

671.7  
P188m

**" Escuela Superior Politécnica del Litoral "**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**" Montaje de Tanques de Almacenamiento, utilizando  
el Método de Elevación Uniforme "**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

**Iván L. Panchana Eguez**

Guayaquil-Ecuador

**1988**

## A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. ALBERTO TORRES VALENCIA,  
Director de Tesis, por su invaluable ayuda, sin la cual hubiera sido imposible la realización de esta tesis.

A la Compañía Construcciones Metálicas Generales, Cuerpo Técnico y personas que directa e indirectamente han colaborado con la elaboración de esta tesis.

D E D I C A T O R I A

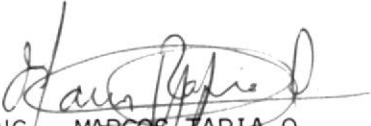
A MI ESPOSA

A MI HIJA


A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI AMIGOS

  
ING. MARCOS TAPIA Q.  
SUB-DECANO  
Facultad de Ingeniería  
Mecánica

  
ING. ALBERTO TORRES V.  
Director de Tesis

  
ING. MANUEL HELGUERO G.  
Miembro Principal del  
Tribunal

  
ING. EDMUNDO VILLACIS M.  
Miembro Principal del  
Tribunal



DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me componen exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ivan L. Panchana Eguez', written over a horizontal dashed line. The signature is stylized, with a large, circular initial 'I'.

IVAN L. PANCHANA EGUEZ



## R E S U M E N

El presente trabajo está encaminado a introducir un método eficiente de montaje de tanques de almacenamiento de gran capacidad.

El método consiste en construir el tanque utilizando un sistema de elevación con el cual se va construyendo el tanque desde el techo hacia la parte inferior, realizándose todos los trabajos de posicionamiento de planchas, preparación de juntas y proceso de soldadura a nivel del suelo, no utilizándose en ningún momento maquinaria pesada como grúas, cabrestantes o andamios.

Del análisis de resultados se observa que el método de elevación uniforme tiene ventajas sobre los otros métodos en varios rubros como: seguridad industrial, facilidad de operación, tiempos de ejecución, acabado y en especial en el rubro de uso de equipos y herramientas en el que se logra una economía del orden del 50 % haciendo a este método mucho más rentable que los otros.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL .....	VII
INDICE DE GRAFICOS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	XII
NOMENCLATURA .....	XIV
INTRODUCCION .....	19
I. CAPITULO .....	21
FUNDAMENTO TEORICO .....	21
1.1 Necesidad de fabricación de tanques - de almacenamiento de gran capacidad..	21
1.2 Factores para la determinación de ca- pacidad requerida de almacenamiento..	24
1.3 Código y regulaciones técnicas a uti- lizarse en los procesos de construc- ción. ....	34
1.3.1 Materiales recomendados .....	35
1.3.2 Método de inspección y pruebas	41
1.4 Tipos de métodos de montaje .....	45
1.4.1 Método convencional .....	47
1.4.2 Método Patón E.Q. ....	51
1.4.3 Método de elevación uniforme .	54
II. CAPITULO .....	59



PROCESO DE FABRICACION Y MONTAJE DE UN TANQUE DE 20.000 bbl DE CAPACIDAD. ....	59
2.1 Diseño del tanque de 20.000 bbl ....	59
2.1.1 Control de calidad de materiales a utilizarse en la fabricación de tanque de 20.000 bbl..	173
2.1.2 Preparación y conformado de planchaje. ....	178
2.2 Cálculo estructural de sistema de elevadores en el montaje del tanque de 20.000 bbl. ....	206
2.3 Procedimiento de montaje del tanque de 20.000 bbl. utilizando el método de elevación uniforme. ....	217
III. CAPITULO .....	243
ANALISIS ECONOMICO .....	243
- Ventajas y desventajas del método de elevación uniforme. ....	258
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	262
APENDICES .....	265
BIBLIOGRAFIA .....	282

## INDICE DE GRAFICOS

Nº	DESCRIPCIÓN	Pág.
27	1. Relación entre las diferentes velocidades de corrosión. ....	33
51	2. Montaje de tanques por el método convencional. ....	50
53	3. Montaje de tanques por el método PATON E. Q. ....	53
54	4. Montaje de tanques por el método de elevación uniforme. ....	58
68	5. Plano general del tanque de 20.580 bbl. .	68
73	6. Diagrama de distribución del planchaje del fondo. ....	73
83	7. Desarrollo del cilindro ....	83
87	8. Distribución del planchaje para el techo.	87
89	9. Estructura soportante de techo (vista superior). ....	89
90	10. Análisis de una cercha ....	90
91	11. Vista lateral de una cercha ....	91
93	12. Anillo rigidizante ....	93
99	13. Escotilla de inspección de costado .....	99
107	14. Escotilla de inspección de techo .....	103
108	15. Puerta de limpieza ....	108
111	16. Sumidero de agua y lodos ....	111
117	17. Bocatoma de carga ....	117

Nº		Pág.
110	18. Bocatama de descarga .....	119
121	19. Dimensiones del respiradero .....	121
123	20. Medidor de nivel .....	123
124	21. Escalera helicoidal y pasamano .....	124
150	22. Determinación del área de la sección <u>trans</u> versal de soldadura (Ref. 4). .....	159
160	23. Relación entre espesor de planchas-ampera- je vs. voltaje para la determinación del diámetro del electrodo. ....	160
173	24. Sección del anillo de contención .....	173
174	25. Diseño de la fundación para el tanque de 20.580 bbl. ....	174
178	26. Probeta de análisis químico .....	178
182	27. Cronograma de fabricación de un tanque de 20.580 bbl. ....	182.
197	28. Comprobación de paralelismo .....	197
210	29. Distribución de elevadores formando un do- decágono regular. ....	210
211	30. Diseño de elevadores de 5 toneladas de ca- pacidad. ....	211
214	31. Soporte de elevación .....	214
219	32. Cronograma de montaje de un tanque de - 20.580 bbl. ....	219
224	33. Montaje del fondo. ....	224
227	34. Montaje del quinto anillo y del anillo ri- gidizante. ....	227

Nº		Pág.
227	35. Ubicación de la columna central y soporte central. ....	227
227	36. Ubicación de cerchas de estructura soportante. ....	227
231	37. Montaje del planchaje del techo .....	231
231	38. Montaje del cuarto anillo del cilindro .	231
231	39. Montaje del tercer anillo del cilindro .	231
235	40. Montaje del segundo anillo del cilindro .	235
235	41. Montaje de las 10 planchas del primer anillo. ....	235
235	42. Retirada de los elevadores .....	235
237	43. Tanque de 20.580 bbl. terminado, sin accesorios. ....	237
237	44. Montaje de accesorios fabricados en taller	237
238	45. Montaje parcial de la escalera helicoidal	238
238	46. Tanque de 20.580 bbl. completamente terminado. ....	238
244	47. Cronograma de fabricación y montaje de un tanque de 20.580 bbl. ....	244
227	48. Análisis estructural de una cercha .....	272



BIBLIOTECA

## INDICE DE TABLAS

	Nº		Pág.
23	I.	Datos estadísticos de almacenamiento .....	23
32	II.	Velocidad de corrosión .....	32
37	III.	Materiales recomendados .....	37
40	IV.	Materiales y sus esfuerzos permisibles ...	40
61	V.	Propiedades de los aceites lubricantes ...	61
64	VI.	Propiedades de doblado (acero ASTM-A-283 , Gr "C"). .....	64
66	VII.	Capacidad nominal de almacenamiento .....	66
76	VIII.	Espesor de pared del cilindro .....	76
78	IX.	Espesores nominales para el cilindro ....	78
81	X.	Espesor nominal de pared, factor de corro- sión y espesor obtenido de Ec. 2.8. ....	81
82	XI.	Espesores de pared con medida comercial ..	82
97	XII.	Dimensiones de escotilla de inspección de costado. ....	97
98	XIII.	Dimensiones de escotilla de inspección de costado. ....	98
101	XIV.	Dimensiones de escotilla de inspección de techo. ....	101
105	XV.	Dimensiones de la puerta de limpieza ....	105
106	XVI.	Dimensiones de la puerta de limpieza ....	106
107	XVII.	Dimensiones de la placa de refuerzo de la puerta de limpieza. ....	107

Nº		Pág.
112	XVIII. Dimensiones del sumidero de agua y lodos .	112
115	XIX. Relación entre caudal del líquido y diámetro de tubería. ....	114
116	XX. Dimensiones de bocatoma de carga .....	116
117	XXI. Dimensiones de bocatoma de descarga .....	118
127	XXII. Preparación de superficie del metal y el tipo de pintura recomendada. ....	127
131	XXIII. Procedimiento de pintura seleccionado ...	131
142	XXIV. Especificaciones de aceros y de metal soldado. ....	142
143	XXV. Propiedades mecánicas y requerimientos radiográficos (S.M.A.W.). ....	143
145	XXVI. Recomendaciones del tipo de electrodo (G.M.A.W.). ....	145
146	XXVII. Composición química del electrodo (G.M.A.W)	146
161	XXVIII. Relación entre corriente, voltaje y consumo de gas. ....	161



## N O M E N C L A T U R A

INSTITUTO TECNOLÓGICO

A	=	Area m <sup>2</sup> .
A <sub>a</sub>	=	Area cada anillo
A <sub>c</sub>	=	Area de cordón
A <sub>c</sub>	=	Area de la sección de cada elemento del eleva <u>dor</u> .
A <sub>F</sub>	=	Area del fondo
A <sub>S</sub>	=	Area de la sección de hierro
A <sub>t</sub>	=	Area techo
AISC	=	American Intitution of Steel Construction
API	=	American Petroleum Institute
ASME	=	American Society of Mechanical engineers
ASTM	=	American Society for testing materials
AWS	=	American Weldin Society
A <sub>smim</sub>	=	Area mínima de hierro de la sección del muro de contención.
BBL	=	Barril de petróleo Unidad Internacional equi <u>valente</u> a 42 galones.
D	=	Diametro nominal del tanque
D <sub>i</sub>	=	Diámetro inferior
D <sub>p</sub>	=	Diámetro de círculo de pernos
D <sub>s</sub>	=	Diámetro sumidero
DT	=	Diámetro exterior de tapa

Dt	=	Diámetro tubo
Dr	=	Diámetro de la placa de refuerzo
d	=	Distancia desde superficie del muro hasta varilla del estribo inferior.
Es	=	Eficiencia de soldadura
Fc	=	Factor de corrosión
Fcc	=	Factor de corrosión del cilindro
F <sub>CF</sub>	=	Factor de corrosión al fondo
G	=	Gravedad específica
g	=	Garganta del filete
g.c.h.	=	Gramos por centímetro cúbico por hora
g.d.d	=	Gramos por centímetro cúbico por el día
g.i.h	=	Gramos por pulgadas cúbicas por hora
G.M.A.V	=	Gas Metal arc Welding
g.ℓ.N	=	Galón americano, capacidad equivalente a 3.785 litros.
H	=	Altura del cilindro
Hc	=	Altura cuello
Ho	=	Altura operación
HP	=	Horse Power
Hs	=	Altura sumidero
h	=	Altura de cada plancha
hm	=	Altura del muro de contención
I	=	Momento de inercia
ipm	=	Pulgadas por mes
ipy	=	Pulgadas por año
j	=	Factor de seguridad (0.9)

K.	=	Factor de reposo
L	=	Distancia desde tubo al cilindro
Lc	=	Distancia entre cada elevador
Lp	=	Longitud de plancha
ℓs	=	Longitud de cordón para soporte
M	=	Momento que trata de tumbar el muro de contención.
Me	=	Momento actúa en el elevador
mdd	=	Miligramos por decímetro cuadrado por día
mpy	=	Milésimas de pulgadas por año
N	=	Número de anillos
n	=	Número de planchas por anillo
Ne	=	Número de elevadores
np	=	Número de pernos
Pa	=	Presión en el fondo del tanque
Pb	=	Presión en la base del muro de contención
Pe	=	Carga máxima de cada elevador
Pi	=	Punto de inflamación
Pe	=	Peso del líquido
Pm	=	Presión distribuido por metro de longitud
Pp	=	Presión promedio sobre el muro de contención
Ps	=	Carga del soporte
P+	=	Peso del tanque
Psi	=	Libras por pulgada cuadrada
Qc	=	Carga del cilindro (anillos 2-3-4- y 5)
Qe	=	Carga total de la estructura soportante

XVII

Qs	=	Carga total que soporta el suelo
Qt	=	Carga total del techo
QT	=	Carga total del tanque
qs	=	Carga por metro cuadrado que soporta el suelo
SMAW	=	Shield Metal Arc Welding
T	=	Tiempo exposición
ta	=	Espesor de pared de cada anillo
tb	=	Espesor brida
tc	=	Espesor de pared del cilindro
tf	=	espesor del fondo
tt	=	espesor del techo
tr	=	Espesor placa de refuerzo
tac	=	Espesor coello
tnc	=	Espesor nominal de pared del cilindro
tnf	=	Espesor nominal fondo
V	=	Viscosidad cinemática
Vc	=	Velocidad de corrosión
Vu	=	Vida útil
Vcc	=	Velocidad de corrosión del cilindro
W	=	Peso perdido, mg.
Y	=	Distancia del eje neutro de la sección a la - fibra exterior.

SIMBOLOS GRIEGOS

$\rho$	=	Densidad
--------	---	----------

XVIII

$\sigma_p$	=	Esfuerzo permisible del acero (2.800 Kg/cm <sup>2</sup> )
$\sigma_y$	=	Resistencia última a la tensión
$\sigma_s$	=	Resistencia del suelo
$\sigma_T$	=	Esfuerzo a la tracción
$\pi$	=	Pi (3,1416)
$\alpha_s$	=	Peso específico del suelo
$\phi_s$	=	Coefficiente de fricción del suelo
$\alpha_a$	=	Peso específico del acero
$c$	=	Esfuerzo de corte del electrodo

## INTRODUCCION



El proceso de fabricación y montaje de tanques metálicos soldados para almacenamiento de sustancias líquidas, constituye un renglón importante dentro de la industria de la construcción soldada.

Los tanques de almacenamiento de gran capacidad son construídas para dar servicio a la industria química, petrolera, petroquímica y alimenticia, entre otras.

En el caso de nuestro país, debido al desarrollo de las industrias mencionadas, las empresas estatales y privadas invierten grandes sumas de dinero en la construcción de tanques, razón por la cual se hace un rubro importante dentro de la economía nacional.

Dada la necesidad local de efectuar este tipo de construcciones, este trabajo presentará el procedimiento de diseño, proceso de fabricación y montaje de un tanque de almacenamiento de gran capacidad.

En lo relacionado al proceso de montaje se describirá el "Método

do de elevación uniforme" que ha sido ideado y utilizado por la compañía Construcciones Metálicas Generales "C.M.G." , dedicada a la Construcción metalmecánica pesada, con excelentes resultados tecnológicos y que al ponerlo al servicio de la ingeniería ecuatoriana, es tamos seguros que será de gran utilidad.

## CAPITULO I



### FUNDAMENTO TEORICO

#### 1.1. NECESIDAD DE FABRICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GRAN CAPACIDAD

Con el objeto de determinar la necesidad de fabricación - de tanques de almacenamiento de gran capacidad, se efectuó - un estudio de requerimientos de almacenamiento de líquidos, en las industrias químicas, petroquímicas, petroleras y alimenticias. Entre las cuales la industria del petróleo operada por la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE), es la que presenta la mayor necesidad de tanques de almacenamiento para petróleo y sus derivados, localizados en diferentes sitios - de nuestro país.

La tabla N° I, resume dichos datos estadísticos de los cuales se aprecia que la inversión futura en este tipo de construcciones representa valores importantes.

La ejecución de este tipo de obras de parte de empresas - privadas y especialmente estatales se ha institucionalizado -

adjudicándolas a empresas extranjeras o pseudo-nacionales con el consiguiente perjuicio a las empresas nacionales y por ende a la economía del país.

Con el propósito de suministrar procedimientos tecnológicos para construir tanques de almacenamiento de gran capacidad es que se ha decidido efectuar este trabajo, que a no dudarlo servirá de guía para los ingenieros y técnicos que se encuentran trabajando en el área de la construcción metalmecánica pesada.

En la siguiente página podremos apreciar la tabla I, la cual nos muestra los datos estadísticos de almacenamiento.



TABLA I

DATOS ESTADISTICOS DE ALMACENAMIENTO

NOMBRE DE LA EMPRESA	PRODUCTO ALMACENADO	CAPACIDAD ACTUAL (glus)	CAPACIDAD FUTURA (glus)
C.E.P.E.	Petróleo y sus derivados	55'359.801	77'301.616
Repetrol	Petróleo y sus derivados	14'737.800	16'837.800
CELSA	Aceites lubricantes	3'395.000	4'235.000
Ecuafuel	Gasolina de avión	1'701.343	2'201.343
Jabonería Nacional S.A.	Materia prima	2'376.000	2.775.000
Fábrica de aceites La Favorita.	Aceites comestibles	2'905.000	3'432.000
Termoplast	Materia prima	264.000	316.800

## 1.2. FACTORES PARA LA DETERMINACION DE CAPACIDAD REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO

Durante la planificación de la construcción de un tanque de almacenamiento de gran capacidad, se tienen que tomar en consideración varios factores para la determinación de la capacidad de almacenamiento. Estos factores pueden ser clasificados de la siguiente manera:

a. Necesidad del propietario

b. Factores de construcción:

1. Propiedades del líquido
2. Resistencia del suelo
3. Espacio físico disponible
4. Financiamiento
5. Modelo del tanque
6. Optimización del uso del material
7. Factor de corrosión
8. Temperatura de operación
9. Presión de diseño
10. varios.

a. Necesidad del propietario:

Se obtiene con los datos que suministra el propietario,



los cuales se dan en base a la cantidad de líquido que se quiere almacenar, teniendo en consideración la producción actual del líquido y ampliaciones futuras.

b. Factores de construcción:

El Ingeniero constructor procede a diseñar el tanque dependiendo de los siguientes factores constructivos.(Ref.1).

b.1. Propiedades del líquido: se tienen que conocer todas las propiedades del líquido que va a ser almacenado, las cuales serían: densidad, viscosidad dinámica, viscosidad cinemática, punto de inflamación, presión de vapor, corrosividad, etc.

También se deben conocer qué tipo de impurezas o elementos nocivos pueden encontrarse en el líquido.

b.2. Resistencia del suelo: es obligatorio efectuar un estudio de mecánica de suelos para poder conocer de una manera exacta la resistencia del suelo, de tal manera que se asegure que el suelo podrá soportar el peso del tanque y del líquido a ser almacenado. En caso de que el suelo no sea lo suficientemente resistente, este podría ser reforzado mediante la hincada de pilotes o sugerir la construcción de varios tanques de menor capacidad.

b.3. Espacio físico disponible: el sitio donde estará ubicado -

el tanque deberá estar exento de accidentes geográficos como: colinas, ríos, pozos, pantanos, árboles, etc. También se tiene que tener en consideración si existen las adecuadas vías de acceso al tanque o si es posible construirla.

Se evitará almacenar productos combustibles en lugares - que se encuentren densamente habitados.

b.4. Financiamiento: este factor es uno de los más importantes ya que en base a la disponibilidad de dinero se puede diseñar un tanque de almacenamiento que cumpla con todos los requerimientos técnicos y que garanticen un buen funcionamiento durante el período de vida útil del tanque.

b.5. Modelo del tanque: en función del líquido a ser almacenado, presión de trabajo, el sitio donde va a estar ubicado y de las condiciones ambientales. El constructor - podrá sugerir el modelo adecuado para el tanque a ser construído.

Los códigos de Ingeniería sugieren los siguientes tipos:

- Tanque cilíndrico vertical con techo cónico soportado.

- Tanque cilíndrico vertical con techo cónico autosoportado.
- Tanque cilíndrico vertical con techo autosoportado tipo paraguas.
- Tanque cilíndrico vertical con techo autosoportado tipo paraguas.
- Tanque cilíndrico vertical con techo flotante.
- Tanque cilíndrico vertical con techo tipo Domo



b.6. Optimización del uso del material: el ingeniero constructor efectuará un diseño, en el cual el desperdicio del material (retacería) sea mínimo, de esta manera se pueden bajar los costos de material directos para la construcción de tanques.

En otras palabras el constructor seleccionará las dimensiones finales del tanque como son diámetro, altura del cilindro y por consiguiente la capacidad de almacenamiento, en función del tamaño comercial del planchaje.

b.7. Factor de corrosión: es uno de los factores más importantes, asegura que el tanque diseñado pueda trabajar eficientemente.

temente durante el tiempo estimado en el diseño (vida útil).

Para lograr la vida deseada del tanque se incrementa adecuadamente el espesor del material, lo cual se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$F.C. = Vc \cdot Vu \quad (1.1)$$

Donde:

F.C. : factor corrosión  
 Vc : velocidad de corrosión  
 Vu : vida útil

La velocidad de corrosión (Vc) a venido siendo expresada en diferentes formas, las cuales se muestran a continuación (Ref.3).

- Peso perdido -----g o mg.
- m.d.d. -----mg/dm<sup>2</sup>.dia.
- g.d.d. -----g/dm<sup>2</sup>.dia.
- g.c.h. -----g/cm<sup>2</sup>.hora
- g.i.h -----g/pg<sup>2</sup>.hora.
- I.p.y. -----pg/año
- I.p.m. -----pg/mes
- mpy -----mills pg/año

Desde un punto de vista ingenieril la velocidad de penetración de la corrosión o el afinamiento de una pieza estructural puede ser usado directamente para predecir la vida de un componente dado. Las siguientes expresiones I.p.y., I.p.m., y m.p.y., suministran la resistencia a la corrosión directamente en términos de penetración. Para evitar el uso de decimales y unificar este término se está tratando de normalizar el uso de m.p.y., como velocidad de corrosión.

El valor de m.p.y., se lo obtiene realizando pruebas de laboratorio utilizando similares condiciones ambientales (atmósfera) que el sitio donde va a trabajar el material para este fin se utilizará la siguiente ecuación.<sup>(3)</sup>

$$m.p.y. = \frac{534 \cdot W^3}{D \cdot A \cdot T} \quad (1.2)$$

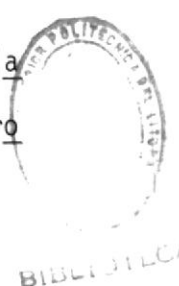
Donde:

- W : peso perdido, mg.
- D : densidad de la pieza, g/cm<sup>3</sup>
- A : área de la pieza, pg.<sup>2</sup>
- T : tiempo exposición, horas.



En la práctica para agilizar el cálculo del factor de corrosión, se utilizan tablas en las que se encuentran valores de la velocidad de corrosión para un tipo de material estando en contacto con diferentes tipos de atmósfera. Las velocidades de corrosión para un determinado material varían de acuerdo a la atmósfera - donde se encuentre funcionando, así en la tabla II - (Ref.4), se observan los valores de velocidad de corrosión (m.d.d.), para el acero, zinc y cobre en diferentes tipos de atmósfera.

Finalmente en el gráfico I, (Ref. 3), se observa la relación existente entre las diferentes velocidades de corrosión m.p.y., I.p.y., I.p.m. y m.d.d.

- 
- b.8. Temperatura de Operación: Se deberán especificar los valores de temperatura máxima y mínima del líquido a ser almacenado y del medio ambiente.
- b.9. Presión de diseño: Se especificará si el tanque trabajará a la presión atmosférica o si deberá soportar algún tipo de presión interna.
- b.10. Varios: Por último se determinarán factores para cargas de viento, lluvias, terremotos, y accesorios adicionales. Otro factor de construcción importante sería la experiencia

cia del constructor en base a lo cual se podrían hacer su gerencias prácticas para que la determinación de la capa cidad requerida sea lo más conveniente tanto en el plano técnico como en el económico.

En la siguiente página podremos observar la tabla II, la cual nos muestra la velocidad de corrosión.



