de alta calidad para soldar acero dulce en toda posición. Puede ser utilizado en las más diversas condiciones de trabajo, aún en las cosas de la mala preparación de la junta a soldar.

La escoria se desprende fácilmente en cordones planos e incluso en soldadura en ángulo.

Su aplicación es para tanques de almacenamiento, estructuras metálicas, chasis para camiones, etc.

Método de construcción

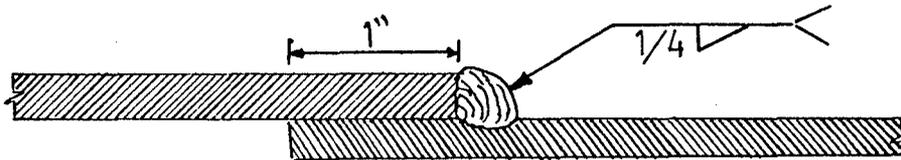
Las planchas del fondo soldadas a traslape serán de borde cuadrado. Las planchas del fondo serán necesariamente soldadas en el lado superior solamente, con una soldadura continua de filete completo en todas las costuras.

Las planchas debajo de las conexiones del anillo interior del casco con el fondo, tendrá el extremo exterior de unión fijada y soldada al traslape hasta formar suave apoyo para las planchas del casco.

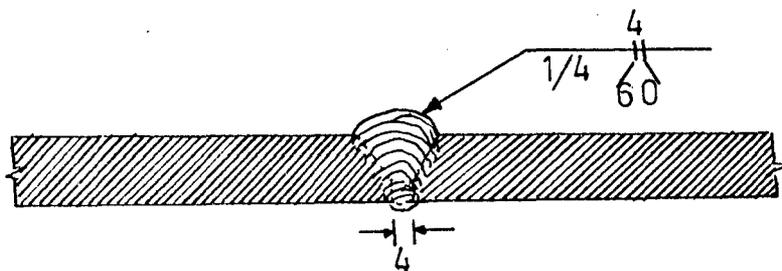
Las planchas del fondo después de ser distribuídas y sujetas por puntos de soldadura (apuntaladas) se soldarán en el orden señalado en el plano de diseño, de manera de producir la menor distorsión debido a la contracción y hasta donde sea posible la obtención de una superficie plana.

Antes de colocar el primer anillo del casco se soldará las planchas del fondo debajo de él en una extensión de 12 pulgadas como máximo.

La soldadura del cilindro al fondo será terminada antes de comenzar a soldar las uniones del fondo que se haya dejado abierta, para permitir la contracción producida por las costuras hechas en primer término.



UNION TRASLAPADA



UNION A TOPE

Orden de soldadura del fondo

El orden de soldadura según recomendación del manual API es el siguiente :

1ra. soldadura : uniones horizontales

2da. soldadura : uniones verticales

3ra. soldadura : uniones de planchas perisféricas.

Tabla de soldadura para uniones del fondo

La tabla ha sido elaborada en la siguiente página.

Podemos ver que según la tabla : para un espesor de plancha de 4 mm. (la utilizada para nuestro diseño) utilizaremos electrodos de la norma AWS - E 6012 con tamaño de filete de 1/4 de pulgada.

TABLA DE SOLDADURA PARA UNIONES DEL FONDO

Espesor de plan- cha (pulg.)	Tamaño del filete	Diámetro del electrodo.	Corriente Amperio	Número de pases	Avance pies/hora
3/16 " 5.0 mm	3/16 "	3/16" E-6012	225	1	70
1/4 " 6.4 mm	1/4 "	1/4 " E-6012	300	1	60

CAPITULO V

CALCULO Y DISEÑO DEL CASCO

5.1. LONGITUD DE LA CIRCUNFERENCIA NOMINAL (lc)

$$L_c = \pi \times D$$

Donde :

D = diámetro nominal.

$$L_c = 3.1416 \times 47.78 \text{ m.}$$

$$L_c = \underline{\underline{150 \text{ mts.}}}$$

5.2. CANTIDAD DE PLANCHAS POR ANILLO (PLS)

Utilizaremos planchas comerciales de 1.8 mts. x 6 mts.

Tenemos :

$$PLS = \frac{Lc}{\text{Largo de la plancha}}$$

$$PLS = \frac{150 \text{ mts.}}{6 \text{ mts.}}$$

$$PLS = 25 \text{ planchas}$$

Así tenemos 25 planchas de 1.8 mts. x 6 mts. x anillo.

5.3. CALCULO DEL ESPESOR DE PLAN DE PLANCHAS (T)

$$T = \frac{P \times D}{2 \text{ St. } N}$$

Donde :

P = Presión interior

D = Diámetro del tanque

St = Esfuerzo de diseño en Tensión.

N = Eficiencia de juntas

H = Altura desde el fondo inferior del anillo hasta el borde superior.

γ = Peso específico

Sabemos que : $P = \gamma \times H$

Según manual A.P.I. para cálculo de espesor de planchas se considera el valor del H-1

Reemplazando tenemos :

$$T = \frac{\gamma (H - 1) D}{2 St. N} \dots (1)$$

en donde (asumimos peso específico del agua $\approx 1000 \text{ Kg./m}^3$)

Utilizaremos planchas de acero A -283- grado C de la sociedad americana de ensayos de materiales con las siguientes especificaciones:

$$S_y = 30,000 \text{ PSI} = 21,138,669 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_u = 55,000 \text{ psi} \Leftrightarrow 70,000 \text{ psi}$$

S_y = límite de fluencia en tensión

S_u = esfuerzo de rotura en tensión

$$\frac{70,000 + 55,000}{2} \approx 62,500 \text{ (promedio)}$$

Por lo tanto, asumimos :

$$S_u = 62,500 \text{ psi} = 44'034,090 \text{ Kg/m}^2$$

Así :

$$S_t = 1/3 S_u = 1/3 \times 44'034,090 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_t = 14'678,030 \text{ Kg/m}^2$$

$$S_t = 2/3 S_y = 2/3 \times 21'138,669$$

$$S_t = 14'092,446 \text{ Kg/m}^2$$

Seleccionamos el menor valor: $S_t = 14'092,446 \text{ Kg/m}^2$

Por eficiencia de juntas (a tope)

$$N = 0.8 \text{ (análisis de soldadura sin rayos x)}$$

$$N = 0.85 \text{ (análisis de soldadura con rayos x)}$$

reemplazando valores en la fórmula (1)

$$T = \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 \times (H - 1) D}{2 \times 14'092,446 \text{ Kg/m}^2 \times 0.85}$$

$$T = 4 \times 10^{-5} (H - 1) D \quad \dots \quad (2)$$

para nuestro diseño:

$$H = 18 \text{ mts } y \quad D = 47.78 \text{ mts.}$$

- Para el primer anillo:

$$T_1 = 4 \times 10^{-5} (18 - 1) \times 47.78$$

$$T_1 = 0.033 \text{ mts.}$$

$$T_1 = 33 \text{ m.m.} = 1.3 \text{ pulg.} = \left(1 \frac{5}{16}\right)''$$

- Para el segundo anillo:

$$T_2 = 4 \times 10^{-5} (16.2 - 1) \times 47.78$$

$$T_2 = 0.029 \text{ mts.}$$

$$H = 18 - 1.8$$

$$H = 16.2 \text{ mts.}$$

$$T_2 = 29 \text{ mm.} = 1.14'' = \left(1 \frac{9}{64}\right)''$$

- Para el tercer anillo:

$$T_3 = 4 \times 10^{-5} (14.4 - 1) \times 47.78$$

$$H = 16.2 - 1.8$$

$$H = 14.4 \text{ mts.}$$

$$T_3 = 0.025 \text{ mts.}$$

$$T_3 = 25 \text{ mm.} = 0.98'' = \left(\frac{63}{64}\right)''$$

- Para el cuarto anillo:

$$T_4 = 4 \times 10^{-5} (12.6 - 1) \times 47.78$$

$$T_4 = 0.022 \text{ mts.}$$

$$H = 14.4 - 1.8$$

$$H = 12.6 \text{ mts.}$$

$$T_4 = 22 \text{ mm.} = 0.866'' = \left(\frac{7}{8}\right)''$$

- Para el quinto anillo:

$$T_5 = 4 \times 10^{-5} (10.8 - 1) \times 47.78$$

$$T_5 = 0.018 \text{ mts.}$$

$$H = 12.6 - 1.8$$

$$H = 10.8 \text{ mts.}$$

$$T_5 = 18 \text{ mm.} = 0.708'' = \left(\frac{23}{32}\right)''$$

- Para el sexto anillo:

$$T_6 = 4 \times 10^{-5} (9 - 1) \times 47.78$$

$$T_6 = 0.016 \text{ mts.}$$

$$H = 10.8 - 1.8$$

$$H = 9 \text{ mts.}$$

$$T_6 = 16 \text{ mm.} \leq 0.62'' = \left(\frac{5}{8}\right)''$$

- Para el séptimo anillo:

$$T_7 = 4 \times 10^{-5} (7.2 - 1) \times 47.78$$

$$T_7 = 0.012 \text{ mts.}$$

$$H = 9 - 1.8$$

$$H = 7.2 \text{ mts.}$$

$$T_7 = 16 \text{ mm.} \leq \left(\frac{5}{8}\right)''$$

- Para el octavo anillo:

$$T_8 = 4 \times 10^{-5} (5.4 - 1) \times 47.78$$

$$T_8 = 0.0085 \text{ mts.}$$

$$H = 7.2 - 1.8$$

$$H = 5.4 \text{ mts.}$$

$$\underline{T_8 = 8.5 \text{ mm.} = 0.334'' = \left(\frac{11}{32}\right)''}$$

- Para el noveno anillo:

$$T_9 = 4 \times 10^{-5} (3.6 - 1) \times 47.78$$

$$T_9 = 0.008$$

$$H = 5.4 - 1.8$$

$$H = 3.6 \text{ mts.}$$

$$\underline{T_9 = 8 \text{ mm.} = 0.31'' = \left(\frac{5}{16}\right)''}$$

- Para el décimo anillo:

$$T_{10} = 4 \times 10^{-5} (1.8 - 1) \times 47.78$$

$$T_{10} = 0.008$$

$$H = 3.6 - 1.8$$

$$H = 1.8 \text{ mts.}$$

$$\underline{T_{10} = 8 \text{ mm.} = \left(\frac{5}{16}\right)''}$$

Según recomendaciones de normas A.P.I. el espesor mínimo de planchas para un tanque de diámetro de 120-200 pies es de $5/16 = 8$ mm.

Como el diámetro del tanque a diseñar es del 47.78 mts = 156.7 pies, entonces el espesor mínimo de plancha es 8 mm.

5.4 LISTA DE PLANCHAS QUE SE UTILIZAN PARA EL CASCO

Por tener que utilizar planchas comerciales - de Sider Perú obtenemos:

Nº de anillo	# PLs	dimensiones de planchas	Unidad
Primer	25	1,800 x 6,000 x 32	mm
Segundo	25	1,800 x 6,000 x 25	mm
Tercer	25	1,800 x 6,000 x 25	mm
Cuarto	25	1,800 x 6,000 x 20	mm
Quinto	25	1,800 x 6,000 x 20	mm
Sexto	25	1,800 x 6,000 x 16	mm
Séptimo	25	1,800 x 6,000 x 12.5	mm
Octavo	25	1,880 x 6,000 x 9.5	mm
Noveno	25	1,800 x 6,000 x 8	mm
Décimo	25	1,800 x 6,000 x 8	mm

5.5. ROLADO DE PLANCHAS

Las planchas para el cilindro del tanque deberán - ser necesariamente conformados de antemano a la curvatura (rolada) en los casos indicados en la tabla siguiente:

<u>Espesor nominal de las planchas en pulgadas</u>	<u>diámetro nominal del Tanque en pies</u>
3/16 á 3/8 exclusive	40 ó menos
3/8 á 1/2 exclusive	60 ó menos
1/2 á 5/8 exclusive	120 ó menos
5/8 ó más exclusive	cualquiera

A esta tabla se entrega con el espesor de la plancha.

Las planchas que no están comprendidas en esta limitación podrán ser conformadas en obra.

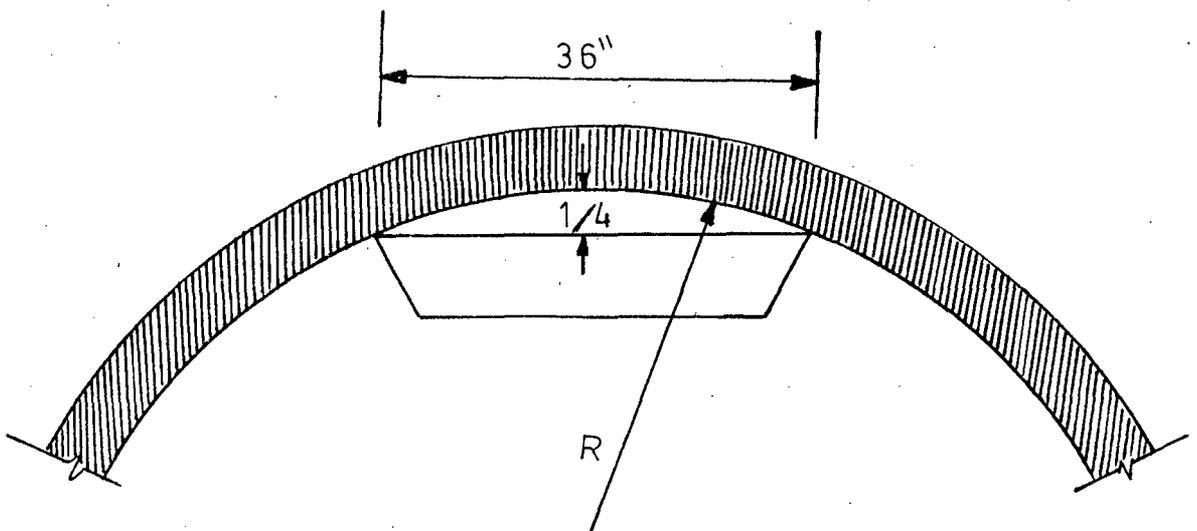
Las planchas no deberán quedar con curvatura en un plano vertical que signifique una flecha mayor de 1/4 - de pulgada para una cuerda de 36 pulgadas.

La tolerancia en las dimensiones de las planchas para el cilindro serán como sigue:

<u>Dimensión</u>	<u>Tolerancia en pulgadas</u>
------------------	-------------------------------

Cada una:

- ancho y largo 1/16 más o menos
- diferencia en diagonales 1/4 más o menos
- Todas las planchas de un mismo anillo:
ancho 1/16 más o menos
- El radio real del anillo inferior del cilindro no debe diferir del radio técnico del tanque en más de 1/4 de pulgadas.
- La máxima desviación de la vertical (línea de plomada) de la parte superior del cilindro con respecto a la parte inferior del mismo, será $1 \frac{3}{4}$ pulg. y ningún anillo del cilindro estará más de 1/4 de pulgada fuera del plomo.



3.3. BASE "SAND OIL" PARA FONDO DE TANQUES

- Materiales.-

- Arena .- Será de granulometría uniforme preferentemente de un tamaño que esté en el rango.

<u>Malla</u>	Porcentaje en Peso que pase
3/8	100
Nº 4	95 - 100

- Aceite .- Será de Petro-Perú para la preparación de la mezcla. Es un aceite cíclico pesado de la unidad FCC. También se puede usar la mezcla de 80% de crudo reducido y 20% de Diesel.

- Preparación de la Mezcla .- El "Sand Oil" es una mezcla de arena y aceite, realizadas en mezcladoras amasadoras.

En las mezcladoras de dos ejes, la velocidad de rotación será de 55 a 75 revoluciones por minuto. La luz entre los brazos no deberá ser mayor de 3/4". El ciclo de mezcla comprenderá dos períodos. El período de mezcla seca y el período de mezcla húmeda. El primero será el tiempo entre el momento en que se vacía la arena y el que comienza el vaciado de aceite. El período húmedo comprenderá el tiempo desde el momento en que se vacía el aceite hasta el momento en que termina la mezcla.

5.6. VIGA DE BORDE

Según normas API el tamaño mínimo de ángulo para usarse como viga de borde debe ser de 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 pulg.

Utilizaremos perfil de acero A36 de :

∠ 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" - 560 pies

∠ 3 x 3 x 1/4" - 560 pies

∠ 6 x 6 x 7/16" - 430 pies

5.7. CALCULO DE LA VIDA DE RIGIDEZ

Los mínimos módulos de sección requeridos para vigas de rigidez están determinados por la ecuación:

$$Z = 0.0001 D^2 H$$

donde:

Z = módulo de sección en pulgadas³

D = diámetro nominal del tanque en pies

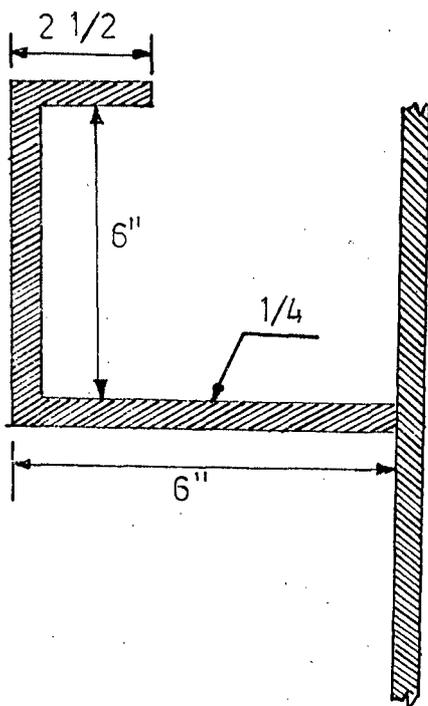
H = altura del casco del tanque, en pies, incluyendo cualquier tablero libre instalado por encima de la altura máxima de llenado como una guía para un techo flotante.

reemplazando valores:

$$Z = 0.0001 \times (156.718 \text{ pies})^2 \times 59.4 \text{ pies}$$

$$Z = 145.004 \text{ pulg.}^3$$

del manual del AP, 650 Tabla A - 5 detalle E encontramos:



Este módulo de sección es hallado hasta una velocidad del viento de 100 millas/hora.