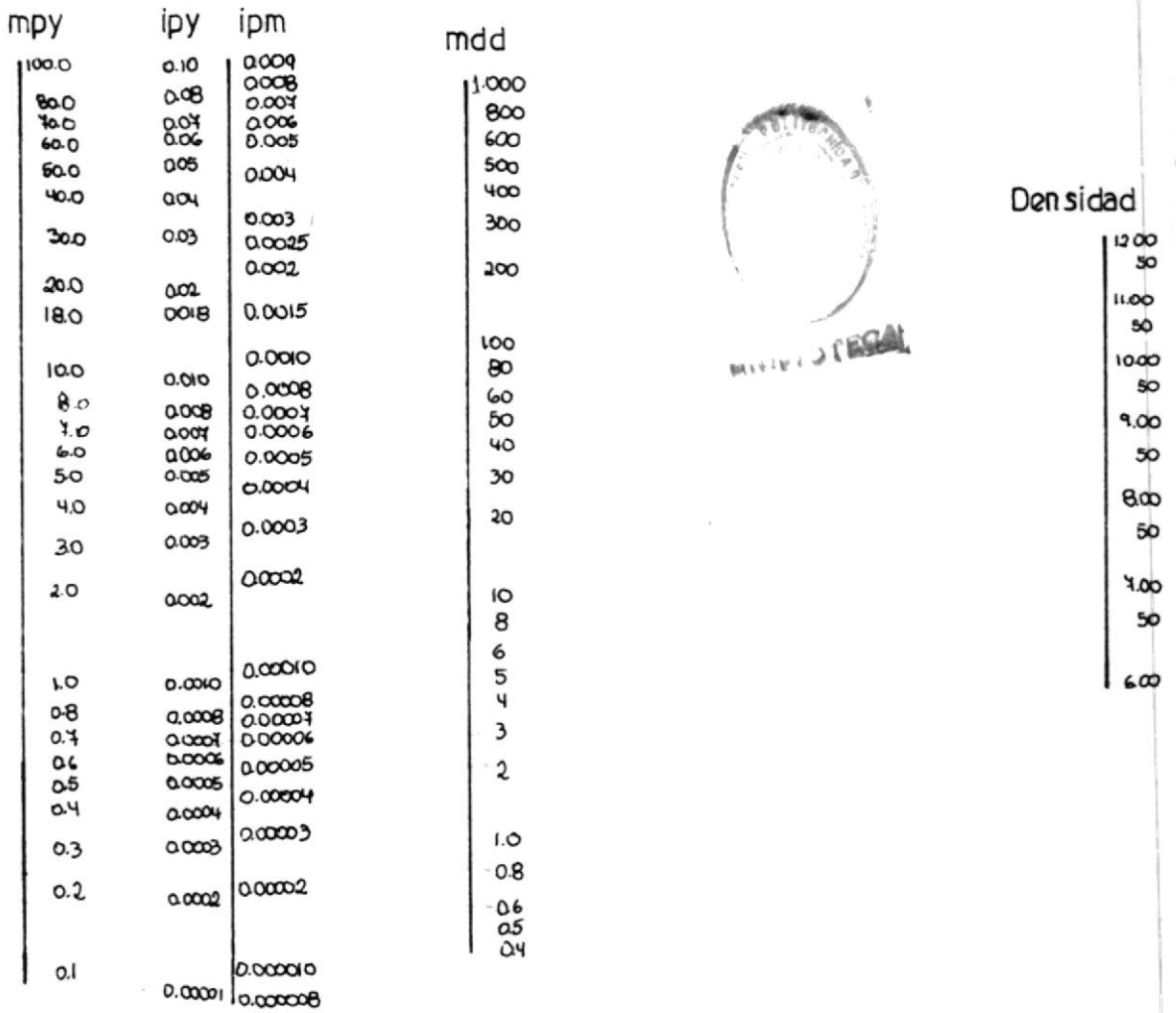
TABLA II

## VELOCIDAD DE CORROSION

MEDIO	VELOCIDAD DE CORROSION (mdd)		
	ACERO	ZINC	COBRE
Atmósfera rural	-	0.17	0.14
Atmósfera marítima	2.9	0.31	0.32
Atmósfera industrial	1.5	1.0	0.29
Agua de mar	25	10	8
Solo	5	3	0.7

GRAFICO Nº 1

Relacion entre las diferentes velocidades de corrosion



### 1.3. CODIGOS Y REGULACIONES TECNICAS A UTILIZARSE EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCION

La seguridad pública podría verse involucrada en el diseño y fabricación de varias estructuras como por ejemplo: edificios, líneas de tuberías, buques, tanques reservorios, recipientes de presión. Para minimizar el peligro de una falla catastrófica o alguna falla prematura, se han establecido documentos para regular el diseño y construcción de estas estructuras.

Estos documentos son llamados especificaciones, códigos, normas o reglas. Los cuales son generalmente escritos por grupos industriales, organizaciones profesionales, instituciones gubernamentales o militares.

Cada código u especificación trata única y específicamente sobre el tema de interés.

Entre las organizaciones que escriben códigos relacionados a la construcción soldada se encuentran:

- American Welding Society (A.W.S).
- American Institute of Steel Construction (AISC)
- American Society for Testing Materials (A.S.T.M)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Petroleum Institute (API).

Estos códigos y regulaciones han sido escritos en base a trabajos realizados y además están sometidos a revisiones periódicas - con el fin de mantenerlos actualizados.

Para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento, los códigos más usuales son los que se indican a continuación:

- Para el diseño y montaje de tanques de almacenamiento: código API-650;
- Para el control de las soldaduras, calificación del procedimiento de soldadura y soldadores: American Welding Society;
- Para el control de calidad de los materiales: código ASME, Sección V.

#### 1.3.1. Materiales recomendados

La selección de los materiales a utilizarse en el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento, requiere - un minucioso análisis en cuanto a las condiciones propias de funcionamiento del tanque, aspectos técnicos y económicos.

Se tiene que conocer los materiales existentes, teniendo



en consideraci3n la compatibilidad de los mismos entre s3 y con el medio ambiente donde funcionar3 el tanque.

Adem3s se deben de considerar las propiedades mec3nicas, f3sicas y qu3micas del material. Entre los factores de dise1o que tienen incidencia sobre la selecci3n de los materiales, est3n la presi3n, temperatura de operaci3n del tanque y su resistencia a la corrosi3n.

Por 3ltimo se debe analizar el aspecto econ3mico, cuyas variables son:

- Disponibilidad del material;
- Fabricabilidad; y,
- Maquinabilidad del material.



Cabe se1alar que de la adecuada selecci3n de los materiales depender3 la vida 3til del tanque.

La tabla III, resume algunos tipos de aceros recomendados para la construcci3n de tanques de almacenamiento(Ref.1).

(Ver tabla III.-)

## TABLA III

## MATERIALES RECOMENDADOS

- A-283 Planchas, perfiles y barras de acero al carbono con baja e intermedia resistencia a la tensión. Grado "C" = máximo espesor (25mm).
- A-285 Planchas para recipientes de presión, acero al carbono con baja e intermedia resistencia a la tensión, solo grado "C" = máximo espesor = (25mm).
- A-131 Acero estructura para buques  
Grado A máximo espesor (12mm).  
Grado B máximo espesor (25mm).  
Grado CS máximo espesor (37mm).  
Grado EH 36 máximo espesor (45mm).
- A-36 Acero estructural máximo espesor = (37mm).
- A-442 Planchas para recipientes de presión, acero al carbono, propiedades mejoradas. Grados 55 y 60 máximo espesor = (37mm).
- A-573 Planchas de acero estructural al carbono de mayor dureza. Grados 58, 65 y 70 máximo espesor (37mm).

## CONTINUACION TABLA III

- A-516 Planchas para recipientes de presión de acero - al carbono para servicios de temperatura baja y moderada. Grados 55, 60, 65 y 70. Máximo espesor = (37.mm)
- A-662 Planchas para recipientes de presión, carbono , manganeso para servicios de temperatura baja y moderada. Grados B y C máximo espesor = (37mm).
- A-537 Planchas para recipientes de presión, tratada - en caliente, acero con carbono-magnesio y silicio clase 1 y clase 2 máximo espesor (45mm).
- A-633 Acero normalizado de alta resistencia y baja - aleación, Grados C y D máximo espesor (45mm).
- A-678 Planchas de acero al carbono templado para aplicación estructural. Grados A máximo espesor - 1.5". Grado B máximo espesor = (45mm).
- A-737 Planchas para recipientes de presión, acero de alta resistencia y baja aleación. Grado B.

En la tabla IV, se especifican los esfuerzos permisibles de los aceros anteriormente señalados:

Para la selección de perfiles estructurales el código API-650 recomienda:

A-36        acero estructural  
A-131       acero estructural para buques

Finalmente para la selección de tuberías, acoplamientos y forjados el código API-650, recomienda:

API        standard 5L, grados A y B  
API        standard 5LX, grado x42  
ASTM-A106 grados A y B  
ASTM-A105, entre otras

(Ver tabla IV.-)



TABLA IV

## MATERIALES Y SUS ESFUERZOS PERMISIBLES

ESPECIFICACION	GRADO	MINIMO ESFUERZO DE FLUENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> ).	RESISTENCIA ULTIMA EN TENSION (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO PERMISIBLE (Kg/cm <sup>2</sup> ) $\sigma_p$
A-283	C	2.110	3.867	1.406
A-285	C	2.110	3.867	1.406
A-131	A,B,C	2.390	4.078	1.533
A-131	Eh - 36	3.585	4.991	1.870
A-36	-	2.531	4.078	1.533
A-442	55	2.110	3.867	1.406
A-442	60	2.250	4.218	1.497
A-573	58	2.250	4.077	1.497
A-573	65	2.461	4.570	1.638
A-573	70	2.953	4.921	1.849
A-516	55	2.110	3.867	1.406
A-516	60	2.250	4.218	1.497
A-516	65	2.461	4.570	1.638
A-516	70	2.671	4.921	1.779
A-662	B	2.812	4.570	1.715
A-662	C	3.023	4.921	1.849
A-537	1	3.515	4.921	1.849



### 1.3.2. Método de inspección y pruebas aplicables

Se tiene que considerar como factor de mucha importancia todo lo relacionado con la inspección y pruebas aplicables para la construcción de tanques de almacenamiento.

Por otro lado permite evitar fallas de servicio las cuales suelen ser muy desagradables y costosas.

Todas las pruebas y métodos de inspección pueden ser clasificadas de acuerdo al momento en que se las efectúa , así tenemos: (Ref.19)

- Inspección inicial
- inspección durante la ejecución de la obra
- inspección final

#### 1.3.2.1. Inspección inicial:

Comprende todos los procedimientos y pruebas a ser efectuados previo a la construcción del tanque, los cuales serían:

Recepción del material: en primer lugar se tiene que revisar si el material está de acuerdo a la certificación del fabricante, comprobación -

de las dimensiones de acuerdo a los planes del diseño, chequeo del estado superficial del material, (corrosión), por último se debe almacenar el material en lugares seguros para evitar pérdidas y protegerlo de las inclemencias del clima.

Pruebas de soldabilidad; procedimiento de soldadura y soldadores:

Se deben de controlar todos los parámetros establecidos en el diseño, hacer una revisión visual en las probetas para detectar defectos en el acabado y por último realizar las pruebas que recomienda la norma, los cuales serían:

- Ensayo de tracción;
- flexión;
- dureza;
- radiográfico, etc.



#### 1.3.2.2. Inspección durante la ejecución de la obra:

Comprende todos los procedimientos y pruebas a efectuarse durante el montaje del tanque, los cuales serían:

Montaje y suelda del tanque: Se debe de contro-

lar que la manipulación del material se lo realice evitando golpes y calentamientos innecesarios.

También hay que controlar que la distribución del material se la efectue de acuerdo a lo que indica el plano, chequeando que se respeten las holguras que se han estipulado en el diseño de las juntas.

Se tiene que comprobar la alineación de las planchas para evitar concentradores de esfuerzo; en lo que respecta al proceso de soldadura hay que controlar que se cumplan los procedimientos de soldadura incluyendo la preparación de las juntas con su respectiva limpieza.

Para la verificación de las soldaduras se pueden realizar pruebas de radiografía y tintas penetrantes y ultrasonido (Ref. API-6.1.5).

#### 1.3.2.3. Inspección final:

Comprende todos los procedimientos y pruebas aplicables previo a la entrega recepción del tanque.

- Método caja de vacío: conocido como prueba de la burbuja, se lo utiliza por lo general para

comprobar los cordones de soldadura del fondo, ya que estos no permiten el uso del método radiográfico.

La presión aplicable está en el rango de 0,2 a 0,35  $\text{Kg/cm}^2$ .

- Método neumático:

Este método es utilizado para comprobar los re fuerzos y accesorios del tanque como pasos de hombre, puertas de limpieza, etc.

Para este efecto se aplica una presión de 1  $\text{Kg/cm}^2$ . y utilizando una solución jabonosa se comprueba si existen en los cordones de sol dadura.

- Prueba hidrostática:

Consiste en someter al tanque terminado a su presión hidrostática, para poder observar su estanqueidad. La prueba se realiza llenando el tanque con agua ( $G=1$ ) en forma parcial (25%, 50 %, 75 %, 100%), para poder observar también los posibles asentamientos a nivel de la base - (fundación).

Cualquier defecto a las soldaduras queda de terminado al producirse la salida del líquido al exterior del tanque. Es recomendable la utilización de un formato que indique las observaciones de la prueba hidrostática tanto en el llenado como en el vaciado.

Para efecto de ejecución de la prueba hidros-  
tática se deberá controlar la velocidad de lle  
nado y la de vaciado la cual deberá ser mayor que la velocidad que tendrá en el momento de operación.

Cabe señalar que si en alguna de las pruebas anteriormente señaladas se hubiera detectado - algún defecto, se deberán tomar las medidas correspondientes para realizar la reparación.

Una vez efectuada la reparación se volverá a efectuar la prueba para comprobar si el defecto se lo ha reparado satisfactoriamente.

#### 1.4. TIPOS DE METODOS DE MONTAJE

Los métodos de montaje de tanques de almacenamiento de gran

capacidad, pueden ser considerados como técnicas operativas de ensamblaje de las partes prefabricadas.

Entre los métodos de montaje de tanques de almacenamiento de gran capacidad se encuentran los siguientes:

- método convencional
- método Paton E.O.
- método de elevación uniforme, etc.

Todos los métodos de montaje de tanques logran la misma finalidad, la diferencia radica en la forma de ejecutar el montaje.

Existen varios parámetros importantes que hay que tener en consideración para cuando se realiza el montaje de un tanque determinado, estos parámetros son:

- tiempo de ejecución de obra
- costo de mano de obra
- costo de utilización de equipos y herramientas
- riesgos de trabajo
- facilidad de operación
- accesibilidad al sitio
- condiciones ambientales, etc.

Debido a estos factores es que los métodos de montaje son revisados y actualizados constantemente para lograr disminuir los cos

tos de construcción de un tanque de almacenamiento.

#### 1.4.1. Método convencional (utilización de Grúa)

El método convencional para montaje de tanques de almacenamiento de gran capacidad es el más antiguo utilizado en el Ecuador, fue introducido por Compañías Extranjeras que vinieron a efectuar la construcción y montaje de refinarias, tanque de almacenamiento, líneas de distribución de petróleo y sus derivados, etc.

El método convencional consiste en lo siguiente: en primer lugar se procede a construir la cimentación del tanque, luego se arma el fondo del tanque y se suelda.

Una vez soldado el fondo del tanque se comienza a armar el cilindro del tanque, para lo cual se posicionan las planchas del primer anillo, se las alinea y luego se procede a soldar los cordones verticales y el cordón que une al cilindro con el fondo del tanque.

Se continua armando el siguiente anillo del cilindro, para lo cual se tiene que posicionar las planchas sobre el primer anillo. Para poder realizar este posicionamiento se requiere de la intervención de una o varias grúas para facilitar el traslado de las planchas hasta su posiciona-



miento definitivo.

Para efectuar el alineamiento de estas planchas con respecto al primer anillo, se utilizan herramientas especiales conocidas como alineadores.

Una vez alineado el segundo anillo se procede a soldar las planchas tanto en sus uniones verticales como en las horizontales.

Una vez terminado el proceso de soldadura entre el segundo y el primer anillo, se procede a armar el tercer anillo, para lo cual se repite el proceso anterior y así sucesivamente hasta terminar con el número de anillos - que tenga el cilindro del tanque.

Habiéndose terminado el montaje del cilindro se procede a realizar el montaje del techo para lo cual primero se arma la estructura soportante del techo y luego se posicionan las planchas de acuerdo al diseño para poder efectuar la soldada de las mismas.

Por último se ponen los accesorios que tenga el tanque, utilizando pinturas para darle el acabado superficial.

De lo anteriormente descrito, se puede apreciar que para

todo el proceso de montaje se necesitará la intervención de una o varias grúas, ya que de otra manera sería imposible manipular las planchas para poder posicionarlas en sus respectivos lugares, es fácil pensar que la utilización de una o varias grúas durante todo el tiempo de ejecución de la obra repercutirá directamente sobre los costos de fabricación del tanque.

Además de las grúas, se utilizarán andamios tanto en la parte exterior como en la parte interior del tanque, todo para que los soldadores puedan efectuar la soldadura del tanque.

Por tal motivo estos costos de alquiler de andamios, también deberán ser adicionados a los costos de fabricación.

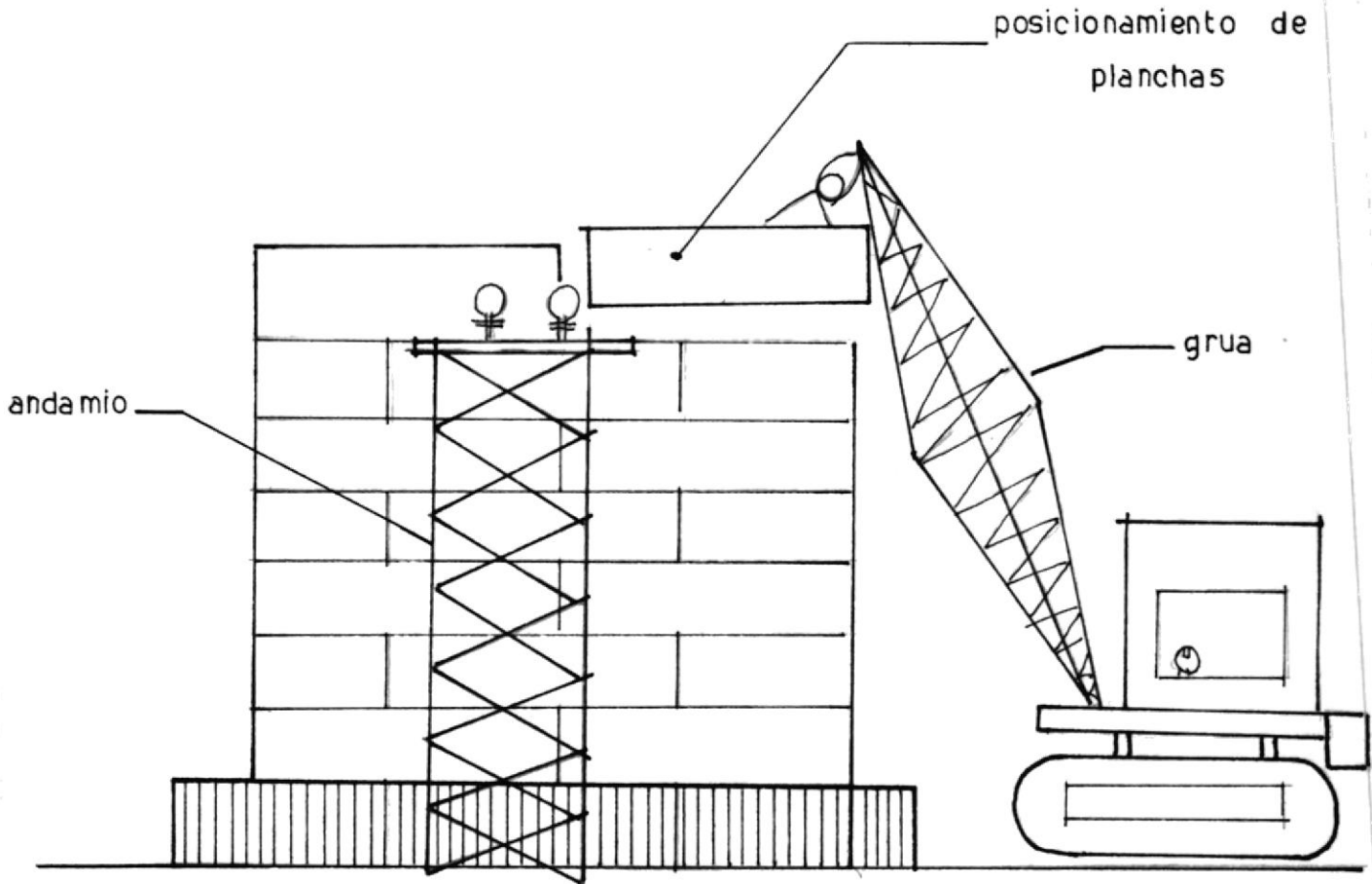
Esto sin considerar los riesgos de trabajo que implica efectuar soldaduras sobre andamios.

En el gráfico N° 2, se muestra el método de montaje convencional. (Ver en la siguiente página).-



## GRAFICO N. 2

montaje de tanques por el metodo convencional



#### 1.4.2. Método PATON E.O. (URSS)

En la actualidad para la fabricación de tanques de almacenamiento de gran capacidad se emplean ampliamente los métodos más avanzados de soldadura automática y semiautomática, bajo arco sumergido y bajo atmósfera de anhídrido carbónico. La soldadura manual se emplea en los trabajos de montaje (en sitio), ha recibido gran propagación el nuevo método de fabricación de tanques de almacenamiento en rollos, elaborado por los colaboradores científicos del Instituto de Soldadura de la U.R.S.S., que lleva el nombre de PATON E.O. .

Según este método el fondo, los rolos y el techo del tanque son prefabricados en su totalidad en la fábrica (taller), utilizando la soldadura automática.

Los paños metálicos terminados se envuelven en rollos y se transportan al sitio de montaje.

Para tener una idea más tangible se puede ver que la parte cilíndrica de un tanque de almacenamiento de 30.000 bbl (su diámetro es de 22,86 mts y su altura de 11,88 mts.) se envuelve en un rollo de ocho capas, con un diámetro de (2.74 mts) y un peso de 40 toneladas.

Se traslada todas las partes del tanque al sitio del mon



BIBLIOTECA

taje, primero se ubica el fondo luego con la utilización de grúas se sitúa el rollo (cilindro) sobre el fondo y con ayuda de tractores y cabrestantes se desenrolla hasta ubicarlo en su posición definitiva, después de lo cual se suelda en las partes que falta.

La armazón del techo se arma mientras se desenrollan los paños.

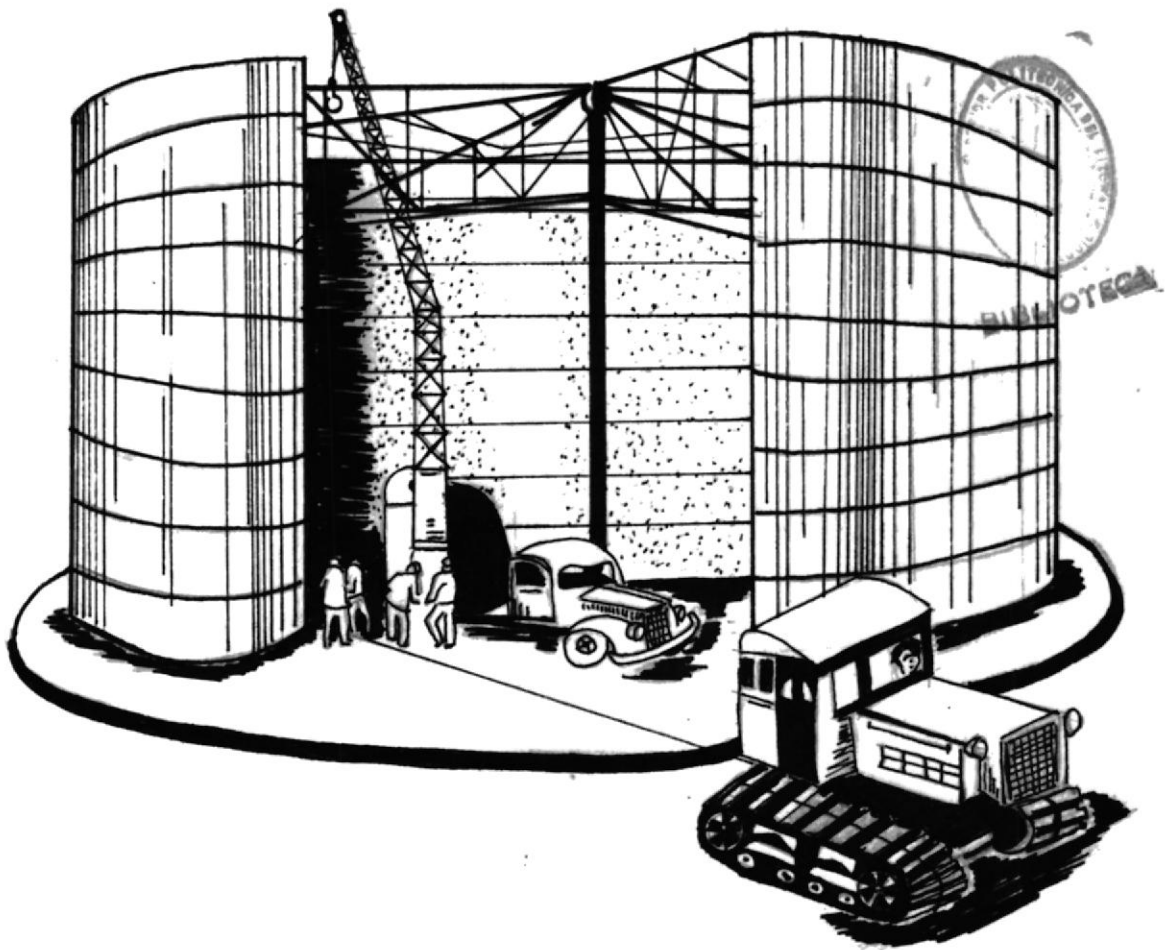
Este método reduce en forma considerable el tiempo de ejecución del montaje y de la soldadura de los depósitos de almacenamiento de gran capacidad, permite mecanizar las principales operaciones de la construcción y mejora la calidad del depósito.

Este método de fabricación y montaje es muy utilizado en zonas donde las condiciones ambientales no permiten la ejecución de trabajos por tiempos prolongados, por ejemplo: en la Siberia, Alaska, etc., donde el trabajo de soldadores se encuentra muy limitado por las temperaturas tan bajas ( $-40^{\circ}\text{C}$ ).

En el gráfico N° 3, se puede apreciar la ejecución de este método.

## GRAFICO N. 3

montaje de tanques por el metodo PATON E. O.



### 1.4.3. Método de elevación uniforme

Es un método de montaje de tanques de almacenamiento de gran capacidad que ha sido introducido en el país por la Compañía ) Construcciones Metálicas Generales, habiéndose obtenido excelentes resultados,

Tanto en la construcción y acabado del tanque como en la minimización de costos correspondientes a la utilización de equipos y herramientas. Este es uno de los rubros más importantes porque tiene una ingerencia directa en el costo total de fabricación y montaje de un tanque de almacenamiento.