En caso de que fuera mayor la velocidad del viento se debe multiplicar la por $(\frac{V}{100})^2$.

Se utilizará soldadura a tope de penetración completa.

5.8. VARIACIONES DE LAS PLANCHAS DEL CASCO

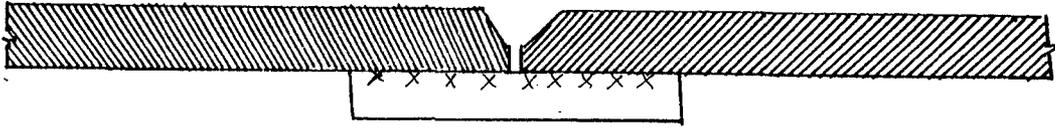
Por consideraciones queda prescrita la colocación del punto de soldadura para mantener las planchas en posición, en los bordes de las planchas donde se vaya a hacer las costuras tanto las horizontales como las verticales.

Para mantener las planchas en posición antes de efectuar las soldaduras verticales, se usa el procedimiento siguiente:

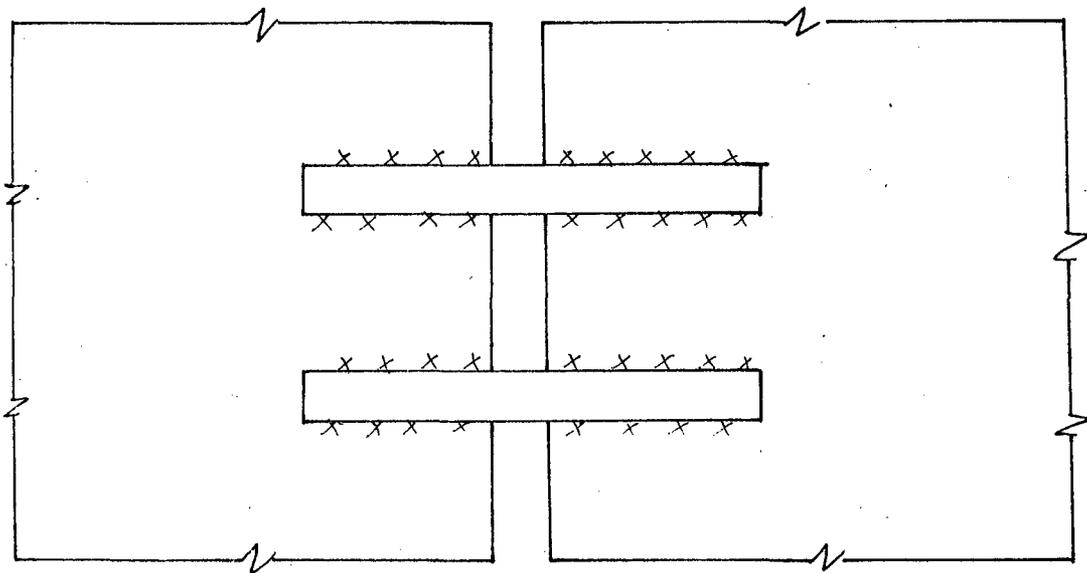
Se apuntalan las planchas por la cara opuesta a aquellas por donde se va a hacer el primer pase. Estas planchuelas se coloca en el número que se juzgue conveniente.

Pl del cilindro

lado por donde se efectúa el primer pase.

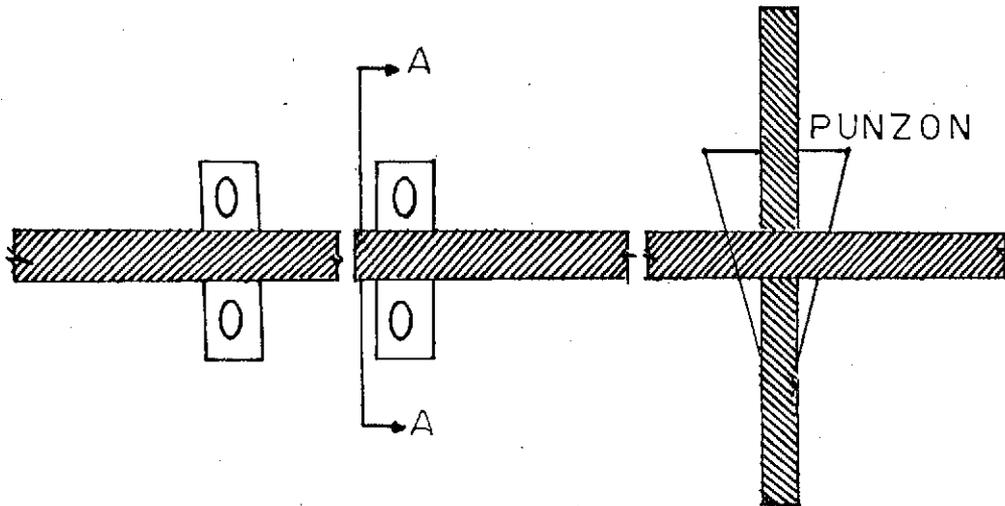


PLANTA



ELEVACION

Las juntas horizontales llevan los espaciadores adecuados para mantener la separación y las piezas necesarias para evitar deformaciones durante la soldadura.



CORTE A-A

Las Uniones Verticales, serán uniones a tope con penetración y fusión completa por soldadura doble ú otro medio, los males deberán obtenerse la misma calidad de metal depositada de aporte sobre el interior y exterior de las superficies soldadas.

Las juntas horizontales deberán ser uniones a tope doblemente soldadas y que tengan fusión completa con el metal base a la profundidad requerida de soldado.

Las uniones horizontales, deberán tener penetración y fusión completa para una distancia de 3" a

cada lado de toda unión vertical de empalme con una horizontal.

No se efectuará ninguna soldadura horizontal entre 2 anillos antes de haber terminado de ejecutar todas las costuras verticales de esos dos anillos.

La falta de alineamiento entre uniones verticales terminada no excederá la mayor de la siguiente medida : 10 por ciento del espesor de la plancha ó $1/16$ de pulgada.

En las uniones horizontales a tope, ya terminadas, no se permite que la plancha superior se proyecte más allá de la cara de la plancha superior, un 20% del espesor de la plancha superior ó más de $1/8$ de pulgada, salvo cuando la plancha superior sea de un espesor igual o menor que $5/16$ de pulgada, caso en el cual la proyección no deberá pasar de $1/16$ de pulgada.

Para las uniones verticales a tope con soldadura por los dos lados, se limpiará muy cuidadosamente, la parte posterior de la primera soldadura, antes de soldar por el segundo lado. Esta limpieza se puede conseguir por esmerilado o por fusión. Cuando la parte posterior del cordón inicial sea lisa y libre de huecos que puedan entrapar escoria, se podrá usar otros métodos.

TABLA DE SOLDADURA PARA UNIONES

DEL CASCO

Soldadura Horizontal (ambos lados)

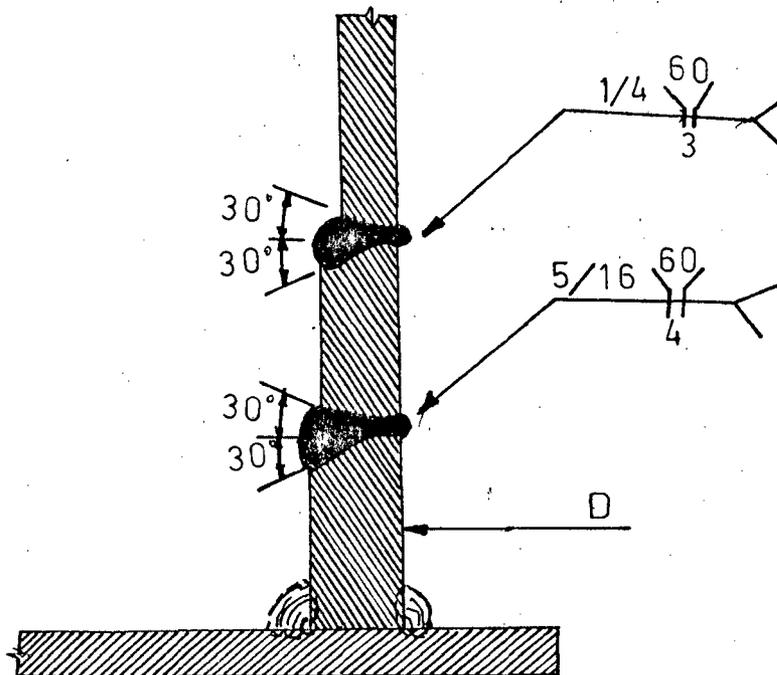
Electrodo E - 6010 (negativo)

espesor plancha (pulg.)	diámetro electrodo (pulg.)	del corriente amperios	Número de pases	avance pies/ hora.
3/16	5/32	130	2	25
1/4	5/32	130	2	17.7
5/16	5/32	140	3	14
3/8	3/16	170	4	10
7/16	3/16	170	nota 2	8
1/2	3/16	170	nota 2	6.2
5/8	3/16	170	nota 2	4.0
3/4	1/4 (1)	250	nota 2	3.9
	3/16	170		
1	1/4 (1)	250	nota 2	2.4
	3/16	170		

(1) El último pase de cada lado será de $3/16$ " los restantes de $1/4$ ".

NOTA 2: El número de pases dependerá del soldador.

Todas las uniones horizontales serán de penetración parcialmente achaflanada 60° (ambos codos)



SOLDADURAS VERTICALES

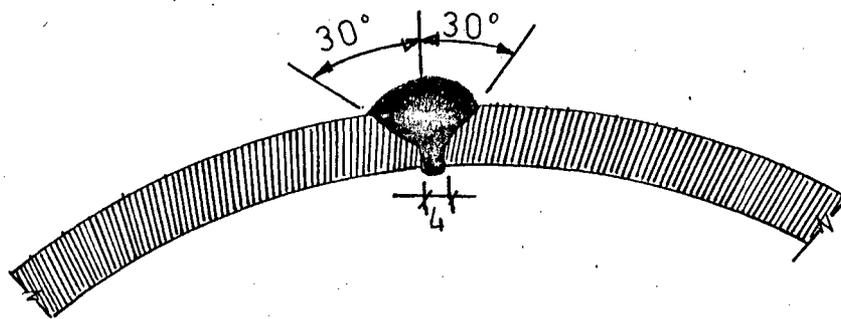
(ambos lados)

Electrodos E - 6010

espesor de plan cha (pulg.)	diámetro del electrodo (pulg.)	corriente amperios	números de pa- ses	avance pies/ hora
3/16 ó 5 mm.	5/32	130	2	25
1/4 ó 6.4	5/32	130	2	17.5
5/16 ó 8.0	5/32	140	2	14
3/8 ó 9.5	3/16	150	2	10
7/16	3/16	170	3	8
1/2 ó 12.5	3/16	170	3	6.2
5/8 ó 16.0	3/16	170	nota 3	4
3/4 ó 20.0	3/16	170	nota 3	2.9
1 ó 25.0	3/16	170	nota 3	1.7

Nota 3 .- El número de pases dependerá del soldador.

Todas las uniones verticales del tanque serán de penetración parcialmente achaflanada (ambos lados).



UNIONES VERTICALES

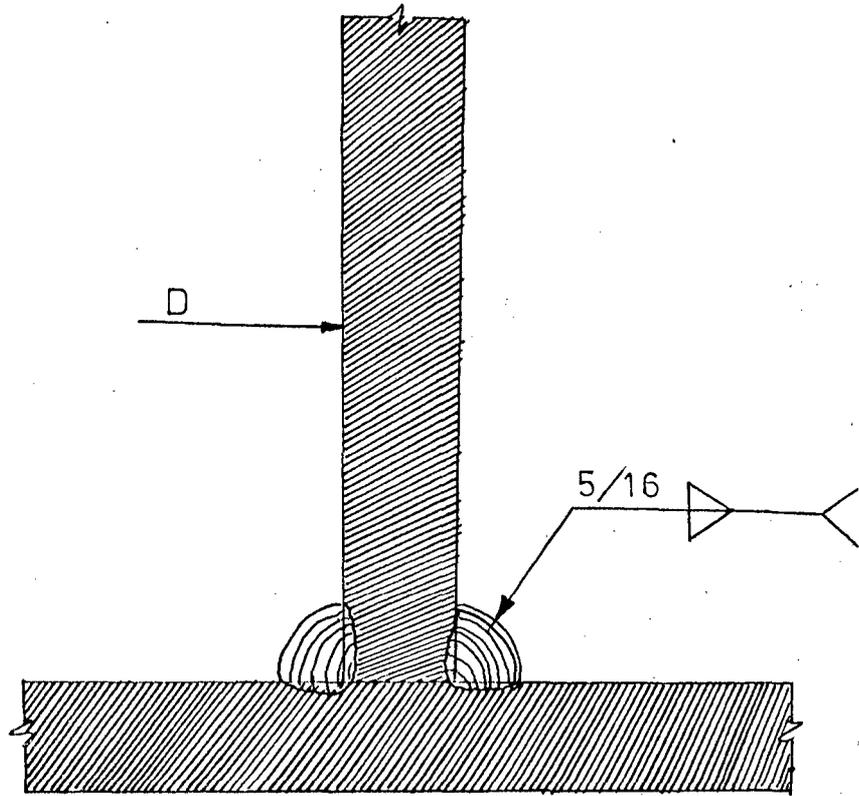
5.9. UNIONES ENTRE CASCO Y FONDO

La unión entre el borde base del anillo más bajo que forman las planchas del casco y las planchas del fondo deberá efectuarse mediante una soldadura continua de filete. El tamaño de cada cordón no deberá ser

mayor que 1/2 pulgada y no menor que espesor nominal de la plancha más delgada de los dos que se están uniendo. En todo caso el tamaño del cordón no será menor que los siguientes valores:

Espe- sor de plan- cha (pulg.,)	Tamaño del fi- lete	diámetro del electrodo (pulg.)	corrien- te am- perios	núme- ros de pa- ses.	avance pies/ho- ra.
3/16 ó 5 mm.	3/16	3/16 E-6012	225	1	70
1/4 á 3/4	1/4	1/4 E-6012	300	1	60
6.4 á 20 mm.	1/4	1/4 E-6012	300	1	60
3/4 á 1 1/4	5/16	1/4 E-6012	325	1	60
20 á 32 mm.	5/16	1/4 E-6012	325	1	60

Debido a que el espesor de la plancha del primer anillo del casco del tanque es de 32 mm. ó 1¹/_e pulg. y el espesor de la plancha del fondo o piso es de 6.5 mm. ó 1/4 pulg. se utilizará para nuestro diseño y construcción un electrodo de diámetro 1/4 pulgada E 6012 (49-57 Kg/mm² resistencia a tracción, 23-26% elongación, 40-45.5 Kg/mm² límite elástico) con tamaño de filete de 5/16 pulgada.



CAPITULO VI

LA TAPA FLOTANTE

Una tapa flotante como lo indica su nombre, generalmente flota sobre la superficie del líquido a almacenar, funciona de arriba a abajo dentro del casco del tanque cuando el nivel del líquido cambia. Cuando esta es removido, una viga es instalada alrededor del tanque en la parte de afuera y cerca a la parte de arriba.

Los tanques diseñados y contráidos para techos flotantes tienen las vigas instaladas en el momento de su construcción.

Cualquier tipo común de tanques de almacenamiento es apropiado para la instalación de la tapa flotante. En su forma más simple la tapa flotante es como una "cacerola" plana, algo más pequeña en diámetro que la parte de adentro del casco del tanque. Está sumi -

nistrado con sistema de "zapatas" flexibles para cerrar el espacio entre el borde de la tapa y el casco del tanque.

En un desarrollo posterior la tapa flotante construída con una serie de "pontones" o compartimientos cerrados, alrededor del borde para aumentar la estabilidad de flote y para simplificar la estructura.

Soportes en el Techo

Los techos flotantes, son administrados con parantes soportes. Estos parantes son fabricados de tubos y rebajados o perforados en la base para proveer drenajes. La longitud de los parantes, son ajustables desde la parte superior del techo. Los niveles de operación y posición de limpieza de los parantes soportes serán de acuerdo a las especificaciones necesarias. Estos parantes deberá hacer seguro todos los accesorios que serán limpiados a través del techo en su posición más baja, tales como tuberías interiores y conexiones de llenado.

Estos soportes y sus accesorios están diseñados para soportar al techo y una carga viva uniforme de como mínimo 25 lb por pie cuadrado. En la fijación de los parantes a las cubiertas simples se dará especial aten-

ción a la prevención de fallas en los puntos de fijación. Planchas de apoyo de acero u otro medio deberá emplearse para disminuir la carga de los parantes sobre el fondo del tanque. Si se emplea planchas de apoyo ellas deberá ser soldada con cordón continuo al fondo.