El método de elevación uniforme consiste en ir construyendo el tanque desde su parte superior hacia la parte inferior lo cual se logra de la siguiente manera:

En primer lugar se procede a construir la cimentación - del tanque, luego se arma el fondo del tanque de acuerdo a la distribución de las planchas en el diseño y se las suelda.

A continuación se ubican sobre el fondo del tanque un número previamente determinado de elevadores y se procede a efectuar su anclaje.

Se arma el último anillo del cilindro<sup>(n)</sup>, se lo alinea y respetando las holguras del diseño se procede a soldar , se posiciona el ángulo rigidizante superior y se lo suelda. Luego se procede a elevar uniformemente el anillo - soldado hasta una altura necesaria para la ubicación del penúltimo anillo (n-1), una vez posicionadas correctamente las planchas, se procede a soldar el último anillo - con el penúltimo, controlándose siempre la alineación de las planchas.

Habiéndose soldado los dos anillos superiores se obtiene una estructura rígida, lo cual permite armar y soldar - la estructura soportante del techo y luego ubicar y soldar en la posición definitiva el planchaje del techo.

Se continua armando el cilindro, por lo tanto se realiza la elevación uniforme de esta estructura formada por dos anillos y el techo del tanque hasta una altura necesaria para la ubicación del anillo siguiente (n-2), luego se procede a soldar el anillo n-2 con el anillo n-1. Este proceso de ir elevando uniformemente el tanque se lo tiene que repetir el número de veces que sea necesario - hasta terminar el armar el primer anillo del tanque.

Como se puede apreciar en el desarrollo de este método , no ha sido necesaria la utilización de grúas o maquinaria

pesada. Además todo el proceso de soldadura del fondo, y del cilindro se lo realiza a nivel del suelo, por lo tanto no es necesaria la utilización de andamios para los soldadores y además se puede realizar un mejor control de los cordones de soldadura efectuados.

Trabajos adicionales del tanque pueden ir siendo realizados a medida que efectúa el montaje del tanque, por ejemplo: se puede ir armando la escalera y posicionándola en su lugar definitivo, también se puede ir pintando el tanque a medida que se lo va construyendo.

Por último se ubican los accesorios del tanque y se realizan las pruebas correspondientes, previa la entrega-recepción del tanque.

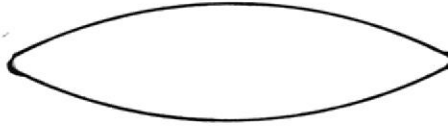
Es importante señalar que con la utilización de este método se disminuyen los riesgos de trabajo ya que todas las maniobras del montaje y del proceso de soldadura son efectuadas a nivel del suelo.

Un ahorro sustancial se logra en el rubro de utilización de equipos y herramientas debido a que en este método de montaje no se consideran los costos de alquiler de grúas, esto será analizado más adelante en la parte del análisis de Costos.

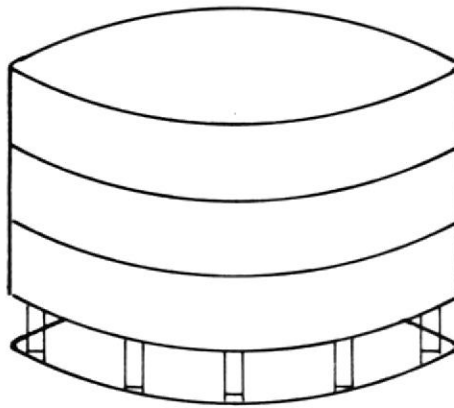
El gráfico N° 4, permite observar las diferentes etapas de este método de montaje de tanques.

GRAFICO N. 4

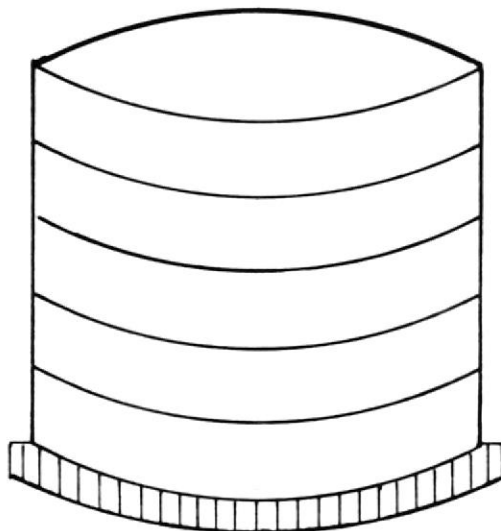
metodo de elevacion uniforme : secuencia del montaje



montaje del fondo



montaje de anillos superiores y techo



montaje del primer anillo



## CAPITULO II

### PROCESO DE FABRICACION Y MONTAJE DE UN TANQUE DE 20,000 BBL DE CAPACIDAD

#### 2.1. DISEÑO DE TANQUE DE 20,000 BBL.

Con el objeto de explicar detalladamente el proceso de montaje - de tanques de almacenamiento utilizando el método de elevación - uniforme se procederá a diseñar un tanque de una capacidad referencial de 20.000 bbl. Para este fin se analizarán los factores de construcción detallados anteriormente en el Acapite 1.2.

##### 1. Propiedades del líquido a ser almacenado:

El líquido será aceite lubricante para motores del tipo SAE-30 W cuyo nombre comercial es HVI-160B; a continuación se muestran sus principales características.

Gravedad específica (G) 0.88 - 0.94

Viscosidad cinemática a 40°C (Vc) 500 cst.

Viscosidad cinemática a 100°C 11,3 cst.

Densidad ( $\rho$ ) 883 Kg/m<sup>3</sup>

Punto de inflamación (Pi) 225°C

Para mayor información se muestra en la tabla V, el comportamiento de la viscosidad al variar la temperatura del líquido almacenado.

2. Propiedades del suelo:

El tanque estará ubicado en una zona donde la resistencia mínima del suelo es  $\sigma_s = (14.7 \text{ ton/m}^2)$ .

3. Espacio físico:

El tanque estará ubicado junto a batería de tanques existentes, no existiendo ningún tipo de accidentes geográficos que impida la construcción del tanque.

4. Optimización del tamaño del material:

Se dimensionará el tanque teniendo como referencia el tamaño comercial de las planchas para disminuir al máximo la retaceria (desperdicio).

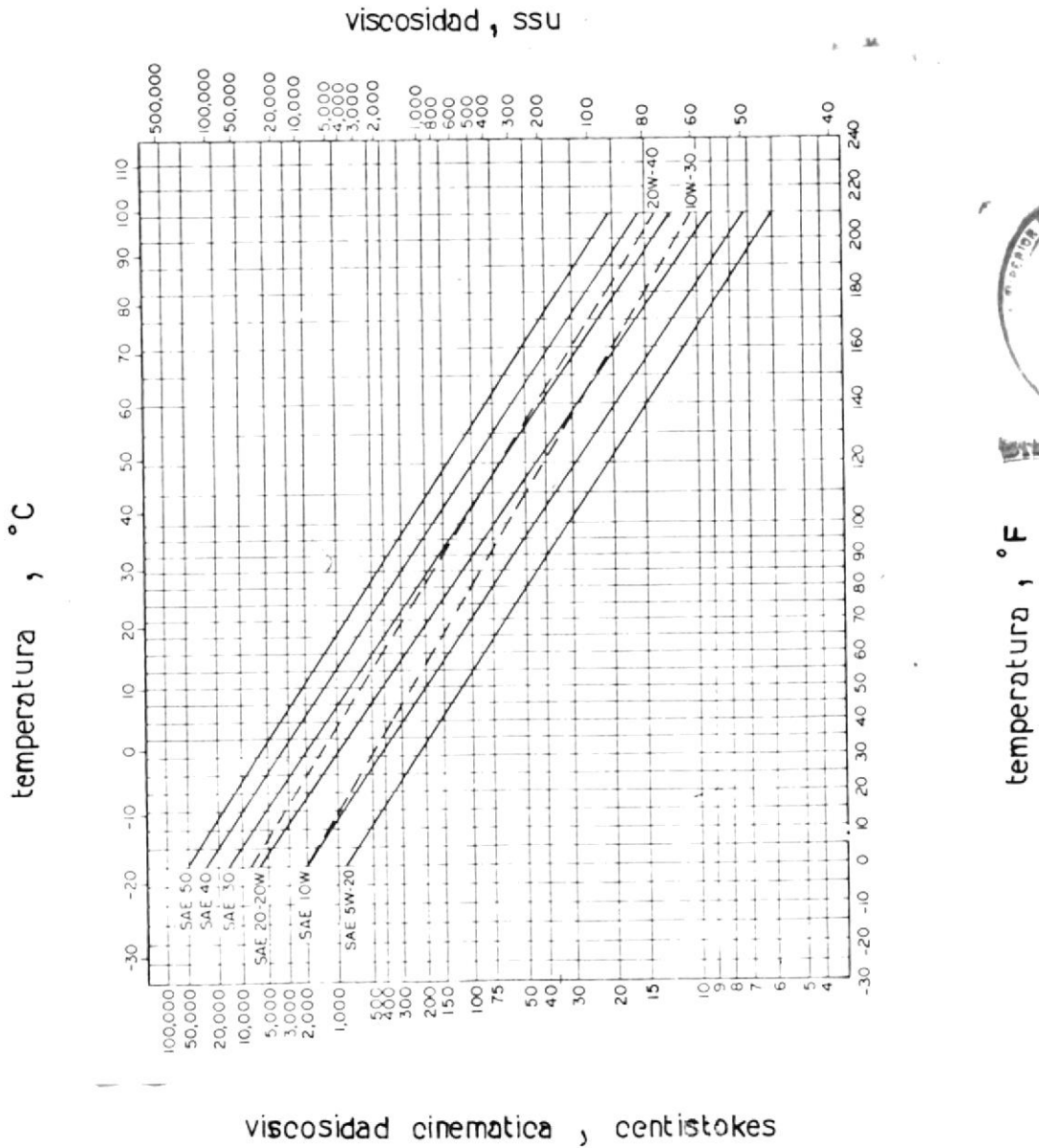
5. Modelo del tanque:

Se seleccionará el modelo de tanque cilíndrico vertical con techo cónico soportado.

6. Factor de corrosión:

El aceite SAE-30 W no está considerado como un líquido corrosivo y el medio donde estará ubicado el tanque no presenta -

propiedades de los aceites lubricantes



BIBLIOTECA

agentes corrosivos severos, sólo se considerará el contacto con agua en la época de invierno (lluvias).

Por tal motivo se considerará un factor de corrosión de 5 mpy (milésimas de pulgada por año)(Ref. 3 ), para las zonas que tengan mayor predisposición para la corrosión, las cuales se rían el fondo del tanque y el primer anillo del cilindro.

#### 7. Temperatura de operación:

El tanque tendrá una temperatura de operación igual a la del medio ambiente, no se necesitará dispositivos de calentamiento (serpentina).

#### 8. Presión de diseño:

El tanque tendrá una presión de operación, **igual a la presión atmosférica** (1 Kg/m<sup>2</sup> ).

#### 9. Cargas adicionales:

Se considerarán cargas adicionales de viento, sismos y cargas móviles de operación, esto para el afecto de cálculo y diseño de los accesorios y la estructura soportante de techo.

#### Selección de materiales

Tomando en consideración los materiales recomendados anteriormente en el acapite 1.3.1., se seleccionará el acero ASTM-283 grado "C".

A continuación se muestran varias propiedades del acero seleccionado (Ref.12), y en la tabla VI, se observan las propiedades de doblado.

- Composición química:

Acero ASTM	% C	% S	% P	% Cu*
A-283 gr"C"	$\leq 0.20$	$\leq 0.05$	$\leq 0.06$	$\leq 0.20$

\*sólo cuando se especifica el cobre.

- Propiedades mecánicas:

Esfuerzo a la tracción ( $\sigma_t$ )	3867 - 4.570 Kg/cm.
Punto de fluencia	(2.110 Kg/cm <sup>2</sup> )
Elongación en 8 pgd.	23 %
Elongación en 2 pgd	27 %

- Propiedades de doblado:

En la siguiente página podremos apreciar la tabla VI , la cual nos muestra las propiedades de doblado.

Tabla VI  
Propiedades de doblado

Espesor del material (mm)	Relación entre el diámetro interior de doblado y el espesor de la probeta.
menor de (19mm)	plano sobre si mismo
(19) - (25)	1/2
(25) - (37)	1
(37) - (50)	2
(50) - (75)	2 1/2
(75) - (100)	3 1/2
mayor de (100)	3

Al efectuar una evaluación de las propiedades descritas anteriormente, se puede decir que el acero ASTM-A 283 gr "C" tiene excelentes propiedades mecánicas y además muy buena soldabilidad la cual es la propiedad más importante que hay que considerar cuando se realiza la selección de los materiales para la construcción soldada de tanques de almacenamiento.

Este acero ha sido utilizado en obras similares en nuestro país, no habiéndose detectado fallas en su funcionamiento.

Comercialmente se lo encuentra en forma de planchas y barras para uso estructural.

### Dimensionamiento:

Consiste en seleccionar las dimensiones del diámetro y de la altura máxima para el tanque. Para este fin se tiene que tener presente los siguientes factores: recomendaciones - del código, disponibilidad del material y factor económico.

### Recomendaciones del código API:

Con la finalidad de facilitar y normalizar el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento el código API-650 (A-1) Tabla VII, detalla el diámetro, altura y su capacidad nominal.

### Disponibilidad del material:

Se refiere al tamaño comercial y características de las planchas.

### Factores de economía:

Son en muchos casos estos los factores que determinan la dimensión definitiva de un tanque, se refieren a la optimización del material para tratar de evitar el desperdicio y además seleccionar la manera en que se efectuarán la menor cantidad de longitud de cordones de soldadura. Esto se logra tanteando diferentes - alternativas de construcción haciendo dibujos a escala que permitan hacer una comparación exacta entre estas alternativas. Finalmente vale señalar que la capacidad requerida de almacenamien

TABLA No. VII

## CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (bb1)

## ALTURA DEL TANQUE (mts.)

Diámetro del Tanque (mts)	3.66	5.48	7.32	9.14	10.97	12.80	14.6
	NUMERO DE ANILLOS						
	2	3	4	5	6	7	8
3.048	170	250	335	420	506	--	--
4.572	380	565	755	945	1.130	--	--
6.092	670	1.010	1.340	1.680	2.010	2.350	2.690
7.620	1.050	1.570	2.100	2.620	3.150	3.670	4.200
9.144	1.510	2.270	3.020	3.780	4.530	5.290	6.040
10.668	2.060	3.080	4.110	5.140	6.170	7.200	8.230
12.192	2.690	4.030	5.370	6.710	8.060	9.400	10.740
13.716	3.400	5.100	6.800	8.500	10.200	11.900	13.600
15.240	4.200	6.300	8.400	10.500	12.600	14.700	16.800
18.288	6.040	9.060	12.100	15.110	18.130	21.150	24.190
<u>21.336</u>	8.230	12.340	16.450	<u>20.580</u>	24.700	~ <u>28.800</u>	32.930
24.384	10.740	16.120	21.500	26.880	32.260	37.600	35.810
27.432	13.600	20.400	27.220	34.030	40.820	40.510	--
30.480	16.800	25.200	33.600	42.000	48.400	--	--
36.576	24.190	36.290	48.380	58.480	--	--	--

to estará dada por el dimensionamiento definitivo que se realice.

Para el caso de este modelo se ha procedido a efectuar un análisis minucioso entre los factores anteriormente descritos habiéndose seleccionado el siguiente dimensionamiento:

- diámetro nominal: 21,336 mts.
- altura máxima: 9,144 mts.
- capacidad: 20.580 bbl (3.274 m<sup>3</sup>)
- número de anillos: 5
- altura de las planchas del cilindro: 1.828 mts.



El gráfico N° 5 muestra las dimensiones seleccionadas con los -  
accesorios recomendados.

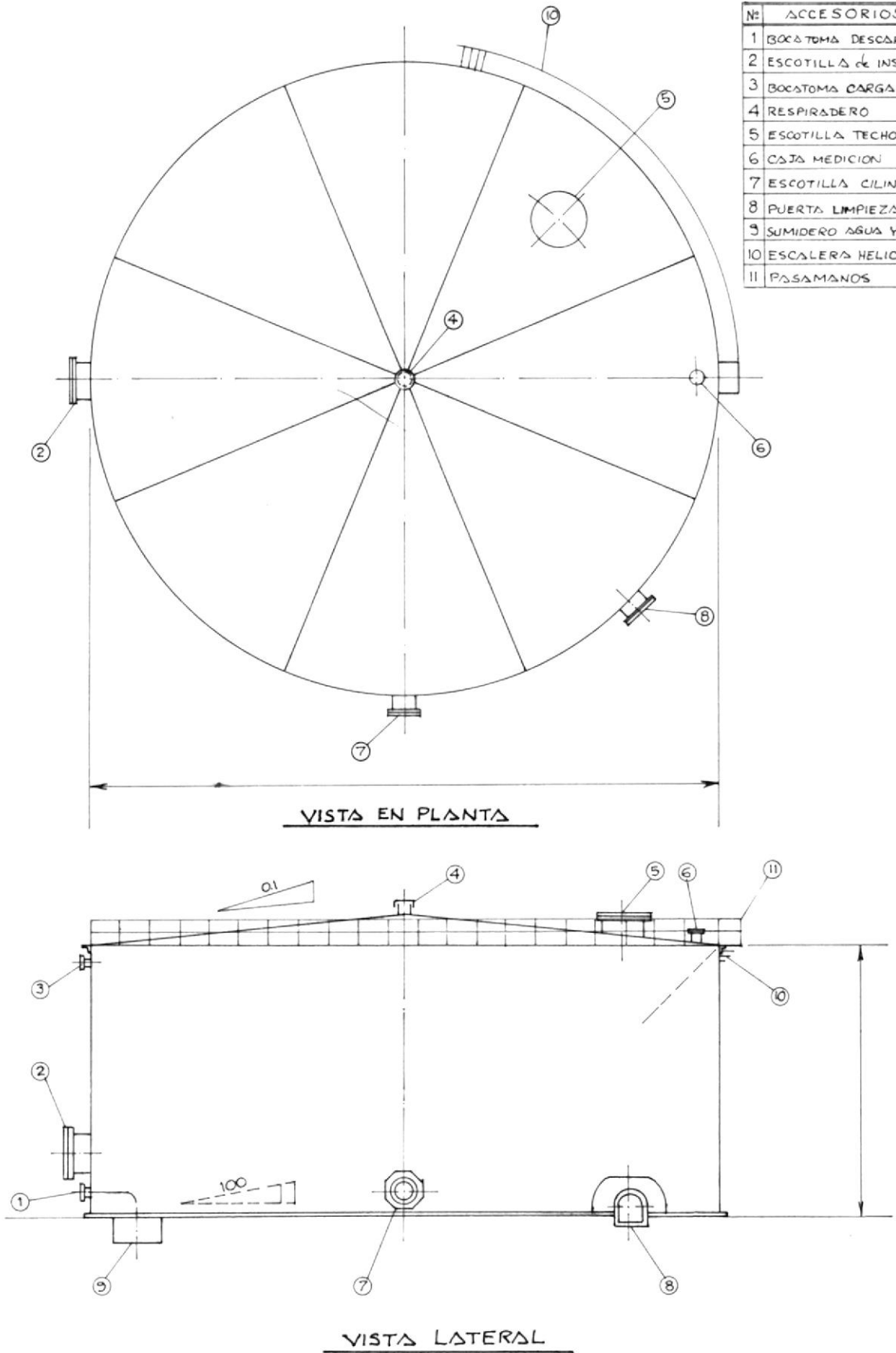
Diseño del fondo:

Teniendo como parámetro establecido el diámetro nominal del tanque se procede a calcular y seleccionar los demás parámetros que contemplan el diseño del fondo.

- modelo: fondo plano
- espesor de lámina: el espesor de lámina del fondo sería la suma del espesor nominal más el factor de corrosión.

$$t_F = t_{NF} + F_{CF} \quad (2.1)$$

**GRAFICO Nº 5**  
**PLANO GENERAL**



Nº	ACCESORIOS
1	BOCA TOMA DESCARGA
2	ESCOTILLA de INSPECCION
3	BOCA TOMA CARGA
4	RESPIRADERO
5	ESCOTILLA TECHO
6	CAJA MEDICION
7	ESCOTILLA CILINDRO
8	PUERTA LIMPIEZA
9	SUMIDERO AGUA Y Lodos
10	ESCALERA HELICOIDAL
11	PASAMANOS

Donde:

$t_F$  = espesor del fondo

$t_{NF}$  = espesor nominal fondo

$FC_F$  = factor de corrosión del fondo



Espesor nominal ( $t_{NF}$ ):

El código API-650(3.6.11), recomienda el uso de planchas de un espesor nominal de 6.3 mm., para tanques que tengan un diámetro comprendido entre 15 y 36 mts.

$$t_{NF} = 6.3 \text{ mm.} \quad (2.2)$$

Factor de corrosión ( $FC_F$ ):

Para el cálculo del factor de corrosión se analizan las condiciones a las que va a estar sometido el fondo.

Interiormente estará en contacto con aceite lubricante el cual no es corrosivo. En cambio en la parte externa estará en contacto con el suelo soportando la humedad y en casos, estará en contacto con agua proveniente del nivel freático o de las lluvias. Por tal motivo de la tabla II, se seleccionará una velocidad de corrosión de 25 m.d.d., como si el acero estuviera en contacto con agua de mar.

El tanque será diseñado para tener una vida útil de 25 años, aplicando la ecuación 1.1., se obtiene:

$$F_c = V_c \cdot V_u$$

Donde:

$$V_u = 25 \text{ años}$$

$$V_c = 25 \text{ m.d.d.}$$

Del gráfico N° 1, se obtiene el equivalente de la velocidad de corrosión en m.p.y., así tenemos:

$$V_c = 25 \text{ m.d.d.} = 5 \text{ mpy.}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 1.1., tenemos:

$$F_{cF} = V_c \cdot V_u$$

$$F_c = 5 \text{ mpy} \times 25 \text{ años}$$

$$F_c = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{pg}}{\text{año}} \times 25 \text{ años.}$$

$$F_c = 0.125 \text{ pg.}$$

$$F_{cF} = 3,175 \text{ mm.} \quad (2.3)$$

reemplazando 2.2. y 2.3., en la ecuación 2.1., se tiene que:

$$t_F = (6.3 + 3.175) \text{ mm.}$$

$$t_F = 9.5 \text{ mm.}$$

Inclinación del fondo:

Se recomienda diseñar el fondo del tanque con una ligera inclinación para asegurar el drenaje del líquido remanente y lodos en el vaciado y limpieza, para el caso de este trabajo se ha seleccionado el uso de una pendiente de 0.01 mt., de elevación por cada metro de radio.

Selección de junta:

De las juntas de soldadura recomendadas por el código API-650(3.1.5.4), se ha seleccionado la junta con platina de respaldo por ser la más segura y de fácil fabricación para nuestro medio, su gráfico se detalla en el plano.

Acabado superficial:

Se recomienda pintar la pared exterior de las planchas que estarán en contacto con la base del tanque (suelo), se utilizará pintura bituminosa que protegerá el material de la humedad del suelo.



Diámetro del fondo:

Se proyectará el fondo del tanque hacia el exterior del cilindro una longitud no menor de 50 mm., obteniéndose un diámetro exterior de 21,436 mts., se usarán planchas de un tamaño comercial de 1,828 mts., de ancho por 6,096 mts., de longitud. El gráfico N° 6, detalla la distribución del planchaje para el fondo de este tanque.

Diseño del cilindro:

El diseño del cilindro del tanque comprende la determinación de la cantidad de planchas y el cálculo del espesor de pared.

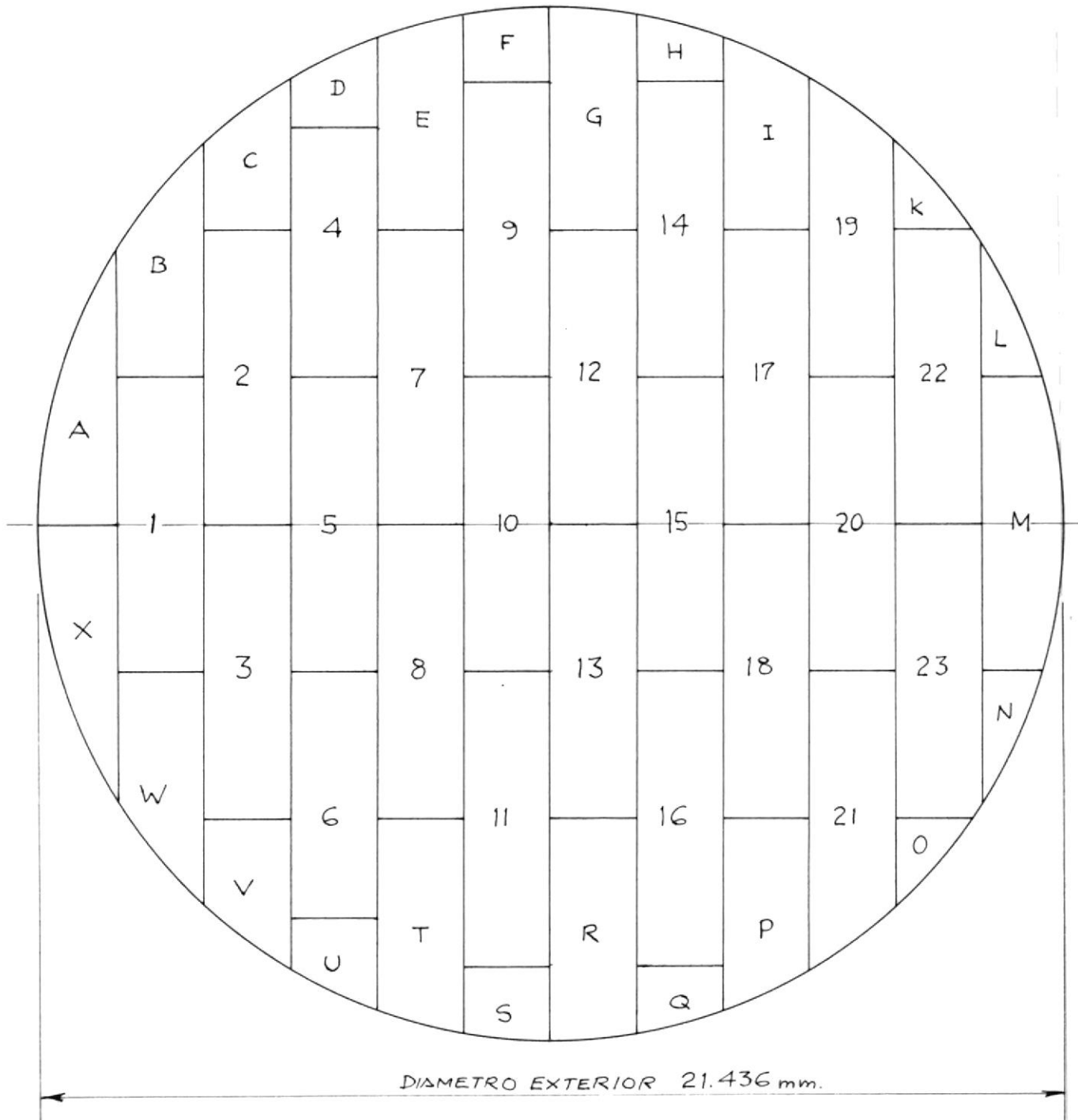
- Cantidad de planchas:

Teniendo como parámetros establecidos el diámetro y la altura del cilindro se procede a determinar la cantidad de planchas por cada anillo y además el número de anillos que tendrá el cilindro del tanque.