Detalle de soldadura

- Los largueros de los techos se montarán alineados y de modo que se conformen a la superficie especificada en los planos.

- Las planchas del techo serán soldadas al anillo superior del tanque con una soldadura de filete continuo de 3/16" y en la parte superior solamente. Las planchas serán soldadas entre sí por la cãda superior solamente y no se le soldará a los soportes estructurales. El orden de la soldadura de las planchas será el indicado en el plano, de manera de producir la menor distorsión posible.

- Las bases de las columnas No se soldarán al fondo. Los ángulos guía se soldarán al fondo pero No a las columnas o sus bases.

Secuencia constructiva de los techos flotantes

- 1.- El techo flotante se construirá a la máxima altura de los soportes, utilizando obra falsa sobre la que se apoyará las planchas de la cubierta central y del fondo del pontón.
- 2.- Se procederá a la soldadura de las planchas indicadas así como del perfil L 6 x 6 x 7/16 que une la cubierta central con el fondo del pontón.
- 3.- Se ensamblan y sueldan las paredes laterales, y los refuerzos 3 x 3 x 1/4 del fondo y de la pared interior de los pontones, así como las divisiones entre compartimientos.
- 4.- Se ensamblan y sueldan las tapas de los pontones y sus refuerzos 2 1/2 x 2 1/4.
- 5.- Se instalan los soportes del techo flotante y todos sus accesorios.
- 6.- Se hace la prueba del vacío a todas las juntas soldadas, los accesorios y los soportes.
- 7.- Se instala el sello de junta entre el techo y el cilindro.

- 8.- Se retira la obra falsa y se permite al techo, apoyarse libremente, sobre sus soportes.
- 9.- Efectuar el llenado del tanque hasta la altura de los soportes hasta que flota libremente y observar si se tiene filtraciones en el techo flotante.
- 10.- En el caso que se observe filtraciones, se procede al vaciado del tanque y se efectúan las reparaciones correspondientes.
- 11.- El techo no tendrá depresiones que puedan permitir la acumulación de lluvia.

Cálculo y diseño del techo flotante

6.1. CUBIERTA CENTRAL

Las planchas de acero utilizadas cumplirán los requisitos de las especificaciones A-36 ó A-283 y tendrán un espesor nominal mínimo de 5 mm. 3/16".

(7.651 lb/pie²).

La cubierta central será diseñada y fabricada para flotar y apoyarse en una posición horizontal (sin inclinación).

- Area de la cubierta central

$$A_t = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times (41.34 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_t = 1342.245 \text{ m}^2$$

Donde :

D = Diámetro de la cubierta central

D = 41.34 m.

Según planchas comerciales de Sider-Perú, utilizaremos planchas de 4.80 m x 1.22 m x 5mm.

- Número de Planchas

$$\text{Nº de Planchas} = \frac{A_t}{Ac/R}$$

Ac/R = área de cada plancha

reemplazando:

$$\text{Nº de Planchas} = \frac{1342.245 \text{ m}^2}{4.80 \text{ m} \times 1.22 \text{ m}} = 229.2$$

Nº de Planchas = 230 Planchas

debido a que las planchas de la cubierta central serán soldadas a traslape con un margen de 2 pulg. como mínimo entonces al valor obtenido se ha de incrementar una cierta cantidad de planchas.

Por construcción de la cubierta central el incre_{mento} es de 9 planchas :

Nº de Planchas Total = 239 planchas

(Ver Plano)

Peso de la cubierta central

Para un espesor de plancha de 5 mm. le corres_{ponde} un peso de 7.65 lb/pie² que equivale a 37.35 Kg/m².

W = peso por unidad de área x área de la plancha
reemplazando valores:

$$W = 37.35 \text{ Kg/m}^2 \times 4.80 \text{ m} \times 1.22 \text{ m/Plancha}$$

$$W = 218.72 \text{ Kg/Plancha}$$

Por lo tanto :

$$W \text{ Total de Plancha} = W \times \text{N}^\circ \text{ de Planchas}$$

Reemplazando :

$$W \text{ Total de Plancha} = 218.72 \frac{\text{Kg}}{\text{Plancha}} \times 239 \text{ plancha}$$

$$W_{\text{Total de Plancha}} = 52,274 \text{ Kg.}$$

- Area superior de los pontones

$$A_1 = (R^2 - A^2) \dots \dots \dots (1)$$

Peso :

$$R = \frac{D_{ext}}{2} = \frac{47.35 \text{ m}}{2} = 23.675 \text{ m.}$$

$$r = \frac{D_{int}}{2} = \frac{41.34 \text{ m}}{2} = 20.67 \text{ m.}$$

Donde:

R = radio exterior del pontón

r = radio interior del pontón

Dext = 47.35 m.

Dint = 41.34 m.

Reemplazando valores en (1)

$$A_1 = \pi \left[(23.675 \text{ m})^2 - (20.67 \text{ m})^2 \right]$$

$$A_1 = 418.64 \text{ m}^2$$

- Area inferior de los pontones

Debido a que tienen las mismas dimensiones de la parte superior, entonces el área será la misma :

$$A_2 = 418.64 \text{ m}^2$$

- Area exterior de los pontones

$$Lc = \pi \times Dext$$

$$Lc = \pi \times 47.35 \text{ m.}$$

$$Lc = 148.75 \text{ m.}$$

donde:

$Lc =$ longitud de circunferencia

$Dext = 47.35$ m.

Sabemos que:

$Az = Lc \times$ altura

reemplazando :

$Az = 148.75$ m \times 0.85 m

$Az = 126.437$ m²

- Area interior de los pontones

$Lc = \pi \times Dint$

$Lc = \pi \times 41.34$ m = 129.87 m

donde:

$Dint = 41.34$ m.

Sabemos que:

$A_4 = Lc \times$ altura

reemplazando:

$$A_4 = 129.87 \text{ m} \times 0.35 \text{ m}$$

$$A_4 = 45.45 \text{ m}.$$

-Area de planchas para represa de espumas

$$Lc = \pi D$$

$$Lc = \pi \times 46.75 \text{ m}.$$

$$Lc = 146.86$$

donde:

$$D = \text{Dest} - 0.60 \text{ m}$$

$$D = 47.35 \text{ m} - 0.60 \text{ m}$$

$$D = 46.75 \text{ m}.$$

además:

$$A_5 = Lc \times \text{altura}$$

$$A_5 = 146.86 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$$

$$A_5 = 44.058 \text{ m}^2$$

- Area total del pontón

$$A_{\text{Total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

reemplazando:

$$A_{\text{Total}} = 418.64 \text{ m}^2 + 418.64 \text{ m}^2 + 126.437 \text{ m}^2 \pm 45.45 \text{ m}^2 + 44.058 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Total}} = 1,053.225 \text{ m}^2$$

Las planchas de acero utilizadas serán de dimensiones 4.80 m x 1.22 m x 5 mm. al cual le corresponde un peso de 7.64 lb/pie² que equivale a 37.35 Kg/m²

- Nº de Planchas

$$\text{Nº de planchas} = \frac{A_{\text{Total}}}{\text{Ac/plancha}}$$

reemplazando:

$$\text{Nº de planchas} \pm \frac{1,053.225 \text{ m}^2}{4.80 \text{ m} \times 1.22 \text{ m}} = 179.85 \text{ m}$$

$$\text{Nº de planchas} = 180 \text{ planchas}$$

- Peso total de las planchas del pontón

W = peso por unidad de área x área de la plancha

reemplazando :

$$W = 37.35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \times 4.80 \text{ m} \times 1.22 \text{ m/plancha}$$

$$W = 218.72 \text{ Kg/plancha}$$

$$W_{\text{Total}} = W \times \text{N}^{\circ} \text{ de planchas}$$

reemplazando :

$$W_{\text{Total}} = 218.72 \frac{\text{Kg}}{\text{Plancha}} \times 180 \text{ planchas}$$

$$W_{\text{Total}} = 39,367 \text{ Kg.}$$

Presión que ejerce el techo sobre el líquido

Peso total del techo = Peso de la cubierta central
+ Peso del pontón + Peso de escalera rodante.

Según normas API 620 para techos flotantes el peso de la escalera no debe exceder de 1,000 lb
460 Kg.

reemplazando valores :

$$\text{Peso total del techo} = 52,274 \text{ Kg} + 39,367 \text{ Kg} + 460 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso total del techo} = 92,101 \text{ Kg.}$$

$$\text{Area total del techo flotante} = \text{Area de la cubierta central} + \text{Area del pontón}$$

Reemplazando :

$$\text{Area total del techo flotante} = 1,342.245 \text{ M}^2 + 418.64 \text{m}^2$$

$$\text{Area total del techo flotante} = 1,760.885 \text{ m}^2$$

$$\text{Presión} = \frac{\text{Peso del techo}}{\text{Area del techo}}$$

$$\text{Presión} = \frac{92,101 \text{ Kg.}}{1,760.885 \text{ m}^2} = 52.3 \text{ Kg/m}^2$$

Para tanques de almacenamiento se recomienda como carga adicional 25 lb/pie² equivale a 122 Kg/m² (persona, lluvia, viento, etc.)

$$\text{Presión Total} = 52.3 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^2} + 122 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^2} = 174.3 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^2}$$

Caudal en la tubería de descarga (válvula totalmente abierta)

$$Q = \text{Area} \times \text{Velocidad de salida} \dots\dots\dots (1)$$

Aplicando Bernoulli :

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

donde:

$$P_1 = 174.3 \text{ Kg/m}^2$$

$$V_1 = 0 \text{ (} A_1 \gg A_2 \text{)}$$

$$z_1 = h = 17.4$$

$$P_2 = 0$$

$$V_2 = ?$$

$$z_2 = 0$$

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 700 \text{ Kg/m}^3$$

reemplazando valores:

$$\frac{174.3 \text{ Kg/m}^2}{700 \text{ Kg/m}^3} + 0 + 17.4 \text{ m} = 0 + \frac{V_2^2}{2 \times 9.81 \text{ m/seg}^2} + 0$$

de donde:

$$V_2 = 18.6 \text{ m/seg.}$$

diámetro de la tubería de descarga = 4 pulg = 0.1 m.

$$\Delta = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0.1 \text{ m})^2}{4} = 0.007 \text{ m}^2$$

reemplazando en (1)

$$Q = 18.6 \text{ m/seg} \times 0.007 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.13 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 130 \text{ lit/seg}$$

Tiempo de vaciado : (T_r)

$$t = \frac{Vc}{Q} = \frac{1760.885 \text{ m}^2 \times 17.4 \text{ m}}{0.13 / \text{seg}}$$

$$t = 235,687.7 \text{ seg}$$

$$t_r = 65.5 \text{ horas}$$

Para seleccionar el tipo de electrobomba tenemos que ingresar a las tablas con caudal y altura manométrica.

Según tablas del manual de bomba hidráulica, para gasolina la velocidad en tuberías debe ser de 1 hasta 2 m/seg.

Tomando el valor intermedio tenemos que:

$$\text{Velocidad} = 1.5 \text{ m/seg.}$$

Sabemos que: $a = \text{velocidad} \times \text{Area}$

$$\text{Area} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0.2 \text{ m})^2}{4}$$

$$\text{Area} = 0.031 \text{ m}^2$$

reemplazando :

$$Q = 1.5 \frac{\text{m.}}{\text{Seg.}} \times 0.031 \text{ m}^2 = 0.0465 \frac{\text{m}^3}{\text{seg.}}$$

transformando:

$$Q = 614.5 \text{ galons/min.}$$

Con: $H = 17.4 \text{ m}$

$$Q = 614.5 \text{ galones/min}$$

Ingresamos a las tablas y obtenemos :

- Electrobomba centrífuga monocelular :

con las siguientes características :

- revoluciones : 1500 RPM

- ciclos : 60 Hz

$$\text{- Potencia} = \frac{\gamma \times Q \times H}{76 \times \eta} = \frac{0.046 \text{ m}^3}{\text{seg.}} \times \frac{700 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 17.4 \text{ m}}{76 \times 0.5}$$

$$\text{- Potencia} = 15 \text{ H.P}$$

donde :

0.5 = eficiencia de la bomba

CAPITULO VII

7.1. COSTOS

7.1.1. Lista de Materiales

Cilindro del Tanque

Descripción	Cantidad	Unidad
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 32 mm.	27	U
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 25 mm.	50	U
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 20 mm.	50	U
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 16 mm.	25	U
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 12.5 mm.	25	U
- planchas de acero 1.80 x 6.00 x 9.5 mm.	25	U
- Planchas de acero 1.80 x 6.00 x 8 mm.	50	U
- Perfil de acero 3 x 3 x 1/4	500	pies

Fondo del Tanque

- Planchas de acero 1.80 x 4.80 x 6.4 mm.	217	U
--	-----	---

Cubierta Central Techo

- Planchas de acero 1.22 x 4.80 x 5.00 mm.	239	U
---	-----	---

Pontones del Techo

- Planchas de acero 1.22 x 4.80 x 5.0 mm. (incluye planchas de refuerzo)	186	U
- Perfil de acero $\angle 2. 1/2$ x 2 1/2 x 1/4"	560	pies
- Perfil de acero $\angle 3$ x 3 x 1/4"	560	pies
- Perfil de acero $\angle 6$ x 6 x 7/16"	430	pies

Viga de Rigidez

- Planchas de acero 1.80 x 4.80 x 6.4 mm.	24	U
--	----	---

Accesorios del Tanque

- Tubería $\emptyset 2. 1/2$, para soldar, std	360	pies
- Tubería $\emptyset 3$, para soldar std.	380	pies
- Tubería $\emptyset 4$. para soldar, std.	100	pies

- Tubería \emptyset 8, para soldar, std.	60	pies
- Bridas de cuello de acero para soldar, \emptyset 24"	1	pza.
- Bridas de cuello de acero para soldar, \emptyset 14"	1	pza.
- Bridas de cuello de acero para soldar \emptyset 10"	1	pza.
- Bridas de cuello de acero para soldar \emptyset 4"	2	pza.
- Bridas de cuello de acero para soldar \emptyset 3"	4	pza.
- Válvula check de acero, \emptyset 3", std.	1	pza.
- Ventilador shand 8 Jurs \emptyset 6"	1	pza.
- Manguera \emptyset 3" x 75' largo, bridada	1	pza.
- Medidor automático de nivel, VAREC	1	pza.
- Tapa de medición \emptyset 8" VAREC	1	pza.

Escalera rodante y en espiral

- L 1. $1/2 \times 1 \ 1/2 \times 3/16$	220	pies
- L 2 $1/2 \times 1 \ 1/2 \times 1/4$	300	pies
- L 2 x 2 x $1/4$	200	pies
- L 3 x 3 x $1/4$	120	pies
- L 3 x 3 x $3/8$	160	pies

- L 2 x 1 1/2 x 3/16	80	pies
- L 3 x 3 x 1/4	20	pies
- L 4 x 3 x 3/8	140	pies
- L 6 x 8.2	10	pies
- Tubería Ø 1 1/4" Fierro negro - 150	200	pies
- Barra lisa Ø 3/4"	400	pies
- Planchas estriadas, 1.20 x 2.40 x 6.4 mm.	18	pzas.
- Rodamientos 5KF 3215	2	pzas.

Sistema de Espuma

- Tubería de acero, para soldar, Ø 2 1/2, std	2,100	pies
- Cámara de espuma MC5-9 con deflector para soldar y to ma de aire MB5- 3SA	14	pza.
- Codos de 45° de acero para soldar, Ø 2 1/2" STD	20	U
- Codos de 90°, de acero para soldar, Ø 2 1/2" STD	12	U
- Tes de acero para soldar, Ø 2 1/2", STD	16	U
- Bridas de cuello, para soldar, Ø 2 1/2", 150	8	U
- Bridas slip-on, para soldar, Ø 2 1/2", 150	14	U
- Manguera flexible Ø 2 1/2" x 2' - 6"	4	U

- Adaptador MF-105 \varnothing 2 1/2", tapón y cadena	4	U
- Planchas 1.22 x 4.80 x 5 mm.	6	R
- \angle 2 x 2 x 1/4	160	pies

Sello de Junta

- Planchas 1.80 x 4.80 x 9.5 mm	10	P L
- Planchas galvanizadas 1.22 x 2.40 x 1.5 mm	65	P L
- Banda de jebe 18" de ancho 1/16" ancho	160	ml.

Conexión a Tierra

- Electrodo de tierra \varnothing 5/8" x 8' longitud	4	pza.
- Grampa de conexión IPC-51A	4	pza.
- Placa de conexión IPC-238 B	4	pza.