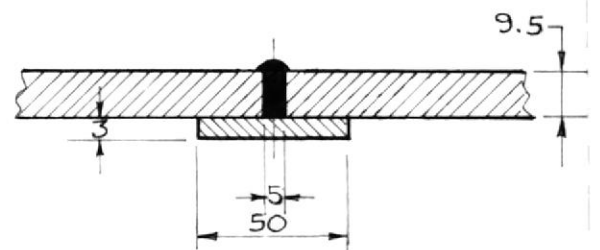
El planchaje de cada anillo se lo obtiene de la relación entre el desarrollo del cilindro ( $\pi D$ ) y la longitud de las planchas que serán utilizadas (6,096 mts.), así se obtiene:

$$\eta = \frac{\pi D}{L_p} = \frac{3.1416 \times 21,336 \text{ mts.}}{6,096 \text{ mts.}} = 11 \quad (2.4)$$

DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE PLANCHAJE DEL FONDO



LISTA DE MATERIALES	
23 PLANCHAS de 1.83 x 6.10 mts. x 9.5 mm	
RETAZOS	
A = X	⇒ 1.83 x 6.00 mts. x 9.5 mm
B = W	⇒ 1.83 x 5.00 mts. x 9.5 mm
C = V	⇒ 1.83 x 3.30 mts. x 9.5 mm
D = U	⇒ 1.83 x 2.00 mts. x 9.5 mm
E = T	⇒ 1.83 x 4.50 mts. x 9.5 mm
F = S	⇒ 1.83 x 1.60 mts. x 9.5 mm
G = R	⇒ 1.83 x 4.50 mts. x 9.5 mm
H = Q	⇒ 1.83 x 1.40 mts. x 9.5 mm
I = P	⇒ 1.83 x 4.00 mts. x 9.5 mm
K = O	⇒ 1.50 x 1.50 mts. x 9.5 mm
L = N	⇒ 1.00 x 2.50 mts. x 9.5 mm
M	⇒ 1.50 x 6.10 mts. x 9.5 mm
TOTAL DE PLANCHAS A UTILIZARSE = 37 Pzs.	
264 mts de PLATINA de 50 x 3 mm	



SOLDADURA DE LAS PLANCHAS DEL FONDO

$$\eta = 11 \text{ planchas por cada anillo.} \quad (2.4)$$

D = diámetro

Lp= longitud de plancha

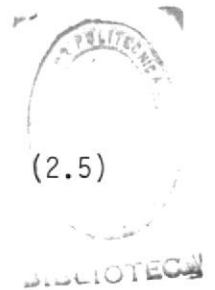
$\eta = N^{\circ}$  de planchas.

El número total de anillos que forman el cilindro se lo obtiene de la relación entre la altura del cilindro (H) y la altura de cada plancha (h), así se obtiene.

$$N = H/h = \frac{9.144 \text{ mm}}{1.828 \text{ mm.}} = 5$$

N = número de anillos

N = 5, se necesitarán 5 anillos.



Cálculo de espesor de pared del cilindro:

El espesor de pared es obtenido sumando el espesor de pared nominal más el factor de corrosión como se muestra en la siguiente ecuación:

$$t_c = t_{Ne} + F \cdot c_e \quad (2.6)$$

Donde:

$t_c$  = espesor pared del cilindro

$T_N$  = espesor nominal del cilindro

$F_c$  = factor de corrosión del cilindro

- Espesor de pared nominal ( $t_N$ ):

Puede ser obtenido de dos maneras diferentes utilizando el método de variación de altura recomendado por el código API 650 o seleccionando de la tabla VIII, del mismo código, los valores de espesor de pared para cada anillo.

Se efectuará una comparación de los espesores obtenidos por los dos métodos y se seleccionará el mayor.

Método de variación de altura:

$$t_{Nc} = \frac{2.6D(H-1)G}{E_s \sigma_p} \quad (2.7)$$

Donde:

$t_{Nc}$  = espesor nominal en pgds.

$D$  = diámetro en pies

$H$  = altura en pies

$G$  = gravedad específica

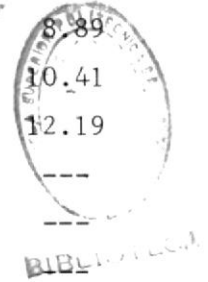
$\sigma_p$  = valor permisible del acero = 21.000 lb/pulg.<sup>2</sup>

$E_s$  = eficiencia de soldadura

TABLA No. VIII

ESPEJOR DE PARED DE CILINDRO (mm)  
 ALTURA DEL TANQUE (mts)

DIAMETRO DEL TANQUE (mts)	NUMERO DE ANILLOS						
	3.66	5.48	7.32	9.14	10.97	12.80	14.6
	2	3	4	5	6	7	8
3.048	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	--	--
4.572	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	--	--
6.090	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75
7.620	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75
9.144	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	5.33
10.668	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	5.33	6
12.192	4.75	4.75	4.75	4.75	5.33	6	7
13.716	4.75	4.75	4.75	4.75	5.84	6.85	7.87
15.240	6.35	6.35	6.35	6.35	6.60	7.62	8.89
18.288	6.35	6.35	6.35	6.60	8.63	9.14	10.41
21.336	6.35	6.35	6.35	7.62	9.14	10.66	12.19
24.384	6.35	6.35	6.85	8.63	10.41	12.19	---
27.432	6.35	6.35	7.87	9.65	11.68	---	---
30.480	6.35	6.35	8.63	10.92	---	---	---
36.576	8	8	10.41	---	---	---	---



El factor de eficiencia de soldadura puede tener los siguientes valores:

$E_s = 1,00$  cuando se efectúa prueba radiográfica al 100% de las soldaduras.

$E_s = 0,85$  cuando se efectúa prueba radiográfica al 15% de las soldaduras.

$E_s = 0,70$  cuando no se efectúa ninguna radiografía.

La ecuación N° 2.7., a sido obtenida del análisis de esfuerzos para cilindros de pared delgada encontrándose en el Apéndice A, el desarrollo de esta ecuación .

En la tabla IX , se observan los espesores nominales para los cinco anillos del cilindro obtenidos por los procedimientos anteriormente descritos, además se detalla el espesor nominal definitivo seleccionado de la comparación entre los dos valores.

Ver la tabla IX , en la página siguiente.-

TABLA IX

ESPEORES NOMINALES PARA EL CILINDRO

ANILLO N°	ESPEOR OBTENIDO DE Ec. 2.7 (mm)	VALOR OBTENIDO DE TABLA N° VIII (mm)	ESPEOR NOMINAL SELECCIONADO - (mm)
1	7.5	7.62	7.62mm
2	5.95	6.35	6.35
3	4.40	6.35	6.35
4	2.84	6.35	6.35
5	0.12	6.35	6.35

Factor de corrosión:

Para el cálculo del factor de corrosión se analizarán las siguientes condiciones a las que va a estar sometido el cilindro del tanque. Interiormente estará en contacto con el aceite lubricante el cual no es corrosivo, pero por lo general en estos aceites se encuentran impurezas como agua y lodo, los cuales, son altamente corrosivos, estas impurezas se precipitan hacia el fondo o se mantienen en un bajo nivel. En la parte externa estará en contacto con una atmósfera marítima.

Se puede apreciar que la parte inferior del cilindro estará en contacto con un medio corrosivo, por esta razón se recomienda calcular dos factores de corrosión para el cilindro.

Factor de corrosión del primer anillo:

Asumiendo un caso parecido al factor de corrosión del fondo se obtiene  $F_c \text{ anillo \# 1} = 3,175 \text{ mm}$ .

Factor de corrosión de los anillos 2-3-4-5.-

De la tabla II, se selecciona una velocidad de corrosión de 2,9 m. d.d., como el tanque será diseñado para tener una vida útil de 25 años, aplicando la ecuación 2.8., se obtiene:

$$F_{c_c} = V_c \cdot V.u. \quad (2.8)$$

Del gráfico N° 1, se obtiene el equivalente de la velocidad de corrosión en mpy, así tenemos:

$$V_{c_c} = 2.9 \text{ m.d.d.} = 0.5 \text{ mpy}$$

Sustituyendo estos valores de la ecuación (2.8), se tiene que:

$$F_{c_c} = 0.5 \text{ mpy} \times 25 \text{ años}$$

$$F_{c_c} = 0.5 \times 10^{-3} \times 25$$

$$F_{c_c} = 0,3175 \text{ mm.}$$

En la tabla X, se encuentran tabulados los valores de espesor de pared nominal, factor de corrosión, el espesor del cilindro obtenido de la ecuación (2.8).

De los valores de espesor de pared del cilindro obtenidos utilizando la ecuación (2.8), se tiene que seleccionar el espesor comercial más conveniente, en la tabla XI, se observa el espesor de pared del cilindro definitivo.

En el gráfico N° 7, se observa el desarrollo del cilindro con el número total de planchas y sus espesores.

TABLA X  
ESPESORES DEL CILINDRO

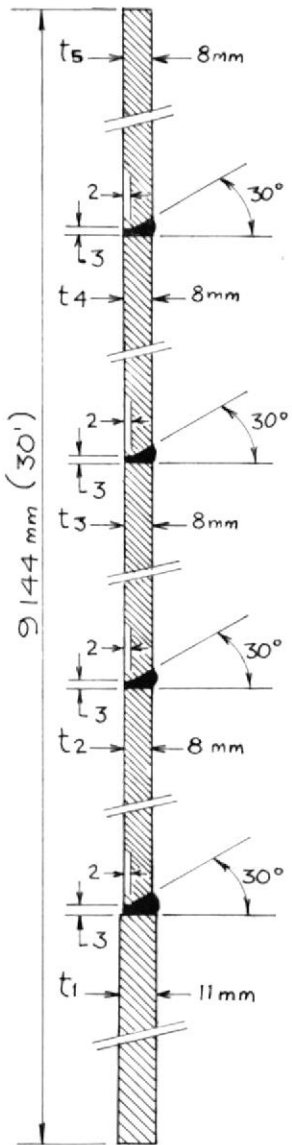
ANILLO N°	ESPESOR NOMINAL tnc	FACTOR DE CORROSION FCC	ESPESOR DEL CILINDRO tnc
1	7.62mm	3.175 mm	10.795 mm
2	6.35mm	0.3175 mm	6,667 mm
3	6.35 mm	0.3175 mm	6,667 mm
4	6.35 mm	0.3175 mm	6,667 mm
5	6.35 mm	0.3175 mm	6,667 mm

TABLA XI

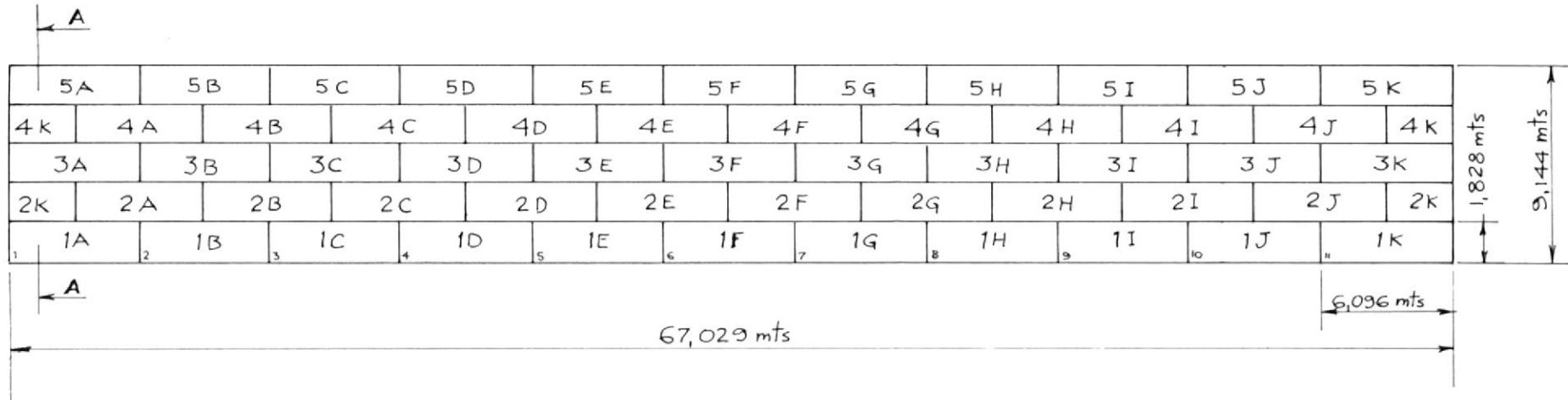
## ESPEORES DEL CILINDRO CON MEDIDA COMERCIAL

ANILLO N°	ESPEOR DEL CILINDRO tn	ESPEOR COMERCIAL tc
1	10.79 mm	11 mm
2	6,66 mm	8 mm
3	6.66 mm	8 mm
4	6,66 mm	8 mm
5	6,66 mm	8 mm

GRAFICO Nº 7  
DESARROLLO DEL CILINDRO



CORTE A-A  
ESC. 1:20



LISTA DE MATERIALES
11 PLANCHAS de 1.83m. x 6.10m. x 11 mm
44 PLANCHAS de 1.83m x 6.10m. x 8 mm.

Diseño del techo:

El techo de los tanques de almacenamiento cilíndrico verticales son usualmente fabricados con planchas de acero las cuales tienen un espesor menor al de las paredes del cilindro, esto debido a que la carga de diseño del techo se limita a considerar cargas de viento , lluvias o pequeñas cargas móviles (carga viva).

Los techos para los tanques cilíndricos verticales se los puede clasificar de la siguiente manera:

- techo cónico recto soportado por columnas y vigas
- techo cónico recto autosoportado
- techo tipo paraguas autosoportado
- techo tipo domo autosoportado
- techo flotante



Para el diseño del techo hay que tener en consideración las siguientes recomendaciones: (Ref.1).

- El techo del tanque debe ser diseñado para soportar una carga viva de  $1,75 \text{ Kg/cm}^2$  más una carga muerta.
- Las planchas del techo tendrán un espesor mínimo de 4,75 mm. (carga muerta de  $0,54 \text{ Kg/cm}^2$ ).

- Las planchas que conforman el techo estarán simplemente apoyadas sobre la estructura soportante.
- Las planchas de techo serán soldadas a traslape y tendrán un traslape mínimo de 25 mm.
- Se soldarán sólo la parte externa de las planchas.
- Las planchas de techo irán soldadas al ángulo de tope (anillo rigidizante) por un filete continuo en la parte superior solamente y el tamaño del cordón será máximo de 5 mm.
- En el diseño de las planchas del techo no se consideran los esfuerzos de flexión, para este caso las correas o tirantes son espaciados lo suficientemente cerca el uno del otro para evitar sobrecargas.
- Las planchas de techo son asumidas que actúan como una viga continua horizontal con una carga de techo uniformemente distribuida.

Para el caso de este trabajo se ha seleccionado un techo cónico recto con estructura soportante de columna central y vigas.

Se ha seleccionado una pendiente de 1 de levantamiento por cada 10 de avance -  $m = \frac{y}{x} = \frac{1}{10} = 0.1$ .

$$m = 0.1$$

Todas las planchas tendrán un espesor de 4.75 mm. (carga muerta - de  $0,54 \text{ Kg/cm}^2$ ), las planchas tendrán una medida comercial de 1.828 metros de ancho por 6.096 metros de longitud. El gráfico - Nº 8, muestra la distribución del planchaje para el techo.

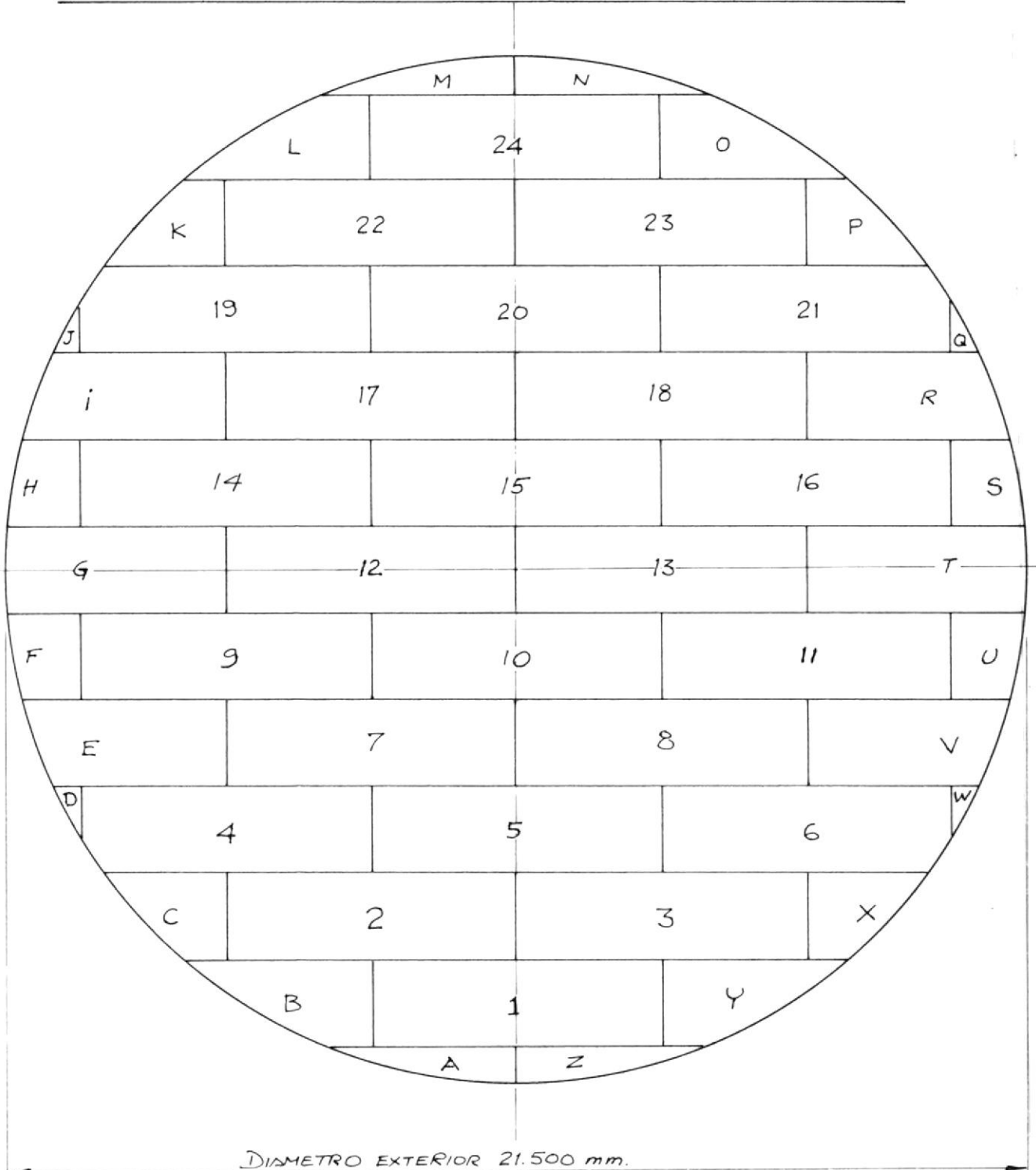
Diseño de la estructura soportante del techo:

Para efectuar el diseño de la estructura soportante del techo hay que tener en consideración las siguientes recomendaciones que hacen los códigos y normas internacionales (Ref. 1 y 14).

- La columna central soportante puede ser construída con perfiles estructurales o tubería de acero sin costura.
- Las partes de la estructura soportante serán de perfiles estructurales rolados o fabricados en taller.
- Los tirantes estarán unidos al cuerpo del tanque por medio de carteles de fijación las cuales estarán soldadas o apernadas al cilindro del tanque.
- La columna central estará sujeta al fondo por medio de cartelas, esto para evitar movimientos laterales.

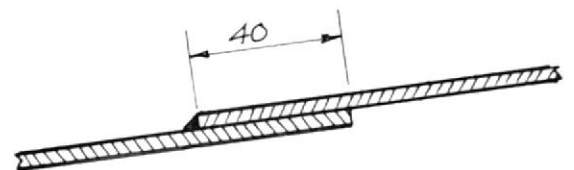
Para efecto de este trabajo se utilizará una estructura soportan-

DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE PLANCHAJE DEL TECHO



ESPESOR DE PARED = 4.75 mm.  
PENDIENTE = 0.1

LISTA de MATERIALES	
24 PLANCHAS de 1.83 x 6.10 mts. x 4.75mm.	
RETAZOS	
A = M = N = Z	⇒ 0.8 x 4.2 mts.
B = L = O = Y	⇒ 1.83 x 4.0 mts.
C = K = P = X	⇒ 1.83 x 2.6 mts.
D = J = Q = W	⇒ 1.2 x 0.9 mts.
E = I = R = V	⇒ 1.83 x 4.4 mts.
F = H = S = U	⇒ 1.83 x 1.80 mts.
G = T	⇒ 1.83 x 4.80 mts.
TOTAL DE PLANCHAS A UTILIZARSE = 38 PZS.	



TRASLAPE DE LAS PLANCHAS DE LA CUBIERTA

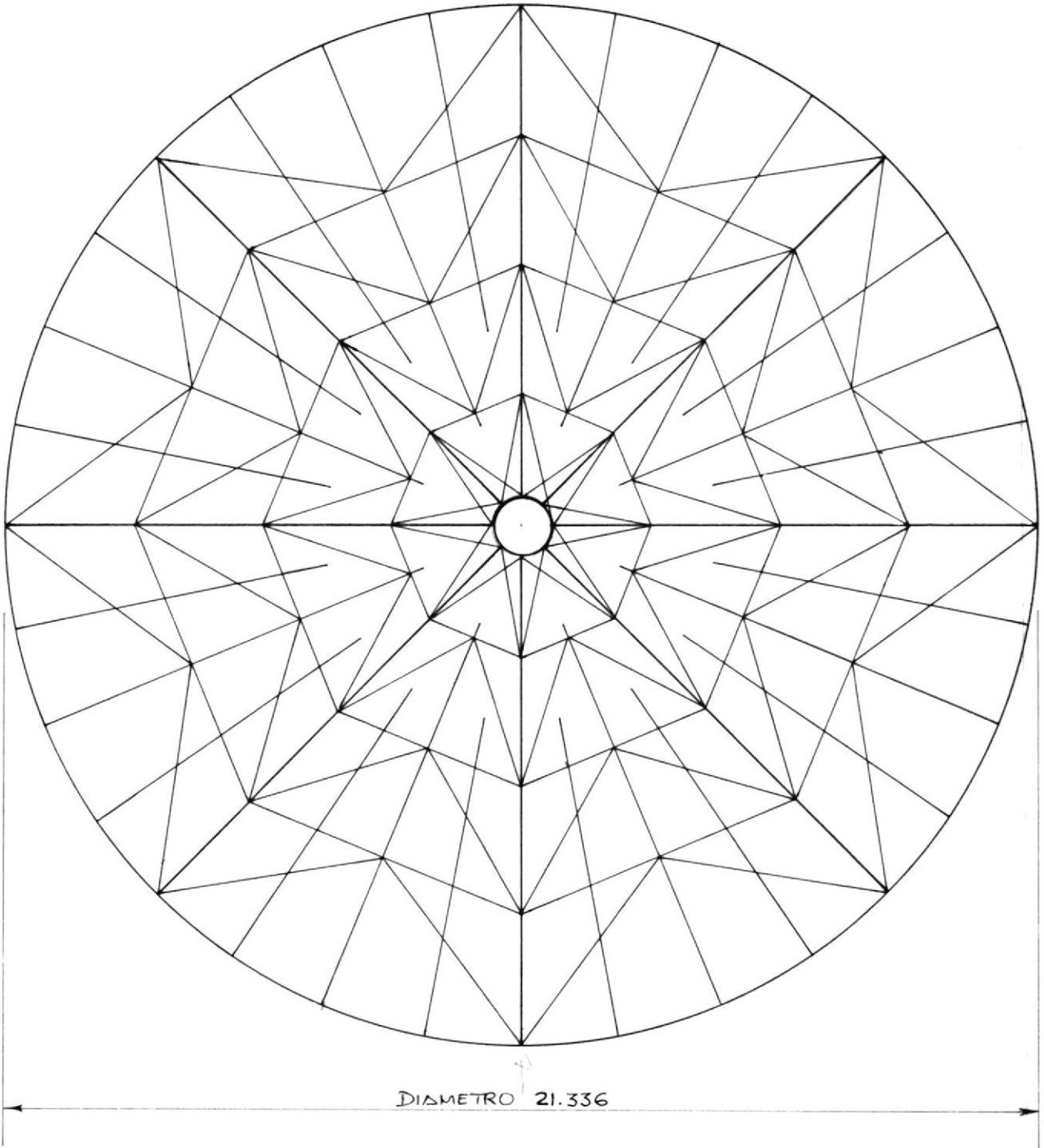
te formada por una columna central, 16 cerchas, correas y tirantes. La cual a sido seleccionada del manual de planos de la Shell International Petroleum M.U. & V.