Pernos

- Todos los pernos serán de acuerdo a la especificación A 307 de la ASTM.
 - Todos los pernos y tuercas serán de forma exagonal.
-

7.1.2. Presupuesto de la Construcción del Tanque de 200 MB

Especificación	Metrado	Unidad	Precio Unit,	Parcial	Total
- Excavación para anillo de concreto	99	m ³	4	396	
- Anillo de concreto					
- Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	41	m ³	70	2,870	
- Encofrado y desencofrado	270	m ²	6.5	1,755	
- Acero	9,293	Kg	0.8	7,435	
- Tubería plástica Ø 3"	25	pza.	1.5	37.5	
- Relleno de sub-base	592	m ³	3.5	2,072	
- Relleno de base de sand-oil de 0.10 m de espesor	1,770	m ²	1.25	22,125	16,776
<u>Construcción de Tanque</u>					
- Revisión, limpieza, cuadrado, biselado y corte de planchas	587,820	Kg	0.06	35,269	
- Presentación, armado y soldado de planchas de fondo	34,200	Kg	0.15	14,130	
- Rolado de planchas cilindro	374,180	Kg	0.07	26,192	
- Armado y soldado del cilindro (incluye viga de borde)	374,180	Kg	0.35	130,963	
- Preparación, armado y soldado de planchas y perfiles de las vigas de rigidez	10,420	Kg	0.35	3,647	

- Armado y soldado del techo	107,420	Kg	0.3	32,226	
- Armado y soldado de pantalla para cámara de espuma	1,600	Kg	0.5	<u>800</u>	<u>243,227</u>

Instalación de
Accesorios

- Entrada de hombre- cilindro	3	pza,	908	2,724	
- Conexión de recepción (Ø 24") y de despacho (Ø 14")	2	pza.	866	1,732	
- Conexión de drenaje (Ø 4")	2	pza.	470	940	
- Conexión de desague del techo (Ø 10"), tubería y manguera (Ø 3")	1	pza.	408	408	
- Escalera en espiral y plataforma	1,900	Kg.	0.5	950	
- Medidor automático de cinta	1	pza.	70	70	
- Conexión de tierra	4	pza.	38.5	154	
- Entrada de hombre Ø 30"	3	pza.	283	849	
- Sumidero Ø 30", incluyendo válvula check Ø 3"	1	pza.	150	150	
- Soportes de techo con ventilación Ø 10"	2	pza.	67.5	135	
- Soportes de techo (cubierta)	39	pza.	27.5	1072.5	
- Escalera rodante	4,500	Kg.	0.5	2,250	

- Entrada de hombre Ø 20"	28	pza.	31.5	882	
- Conexión de medición	4	pza.	91.5	366	
- Tubería antirrotacional Ø 8"	1	pza.	258	258	
- Soporte del techo (pontones)	28	pza.	27.5	770	
- Sello de la Junta	150	m.	50.75	7,612.5	
- Ventilación de presión y vacío de la junta	1	pza.	131	131	
- Sumidero para desague	2	pza.	151.5	303	
- Canastilla para protección de soportes	6	pza.	36.5	219	21,976

Pruebas en el Tanque

- Prueba hidrostática	Global			2,160	2,160
-----------------------	--------	--	--	-------	-------

Tratamientos Especiales

- Tratamiento térmico de planchas del ler. anillo, con sus accesorios soldados	4	pza.	416	1,664	1,664
---	---	------	-----	-------	-------

Pintura del Tanque

- Arenado al metal blanco del cilindro y vigas de rigidez y de borde	3,000	m ²	3.5	10,500	
- Arenado al metal blanco, cubierta central y techos de los pontones	2,000	m ²	3	6,000	
- Arenado al metal blanco de escaleras y plataformas	330	m ²	4	1,320	

- Pintura del tanque, sistema alquídico	5,000	m ²	5.5	27,000	
- Pintura de escaleras y plataformas, sistemas epóxico	300	m ²	6.5	1,950	42,270

Instalación de Tuberías

- Manipuleo, soldadura e instalación de tuberías, incluyendo accesorios y soportes de tubería	5,350	Kg.	0.5	2,675	
- Instalación de cámara de espuma y toma de aire	14	pza.	17.5	245	
- Prueba de hidrostática de tuberías	Global			133	
- Arenado, limpieza y preparación de la superficie de tuberías	150	m ²	4	600	
- Pintado de tuberías sistema alquídico	150	m ²	6	900	4,553

TOTAL

\$ 337,626

7.2 MANTENIMIENTO

El mayor trabajo de mantenimiento es hecho alrededor de los tanques. La mayoría de las compañías han definido muy bien los programas de mantenimiento.

Como las paredes térreas se conocen a través del tiempo por acción del viento y la lluvia, el terreno corroído tiende a juntarse en el espacio entre los tanques y sus paredes cercanas. Como resultado la corrosión en la parte baja del tanque se agrava por el agua estancada y la basura, trayendo como consecuencia la baja capacidad de la pared para contener los contenidos del tanque en caso de emergencia.

Es conveniente por lo tanto, estabilizar el terreno para prevenir erosión del agua y viento, y para reparar el daño donde la erosión ha sucedido ya o ha tomado lugar.

Acumulaciones de tierra (suelo, terreno) en el área entre el tanque y la pared son removidos así es que la pendiente del tanque es mantenida a un nivel más alto que el del área.

Reemplazando los pisos del tanque

Un método comúnmente usado es la reparación de

tanques cuyo asiento de acero ha fallado debido a la corrosión, su construcción es un nuevo asiento de concreto sobre el de acero antiguo. Esto es simplemente una plancha de concreto reforzado de 6 pulgadas de - grosor aumentando a 12 pulgadas alrededor de su borde. Una ranura graduada es proporcionada entre el borde de la plancha y la pared del tanque así que una unión entre el concreto y acero puede ser obtenido por empaquetadura de esta ranura con estopa y bítumen.

Los asientos de concreto cuestan menos que los nuevos de acero y con pocas excepciones han dado un servicio satisfactorio.

CAPITULO VIII

ESPECIFICACIONES

8.1. ACCESORIOS Y EQUIPOS DEL TANQUE

- Conexión de Recepción:

Brida de cuello de acero para soldar de 24" \emptyset , para esta medida la tubería utilizada se ajusta a las ASTM-A53, A134.

- Conexión de despacho:

Brida de cuello de acero para soldar de 14" \emptyset . La tubería se ajusta a normas ASTM A53, A134.

- Conexión de desagüe de Tanque:

Brida de cuello para soldar de 4" \emptyset . Por recomendaciones del manual API se utilizará tubería extra fuerte referido a la norma API 5L.

- Conexión de manguera de desagüe de Techo:

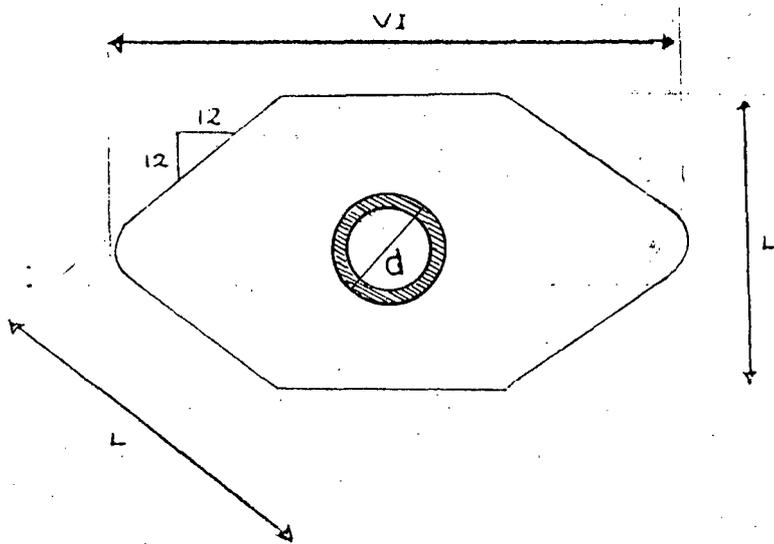
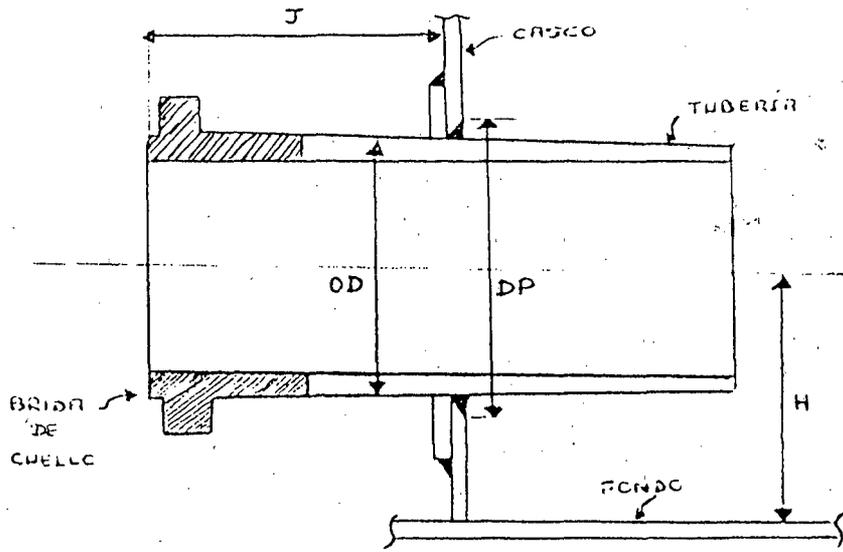
Brida de cuello para soldar de 10" \emptyset . Se utilizará tubería extra fuerte referido a normas API 5L.

- Conexiones Bridadas:

Las conexiones de la cara para bridas "Welding-Beck", tamaño de 1 1/2 a 20 pulgadas inclusive 24 pulgadas son idénticas a las especificaciones en ANSI B165 para bridas de acero de 150 lb.

TABLA DE DIMENSIONES EN PULGADAS

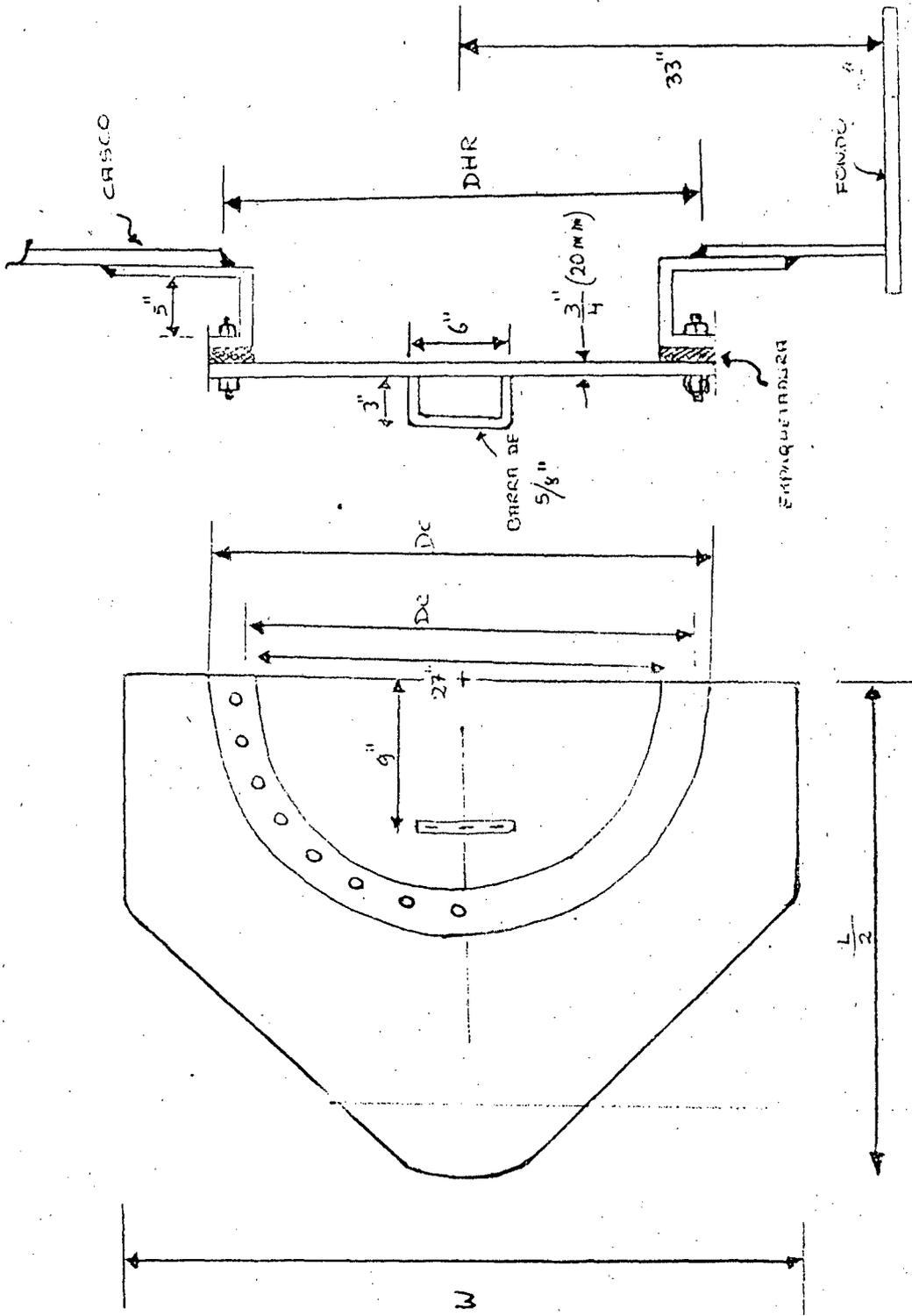
DIAMETRO NOMINAL DE CONEXION	DIAMETRO EXTR. DE TUBO O.D.	DIAMETRO DEL ANCHO DE R HUECO EN R REF. D.R.	LARGO DE R REF. L	DISTRIB. DE REF. W	BRIDA A FONDO AL PARED J. TECHO H.	DISTRIB. DEL DIAM. DEL HUECO EN PARED TM DP	
4	4 1/2	4 5/8	12	15 1/4	7	6	5 3/8
10	10 3/4	10 7/8	23	28 1/4	9	11 1/2	11 5/8
14	14	14 1/8	29 1/2	36	10	14 3/4	14 7/8
24	24	24 1/8	49 1/2	60	12	24 3/8	24 7/8



ENTRADA DE HOMBRE A CILINDRO

El diámetro de entrada de hombre será de 27" \varnothing

ESPESOR DEL CASCO t	TAMAÑO DEL FILETE DE SOLDADURA		R DE REFUERZO		MAXIMO DIAM. DEL HUECO DEL CASCO DHR	DIAMETRO DEL CIRCULO DE PERNO DE	DIAMETRO DE LA TAPA DC
	A	B	LONGITUD L	ANCHO W			
1 1/4	1/4	1	69 1/2	58 3/4	32 1/2	33 1/4	35 3/4



Se utilizará empaquetadura de asbesto de 1/8" - 32. 3/8"

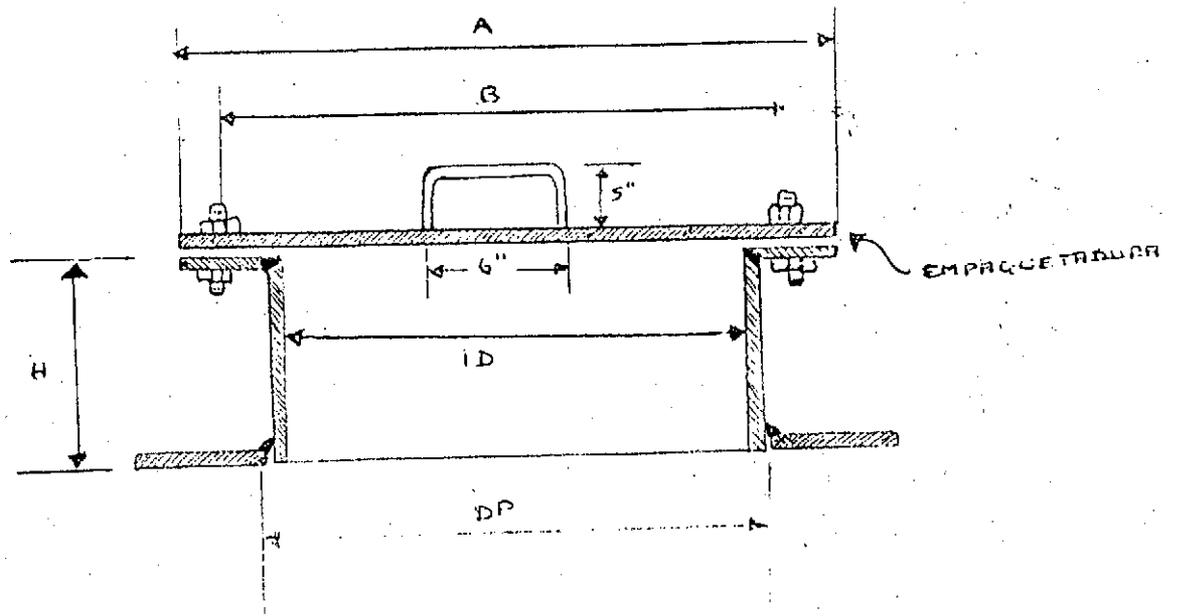
ENTRADAS DE TECHO

Según recomendación del manual API 650

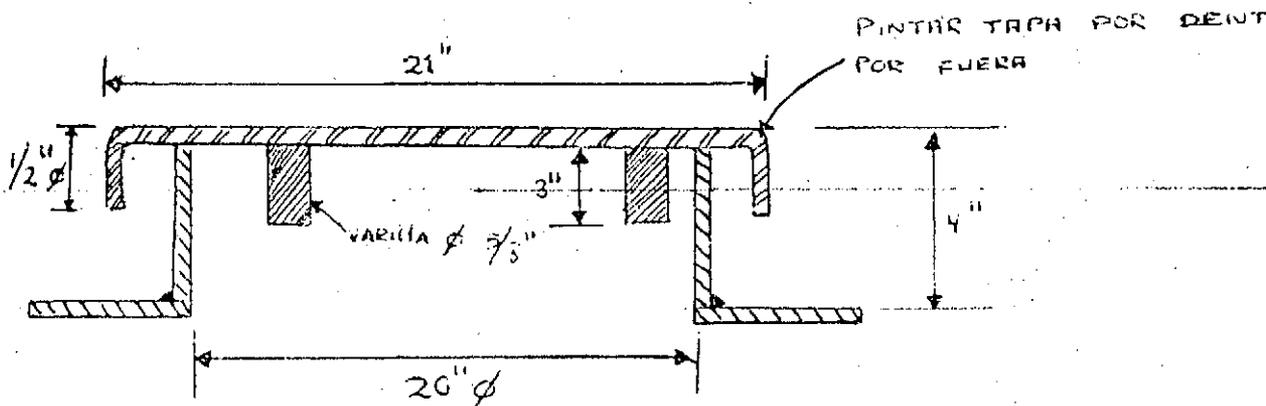
El paso de hombre será como mínimo de un diámetro de 24", además de una empaquetadura asbésito asumimos 30" de diámetro

TABLA : ENTRADA DE TECHO (Pulg.)

MEDIDA DE MANHOLES	Ø DEL CUELLO ID	Ø DE LA TAPA A	Ø DEL CIRCULO DE PERNOS B	Nº DE PERNOS	DIAMETRO DE EMPAQUETADURA		Ø DE HUECO EN LA R DE TECHO DP	Ø DE PERNO
					ID	OD		
30	30	36	33 1/2	24	30	36	30 3/4	5/8
24	24	30	27 1/2	20	24	30	24 5/8	5/8



ENTRADA DE HOMBRE A LOS PONTONES



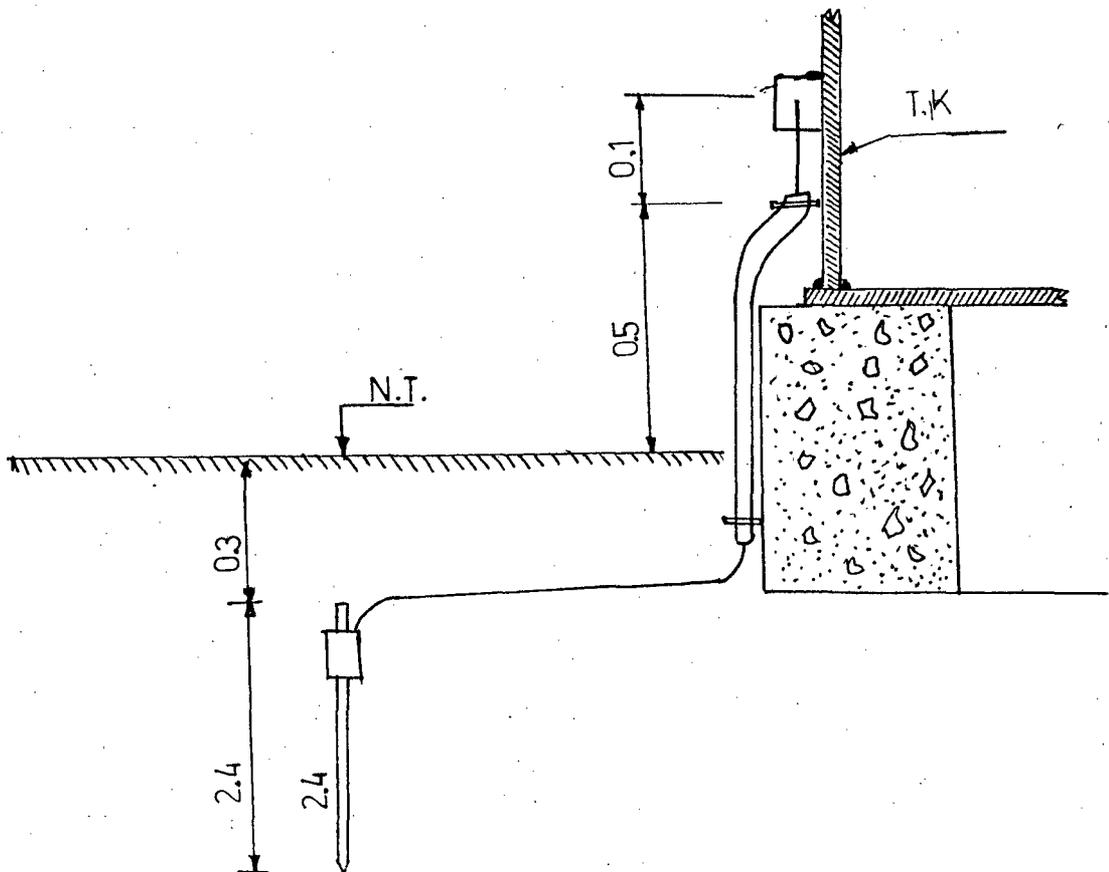
Conexión de Medición

Estará ubicado en la parte del pontón con tapa roscada de 8" de diámetro.

(Ver detalle en planos).

Conexión a Tierra

- Conformado por electrodo de Tierra de $\varnothing 5/8$ x 8' longitud.
- Grampa de conexión IPC-5IA cantidad 4 unidades.
- Placa de conexión PC-238B cantidad 4 unidades.



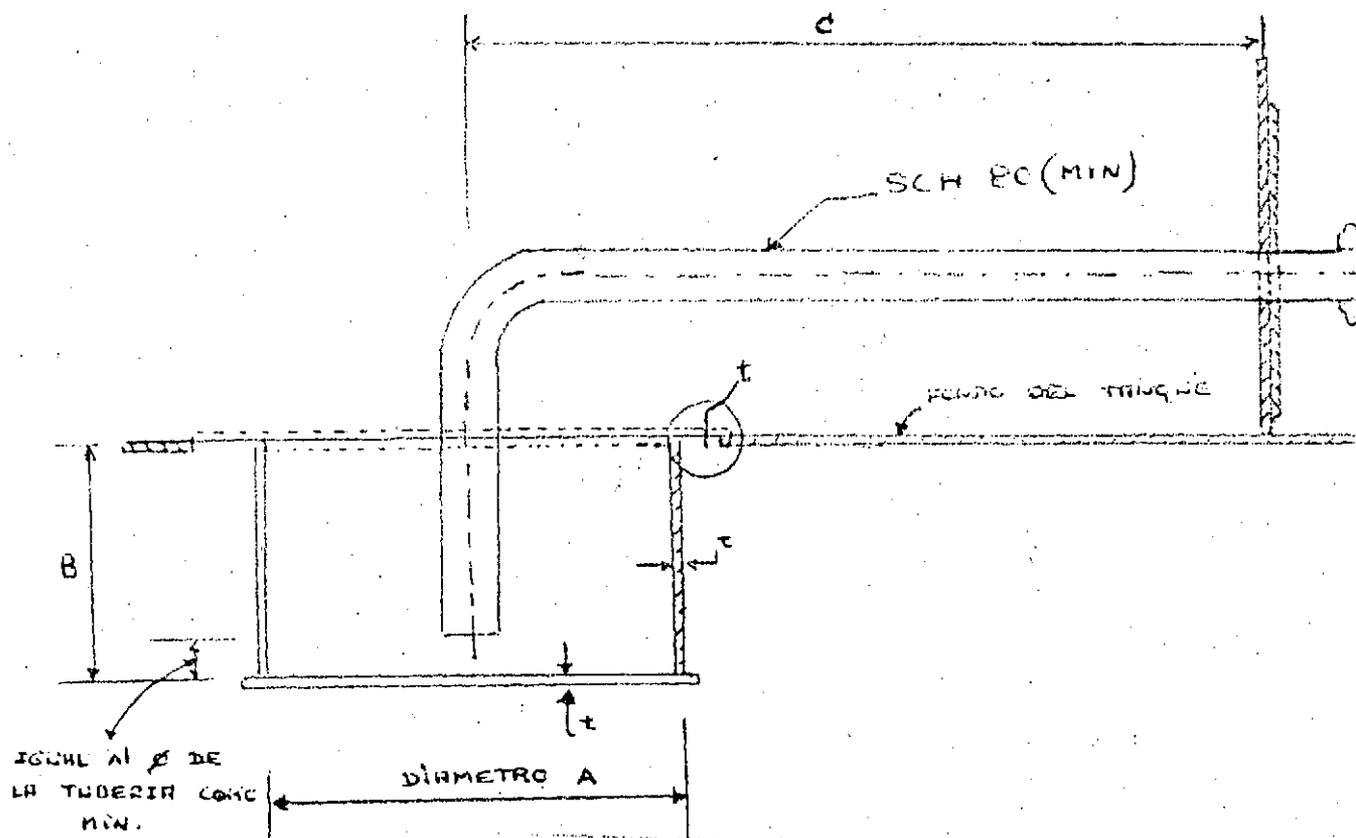
Sumidero de Decantación

Notas para procedimiento de montaje:

1. Cortar un hueco en la R del fondo.
2. Hacer una excavación cuidadosa para dar forma al sumidero de decantación.
3. Ubicar y soldar el sumidero.

DIAMETROS PARA SUMIDERO DE DECANTACION

DIAMETRO NOMINA. DE LA TUBERIA (Pulg.)	DIAMETRO DEL SUMIDERO "A" (Pulg.)	PROFUNDIDAD DEL SUMIDERO "B" (Pulg.)	DIST. DE LA TUBERIA AL CASCO "C" (Pulg.)	ESPEJOR DE LA R DEL SUMIDERO "L" (Pulg.)
2	24	12	3 1/2	5/16
3	36	18	5	3/8
4	48	24	6 3/4	3/8
6	60	38	8 1/2	7/16



Plataformas y Pasarelas

1. Todas las partes serán fabricadas de metal.
2. Ancho (mínimo) del piso plano, en pulg 24
3. El piso deberá ser fabricado de parrilla o un material antiderrapante.
4. La altura del pasamanos superior por encima del piso^o, en pulg. 42.
5. Altura del guardapie (mínimo), en pulg..... 36
6. Espacio (máximo) entre el borde superior del piso y el inferior del guardapie en pulg. 1/4
7. Altura del riel intermedio de la baranda aproximadamente la mitad de la distancia del piso al pasamanos superior.
8. Distancia (máxima) entre los parantes de la baranda en pulg. 96.
9. La estructura completa deberá ser capaz de soportar una carga concentrada en movimiento de 1,000 lbs. y la estructura de la baranda deberá ser capaz de soportar una carga de 200 lbs. aplicada en cualquier dirección y cualquier punto del pasamanos superior.
10. Las barandas se ubicarán a ambos lados de las plataformas, interrumpiéndose cuando sea necesario el acceso.

o La altura de la baranda es la requerida por las especificaciones ANSI.

11. Para aberturas de barandas, cualquier espacio entre el tanque y la plataforma más ancha que 6 pulg. deberá colocársele piso.
12. Los pasadizos de tanques, las cuales se extienden de una parte de un tanque, a tierra u otra estructura, deberán ser soportados de tal manera que permita un movimiento relativo libre de las estructuras unidos por el pasadizo.

NOTA: Ver planos.

Escaleras

1. Todas las partes, serán fabricadas de metal.
2. Ancho mínimo de las escaleras, en pulgadas..... 24
3. Angulo* (máx.) de una escalera con una línea horizontal, en grados 50
4. Ancho (min) de los peldaños, en pulgadas..... 8
(el paso definido como la distancia horizontal entre 2 peldaños sucesivos y el ascenso de los peldaños deberá ser tal que la suma de dos veces el ascenso más el paso no deberá ser menor que 24 pulg. ni mayor que 26 pulg. Los ascensos deberán ser uniformes en toda la altura de la escalera).
5. Los peldaños deberán fabricarse de parrilla o un material antiderrapante.

* Se empleará la misma inclinación para todas las escaleras de un grupo de tanques.

6. El pasamano de la escalera deberá unirse al pasamano de la plataforma de una manera continua (sin desfases), y la altura medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el pasamano deberá ser, en pulgadas30 á 34.
7. Distancia (max.) entre los parantes de la baranda, medido a lo largo del pasamanos en pulgadas..... 95
8. La estructura completa deberá ser capaz de soportar una carga, concentrada móvil de 1,000 Lbs. y la estructura de la baranda deberá ser capaz de soportar una carga de 200 lbs. aplicada en cualquier dirección y punto del pasamano superior.
9. Las barandas deberán instalarse a ambos lados de la escalera.
10. Para las escaleras circunferenciales (alrededor del tanque) cuando la distancia entre el casco del tanque y el larguero de la escalera excede las 8" también se deberá instalarse barandas a ambos lados.

Nota: Ver planos.

TABLA DE ELEVACION (e), PASO (p) y ANGULO RELATIVO DE
ESCALERAS

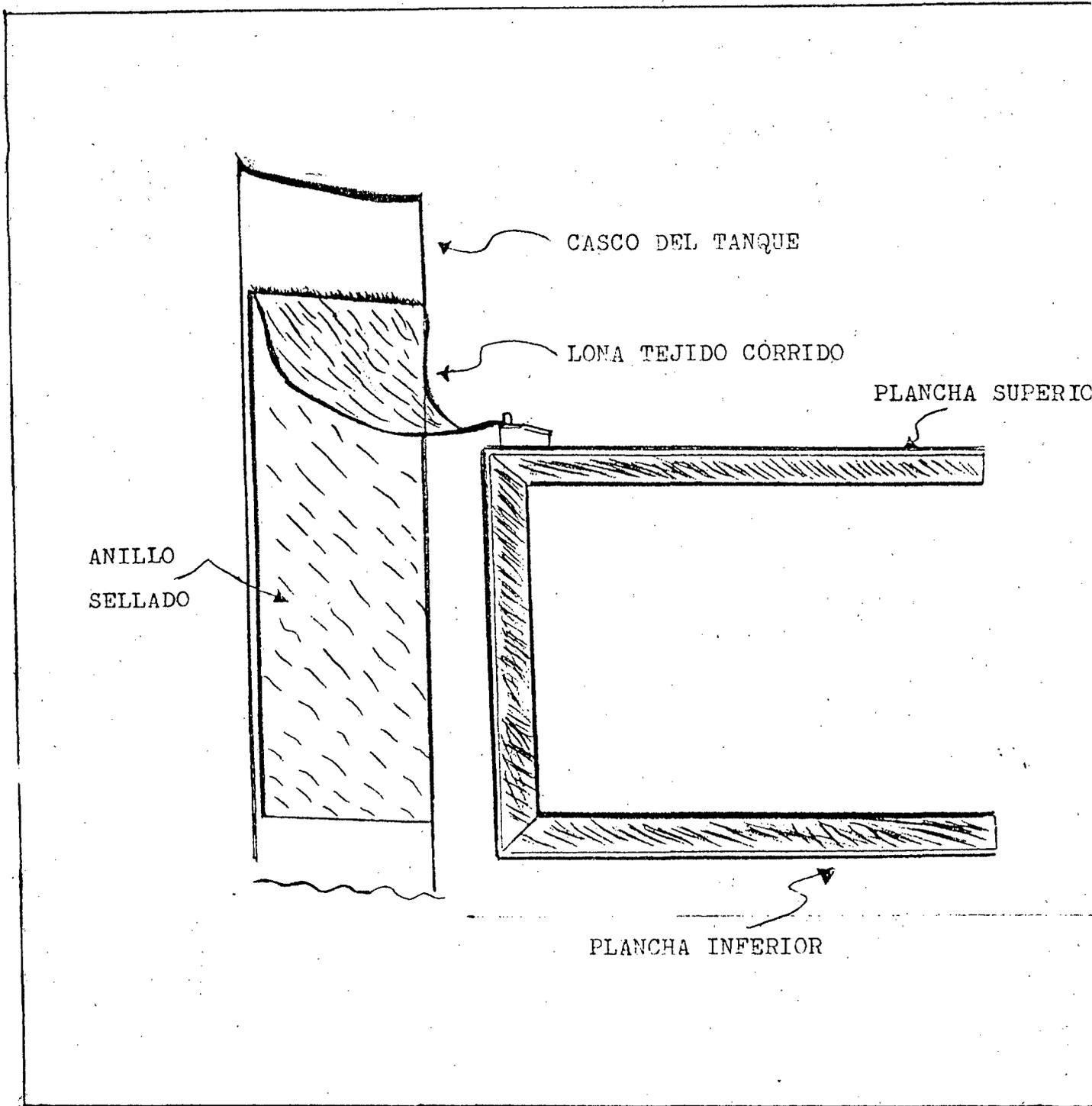
ALTURA DE ELEVACION (PULGADAS) e	ANCHO DEL PASO (PULGADAS) P	ANGULO		ANCHO DEL PASO (PULGADAS) P	ANGULO	
		GRADOS	MINUTOS		GRADO	MINUTO
5 1/4	13 1/2	21	15	.....	.....	.....
5 1/2	13	22	56	15	20	9
5 3/4	12 1/2	24	43	14 1/4	21	38
6	12	26	34	14	23	12
6 1/4	11 1/2	28	30	13 1/2	24	53
6 1/2	11	30	35	13	26	34
6 3/4	10 1/2	32	45	12 1/2	28	23
7	10	35	0	12	30	15
7 1/4	9 1/2	38	20	11 1/2	32	13
7 1/2	9	39	50	11	34	18
7 3/4	8 1/2	42	22	10 1/2	36	26
8	8	45	0	10	38	40
8 1/4	7 1/2	47	43	9 1/2	41	0
8 1/2	.....	..	..	9	43	23
8 3/4	.....	..	..	8 1/2	45	49
9	.....	..	..	8	48	22

SELLOS DE JUNTA

El espacio entre la periferia exterior del techo y el casco del tanque deberá ser sellado mediante un dispositivo flexible el cual proveerá un ajuste razonable con la superficie del casco. Este dispositivo de sellado será de tela recubierta o algún material no metálico, el cual será durable en el medio ambiente y no deberá de colorar o contaminar el producto almacenado.