Los gráficos: N° 9, 10 y 11, muestran el modelo y los detalles de construcción de la estructura soportante.

En el Apéndice "B" se ha recopilado toda la memoria de cálculo - efectuado para comprobar las secciones de cada miembro de la estructura seleccionada.



ESTRUCTURA SOPORTANTE DE TECHO



VISTA SUPERIOR

— Para efecto de este trabajo se ha seleccionado esta estructura





### Anillo rigidizante:

Cumple la función de ayudar a mantener la redondez del cilindro del tanque, evitar el abarrilamiento producido por la presión interna producida por el líquido almacenado y por último para contrarestar cargas axiales producidas por el techo sobre el cilindro del tanque.

Se los ubica generalmente sobre la parte externa del cilindro en el extremo superior (Ref.1), el código API-650(3.15.8), recomienda el uso de anillos rigidizantes formados por perfiles estructurales cuya sección varía de acuerdo al diámetro del tanque, a continuación se muestran los anillos rigidizantes recomendados por el código.

Diámetro del tanque	Perfil estructural recomendado.
0 - 10.5 mts.	✕ 50 x 50 x 5 mm.
10.5 - 18.0 mts.	✕ 50 x 50 x 6.3 mm.
18.0 mts. en adelante	✕ 75 x 75 x 9.5 mm.

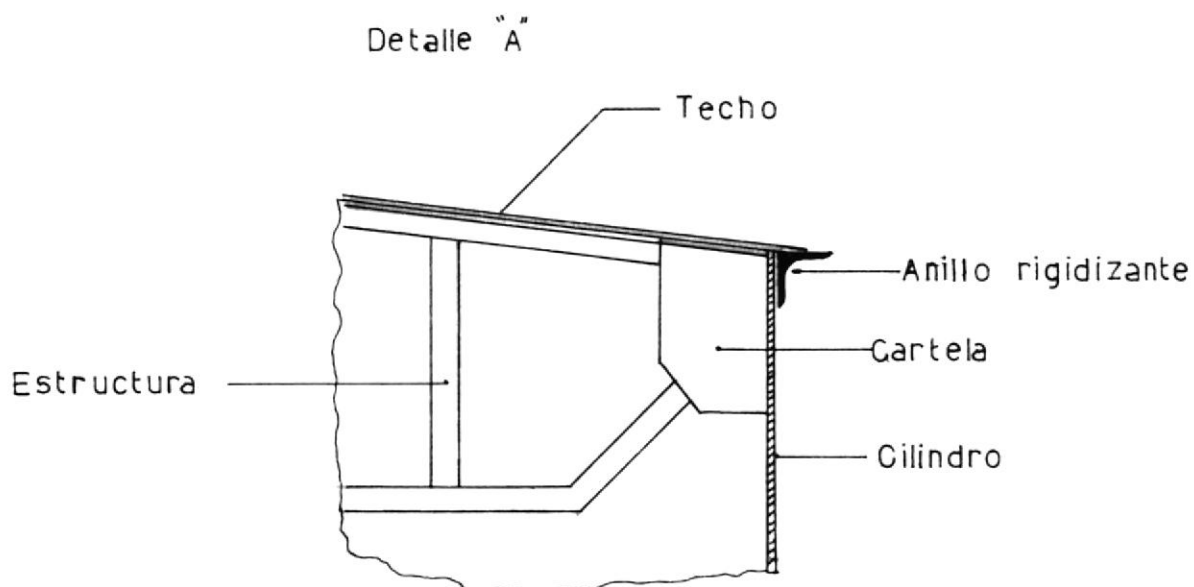
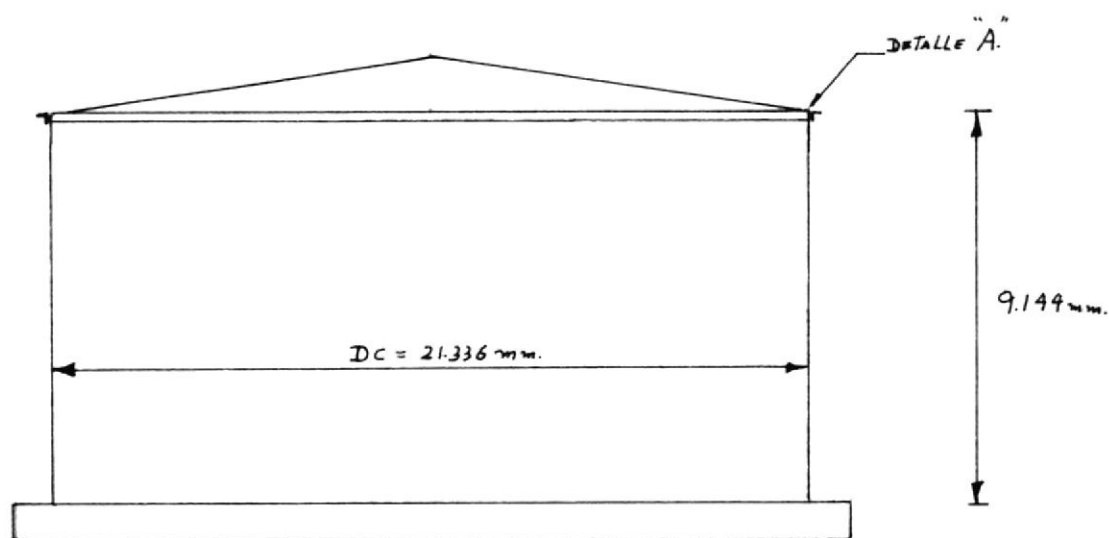
Para el caso de este trabajo se utilizará un anillo rigidizante formado por ángulos de 75 x 75 x 9.5mm., estará ubicado en la parte exterior del cilindro del tanque a una altura de 9,144 mts y formará parte de la estructura que sopor-



tará las planchas del techo.

En el gráfico N° 12, se observa la ubicación del anillo rigidizante y el detalle de su posicionamiento.

Gráfico N° 12  
Anillo rigidizante



### Diseño de accesorios:

Los accesorios son dispositivos necesarios para la operación de un tanque de almacenamiento, cumplen varias funciones entre ellas permiten el acceso al interior del tanque para realizar tareas de reparación, limpieza, etc. Suministran un tiro de aire limpio para cuando se efectúan reparaciones, facilitan el llenado y el vaciado del tanque, permiten medir el nivel del líquido almacenado y la salida de los gases producidos por la evaporación del líquido, etc.

Hay que tomar en consideración las siguientes recomendaciones - que hace el código API-650(3.7.1):

- Todas las aberturas que se efectúan en las paredes del cilindro o en el techo del tanque deberán ser circulares o elípticas, también podrán tener dos lados paralelos y extremos circulares.
- Si se utilizan aberturas elípticas la dimensión del eje mayor no deberá exceder en dos veces la dimensión del eje menor.
- Todas las aberturas deberán estar localizadas de tal manera - que la distancia entre el filo exterior del refuerzo y alguna línea de discontinuidad significativa, sea de un mínimo de 150 mm.

- Todos los accesorios ubicados en las paredes del tanque deberán tener una placa de refuerzo, la cual estará provista de un agujero de  $\varnothing$  6 mm., ubicado en la línea media horizontal y estará expuesto a la atmósfera, el propósito de este agujero es el de — ayudar a detectar las posibles fugas de líquido que existieren de las soldaduras interiores y para efectuar la prueba neumática.

Los accesorios necesarios para el funcionamiento del tanque modelo de 20.580 bbl, son los siguientes:

- 2 - escotillas de inspección de costado
- 2 - escotillas de inspección de techo
- 1 - puerta de limpieza
- 1 - sumidero de agua y lodos
- 1-bocatoma de carga
- 1 - bocatoma de descarga
- 1 - respiradero
- 1 - medidor de nivel
- 1 - escalera helicoidal y pasamano

Con el objeto de facilitar y normalizar la selección de los accesorios para un tanque de almacenamiento, el código API-650 a tabulado los diferentes tipos y dimensiones que han sido aprobados por las normas internacionales.

A continuación se describen los accesorios seleccionados para el tanque objeto de este trabajo.

- Escotilla de inspección de costado:

Estos dispositivos se encuentran ubicados en el cilindro del tanque cerca del fondo y permiten el ingreso al interior del tanque desde su parte inferior con lo cual se pueden realizar tareas de mantenimiento, limpieza, reparaciones, también facilitan el ingreso de aire limpio al interior del tanque para facilitar la desgasificación y por último facilitan el ingreso de herramientas para realizar reparaciones.

El código API-650, ha normalizado tanto el diseño como las dimensiones de estos accesorios, lo cual se encuentra en las tablas XII y XIII.

Para el objeto de este trabajo se han seleccionado el uso de dos escotillas de inspección de costado, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 13 se muestran los detalles de construcción.

Dimensiones:

Diámetro interior (DI) 610 mm.

diámetro de círculo de pernos 768 mm.

diámetro de tapa ( $D_T$ ) 832 mm.

diámetro de refuerzo ( $D_F$ ) 1.372 mm.

TABLA No. XII  
 DIMENSIONES DE ESCOTILLA DE INSPECCION DE COSTADO

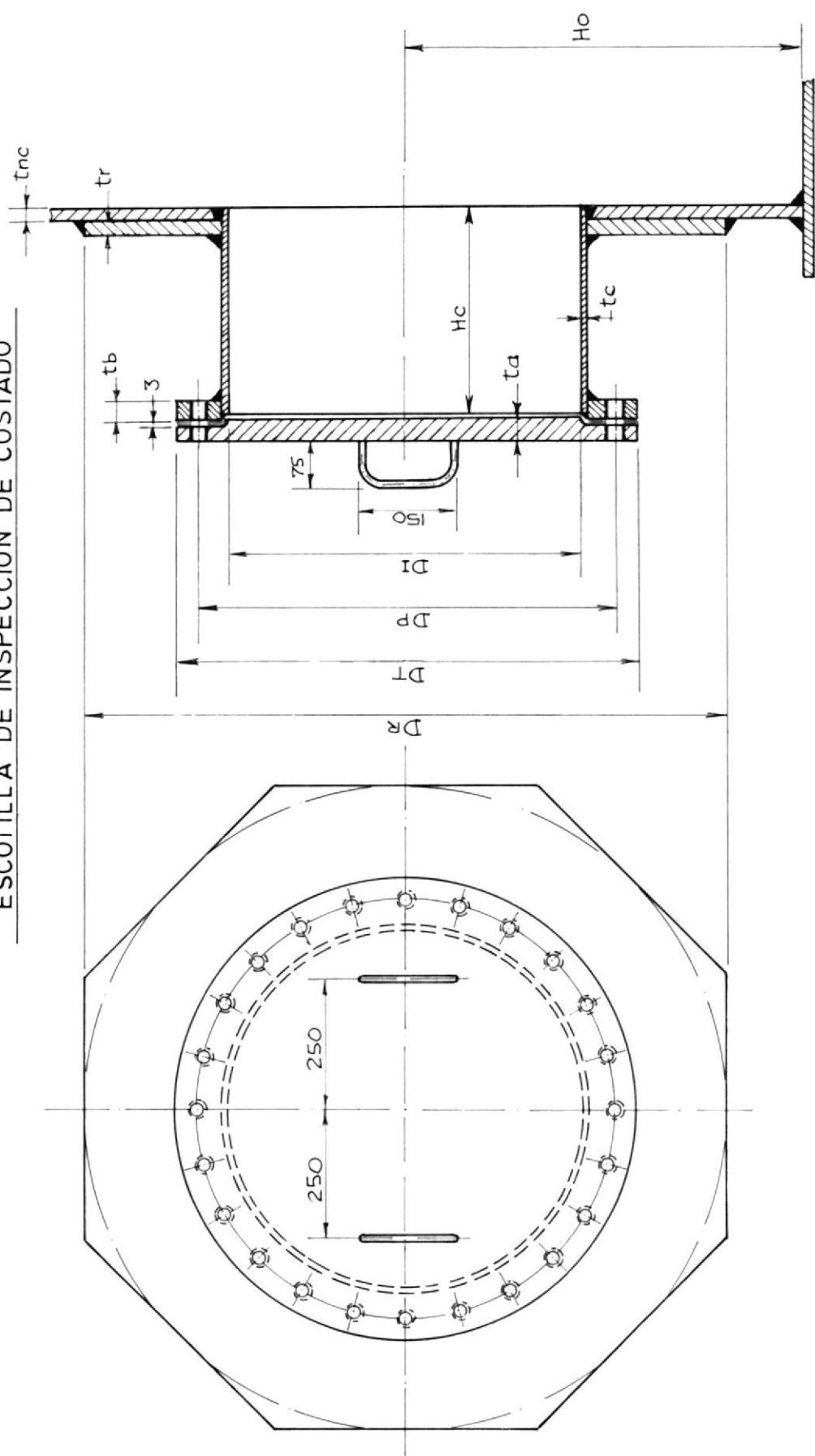
DIAMETRO 610 mm.			
ESPESOR NOMINAL DEL CILINDRO (TNC)	DIAMETRO DE REFUERZO (DR)	DIAMETRO INTERIOR (DI)	DIAMETRO INTERIOR (DI)
4.75	1.370	610	4.75
6.35	1.370	610	6.35
8	1.365	610	6.35
9.5	1.360	610	6.35
11	1.360	610	6.35
12.5	1.355	610	6.35
14	1.345	610	6.35
15.8	1.340	610	6.35
17	1.335	610	6.35
19	1.335	610	6.35
20	1.330	610	6.35
22	1.330	610	8
23.8	1.330	610	11
25.4	1.340	610	11

TABLA No. XIII

## DIMENSIONES DE ESCOTILLA DE INSPECCION DE COSTADO

Máxima altura del ranque (h) (nots)	Mínimo Espesor Placa de refuerzo		Mínimo Espesor Brida de Pernos	
	(TR)	(mn)	(Tb)	(mn)
6.40		9.5		6.35
8.22		11		8
9.75		11		8
12.99		12.5		9.5
13.71		14		11
16.45		14		11
19.81		15.8		12.5
22.86		17		14

GRAFICO Nº 13  
 ESCOTILLA DE INSPECCION DE COSTADO



altura de cuello ( $D_c$ ) 200 mm.  
espesor de tapa ( $t_a$ ) 11 mm.  
espesor de brida ( $t_b$ ) 11 mm.  
espesor de cuello ( $t_c$ ) 6.35 mm.  
espesor de refuerzo ( $t_f$ ) 11 mm.  
espesor de cilindro ( $t_{NC}$ ) 11 mm.  
número de pernos ( $n_p$ ) 28  
diámetro de pernos 19 mm.  
diámetro de agujeros 22 mm.  
altura de operación ( $H_o$ ) 762 mm.

Escotilla de inspección de techo:

Estos dispositivos permiten el ingreso al interior del tanque por el techo, se puede observar el estado en que se encuentra la estructura soportante del techo y además permiten obtener muestras del líquido que está almacenado.

Conjuntamente con las escotillas de inspección de costado son utilizados para formar un tiro de aire natural o forzado que permita el ingreso de aire limpio para efecto de reparaciones o desgasificación.

El código API-650 ha normalizado tanto el diseño como las di mensiones de este dispositivo, lo cual se encuentra detallado en la tabla XIV.

TABLA No. XIV

## DIMENSIONES DE ESCOTILLA DE INSPECCION DE TEGUIO

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

DIAMETRO INTERIOR (DI)	DIAMETRO TAPA (DT)	DIAMETRO BRIDA DE PERNOS (DP)	NUMEROS DE PERNOS (NP)	DIAMETRO DE PLACA DE RE FUERZOS (DR)
510	660	596	406	1066
610	762	698	508	1168

Para objeto de este trabajo se han seleccionado el uso de dos escotillas de inspección de techo, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 14, se observan los detalles de construcción.

Dimensiones:

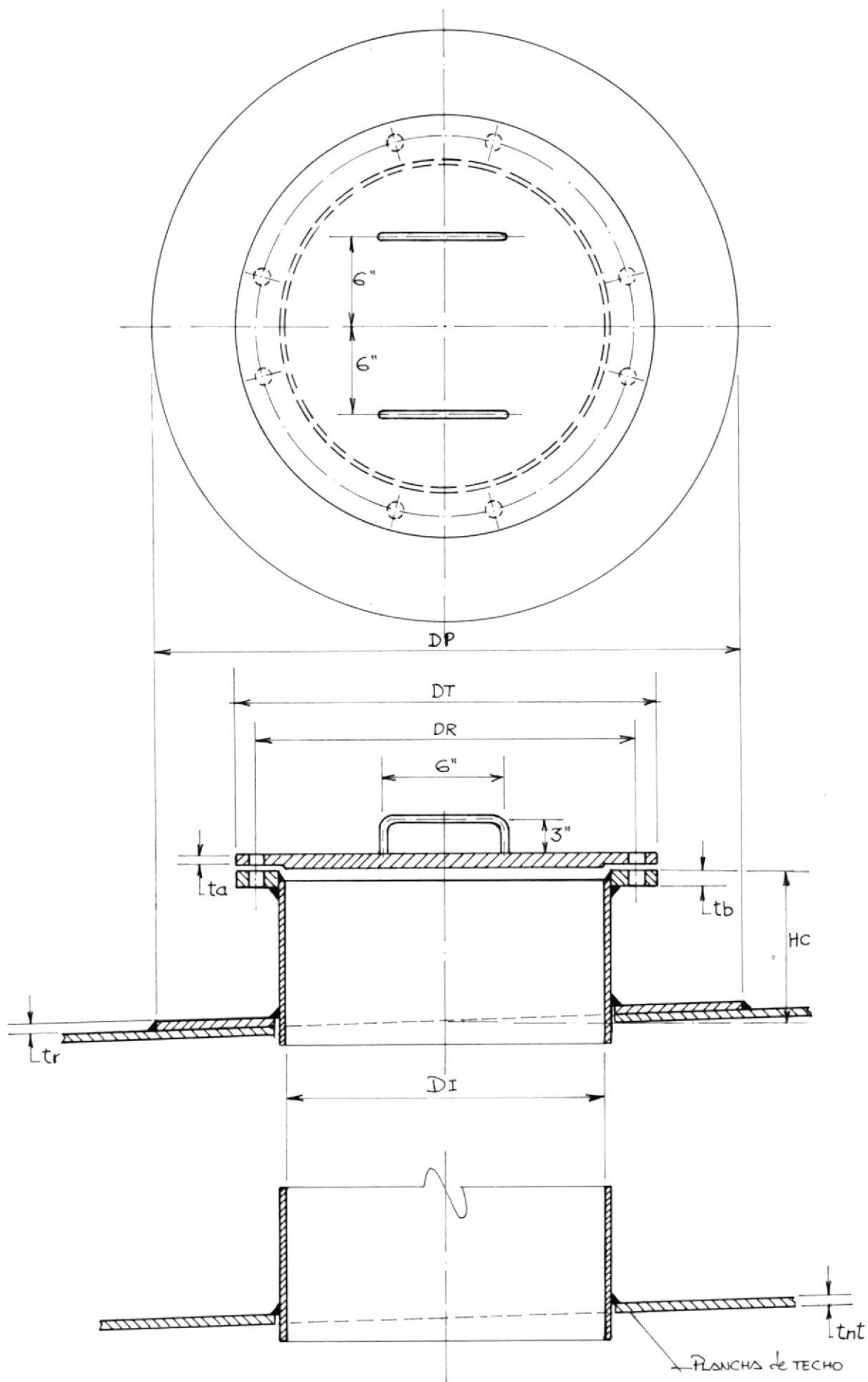
diámetro interior (DI)	610 mm.
diámetro de pernos (Dp)	700 mm.
diámetro de tapa (DT)	762 mm.
diámetro de refuerzo (D <sub>R</sub> )	1.168 mm.
altura de cuello (Hc)	152 mm.
espesor de tapa (t)	6.35 mm.
espesor de brida (tb)	6.35 mm.
espesor de cuello (tc)	6.35 mm.
espesor de refuerzo (t <sub>R</sub> )	6.35 mm.
espesor de techo (t <sub>Nt</sub> )	4.75 mm.
Cantidad de escotillas	2
diámetro de pernos	15.8 mm.
diámetro de agujeros	19 mm.
número de pernos ( p)	20



Puerta de limpieza:

Es un dispositivo utilizado en tanques de almacenamiento de gran capacidad, permite efectuar tareas de limpieza utilizando

ESCOTILLA DE INSPECCION DE TECHO



equipos especiales tal como el ahorro de agua a presión. Una vez terminada la limpieza del interior del tanque se desaloja toda el agua por este dispositivo.

Debido a la gran dimensión de estos accesorios es factible el ingreso de equipos y herramientas al interior del tanque para efectuar inspecciones o reparaciones.

El código API-650, ha normalizado tanto el diseño como las dimensiones de estos accesorios, lo cual se encuentra detallado en las tablas XV, XVI y XVII.

Para el objeto de este trabajo se ha seleccionado el uso de una puerta de limpieza, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 15, se muestran los detalles de construcción:

Dimensiones:

ancho de puerta (b)	1.220 mm.
altura de puerta (h)	915 mm.
ancho de refuerzo (w)	2.692 mm.
altura de refuerzo (LR)	1.320 mm.
ancho de la brida (Hb)	115 mm.
radio curvatura refuerzo(R <sub>2</sub> )	1.040 mm.
radio curvatura puerta(R <sub>1</sub> )	457 mm.

TABLA No. XV

DIMENSIONES DE PUERTA DE LIMPIEZA  
 TODAS LAS DIMENSIONES EN mm  
 DIMENSIONES EN ANCHO POR ALTO

ESPEJOR NOMINAL CILIN- DRO (TNC)	ALTURA MAXIMA TANQUE (H)	914 x ESPEJOR DE REFUER- ZOS (TR)	1.219 ESPEJOR DE REFUER- ZOS (LR)	LONGITUD DE PLACA REFUER- ZOS (LR)	1.219 x ESPEJOR DE PLACA REFUERZO (TR)	LONGITUD DE PLACA DE REFUERZOS (LR)
4.75	21.945	6.35	1.302	1.302	6.35	17.33
6.35	21.945	8	1.346	1.346	8	1790
8	21.945	95	1.371	1.371	9.5	1828
9.5	4.876	11	1.327	1.327	11	1828
9.5	7.924	11	1.371	1.371	12.5	1727
9.5	21.945	12.5	1.295	1.295	12.5	1737
11	5.181	12.5	1.320	1.320	12.5	1828
11	8.534	12.5	1.371	1.371	14	1752
11	21.945	14	1.320	1.320	14	1765
12.5	5.486	14	1.314	1.314	14	1828
12.5	9.448	14	1.371	1.371	15.8	1778
12.5	21.945	14.8	1.333	1.333	15.8	1790
14	5.791	15.8	1.308	1.308	15.8	1828
14	10.363	15.8	1.371	1.371	17	1790
14	21.945	17	1.339	1.339	17	1783
15.8	6.705	17	1.308	1.308	17	1828
15.8	12.192	17	1.371	1.371	19	1803
15.8	21.945	19	1.346	1.346	19	1822
17	7.315	19	1.301	1.301	19	1810
17	13.411	19	1.371	1.371	20	1828

TABLA No. VI

## DIMENSIONES DE PUERTA DE LIMPIEZA

Todas las dimensiones en mn

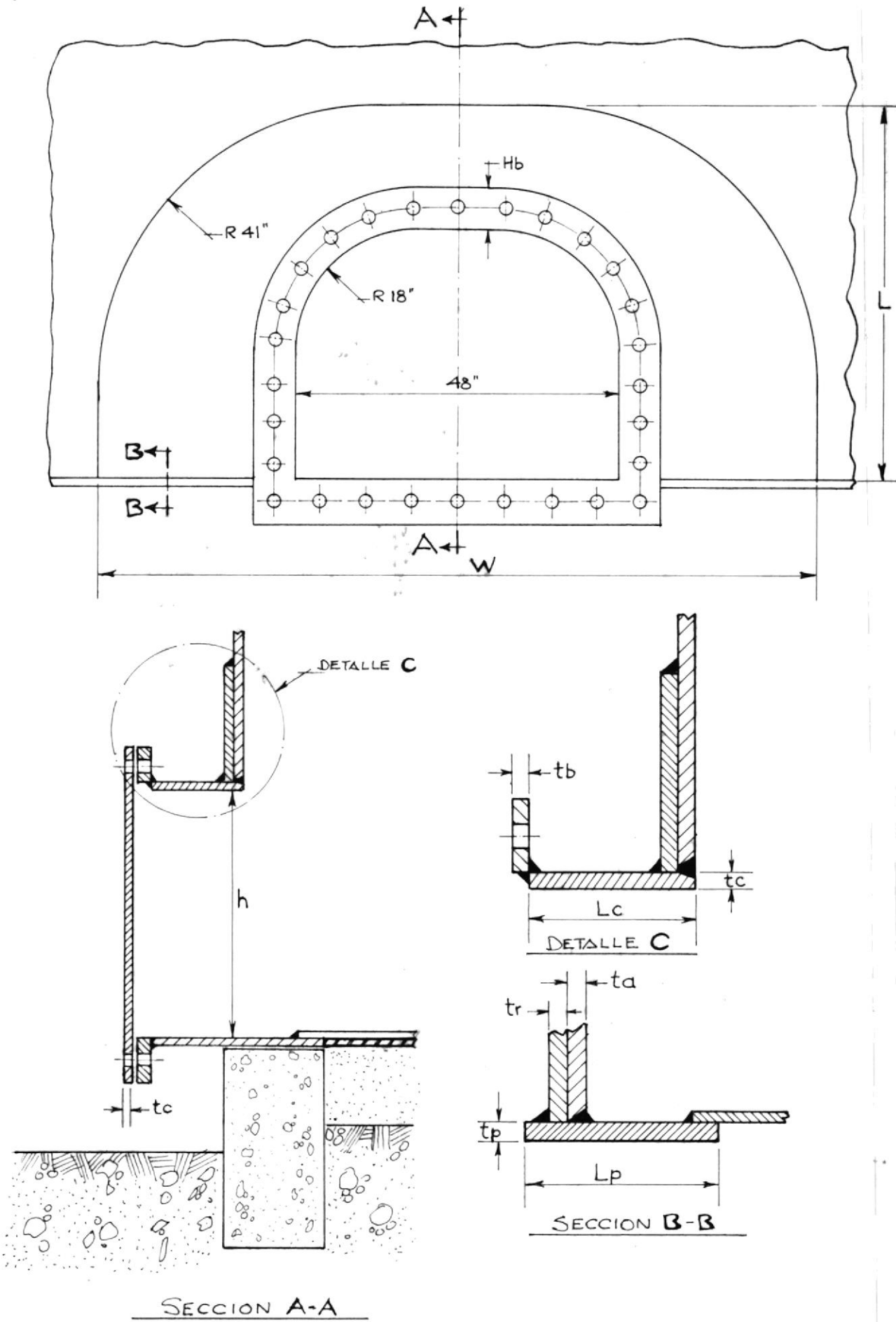
Altura de la Puerta (h)	Ancho de la Puerta (A)	Ancho de Placa refuerzo (W)	Radio de Curvatura Superior (r <sub>1</sub> )	Radio de Curvatura Inferior (r <sub>2</sub> )	Ancho de BRIDA (Mb)	Número de Pernos (np)	Diámetros de agujeros en brida (Dp)
203,2	406,4	1168,4	101,6	355,6	100	558,8	19
609,6	609,6	1828,8	304,8	736,6	100	914,4	19
914,4	1219,2	2692,4	457,2	1041,4	112	1168,4	25
1219,2	1219,2	3175	609,6	1308,1	112	1320,8	25

TABLA No. VII

DIMENSIONES DE LA PLACA DE REFUERZO PARA LA PUERTA DE LIMPIEZA

Medidas de la Puerta h x b (altura por ancho)  
 914-1.220      1.220- 1220

Máxima altura del Tanque (H)	Espesor de Bride Pernos (tb)	Espesor de placa Refuerzo (tb)	Espesor de Bridas Pernos (tb)	Espesor de placa Refuerzo (tp)
6096	15	20	15	22
10363, 2	19	25	20	28
12496,8	22	28	22	30
16154,4	23,5	31	25	33
18288	25	33	28	34,5
19507,2	26,5	34,5	28	36,5
21945,6	28	36,5	30	37,5
		37,5		44



longitud placa piso (Lp)	254 mm.
longitud placa cuello (Lc)	127 mm.
número de pernos (N)	46
diámetro de pernos( $\emptyset$ )	25 mm.
espesor tapa (tt)	19 mm.
espesor de brida (tb)	19 mm.
espesor cuello (tc)	14 mm.
espesor refuerzo (tR)	14 mm.
espesor anillo (ta)	11 mm.
espesor piso (tp)	25 mm.

#### Sumidero de agua y lodos:

Es un dispositivo utilizado para desalojar productos que se en encuentran contaminando el líquido almacenado, esto se lo realiza estando el tanque de almacenamiento en operación. Las sus tancias contaminantes son más pesadas que los derivados del petróleo entre los cuales se encuentran residuos de tierra, lo dos y agua. Siendo el agua el contaminante más pernicioso ya que acelera la corrosión del fondo del tanque.

El sumidero de agua y lodos va ubicado en el fondo del tanque particularmente en sitios donde exista una pequeña inclinación para que ayude a la recolección de los productos contaminantes.

El código API-650 ha normalizado tanto el diseño como las di



mensiones de este dispositivo, lo cual se encuentra detallado - en la tabla XVIII.

Para objeto de este trabajo se ha seleccionado el uso de un sumidero de agua y lodos, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 16, se observan los detalles de construcción.

Dimensiones:

diámetro del tubo (Dt)	75 mm.
diámetro del sumidero (Ds)	914 mm.
altura del sumidero (Hs)	457 mm.
altura del tubo (Ht)	75 mm.
distancia central (L)	1.520 mm.
espesor del fondo (tb)	9,5 mm
espesor de pared (tac)	9.5 mm.
espesor de brida (tc)	9.5 mm.

Bocatoma de carga y descarga:

Para la selección de las bocatomas de carga y descarga se tienen que tener en consideración las siguientes factores:

- Caudal de líquido que se necesita en la operación del tanque.
- factor económico que es un factor determinante ya que a medii

GRAFICO Nº 16  
SUMIDERO DE AGUA Y LODOS

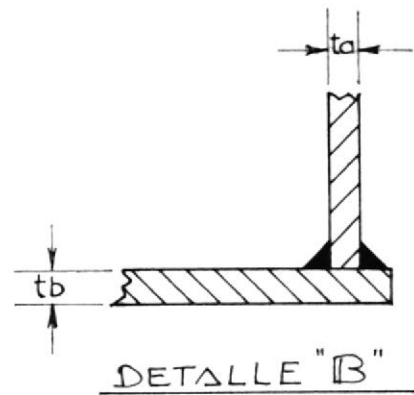
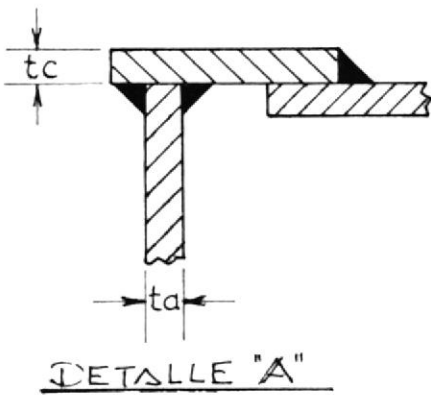
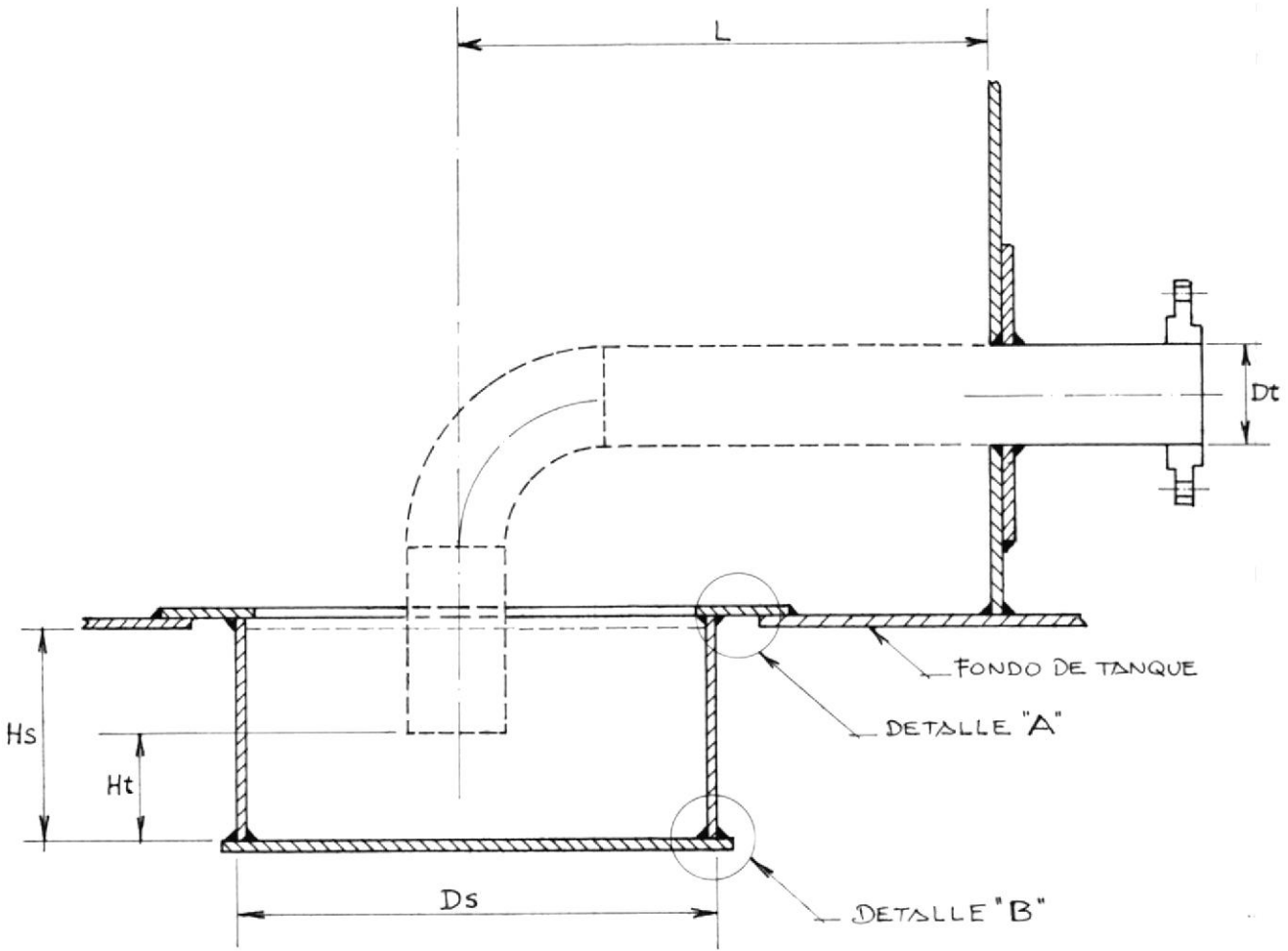


TABLA No. XVIII

## DIMENSIONES DEL SUMIDERO DE AGUA Y LODOS

Todas las medidas en mm.

Diámetro N6mina de tubo (Dt)	Diámetro de Sumidero (Ds)	Altura de Sumidero (Hs)	Distancia del Centro de Tube ría al cilindro (L)	Espesor de las Placas del Su- midero (ta, tb)
50,8	609,6	304,8	1066,8	8
76,2	914,4	457,2	1524	9,5
101,6	1219,2	609,6	2057,4	9,5
152,4	1524	914,4	2590,8	11

da que aumenta el diámetro de la tubería en una interconexión, el precio de la misma aumenta considerablemente.

Para el tanque objeto de este trabajo se necesitará un caudal de líquido de 1.000 gal /minuto.

En la tabla XIX (Ref.17), se observa la relación existente - entre el caudal del líquido y el diámetro de la tubería. Para el caso de este trabajo se ha seleccionado una tubería de 200 mm., de diámetro, la cual cumple con los requerimientos - de caudal.

- Tiempo de operación :

A continuación se calculará el tiempo de operación de llenado o vaciado utilizando tuberías de 200 mm., de diámetro, de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.9)$$

Donde:

Q = caudal, gal/(min)

V = volumen, gal.

t = tiempo, min.

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{864.360 \text{ glns.}}{1.000 \text{ glns/min}}$$

## TABLA XIX

RELACION ENTRE EL CAUDEL DEL LIQUIDO Y EL DIAMETRO DE LA TUBERIA

CAUDAL (gus/minuto)	DIAMETRO DE TUBERIA (mm)
0-2 -----	12.5
3-4 -----	19
5-7.5 -----	25
8-16 -----	31
17-24 -----	38
25-48 -----	50
49-77 -----	62
78-140 -----	75
141-280 -----	100
281-500 -----	125
501-800 -----	150
801-1700 -----	200
1701-2500 -----	250
2501-3600 -----	300
3601-4200 -----	350
4201-5500 -----	400
5501-7000 -----	450

$t = 864,36 \text{ min.}$

$t = 14 \text{ horas, } 24 \text{ minutos}$

Bocatoma de carga:

El código API 650 a normalizado tanto el diseño como las dimensiones de este accesorio el cual se encuentra detallado en la tabla XX .

Para el objeto de este trabajo se ha seleccionado el uso de - una bocatoma de carga, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 17 se muestran los detalles de construcción.

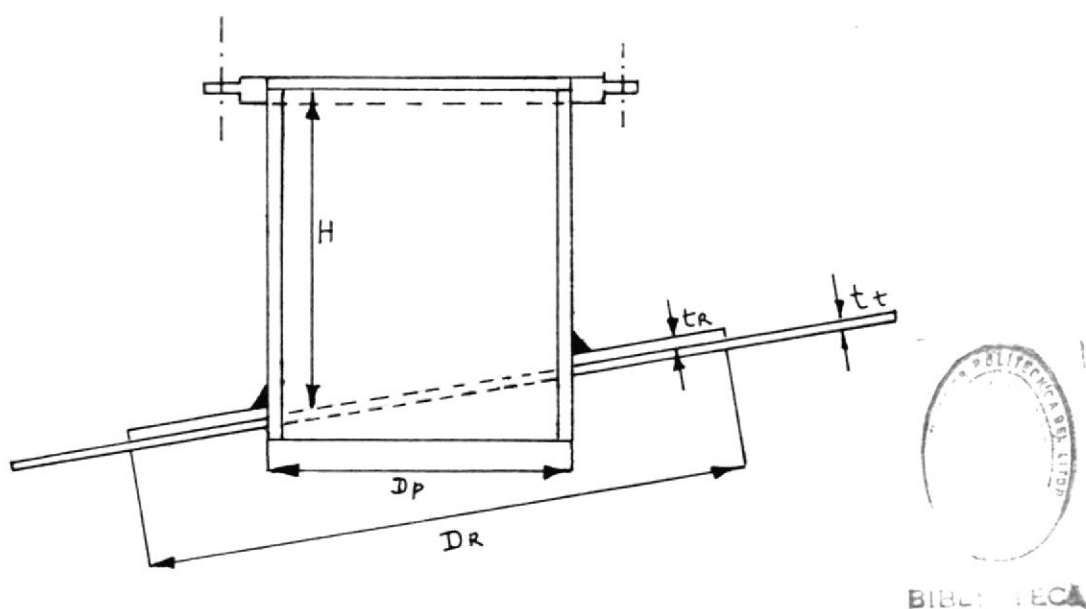
Dimensiones:

Diámetro exterior del tubo (DP)	215 mm.
diámetro nominal del tubo (Dn)	200 mm.
diámetro de placa de refuerzo ( $D_R$ )	457 mm.
altura de la bocatoma (H)	150 mm.
espesor de la placa de refuerzo(tr)	6,35 mm.
espesor del techo (tt)	4,75 mm.



TABLA No. XX  
 DIMENSIONES DE BOCATOMA DE CARGA  
 Todas las medidas en mm.

Diámetro Nominal de Bocatoma (Dr)	Diámetro de la tubería (Dp)	Altura de Boca toma (H)	Diámetro de placa refuer zo (Dr)
38,1	48,2	152,4	127
50,8	60	152,4	177,8
76,2	87	152,4	288,6
101,6	112	152,4	279,4
152,4	165	152,4	381
483,8	215	152,4	457,2
254	270	203,2	558,8
304,8	320	203,2	609,6



- Bocatoma de carga

Gráfico N° 17

Bocatoma de descarga:

El código API-650 ha normalizado tanto el diseño como las dimensiones de este accesorio el cual se encuentra detallado en la tabla XXI.

Para el objeto de este trabajo se ha seleccionado el uso de una bocatoma de descarga, a continuación se indican las dimensiones seleccionadas y en el gráfico N° 18, se muestran los detalles de construcción.

Dimensiones:

diámetro nominal ( $D_n$ )	200 mm.
diámetro ext.tubo( $D_p$ )	215 mm.

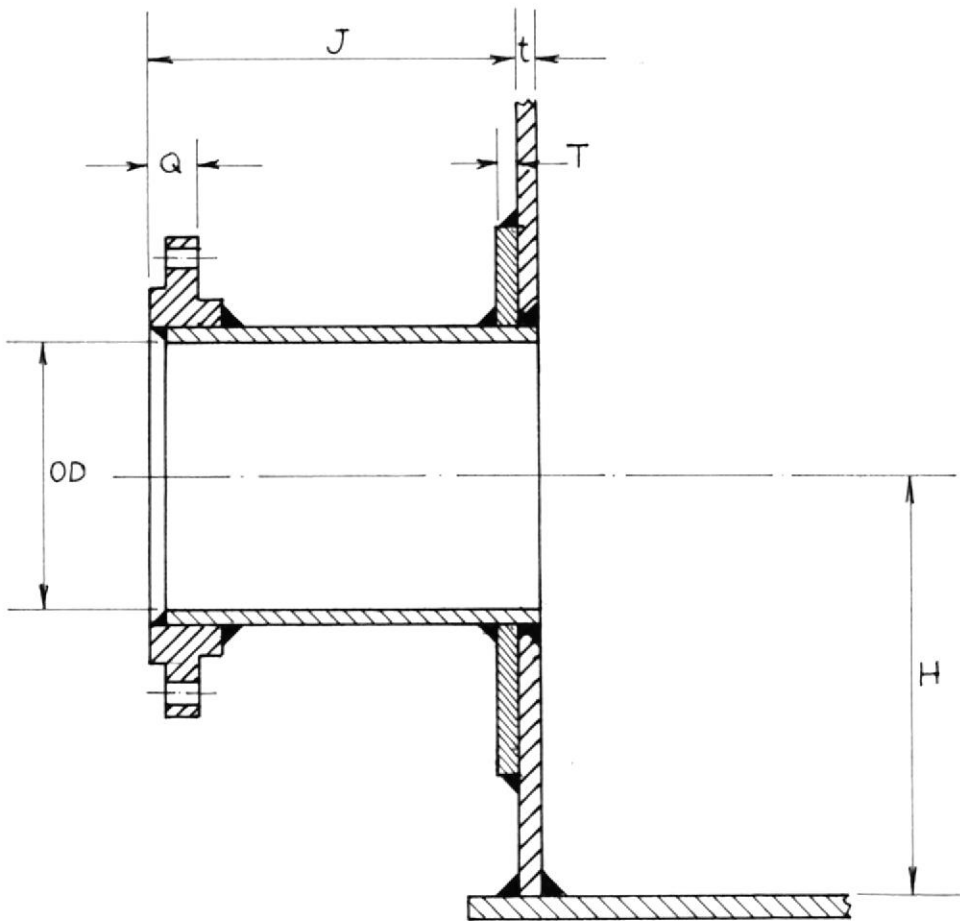
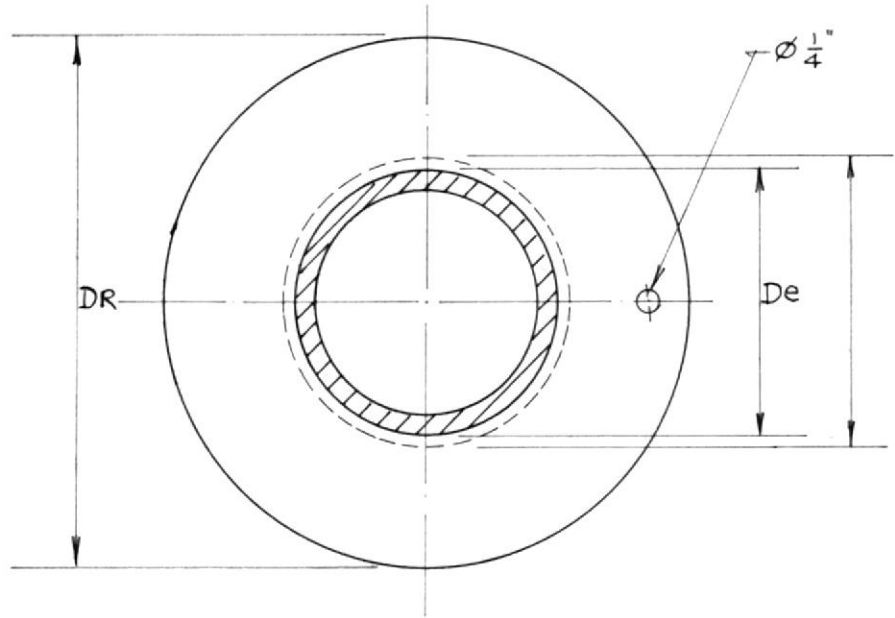
TABLA No. XXI

DIMENSIONES DE BOCATOMA DE DESCARGA

Todas las medidas en mm.

DIAMETRO NOMINAL DE BOCATOMA (Dn)	DIAMETRO DE TUBERIA (Dp)	DIAMETRO PLACA DE REFUERZO (Dr)	DISTANCIA DEL CILINDRO A BRIDA (J)	DISTANCIA DEL FONDO AL CENTRO DE TUBERIA (H)
609,6	609,6	1257	300	700
558,8	558,8	1156	275	650
508	508	1054	275	600
457,2	457,2	953	250	550
406,4	406,4	851	250	500
355,6	355,6	749	250	450
304,8	320	686	225	425
254	270	584	225	375
203,2	215	483	200	325
152,4	165	400	200	275
101,6	112	305	175	225
76,2	87	267	175	200
50,8	59	250	150	175
37	47	220	150	150

GRAFICO N° 18  
BOCATOMA DE DESCARGA



diámetro refuerzo ( $D_R$ )	483 mm.
distancia al cilindro (5)	200 mm.
altura al fondo (H)	330 mm.
espesor de brida (Q)	28,5 mm.
espesor de refuerzo(T)	11 mm.
espesor de cilindro ( $t_c$ )	11mm.

#### Respiradero:

Es un dispositivo muy usado en regiones donde la temperatura ambiente alcanza valores superiores a los 40°C.

Cumple la función de permitir la salida de los gases provenientes del líquido a ser almacenado, se lo ubica en el techo del tanque. Evita el aumento de la presión interna y protege al tanque de sobrepresiones producidas por estos gases.

Para el caso de este trabajo se ha seleccionado el uso de un respiradero, en el gráfico N° 19, se observan la forma y dimensiones que han sido seleccionadas.

(Ver gráfico N° 19, en la siguiente página)



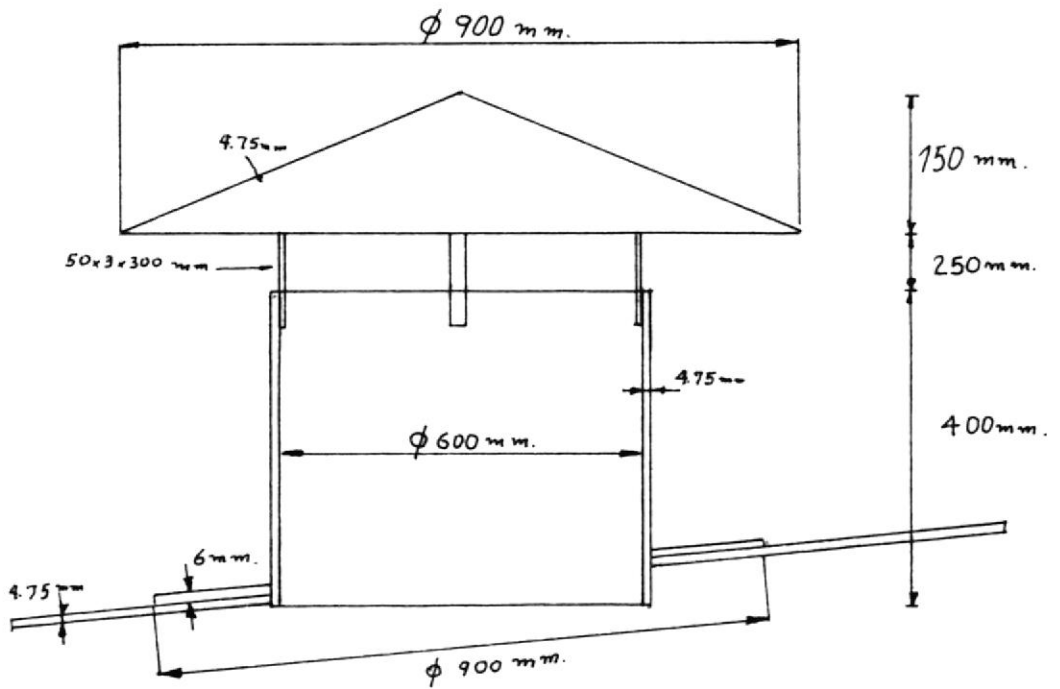


Gráfico N° 19  
- Respiradero

Medidor de nivel:

Es un dispositivo que permite efectuar lecturas muy aproximadas de la capacidad de líquido almacenado.

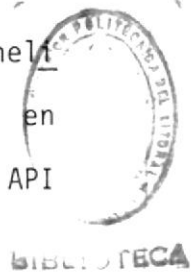
El medidor de nivel utiliza un flotador (boya) construido con planchas de acero, el cual efectúa un movimiento ascendente y - descendente según el nivel del líquido almacenado en el interior del tanque. Se transmite este movimiento por medio del uso de un juego de poleas hacia un marcador el cual se desplaza sobre una regla calibrada en unidades de volumen requeridas (gls, bbl, etc.).

En este trabajo se ha seleccionado el uso de un medidor de ni vel cuyos detalles y dimensiones se muestran en el gráfico N<sup>o</sup> 20.

Escalera helicoidal y pasamano:

La escalera helicoidal y pasamano cumple la función de permitir el acceso de los operadores del tanque a la parte superior del mismo en una manera segura.