LISTA DE MATERIALES DE SELLO DE JUNTA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
- Planchas 1.80 x 4.80 9.5mm	10	PL.
- Planchas galvanizadas 1.22 x 2.40 x 1.5 mm.	65	PL.
- Banda de jebe 18" de ancho 1/16" ancho	160	ml.



8.2. TRATAMIENTO TERMICO

- La plancha del cilindro con la entrada de hombre al ras del fondo completamente fabricada, se someterá a tratamiento térmico para el alivio de tensiones.
- La temperatura para el tratamiento térmico será entre 590° C a 650° C.
- Esta temperatura se mantendrá, por lo menos, durante 1 hora.
- La gradiente térmica para el calentamiento será no mayor de 100° C/hora.
- La gradiente térmica para el enfriamiento será no mayor 100° C/hora.
- La velocidad de calentamiento o enfriamiento de bajo de los 300° C será irrestricta.
- La diferencia de temperatura entre 2 puntos cualquiera de la plancha, no deberá ser mayor de 25° C.
- Se deberá disponer de un sistema de control de temperatura que permita un calentamiento/enfriamiento gradual y uniforme en toda el área de la plancha.

- Se mantendrán por lo menos 4 puntos de control de temperatura sobre la plancha: uno a la izquierda, uno a la derecha, uno abajo y otro arriba.
- Se llevará un registro gráfico de las temperaturas en cada punto durante todo el proceso.

8.3. SOLDADURA DE TUBERIAS

- Los bordes o extremos de las tuberías que deban soldarse estarán limpios y libre de óxidos, grasa, pintura o cualquier otro material extraño para lo cual se limarán hasta obtener metal blanco brillante inmediatamente antes de soldar.
- Los bordes serán biselados a torno o con soplete para dar el terminado mostrado en el croquis.
- Durante la soldadura, la escoria que permanezca sobre el cordón será removida antes de aplicar el siguiente pase.
- La soldadura se hará de acuerdo a las especificaciones dadas en las siguientes tablas.

TABLA I

TUBERIA STANDAR

DIAMETRO	ESPEJOR	Nº DE PASES
3" o menos	menos de 0.216	2
4" 0 8 incl.	0.237 a 0.322	3
10" o más	0.375	4

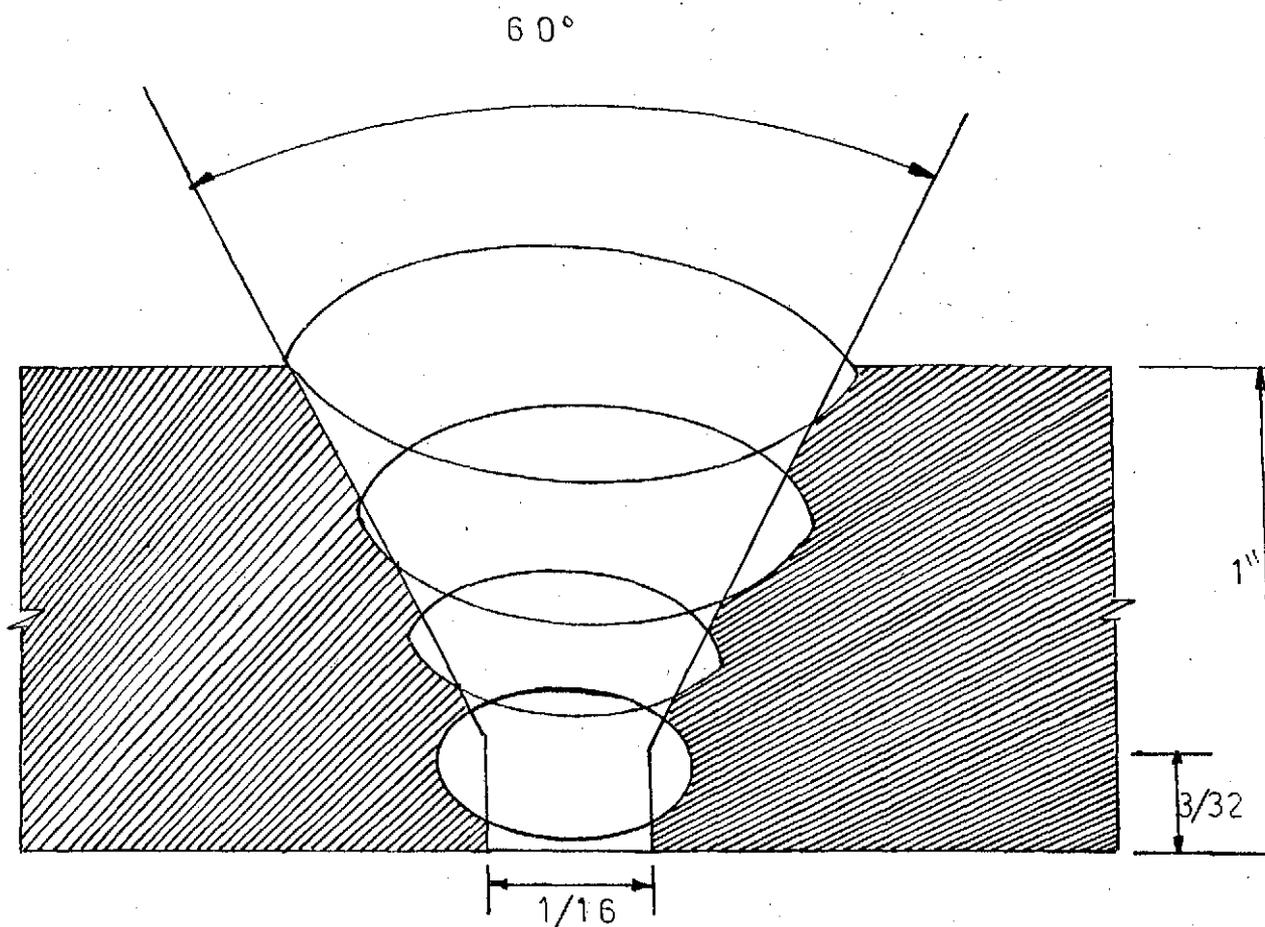


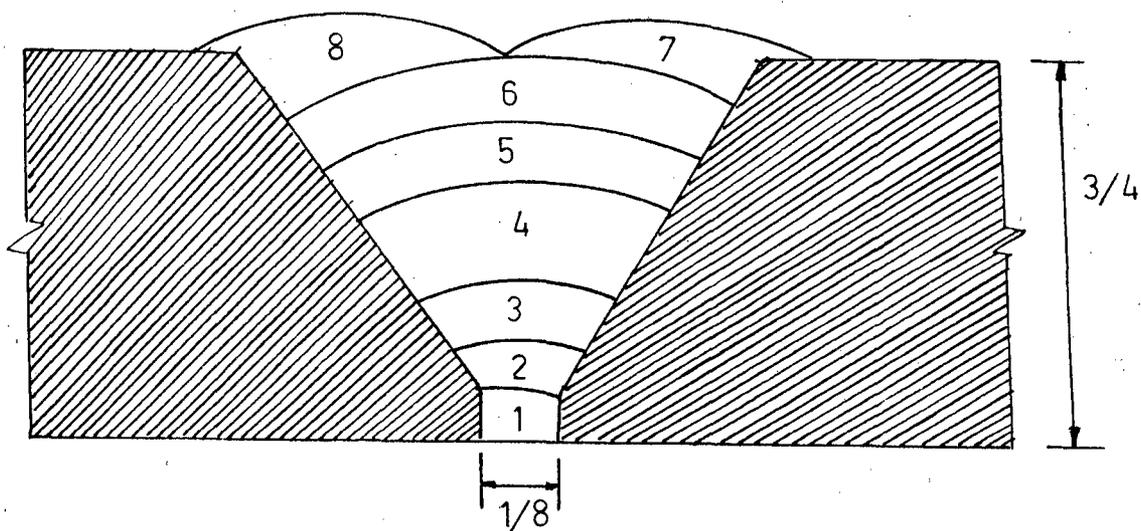
TABLA II

TUBERIA PESADA

5 CH. 80

DIAMETRO	ESPEJOR	Nº DE PASES
2" o menos	Menos de 0.218"	2
2 1/2" a 5 incl.	0.218 a 0.375"	3
6" y 8"	0.432 y 0.500"	4
10"	0.593"	5
12" y 14"	0.687 y 0.750"	6

* Sin incluir los pases de recubrimiento que sirven para terminar la soldadura y que pueden o no ser requeridos.



T A B L A I I I

FASES	AMPERIOS	DIAMETRO ELECTRODO	CLASE SE ELECTRODO	POLARIDAD
1	85	1/8"	E-6010	ELECTRODO
2 y 3	100	1/8"	E-6010	POSITIVO
4 y siguientes	123	5/32"	E-6010	POSITIVO

Las tuberías se irán limpiando durante su instalación mediante una bolsa, de cuero o lona, parcialmente inflada, o cualquier otro dispositivo similar, lo cual se irá jalando con una cuerda por dentro del tubo conforme se va colocando tramos de tuberías. Los extremos abiertos de los tubos serán taponados al final de cada jornada de trabajo, con un tipo de sello tal, que impida que el agua, lodo u otro material extraño penetre en la tubería. Tales tapones o sellos no se removerán hasta que el trabajo no se reanude.

8.4. PRUEBA DE SOLDADURA

- Soldadura o tope.

Donde, fusión y penetración completas sean especificadas para uniones, soldaduras de planchas del casco, se efectuará la inspección de calidad de soldaduras por el método radiográfico. Para uniones horizontales del casco para las cuales la penetración parcial especificado, se efectuará la inspección de calidad de la soldadura por el método de succionamiento. La aceptación o rechazo se basará en la inspección de radiografías o segmentos representativos del área en cuestión.

- Soldadura de filete:

La inspección de las soldaduras de filete se llevará a cabo por examen visual. Donde la inspección visual indique soldadura insatisfactoria se succionará las áreas mediante cincelado con un cincel de punta redondeada.

- Prueba de Plancha de refuerzo:

Todas las planchas de refuerzo llevarán un hueco de 1/4" de diámetro, roscado para conexión de ai

re tal como se indica en los dibujos. Esta prueba se realizará antes de la prueba del cilindro.

Para probar la hermeticidad de las costuras de las planchas de refuerzo de las entradas de hombre, boquillas de conexión de tuberías y otras, se inyectará aire a una presión de 5 lbs. por pulgada cuadrada por el hueco antes mencionada y se cubrirán las costuras interiores y exteriores con agua jabonosa, aceite de linaza u otro material adecuado para descubrir escapes.

Es importante particularmente que las costuras interiores sean herméticas. Terminada la prueba el hueco se dejará abierto a la atmósfera, protegido con grasa.

- Prueba del fondo:

Una vez terminadas las soldaduras del fondo y de preferencia antes de colocar todas las planchas del techo, para contar con mejor iluminación se probará el fondo aplicando vacío a las uniones y usando solución jabonosa, aceite de limaza u otro material adecuado para descubrir filtraciones.

El vacío se puede hacer por medio de una caja me
tálica de 6" de ancho por 30 de largo, con una
ventana con vidrio en la parte superior. La ab
ertura de la caja aplocada contra el fondo del tan
que se puede sellar a él por medio de una empa -
quetadura de esponja de jebe (spongerubber). La
caja debe tener conexiones, válvulas, manóme -
tros y medidores adecuados.

El vacío en la caja se puede conseguir poe cual-
quier método conveniente, tal coomo, conectándo-
la al múltiple de admisión de un motor de explo-
sión de gasolina o diesel, o una bomba de vacío
o a un eyector de aire.

El vacío debe alcanzar un valor no menor de 2 lb
pulgada cuadrada.

Una vez terminada la prueba se lavará cin agua
dulce las planchas donde se haya aplicado el a-
gua jabonosa.

- Prueba de las uniones del casco :

Métodos de inspección radiográficas mediante ra
yos x o rayos gamma serán circunscrito a las u-
niones de casco especificadas por tener penetra
ción y fusión completa, particularmente las unio

nes verticales sujetas a esfuerzos primarios de peso o presión del contenido del tanque, no se requiere inspección por métodos radiográficos - para las soldaduras de las planchas del fondo ni para las uniones soldadas de las planchas - del techo con el ángulo superior, el ángulo superior con las planchas del casco o accesorios con los tanques.

Toda unión soldada a tope a ser radiografiada, deberá ser preparada como se indica a continuación: Las ondulaciones del cordón de soldadura o las irregularidades de la superficie soldada en ambos lados (interior y exterior) del casco, serán eliminados por cualquier proceso mecánico adecuado a tal grado que el contraste radiográfico resultante de cualquier irregularidad no pueda encubrir o ser confundida con la imagen de - cualquier defecto objetable. También, la superficie de la soldadura deberá unirse suavemente hacia el interior de la superficie de la plancha. Las radiografías deberán ser tomadas como se especifica a continuación:

- . Uniones verticales.- Una muestra radiográfica, deberá ser tomada en los primeros 10 pies de la unión vertical completa de cada tipo y espesor de soldadura.
- . Uniones horizontales.- Cuando se especifique penetración y fusión completas, deberá tomarse una muestra radiográfica en los primeros 10 pies de las uniones horizontales completa del mismo tipo y espesor (basado en el espesor de la plancha más delgada de la unión), sin considerar el número de soldados u operarios que trabajaron en ello. Después de los cuales se tomará una muestra radiográfica cada 200 pies adicionales (aproximadamente) y cualquier fracción residual mayor de ella; de las uniones horizontales del mismo tipo y espesor.

Para estos fines las planchas serán consideradas del mismo espesor cuando la diferencia en los espesores especificados o de diseño exceden las 0.03 pulgadas.

Cuando una muestra radiográfica es rechazada, se deberá determinar mediante muestras gráficas adicionales, si están fallando uno o varios soldadores.

A medida como la soldadura avance, deberán tomarse las muestras radiográficas tan pronto como sea posible.

La radiografía mostrará claramente un mínimo de longitud soldada. La película estará centrada entre el cordón y será lo suficientemente ancha para permitir la ubicación de marcas identificatorias.

- Prueba del techo flotante:

Después de completar el techo, se probará por uno de los siguientes métodos:

- a. Aplicando una presión interna de aire y usando agua jabonosa, aceite de linaza u otro material adecuado para descubrir escapes.

La presión interna no excederá el peso de las planchas del techo (0.05 libras por pulgada cuadrada para planchas de 3/16 de pulgada)

- b. Aplicando vacío (como en la prueba del piso).

- Reparaciones:

Todos los defectos que se encuentran en las soldaduras o en otras partes del tanque deberán ser reparados según se describe a continuación:

Los huecos muy pequeños (como de alfiler) y las porosidades en las uniones del fondo podrán repararse aplicando soldadura adicional sobre el área defectuosa.

Los otros defectos o rajaduras que se descubran en las uniones del fondo se repararán removiendo la soldadura fundiéndola, y rehaciendo la soldadura.

Todo defecto, rajadura, o filtración en las uniones del cilindro o en las uniones entre éste y el fondo, serán reparados de acuerdo al párrafo anterior.

La reparación de los defectos descubiertos después de que el tanque haya sido llenado con agua para probarlo se hará con el nivel de agua, o por lo menos un pie por debajo del punto reparado, o con el tanque vacío cuando la reparación sea cerca del fondo o en éste. No se soldará en ningún tanque sino cuando todas las líneas, que conectadas a él, hayan sido desconectadas y selladas completamente.

Ninguna reparación podrá ser tratada en el tanque mientras esté lleno de gasolina, hasta que el tanque esté vacío, limpio y libre de gases.

8.5. PRUEBA HIDROSTATICA DEL TANQUE:

Después de completar enteramente el tanque y antes de conectar las líneas externas de producto, se probará el tanque por los métodos siguientes:

- a. Se aplicará por el lado interior del tanque en todas las costuras de él, tanto las horizontales como las verticales, Diesel 2 ligeramente calentado. Las costuras se examinarán durante 12 horas por el lado exterior para ver si no aparecen manchas que denotarán soldadura defectuosa. Una vez reparadas debidamente las costuras que se encontraran defectuosas, se aplicará el siguiente procedimiento:
- b. Se llenará el tanque de agua, inspeccionándolo frecuentemente durante el llenado.

Para tanques con techos herméticos, la altura de llenado será de dos pulgadas por encima del ala horizontal del ángulo superior. Una vez lleno el tanque se le tendrá en observación por lo menos un día y se tomará la altura del agua al comienzo y al final de la prueba.

La velocidad de llenado del tanque para la prueba no excederá la especificada a continuación:

ESPEŞOR DEL ANILLO INFERIOR EN PULGADAS	PORCION DEL TANQUE	VELOCIDAD DE LLENADO MAX. (PULG./HORA)
Menos de 7/8	Anillo superior	12
	Otros anillos	18
7/8 y más	Tercio superior	9
	Tercio intermedio	12
	Tercio inferior	18

En caso de haber dificultades en obtener el agua para la prueba, se seguirá el siguiente procedimiento:

Se llenará el tanque detenidamente por lo menos un día. Se controlará la altura de agua y de producto, al iniciar y finalizar la operación. La velocidad de llenado será la misma que la indicada para la prueba en la totalidad con el agua.

8.6. ESPECIFICACIONES GENERALES DE PINTURA

Las especificaciones incluidas, indican la forma de aplicación de la pintura según sea la marca y el sistema que adopte para las distintas instalaciones descritas en este proyecto.

El trabajo se realizará siguiendo estrictamente las especificaciones tanto en la preparación de la superficie y en la aplicación de la pintura como en los espesores indicados.

Los sistemas a usarse serán en cada caso :

PARTES A PINTAR	SISTEMA	COLOR
Exterior cilindro, viga da rigidez, cubierta central y techo de los pontones, accesorios de tanques.	Convencional	BLANCO
Sistema de espuma		AMARILLO
Escalera rodante y en espiral	Epoxico	AMARILLO

- Preparación de la superficie:

Todas las superficies deberán ser arenadas al metal blanco.

Cuando las superficies sean arenadas antes de la instalación, deberá aplicarse de acuerdo a las especificaciones, el imprimante y una capa de pintura an tiorrosiva.

Al concluirse la instalación, la zona adyacente al cordón de soldadura (una franja de aproximadamente 6 pulgadas de ancho) y las partes que se hayan malo - grado en el traslado e instalación deberán arenarse nuevamente y aplicar luego la pintura que se ha selec cionado.

Entre la aplicación del arenado y la imprimante no de berán pasar más de 2 horas.

En los días de lluvia o humedad excesiva, deberá sus penderse todo trabajo de arenado y pintura.

- Arenado al metal blanco:

El arenado de las superficies metálicas del tanque - tiene por objeto preparar a éstas, para la aplicación de la pintura, removiendo las escamas de laminado, óxi dos, partículas de tierra, pintura, etc., mediante el

uso de abrasivos o granos de arena impulsados a presión por máquinas especiales.

El arenado al metal blanco se define como una superficie de color gris claro, uniforme, ligeramente áspero al tacto. La superficie metálica debe quedar, a simple vista, libre de las escamas de laminación, óxidos, pintura, etc.

- Preparación:

No deberá procederse al arenado si la humedad relativa del ambiente es superior al 85%, o las superficies por arenarse están a 5° F debajo de su "dew point"; a menos que se encuentre con un método apropiado para evitar la oxidación.

El aire comprimido utilizado para la pistola de arenados, deberá estar libre de agua o aceite.

Antes de empezar el arenado, se eliminará toda mancha de aceite o grasa, limpiando la superficie con un solvente apropiado.

Pequeñas manchas de aceite o grasas pueden eliminarse con el arenado. En este caso, sin embargo, la arena utilizada no podrá volverse a usar.

- Ejecución:

Generalmente se utiliza uno de los siguientes métodos:

- a. Arenado en seco utilizando boquillas especiales y con arena de partículas con 100% que pasan el tamiz Nº 16
- b. Arenado metálico en el que se utiliza aire comprimido, boquillas especiales y limadura de fierro fundido, acero o limaduras sintéticas con un tamaño máximo de partículas con 100% que pasan el tamiz Nº 16.

Finalmente, la superficie se limpiará con escobilla de alambre o de cerdas, o aire comprimido, eliminando las partículas de abrasivos que aún queden en la superficie.

Se limpiará con especial cuidado las esquinas, aberturas, picaduras en el metal y, toda área donde puedan acumularse las partículas del abrasivo.

La superficie crenada deberá ser tratada inmediatamente con una capa de imprimante, la capa de imprimante deberá aplicarse, de preferencia, antes de 2 horas de arenado, pero en ningún caso después de 6 horas.

- Recomendación de seguridad:

Todo operador del arenado debe usar mascarillas con filtros y anteojos de seguridad, la manguera de arenado, deberá conectarse a tierra para eliminar cargas estáticas.

- Aplicación de la pintura:

Antes de 2 horas de arenada la superficie, y después de haber eliminado el polvillo presente en la misma, con la ayuda de escobillas limpias y aire seco a presión, se procede a aplicar la primera capa de pintura en partes iguales con el imprimante hasta conseguir un espesor en la película seca de 1 1/2 a 2 mils. pasando 3 horas se aplica nuevamente una capa de pintura esmalte negro en partes iguales con pintura catalizador para esmaltes hasta conseguir un espesor en la película seca de 3 a 3 1/2 mils.

Después de 4 horas aplicar una capa de esmalte gris claro mezclado en partes iguales con catalizador para esmaltes, hasta conseguir un espesor en la película seca de 3 a 2 1/2 mils.

CAPITULO IX

ANEXOS Y PLANOS

Norma :

AWS	DIN 1913
E 6010	E Ze Vila

Análisis del Metal Depositado :

C	M	S	P	S
0.05-0.09	0.42-0.70	0.030 máx	0.05 máx	0.05 máx

Características :

Es un electrodo de penetración profunda y uniforme, que difiere del E 6010 convencional por tener determinadas características especiales de soldabilidad en posición vertical descendente. Ideal para posados de raíz en la soldadura de oleoductos, donde la alta velo-

cidad, el control del arco y la rápida solidificación de la escoria son sumamente importantes.

Aprobaciones:

ABS ; LR

Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Elongación en 2"
43,4-47,0 Kg/mm ²	35.0-38.7 Kg/mm ²	
62,000- a 67,600 lbs/pulg ²	50,000 a 55,300 lbs/pulg ²	28

Posición de soldar : P, H, Sc, Va, Vd

Aplicaciones :

- Especial para tuberías de petróleo
- Tanques de almacenamiento
- Recipiente de presión
- Tuberías en general

Norma :

AWS	DIN 1913
E 6012	E Ti Vilm

Análisis de Metal depositado :

C	M	S	F	S
0.08	0.55	0.23	0.01	0.02

Características :

Es un electrodo de alta calidad para soldar acero en toda posición. Puede ser utilizado en las más diversas condiciones de trabajo, aún en los casos de mala preparación de la junta a soldar.

La escoria se desprende fácilmente en cordones planos e incluso en soldaduras en ángulos.

Aprobaciones : ABS; LR; GL

Propiedades Mecánicas :

Resistencia a la tracción	Límite Elástica	Elongación en 2"
49.0-57.0 Kg/mm ²	40.0-45.5 Kg/mm ²	23 - 26 %
70,000 a 82,000 lbs/pulg ²	57,000 a 65,000 lbs/pulg ²	

Aplicaciones :

- Tanques de almacenamiento
- Estructuras metálicas
- Chasises para camiones y carrocerías
- Soldadura de acero

Norma :

DIN
E 900

Características :

Electrodo para biselar y achaflañar todos los metales, usando cualquier equipo convencional de arco eléctrico de corriente continua aplicable en toda posición, sobre cualquier metal.

No se requiere oxígeno ni equipo costoso. De muy fácil aplicación.

Una vez colocado el electrodo, en posición casi paralelamente a la pieza para ranurar como se haría con un formón sobre madera.

Avanzar continuamente para evitar un sobre calentamiento y obtener un canal limpio, listo para soldar.

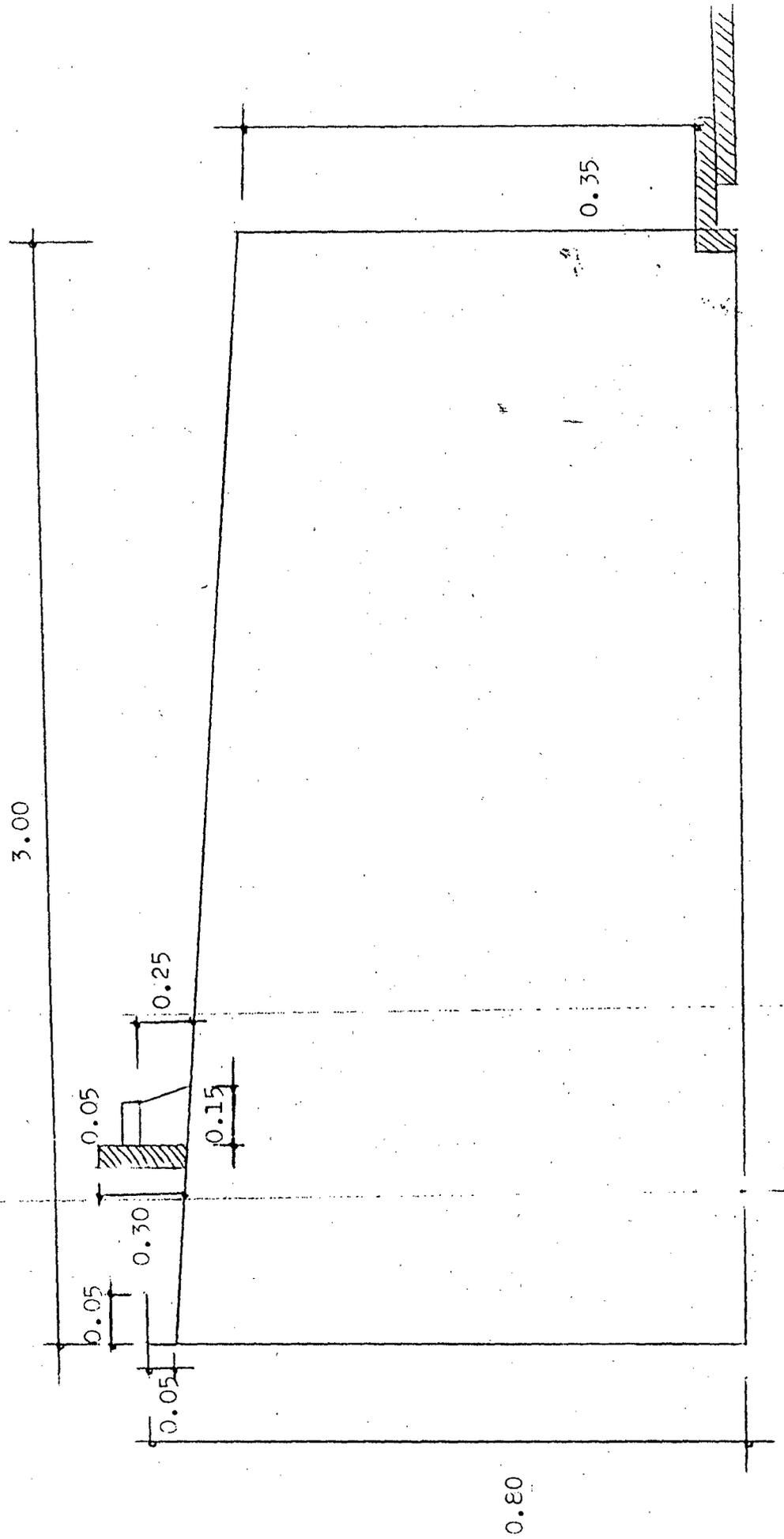
La profundidad del canal depende del ángulo que se da al electrodo.

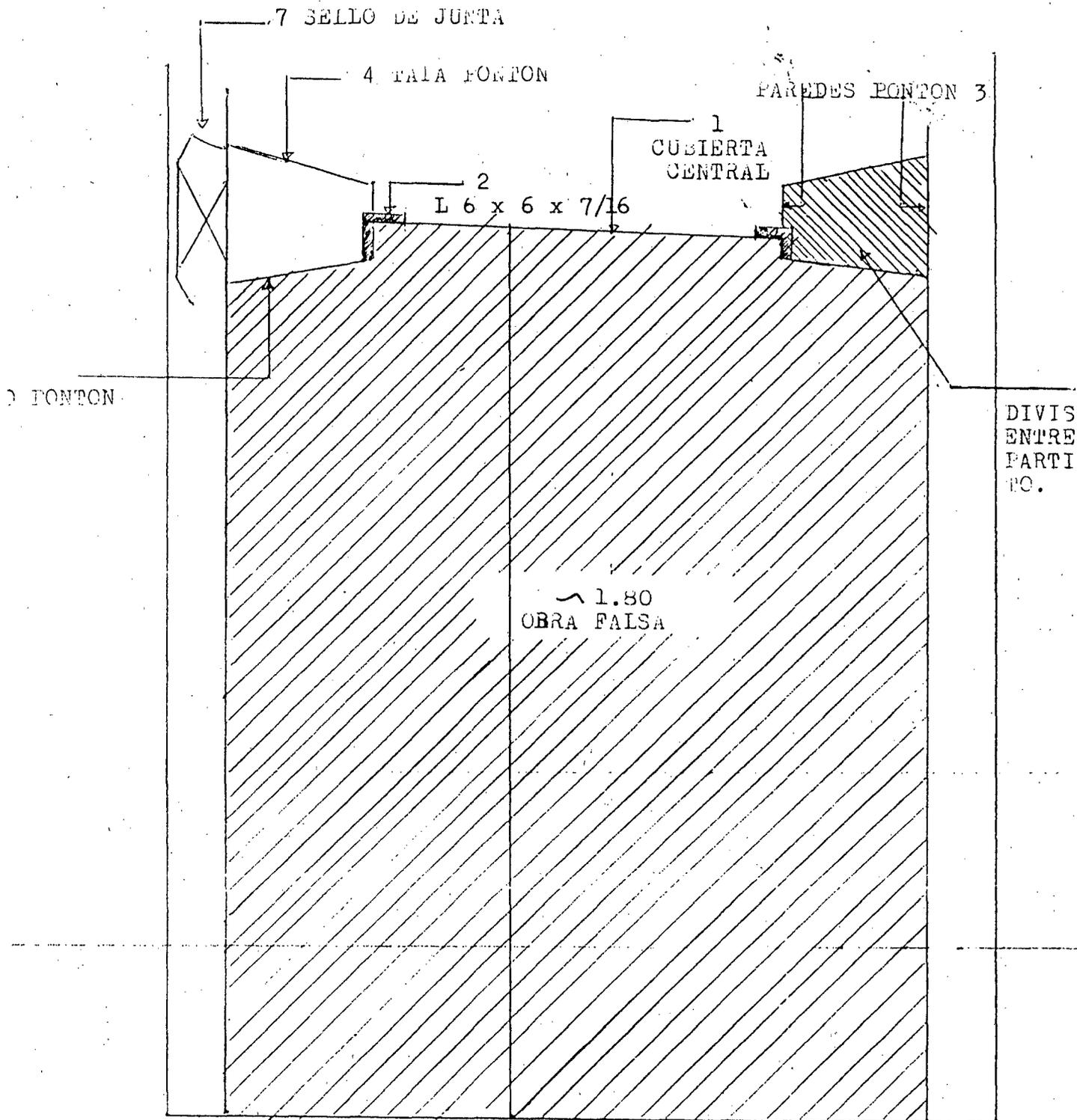
A mayor ángulo de inclinación, mayor profundidad.

Aplicaciones :

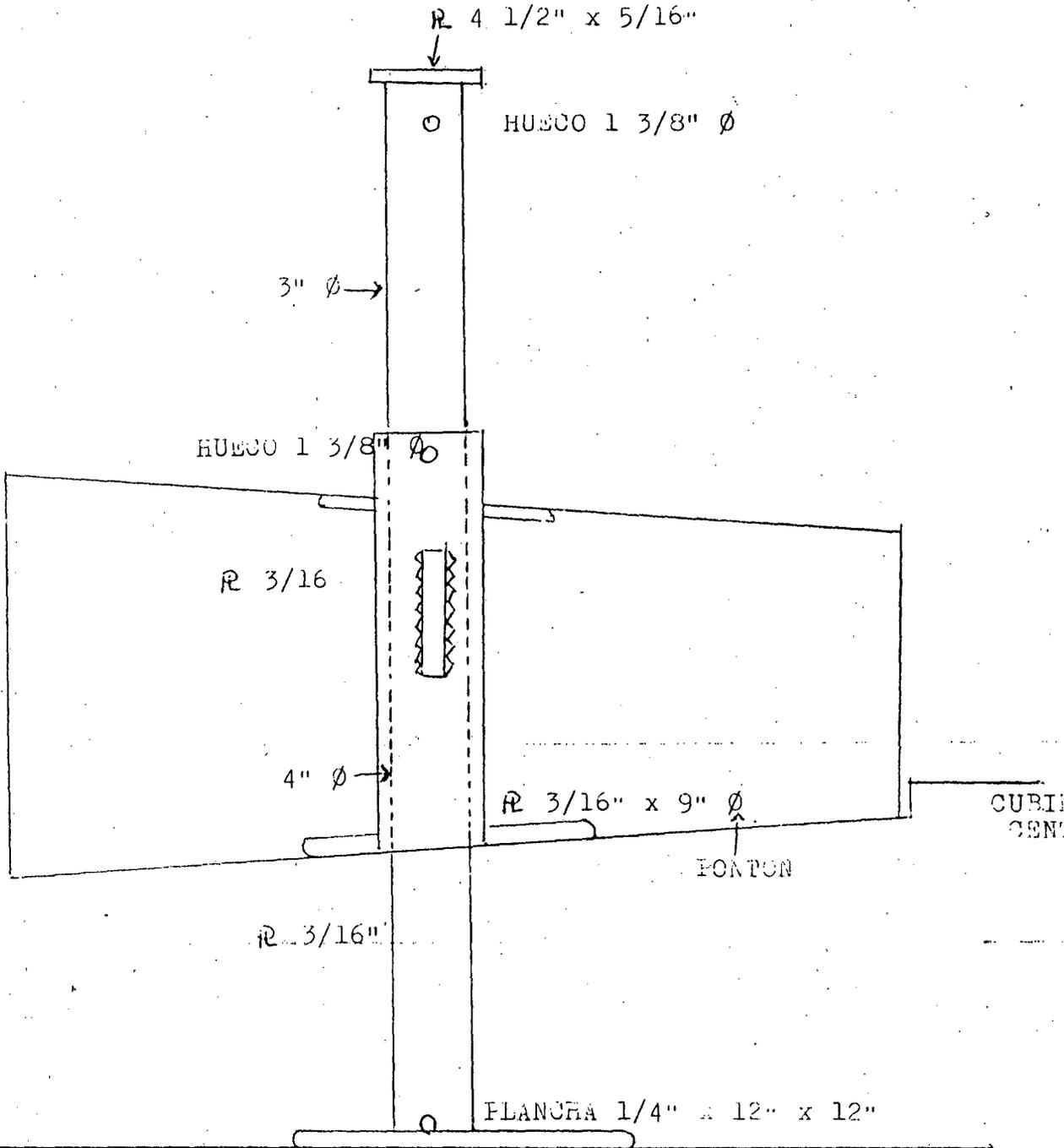
- Para biselar, achaflanar, escoplear, ranurar y acanalar cualquier metal, tanto ferroso como no ferroso.
- Para reparar secciones a soldar, eliminar depósitos viejos o defectuosos, ranuras rajaduras de motores o maquinaria pesada, sin necesidad de desmontarla.