En este trabajo se ha seleccionado el uso de una escalera helicoidal con su respectivo pasamano de protección teniendo en consideración las siguientes recomendaciones del código API 650:



- Todas las partes serán construídas de metal
- El ancho mínimo de la escalera será de 610 mm.
- El ángulo que forma la escalera con una línea horizontal será de 45°.
- Las escaleras deberán ser construídas de material antideslizante.
- La distancia entre los postes sería de 2.438mm.

medidor de nivel

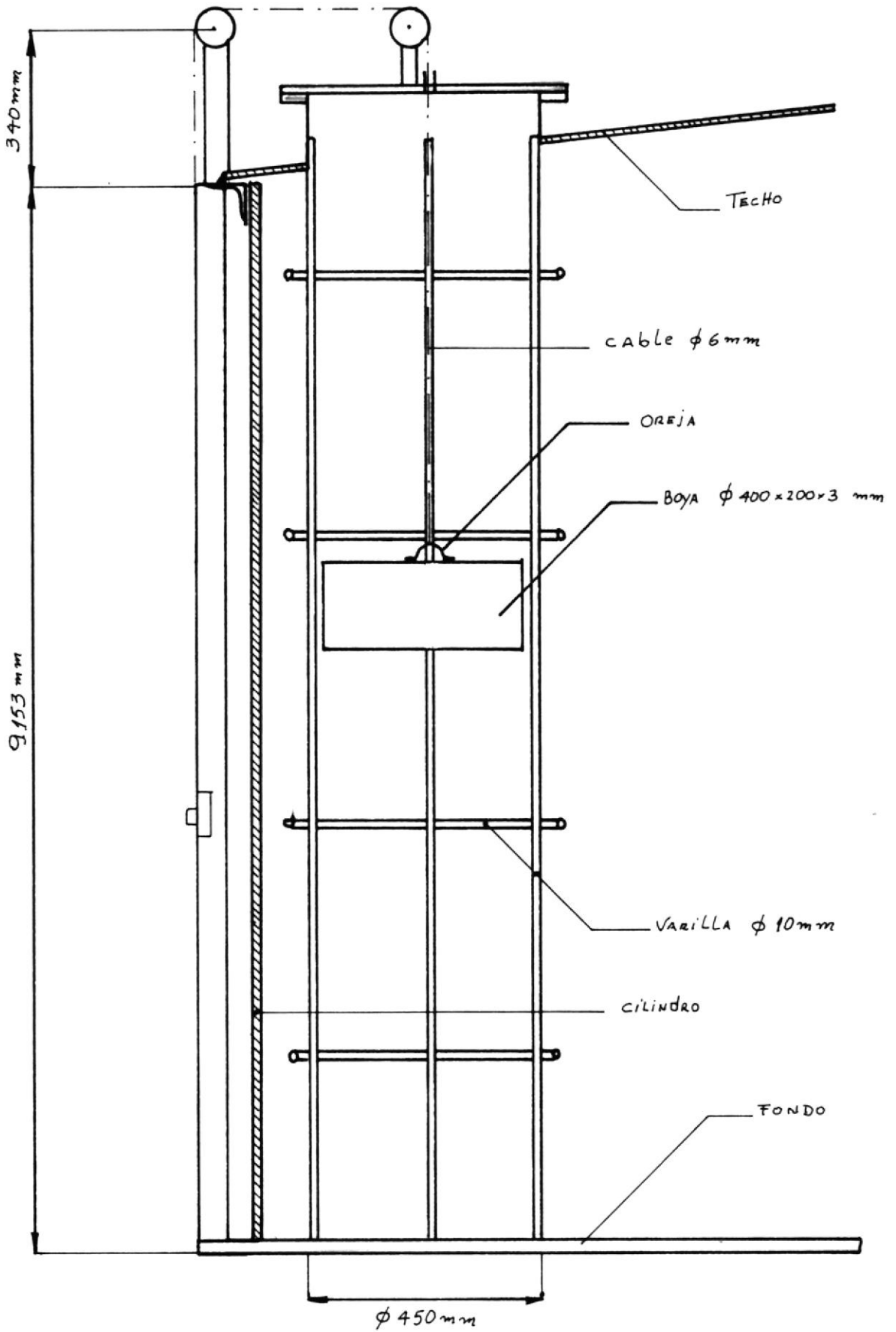
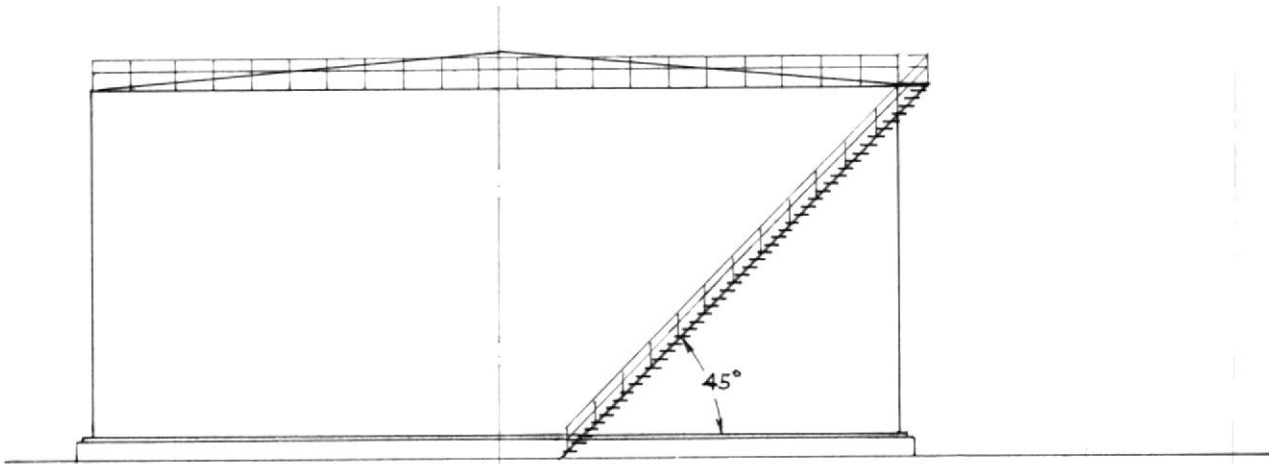
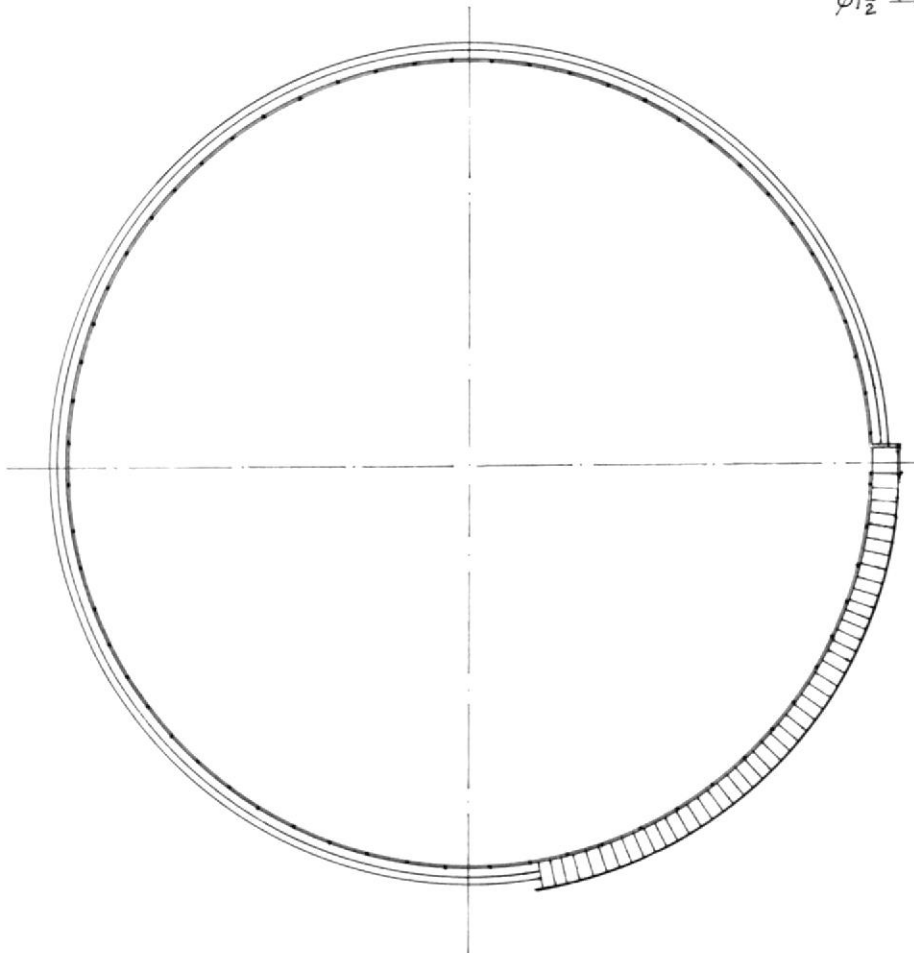


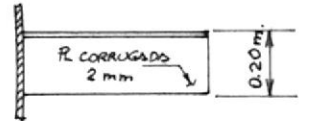
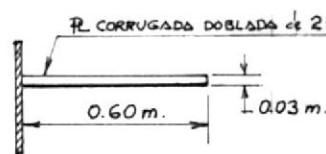
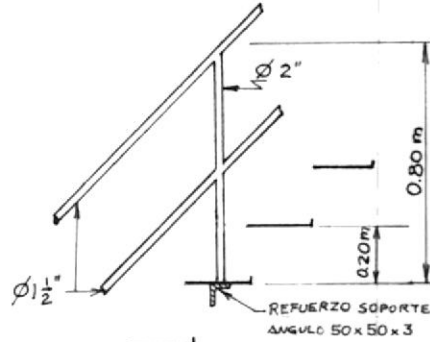
GRAFICO Nº 21  
ESCALERA HELICOIDAL Y PASAMANOS



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



DETALLE de ESCALON  
Y PASAMANO ESC. 1:

TOTAL: 45 ESCALONES

- La estructura deberá ser capaz de soportar una carga concentrada móvil de 450 Kg.
- La escalera helicoidal deberá estar completamente apoyada en el cilindro del tanque.
- Se recomienda que el ángulo empleado para todas las escaleras de un grupo de tanques o en una planta sea el mismo.

A continuación en el gráfico N° 21, se muestran las dimensiones y detalles de construcción de la escalera y pasamano seleccionados para este tanque.

Acabado superficial:

Teniendo presente que la corrosión es un proceso espontáneo de los materiales se recurre al uso de sistemas protectores para tratar de prevenir la corrosión.

Algunas medidas útiles para la protección contra la corrosión atmosférica se presentan a continuación:

- Utilización de revestimientos metálicos adecuados para cada tipo de atmósfera.
- Aplicación de un revestimiento con una película de espesor -

considerable y adherencia uniforme.

- Evaluar adecuadamente los espesores de los revestimientos me  
tálicos u orgánicos, teniendo conocimiento previo del medio  
donde la pieza estará expuesta.
- Usar un revestimiento protector exento de poros y que no -  
sea higroscópica.
- Revestimiento con productos de reacción como por ejemplo: cro  
matizados, fosfatizados, etc.
- Adición de elementos aleantes al material metálico como por  
ejemplo: fósforo, cobre, níquel o cromo.
- Disminución de la humedad del aire.
- Usar protectores temporales en los casos de transporte ó alma  
cenamiento.

Para el caso de este trabajo se utilizarán pinturas las cuales  
cumplen con la finalidad de protección contra la corrosión y  
además mejoran el aspecto decorativo del tanque.

A continuación en la tabla XXII, se muestran diferentes condi-  
ciones de exposición, existiendo para cada una de ellas la res

pectiva preparación de superficie del metal y el tipo de pintura recomendada. (Ref.4).

Tabla XXII

Condiciones de exposición.	Método y grado de limpieza mínima.	Tipo de pintura
Inmersión productos químicos, ácidos, sales ó agua	arenamiento a "metal blanco"	silicatos de zinc, vinílicos, silicones, caucho clorado.
Inmersión: agua - dulce, agua salada.	arenamiento a "metal casi blanco".	pintura orgánica rica en zinc, vinílicas, fluólicas, apóxicas, alquitrán de hulla, caucho - clorado.
Atmósfera química	arenamiento a: "metal casi-blanco"	igual al anterior
→ Atmósfera industrial, húmeda y - marítima.	arenamiento : "comercial".	alquitrán de hulla, zinc inorgánico, epóxicas, ester epóxico, fenólicas, caucho clorado.
Atmósfera no contaminada, más húmeda.	arenamiento: "ligero"	óleo, alquídica, ester epóxico, bituminosas, alquitrán de hulla.
Atmósfera: no contaminado, ext. e int.	herramientas manuales y mecánicas.	óleo, alquídica, bituminosas, a base de agua.

### Preparación de la superficie:

La preparación y limpieza de la superficie previa a la aplicación de pinturas es uno de los pasos más importantes en el acabado superficial de una estructura metálica. Para lograr esto se debe seleccionar el método y el grado de limpieza de la superficie, lo cual varía con el tipo de pintura a ser utilizada o con la atmósfera a la que estará expuesta la estructura.

Los métodos de limpieza superficial son:

#### Método con herramientas manuales:

Se utilizan martillos de varias medidas, raspadores, espátulas, cepillos de acero y lijas. Con este método de limpieza se retirarán todos los materiales salidos como pinturas viejas, óxidos, etc.

#### Método con herramientas mecánicas:

Se utilizarán esmeriles rotativos, cepillos de acero circulares, herramientas, neumáticas, etc. Con este método se retiraron todos los materiales sólidos, capas de laminación, óxidos, etc.. Este método es muy utilizado en lugares donde el arenamiento es impracticable o antieconómico.

#### Método de arenamiento:



La limpieza se efectúa a través del impacto de partículas, generalmente abrasivas, impulsadas a gran velocidad contra la superficie a ser limpiada. El arenamiento es uno de los pocos métodos que efectivamente retira aceite y grasas dejando una superficie con la adecuada rugosidad para que las pinturas se puedan adherir. Para efectuar este método se utilizan equipos que administran aire a presión (compresores).

Grados de limpieza de la superficie:

Diversas entidades han elaborado patrones relativos al grado de limpieza de la superficie entre los de más importancia se encuentra el patrón de grados de limpieza de la S.S.P.C (Steel structure painting council) que a continuación se muestra.

S.S.P.C.- Sa.1.- Chorreado ligero:

Se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas.

S.S.P.C.-Sa2.- Chorreado minucioso o comercial:

Se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco ó cepillo limpio.

S.S.P.C. - Sa. 2 1/2.- Chorreado muy minucioso o metal casi blanco:

Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

S.S.P.C.- Sa 3.- Chorreado a metal blanco:

Chorreado a metal blanco es toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan, la superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco ó cepillo limpio.

En la tabla XXIII se muestra toda la información técnica del procedimiento de pintura que ha sido seleccionado para el acabado superficial del tanque de 20.580 bbl.

(Ver página siguiente)

## TABLA No XXIII

## PROCEDIMIENTO DE PINTURA SELECCIONADA

PROCEDIMIENTO DE PINTURA			
PREPARACION DE SUPERFICIE		S.S.P.C. - Sa-2	
TIPO DE PINTURA	GLID-GUARD	(EPOXI-POLIAMIDAD)	
INFORMACION TECNICA	PRIMARIO	INTERMEDIO	ACABADO
CODIGO COMERCIAL	Y-5251/5252	y-5240/5242	Y-5240/5242
ESPESOR TOTAL RECOMENDADO	1.5 Mils	3.0 Mils	3.0 Mils
ESPESOR POR CAPA HUMEDO :	4.5 Mils	6.7 Mils	6.7 Mils
SECO :	1.5 Mils	3.0 Mils	3.0 Mils
NUMERO DE CAPAS	Una	Una	Una
EQUIPO DE APLICACION	Brocha-soplete	Brocha-Soplete	Brocha-Soplete
COLOR	verde	gris	blanco
REDUCTOR	Solvente Epoxi Y-5568		
ESPESOR TOTAL DEL SISTEMA	7.5 Mils.		

- Selección del proceso y procedimiento de soldadura para aceros ASTM-A-283 Gr "C" y similares.-

Debido a la influencia del proceso y condiciones de soldadura sobre los ciclos térmicos, oxidación y generación de defectos en el material soldado, el proceso de soldadura puede tener un efecto predominante en las propiedades mecánicas y en la soldabilidad de la plancha.

En el caso del acero seleccionado A-283 Gr, C, los ciclos térmicos impuestos durante la soldadura pueden producir cambios en las propiedades con efectos dañinos en la resistencia mecánica y tenacidad, especialmente en la zona afectada por el calor, contigua a la línea de fusión donde se produce un crecimiento anormal de grano.

Si la velocidad de enfriamiento es muy rápida en la zona afectada por el calor, se pueden producir microestructuras frágiles que asociadas a las tensiones residuales pueden producir efectos permisivos, en cambio si la velocidad de enfriamiento es muy lenta, las propiedades mecánicas en la zona afectada por el calor del acero normalizado serán muy bajas aproximando-

se a aquellas del acero recocido completo, requiriéndose un postratamiento de normalizado. Desde este punto de vista, es muy importante una correcta selección del proceso y procedimiento de soldadura.

- Selección del proceso de soldadura:

Los factores que gobiernan la selección de un proceso de soldadura pueden ser clasificados en dos categorías:

- a) Aquellas que son definidos por el uso final de la estructura soldada, tales como tenacidad y resistencia a la corrosión y facilidades de efectuar tratamientos térmicos.
- b) Aquellas que son definidas por consideraciones prácticas de fabricación, tales como tamaño de la soldadura, limitaciones de uso del equipo, posición de soldadura, longitud de soldadura y costo.

Puesto que el objeto del presente trabajo es mantener buenas propiedades mecánicas en las uniones soldadas, así como tener facilidades de fabricación, cualquier proceso de alto suministro de calor con dificultades

de soldar en posiciones difíciles será eliminado.

Desde este punto de vista, los siguientes procesos de soldadura al arco eléctrico pueden ser considerados - de mayor aplicabilidad:

1. Proceso manual de electrodo revestido (SMAW)
2. Proceso semi-automático MIG/MAG
3. Proceso semi-automático Flux-Cored Arc. Welding
4. Proceso de arco sumergido



BIBLIOTECA

La aplicabilidad de los procesos de soldadura al acero eléctrico anteriormente indicados para soldar aceros - estructurales y de recipientes de presión, con un esfuerzo de fluencia mínima de 7.000 Kg/cm<sup>2</sup> en general, son excelentes.

Debido a la versatilidad, facilidad de operación, - transportabilidad para trabajos en campo, disponibilidad de material de aporte, gases protectores, etc. De entre los procesos indicados, se seleccionarán para - el presente trabajo los procesos de electrodo revestido y proceso semiautomático MIG/MAG usando como gas activo el CO<sub>2</sub>.

### El proceso de electrodo revestido (S.M.A.G.).-

Se destaca por su versatilidad, corrientemente puede ser usado para aceros con esfuerzo de fluencia de hasta  $10.545 \text{ Kg/cm}^2$ ; algunas de sus características relevantes son:

#### Portabilidad:

El soldador puede mover el porta electrodo y cables desde un punto a otro distante dentro del área de trabajo, generalmente sin ayuda de equipo mecánico (guía, montaje, etc.).

#### Visibilidad del arco:

El arco de soldadura visible a través del filtro de luz (visor) permite al soldador observar la piscina de metal fundido (welding puddle) todo el tiempo.

#### Posiciones de soldadura:

El proceso permite efectuar soldaduras en todas las posiciones. Este hecho es particularmente importante para construcciones en campo y también para obras en taller

cuando no hay disponibilidad de equipo de posicionamiento.

#### Rango de espesores:

El proceso de electrodo revestido (SMAG) puede ser usado para el rango completo de espesores de plancha convencionalmente disponible.

#### Rango de composición:

Existe disponibilidad de electrodos en cantidades comerciales para soldar los aceros estructurales más comunes.

#### Suministro de calor:

Existe disponibilidad de un amplio rango de suministro de calor, lo cual hace al proceso adecuado no solo para soldar aceros tratados térmicamente a bajas cantidades de calor (heat input) para obtener una alta tasa de deposición.

#### Reparaciones:

Los defectos en cordones soldados son generalmente reparados por este proceso, debido a que los procesos automáticos o son antieconómicos para longitudes cortas de reparar o son impracticables debido a la posición de soldadura.

#### El proceso MIG/MAG:

Sobrepasa alguna de las desventajas del proceso de electrodo revestido (SMAG) pero como todos los procesos este tiene sus restricciones que limitan su aplicación. Algunas de las características del proceso MIG/MAG son:

#### Portabilidad:

Debido a que el proceso MIG/MAG está compuesto por una fuente de poder, cilindro de gas, regulador de flujo, equipo de alimentación de alambre y centrales automáticas, cable y porta electrodo, esto conspira contra la transportabilidad ya que se requiere de equipo auxiliar para su movilización en obras de campo. En el caso de fabricación en taller, esto no es una gran desventaja, ya que en la mayoría de los casos la pieza de trabajo es llevada al área de operación del equipo.

Visibilidad del arco:

Igual que el proceso de electrodo revestido (SMAG).

Posición de soldadura:

Como en el caso del proceso de electrodo revestido (SMA-20), este proceso permite efectuar soldaduras en todas las posiciones, tanto en campo como en taller.

Rango de espesores:

Usando la técnica de multipases, el rango de espesores a soldar cubre los espesores comercialmente disponibles para la construcción de tanques.

Rango de composición:

Aunque en menor escala que los electrodos para SMAG, existe disponibilidad de combinaciones electrodo desnudo (bobinas de alambre) con gas protector y activo ( $CO_2$ ) para los aceros estructurales comerciales.

Suministro de calor:

Debido a que el diámetro del alambre está en el rango comercial de 0.6 - 1.2 mm. y la alta velocidad de viaje de la fuente de calor, el suministro de calor es inferior al proceso SMAW, lo que permite efectuar soldaduras con buenas propiedades mecánicas.

#### Reparaciones:

En forma similar al proceso SMAW, por medio de este proceso se pueden hacer reparaciones de cordones de soldadura, siempre y cuando haya accesibilidad a la zona de trabajo, debido al tamaño y distancia para electrodo-pieza.

#### Selección de electrodos de soldadura y gases protectores:

De la selección del electrodo revestido para el proceso SMAW y la combinación alambre-gas protector para el proceso MIG/MAG depende la calidad de acabado de la soldadura. En el presente caso la idea es seleccionar un electrodo revestido o combinación alambre-gas, protector que pueda producir soldaduras con buena resistencia mecánica y tenacidad comparable a la del metal base.

En el proceso de selección de electrodos, combinar el análisis de componentes del material de aporte con el metal base, no provee necesariamente una combinación de propiedades mecánicas y para propósitos de especificaciones, el análisis químico del metal soldado no es adecuado, a menos que se conozcan las propiedades mecánicas. Por lo tanto, la principal consideración en la soldadura del acero A-283 Gr "C" con una resistencia a la tracción de  $4.570 \text{ Kg/cm}^2$  (Tabla IV), con buena resistencia al impacto a bajas temperaturas, está en seleccionar el material de aporte y el procedimiento que proveerá una resistencia y tenacidad compatible con la del metal base.

La Tabla XXIV muestra especificaciones de aceros estructurales con las propiedades mecánicas del metal base y metal soldado con la recomendación de la especificación de electrodo según la norma AWS.

Para el caso del proceso de electrodo revestido recomienda electrodos de la serie E-60xx ó E-70xx. A partir de la norma A.W.S. A.5.1-69 la especificación de los materiales de aporte para E-6010 (para soldadura de raíz) y E-7018 para acabado.

La Tabla XXV resume propiedades mecánicas y requerimientos radiográficos para electrodo revestido seleccionados.

TABLA No. XXIV

PROPIEDADES MECANICAS DEL METAL BASE Y DEL METAL SOLDADO

ESPECIFICACIONES DEL METAL BASE			ESPECIFICACION DEL METAL SOLDADO		
A C E R O	PUNTO DE FLUENCIA, Kg/cm <sup>2</sup> .	RESISTENCIA A LA FRACTURA, Kg/cm <sup>2</sup> .	ELECTRODO	PUNTO FLUENCIA Kg/cm <sup>2</sup> .	RESISTENCIA A LA FRACTURA, Kg/cm <sup>2</sup> .
ASTM-A-36	2531	4218	S.M.A.W.		
ASTM-A-53 Grado B	2461	4218	A.W.S.A.5.1 A.5.5	3.515	4.710
ASTM-A-106 Grado B	2461	4218	E-60XX	4.710	5.413
ASTM-A-134 Grado A.B.	2.250	4921	E-70XX		
ASTM-A-139 Grado B	2461	4218	S.A.W		
ASTM-A-283 Grado A,B,C	2110	4218	A.W.S. A.5. A.5.23	3.515	4.359-5.624
ASTM-A-381 Grado Y-35	2461	4218	E-6xEXXX E-7xEXXX	4218	4.921-6.679
ASTM-A-509 Grado A.	2461	3165	G.M.A.W.		
ASTM-A-516 Grado 55	2110	3857	A.W.S. A.5.18	4.218	5.062
ASTM-A-529	2461	4570	E-70 <del>S</del> -X E-70v-1	4.218	5.062
ASTM-A-570 Grado D	2812	3867	F.L.A.W.		
ASTM-A-573 Grado 65	2461	4570	A.W.S. A.S.-20	3.515	4.359
ASTM-A-573 Grado 65	2461	4.570	E-60T-X	4.218	5.062
ASTM-A-709 Grado 36	2531	4921	E-70T-X		

## TABLA XXV

## PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS

CLASIFICACION A.W.S.	ESFUERZO A LA TRACCION (Kg/cm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELONGACION EN 50 mm. (%)
SERIE E - 60 XX			
E-6010	4.359	3.515	22
E-6011	4.359	3.515	22
E-6012	4.710	3.867	17
E-6013	4.710	3.867	17
E-6020	4.359	3.515	25
E-6027	4.359	3.515	25
SERIE E - 70XX			
E-7014	5.062	4.218	17
E-7015			22
E-7016			22
E-7018			22
E-7024			17
E-7028			22

Para el caso del proceso MIG/MAG en la tabla XXVI se encuentran las recomendaciones del electrodo a utilizar de acuerdo al A.W.S. -A.5-18-69, donde se combina alambre de material de aporte con un gas protector para obtener propiedades mecánicas del orden de  $\sigma_t = 5000 \text{ Kg/cm}^2$ , de donde se selecciona por consideraciones económicas una combinación de alambre tipo E-70S-6 que posee características como desoxidantes para protegerse con Gas CO<sub>2</sub>.