6.2. PONTONES DEL TECHO





SOPORTE DEL TECHO EN LA ZONA DEL PONTON

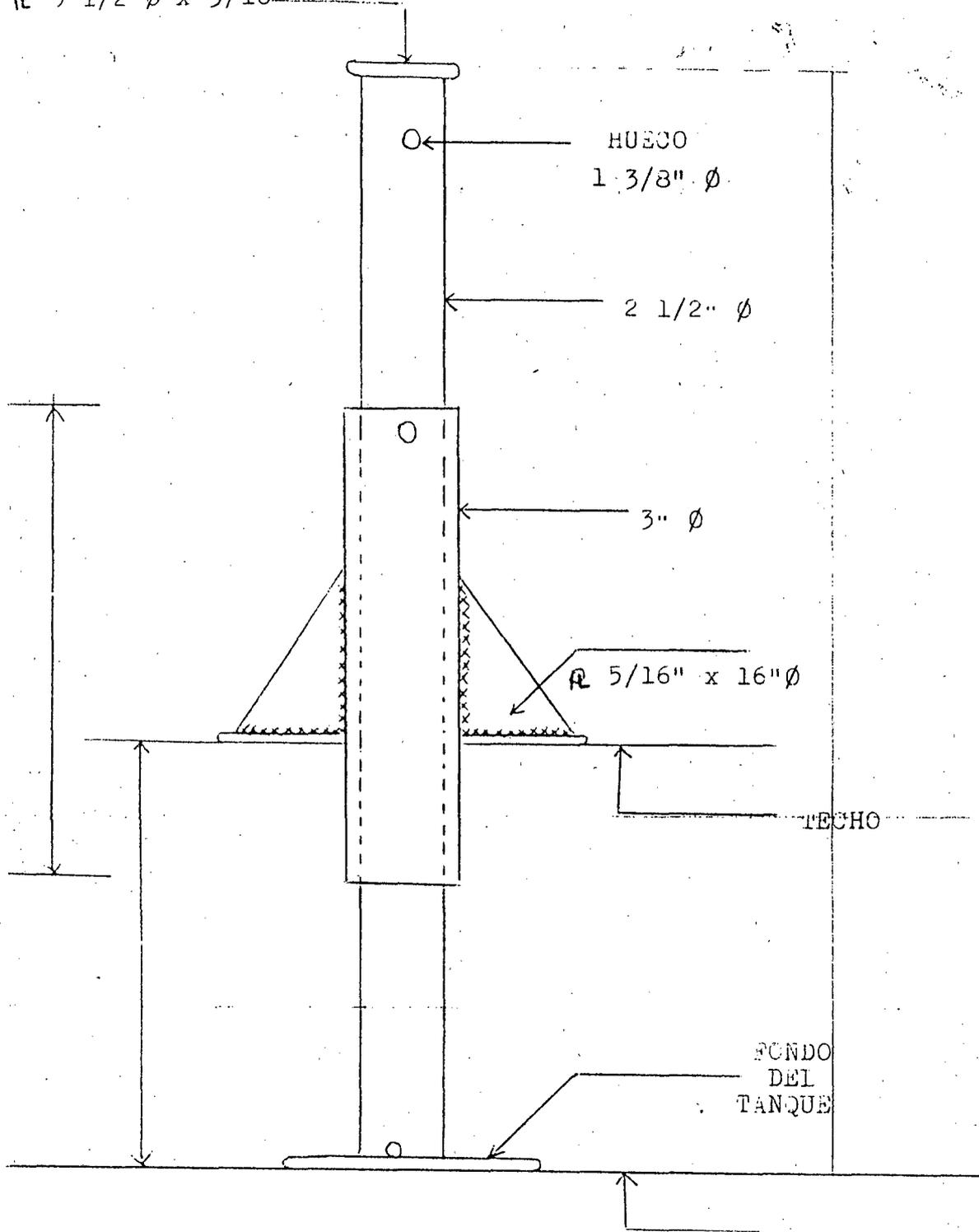


DEI
JE

SOPORTE DEL TECHO

(Son 39)

R 3 1/2" ϕ x 5/16"



is filled with oil, the vapor above the oil will be forced out of the tank. This results in a loss of oil as the oil is carried out as vapor. Similarly, in a storage tank used for standing storage, some of the vapors above the oil will be forced out of the tank during the daytime as they expand from the heat of the sun. At night when the tank cools off, fresh air will be drawn in. This will be "breathed" out again next day, carrying oil vapors with which it has become mixed overnight. With some oils these vapor losses are large enough to be of considerable economic importance. The extra cost of using special roof and tank designs as a means of reducing these losses may be justified. Each proposed application of special designs requires study as an individual problem.

The Floating Roof—A "floating roof," as the name implies, actually floats on the surface of the oil, rather than being carried above the oil on structural steel supports. It rides up and down inside the tank shell as the oil level changes. However, when the normal roof and roof supports are removed, a wind girder is installed around the outside of the tank at or near the top. This stiffens the tank shell and holds it "in round" when the floating roof is low in the tank. The tanks in Figures 21 and 22 are equipped with wind girders. Tanks designed and constructed for floating roofs have the wind girder installed at the time of construction.

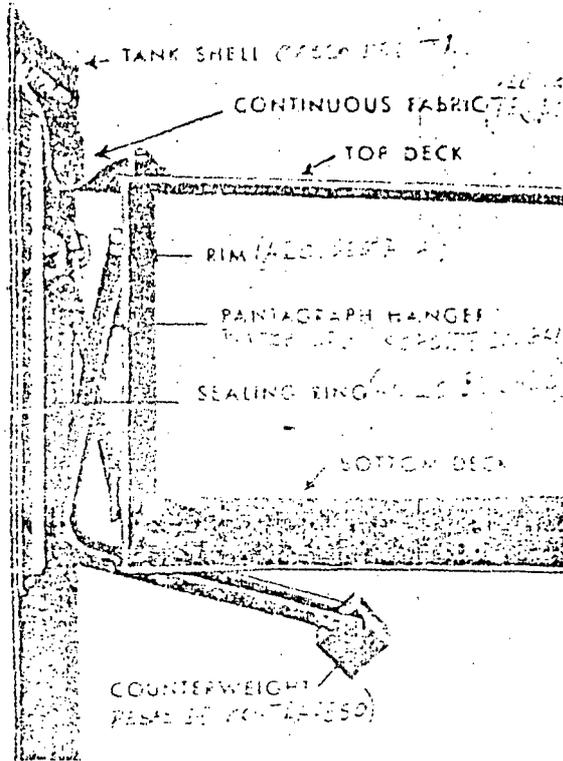


Figure 20. Detail of a double-deck floating roof.

Any common type of storage tank is suitable for installation of a floating roof by substitution of the normal roof supports. In its simplest form the floating roof is merely a large, flat plate, slightly smaller in diameter than the inside of the tank shell. It is provided with a set of flexible "shoes" to close the space between the roof and the tank shell (Figure 20).

In a later development, the floating roof was built a series of "pontoons," or closed compartments, around its outer edge to increase floating stability and to simplify structure. A cut-away view of a typical floating roof of the "ponton" type is shown in Figure 21.

The most recent development is the "double-deck" which employs two separate decks of steel plate over the entire tank area. The space between the upper and lower plates is divided into compartments. With this type of roof the oil is never in contact with the underside of a plate whose top surface is directly exposed to the sun's rays.

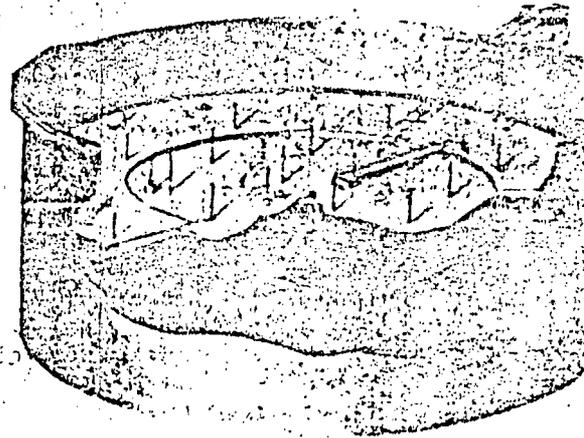


Figure 21. Cut-away view of a pontoon floating roof.

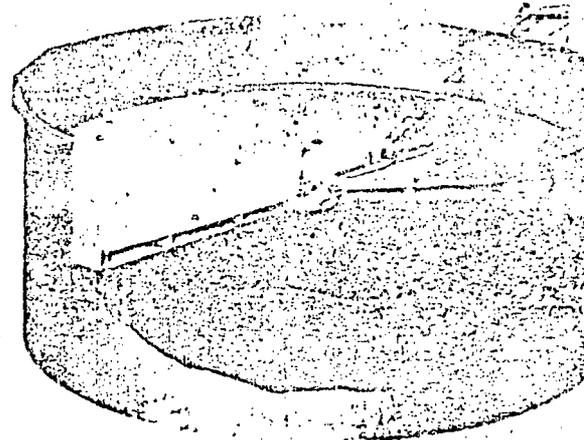


Figure 22. Cut-away view of a double-deck floating roof.

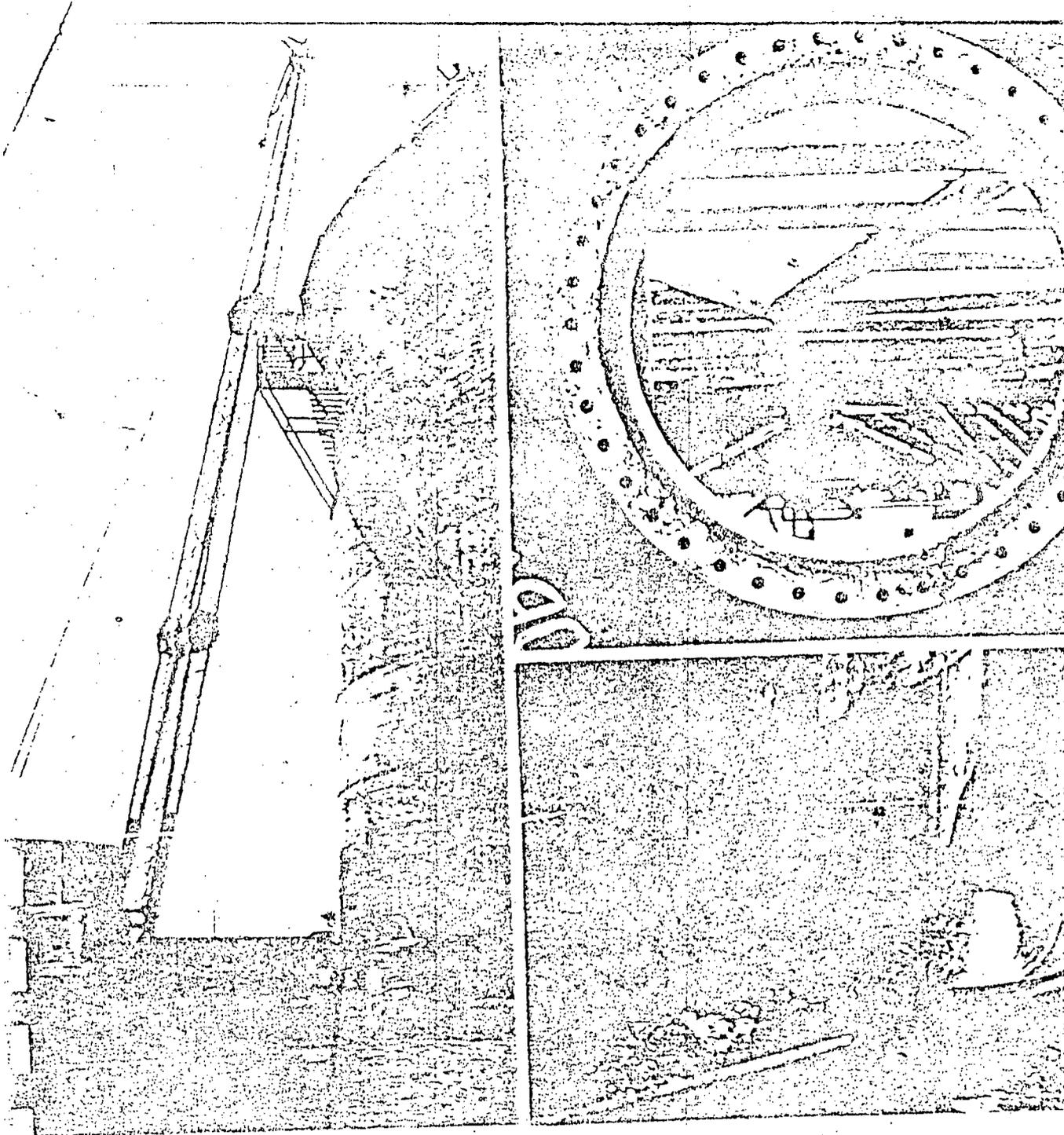


Figure 10. Shell hole and closed doorsheet of a storage tank.

- 1. Shell holes in storage tanks should be repaired in the units during the normal maintenance program.
- 2. Shell holes in storage tanks should be repaired in the units during the normal maintenance program.
- 3. One of the main reasons for the failure of a storage tank is the failure of the doorsheet.
- 4. The doorsheet of a storage tank should be checked through the tank during the normal maintenance program.
- 5. The doorsheet of a storage tank should be checked during the normal maintenance program.
- 6. The doorsheet of a storage tank should be checked during the normal maintenance program.

the tank cover when the tank is being filled or when the tank is being emptied. The relief valve should be set to open at a pressure of about 0.25 psi above the normal operating pressure. When the tank level is being lowered, or when a falling temperature induces the pressure in the tank, it must also automatically open up the opposite direction to allow vapor to escape when the tank is being filled or rising temperature creates the pressure beyond the safe limits. On storage tanks, such valves operate at pressures of about 0.5 ounce and a vacuum of about 0.25 inches per inch. Flame arresters are optional.

CAPITULO X

Conclusión

- De la elaboración de esta tesis se desprende en forma clara y sencilla los procedimientos a seguir en los cálculos, diseño y construcción del tanque de techo flotante, partiendo desde la cimentación hasta la prueba del tanque incluyendo anexos y planos.
- Estos tipos de tanques tienen ciertas ventajas con respecto a otros tipos de tanques (soportado, cónico, etc.) entre las cuales podemos citar las siguientes:
 - a) Aprovechar la presión que ejerce el techo sobre el líquido en la descarga.
 - b) En la construcción del techo se puede apreciar la menor cantidad de estructuras utilizadas.
 - c) La utilización de una escalera que se ajuste a conseguir posición en que se encuentre el techo, dando la facilidad para que se pueda hacer la limpieza de los mecanismos y accesorios que estén sobre dicho

t ccho.

d) Estos tipos de tanques están provistos de abertura de drenaje del superfluo para indicar la aceleración del nivel del líquido en el tanque por encima de la altura de la capacidad diseñada.

- A lo dicho se desprende que esta tesis es interesante e indicado para todo aquel que tiene que andar directamente con tanques de almacenamiento y además de poder contribuir a dar más vida al desarrollo técnico e industrial del país.

BIBLIOGRAFIA

- Reglas y Recomendaciones para diseño y construcción de grandes tanques soldados para almacenaje a baja presión Normas API - 650
Instituto Americano de Petróleo (División de Refinamiento) 1979.
- Steel Construction
American Institute of Steel Construction the A.I.S.C.
volumen I, II
- Manual del Ingeniero Mecánico de Marks
Promeister y Marks.
Unión Tipográfica Editorial Hispano Americano- México.
- Electrodo y Varillas para acero
Oerlikon - San Isidro - Lima Perú
- Soldaduras Especiales
Oerlikon - San Isidro - Lima Perú
- Tanques de Almacenamiento
Grovnell
- Tablas de diseño
Propiedades mecánicas de acero y hierro fundido
Snirley
- Catálogos de Petro-Perú
Departamento de diseño - Area de Ingeniería
- Catálogos de Pinturas
Vencedor, Aurora, Sherwin Williams