En la tabla XXVII se observa la composición química de los electrodos recomendados para este proceso, para el presente trabajo localmente se encuentra este electrodo con el nombre OK-AUTROD 12.51 (marca ESAB).

Con respecto al Gas CO<sub>2</sub>, este debe tener un grado de pureza muy elevado el contenido mínimo de CO<sub>2</sub> de ser de un 99.7% al mismo tiempo que DEBE ESTAR EXENTO DE HUMEDAD.

Finalmente la transferencia de metal de aporte será del tipo spray porque tiene excelentes características de penetración y una elevada velocidad de desprendimiento de metal de aporte, con lo cual se cumple con los requerimientos técnicos a un bajo costo.

TABLA No. XXVI

ESPECIFICACION DEL ELECTRODO RECOMENDADO GMAW

CLASIFICACION AWS	GAS DE PROTECCION	CORRIENTE Y POLARIDAD	ESFUERZO A LA FRACCION (min, Kg/cm <sup>2</sup> )	ELONGACION EN 2 PULGADAS
ELECTRODOS DE ACERDO DULCE GRUPO A				
E70S-1 E70S-2 E70S-3	A0 A0 y CO <sub>2</sub>	DC POLARIDAD INVERTIDA		
E70S-4 E70S-5 E-70S-6 E70S-G	CO <sub>2</sub>  No especificado	  No especificado	5.062	22
ELECTRODOS DE ACERO DE BAJA ALCACION GRUPO B				
E70S-1B E70S-6B	CO <sub>2</sub> No especificado	DC polaridad invertida no especificado	5.062 5.062	17 22
ELECTRODOS OMISIVOS GRUPO C				
E70V-1	A0 y A <sup>d</sup>	DC, polaridad Directa	5.062	22



ELECTRODOS DE ACERO DE BAJA ALEACION GRUPO B

CLASIFICACION AWS	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	T	Zi	AL
ELECTRODOS DE ACERO DE BAJA ALEACION GRUPO B												
E70 S-1B	0.07 al 0.12	1.60 al 2.10	0.50 al 0.80	0.025	0.035	0.15		0.40 al 0.60				
E70 S-6B												
ELECTRODOS EMISIVOS GRUPO C												
E70V-1	0.07 al 0.15	0.80 al 1.40	0.15 al 0.35	0.025	0.035							



- Procedimiento de soldadura.-

El procedimiento de soldadura es aquel que producirá soldaduras de calidad aceptable al menor costo posible. El procedimiento que se va a indicar a continuación es el recomendado pero puede ser necesario hacer ajustes durante su calificación para hacer soldaduras satisfactorias. Se indicará el procedimiento de soldadura semiautomática al arco eléctrico con Gas Protector (M.A.G.), ya que con el proceso de electrodo revestido se efectuarán solamente soldaduras de accesorios y posicionamiento de partes durante el montaje.

- Especificaciones generales para el procedimiento de soldadura M.A.G.-

1. Generalidades:

La especificación es para ser usada con las reglas de soldadura vigentes.

2. Referencia:

Código ASME, sección IX standard de calificación

de los procedimientos de soldadura y de los soldadores.

3. Material Base:

El tanque será construido con láminas de acero al carbono, calidad ASTM-A-283 Gr. "C".

4. Reparación de juntas del metal base:

Los bordes y biseles pueden ser realizados en el taller por corte, oxicorte, arco-aire, esmerilado ó cincelado, limpias de grasas, óxidos o rebaba.

5. Distancia entre láminas:

Se la conoce como holgura "g" y será especificada en los formatos de procedimiento.

6. Apariencia de los cordones:

El flujo de la soldadura y la manera de depositar el metal será de tal forma que prácticamente no existen cortes en los empalmes terminados.

7. Características de la corriente (I):

Será especificada en el formato del procedimiento.

8. Diseño de Junta:

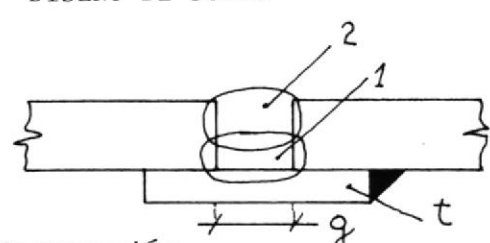
Se especificará un dibujo para cada tipo de junta, señalándose todas las medidas y detalles.

A continuación se observan los siguientes formatos (6) los cuales corresponden al Diseño de Procedimiento de soldadura para el tanque de 20.580 b.b.l.

ZONA A SER SOLDADA: Fondo del Tanque de 20.580 bbl.

ESPEC. METAL BASE: A-283 gr. C- GAS: CO<sub>2</sub> Pureza 99.7 %  
 Humedad 0 %

PROCESO DE SOLDADURA : Soldadura de arco metálico con Gas activo (M.A.G.)

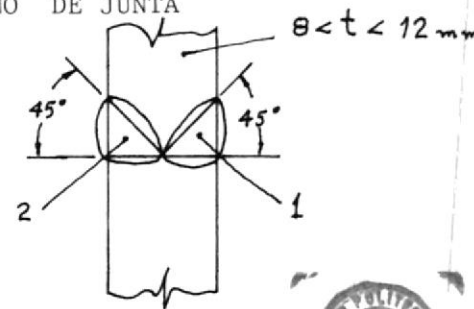
POSICION : 2G (plana) SOLDADO DES: 1 Lado  t = platina de respaldo (3 mm)		DISEÑO DE JUNTA  <p>1.- Penetración 2.- Acabado</p>	
Nota No.	DATOS	VALORES	
1	Espesor de plancha (mm)	9.5	
2	Número de Pases	1	2
3	Clase de Electrodo	E- 70S - 6	
4	Diámetro del Electrodo (mm)	1.2	1.2
5	Corriente (Amp) C.C. (+)	250	250
6	Voltaje: (Volts)	25-30	25-30
7	Velocidad de Alimentación del Alambre (m/minuto)	7-8	7-8
8	Flujo de Gas (M <sup>3</sup> /hora)	0.9	0.9
9	Velocidad del Arco (S); mn/reg.	8.5	8.5
10	Longitud de la Junta (mt)	2.60	2.60
22	holgura (g); mm	5 mm.	5mm.
12	Kg del Metal Soldado/mt.	0.37	
13	Kg. de Electrodo requerido	101	
14	Tiempo de Soldeo; Hora/mt.	0.1	
15	Tiempo Total; (horas)	30	
16	Consumo de Gas (M <sup>3</sup> )	27	

Zona a ser Soldada: Cilindro del Tanque de 20.580 bbl.

Especif. Metal Base : A-283 gr "C"

GAS: CO<sub>2</sub>; pureza 99.7% humedad 0 %

Proceso de Soldadura : Soldadura de Arco Metálico con Gas Activo (M.A.G.)

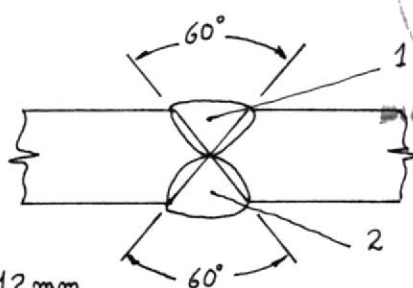
POSICION - 26 (Horizontal) SOLDADO DESDE: 2 lados		DISEÑO DE JUNTA			
					
Nota No.	DATOS	VALORES			
1	ESPESOR DE PLANCHA (mm)	8		11	
2	Número de Pases	1	2	1	2
3	Claso de electrodo	E-705-6			
4	Diámetro del Electrodo (mm)	1.2	1.2.	1.2	1.2
5	Corriente (amp), C.C. (+)	200- 250			
6	Voltaje; (Volts)	30- 35			
7	Velocidad de alimentación del alambre (m/minuto)	55 - 65			
8	Flujo de Gas (M <sup>3</sup> /h)	0.9			
9	Velocidad del Arco (s); mn (seg)	21			
10	Longitud de la Junta (mt)	204		68	
11	Holgura (g); mm	-0-		-0-	
12	Kg. del Metal Soldado/mt	0.125		0.237	
13	Kg de Electrodo Requerido	25.2		16.2	
14	Tiempo de soldeo/hasta(mt)	0.1		0.14	
15	Tiempo Total (horas)	20.4		9.5	
16	Consumo de Gas (M <sup>3</sup> )	18.4		8.55	

Zona a ser soldada: Cilindro del tanque de 20.580 bbl.

Especif. Metal Base: Acero - A-283 gr C

GAS: CO<sup>2</sup>; pureza 99.7%; humedad 0%

Proceso de soldadura: Soldadura de Arco Metálico con Gas activo (M.A.G.)

POSICION: 3 G (Vertical) Soldado desde: 2 lados		DISEÑO DE JUNTA			
					
Nota	DATOS	VALORES			
1	Espesor de Plancha (Mm)	8		11	
2	Número de Pases	1	2	1	2
3	Clase de Electrodo	E-705-6			
4	Diámetro del Electrodo (mm)	1.2	1.2	1.6	1.6
5	Corriente (Amp); C.C. (+)	200		250	
6	Voltage (Volts)	20-22		28-30	
7	Velocidad de alimentación del alambre (m/minuto)	5.5		4.0	
8	Flujo de Gas (M <sup>3</sup> /h)	0.9			
9	Velocidad del Arco (s); mm/seg.	18		14	
10	Longitud de la Junta (mt.)	81		20,2	
11	holgura (g); (mm)	-0-		-0-	
12	Kg. de metal soldado/mt	0.145		0.276	
13	Kg de Electrodo requerido	12		6	
14	Tiempo de soldeo: hora/mt.	0.1		0.14	
15	Tiempo Total; horas	8.1		2,82	
16	Consumo Gas; M <sup>3</sup>	7.3		2,54	

Zona a ser soldada; Filete fondo-cilindro del tanque de 20.580 bbl

Especif. Metal base: Acero- A- 283 gr C

GAS: CO<sup>2</sup> ; pureza 99.7 % Humedad 0%

Proceso de Soldura: Soldura de Acero Metálico con Gas Activo (M.A.G)

POSICION: 1 G (Plana) Soldado desde: 2 lados		DISEÑO DE JUNTA 			
Nota	DATOS	VALORES			
1	Espesor de Plancha, (mm)	9.5			
2	Número de pases	1	2	3	4
3	Clase de Electrodo	E-705-6			
4	Diámetro del Electrodo (mn)	1.6	1.6	1.6	1.6
5	Corriente (Amp), C.C. (+)	250	250	250	250
6	Voltage, (Volts)	28-30	28-30	28-30	28-30
7	Velocidad de alimentación del alambre (m/minuto)	3.5			
8	Flujo de Gas (M <sup>3</sup> /h)	0.9			
9	Velocidad del Arco (s); mm(seg)	11	11	11	11
10	Longitud de la Junta (mt)	68			
11	Holgura (g); mn	-0	-0-	-0-	-0-
12	Kg. de metal soldado/ mt.	0.14	0.14	0.14	0.14
13	Kg. de Electrodo requerido	5	5	5	5
14	Tiempo de soldeo; hora/mt	0.1	0.1	0.1	0.1
15	Tiempo total; horas	3.4	3.4	3.4	3.4
16	Consumo de Gas. M <sup>3</sup>	6		6	

ZONA A SER SOLDADA: Techo del tanque de 20.580 bbl.

Especif. Metal Base: Acero A-283 gr C

GAS:  $CO_2$  - Pureza 99.7% ; humedad 0%

Proceso de Soldadura; Soldadura de Arco Metálico con Gas Activo (M.A.C)

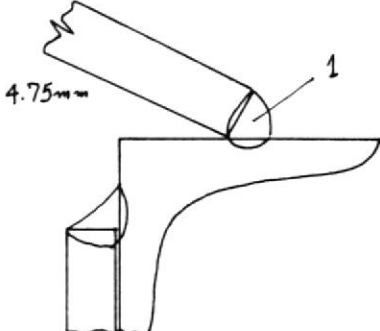
POSICION : 1 G (PLANA) Soldado desde: 1 lado		
Nota	DATOS	VALORES
1	Espesor de plancha (mm)	4.75
2	Número de Pases	1
3	Clase de Electrodo	E- 70S- 6
4	Diámetro de Electrodo (mm)	1.2
5	Corriente (Amp.), c.c. (+)	200
6	Voltage, Volts.	20-25
7	Velocidad de alimentación del alambre; mm/Seg.	5.5
8	Flujo de Gas; $M^3/h$	0.9
9	Velocidad del Arco, (s)mm/seg	14
10	Longitud de la Junta; Mts	270
11	holguera (g); mm	-0-
12	Kg de metal soldado /mt	0.18
13	Kg. de Electrodo requerido	49
14	Tiempo de soldeo; hora/mt	0.11
15	Tiempo Total; horas	30
16	Consumo de Gas; $M^3$	27

ZONA A SER SOLDADA: Techo con anillo Rigidizante.

Espec. Metal Base: Acero- A - 283 gr C

GAS: CO<sub>2</sub> - pureza 99.7% - Humedad 0%

Proceso de soldadura: Soldadura de Arco Metálico con gas activo (M.A.G.)

POSICION: 1G (plana)  Soldado por : 1 lado		
Nota	DATOS	VALORES
1	Espesor de plancha (mm)	4.75
2	Número de Pases	1
3	Clase de Electrodo	E-70S-6
4	Diámetro del Electrodo (mm)	1.2
5	Corriente (Amp); C.C. (+)	200
6	Voltage: (Volts)	20-25
7	Velocidad de alimentación del alambre (mts/minuto)	5.5
8	Flujo de GAS; (m <sup>3</sup> /h)	0.9
9	Velocidad del Arco (s); mm/seg.	14
10	Longitud de la Junta; mts	68
11	Holgura (9); mm	-0-
12	Kg de metal soldado/mt	0.18
13	Kg. de Electrodo requerido	12, 5
14	Tiempo de Soldeo; Hora/mt	0.11
15	Tiempo Total: horas	7.5
16	consumo de Gas; M <sup>3</sup>	6,7

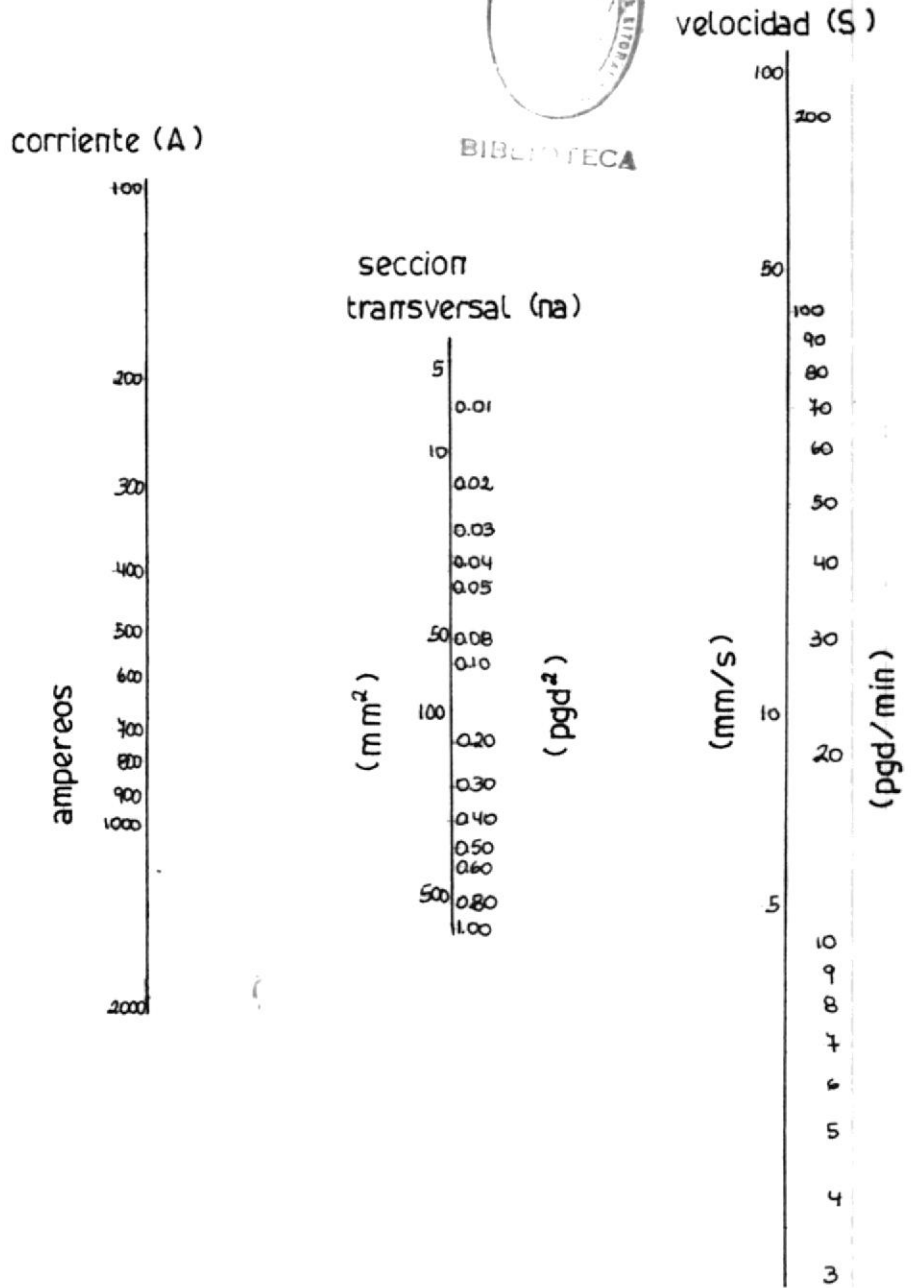
## HOJAS DE NOTAS:

- Nº 2. Número de pases obtenido a partir del valor del área de la sección transversal de soldadura, - obtenida del Gráfico Nº 22.
- Nº 4. Obtenido a partir del Gráfico Nº 23
- Nº 5. Igual que Nº 4
- Nº 6. Igual que Nº 4
- Nº 7. Obtenido a partir de la guía de soldadura OK - AUTROD 12.51 (ESAB).
- Nº 8. Obtenido a partir de la Tabla XXVIII
- Nº 9. Obtenido experimentalmente
- Nº 10. Medida en los planos a escala
- Nº 11. Diseño de la Junta
- Nº 12. Obtenido en forma geométrica, de acuerdo a la sección transversal del cordón de soldadura.

- Nº 13. Consumo total, necesario para el análisis económico.
- Nº 14. Tiempo de soldeo, se lo obtiene experimentalmente.
- Nº 15. Tiempo total de arco, válido para análisis de mano de obra calificada.
- Nº 16. Consumo total de Gas, dato necesario para el análisis económico.

GRAFICO N° 22

Determinacion del area de la seccion transversal de soldadura, (Ref. 4)



RELACION ENTRE ESPESOR DE PLANCHAS - AMPERAJE Y VOLTAGE

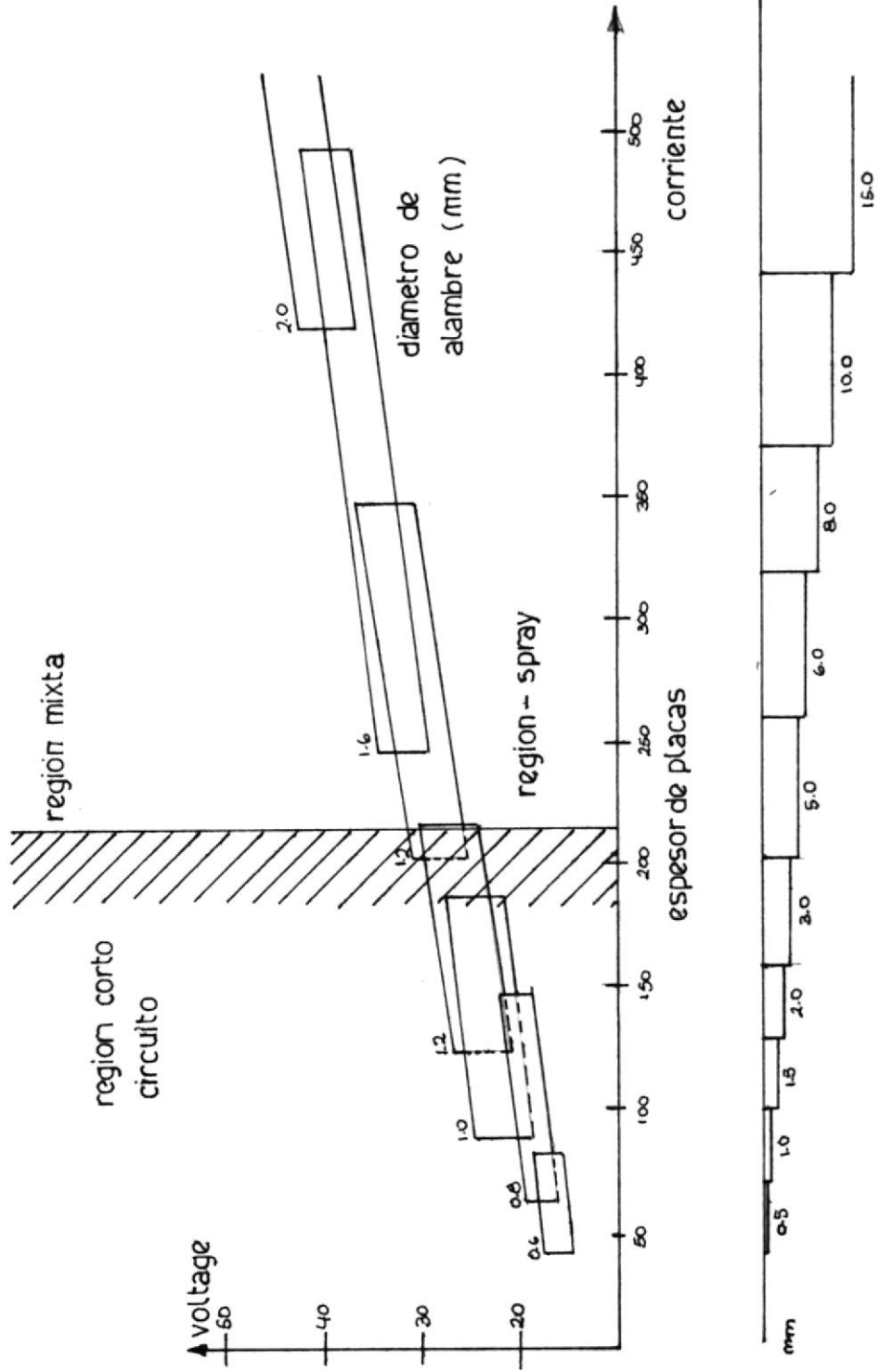


TABLA No. XXVIII

RELACION ENTRE CORRIENTE, VOLTAJE Y CONSUMO DE GAS (REF. 23)

*Proceder  
según tabla de  
residuo*

ESPELOR DEL METAL BASE EN mm.	DIAMETRO DEL HILO EN mm.	INTENSIDAD EN CORRIENTE	TENSION EN VOLTAJE	CONSUMO DE Co2 M 3 hora
2-5	0,8-1	105-185	21-27	0,8 - 0,9
6-12	1,2	155-205	25-31	
12-20	1,2 - 1,6	175-305	27-33	
20	1.6 - 2,4	305-452	31-34	



Diseño de la cimentación del tanque:

(Ref. - Ingeniería de Producción del petróleo (Lester Charles UREN)).

El terreno en el que se va a erigir el tanque debe nivelarse - cuidadosamente, consolidarse y emparejarse. Se deben tomar precauciones para evitar que el relleno no se asiente o se mueva después de erigir el tanque, de otra manera se pueden imponer - severos esfuerzos en las planchas del tanque. Esto puede ocurrir especialmente cuando el terreno está en parte excavado y relleno, debido a que la porción rellena puede asentarse, mientras que el terreno firme no lo hará. Es preferible colocar el tanque en terreno completamente relleno o - totalmente excavado. La consolidación del terreno relleno puede lograrse durante la colocación del relleno aplanando capas sucesivas de tierra con un rodillo o un pisón.

Se deben tomar precauciones para seleccionar el material para la capa final de la superficie evitando el uso de tierras - que contengan sales alcalinas, que puedan causar un rápido - deterioro de las planchas relativamente delgadas del fondo.

El fondo del tanque debe protegerse también de las aguas salinas subterráneas que pueden aflorar a través de la cimenta-

ción (Nivel freático ) y corroer las planchas del fondo del tanque.

El brote de agua del sub-suelo puede evitarse en gran parte esparciando varios centímetros (5-10 cmts) de arena aceitosa en todo el sitio, usando este material en vez de arena o grasa ordinaria para ajustar la cimentación del tanque a su nivel final. También se puede usar como capa final una carpeta asfáltica de unos 5 - 7 centímetros, la cual actúa como capa impermeabilizante.

Con lo que respecta a la resistencia del suelo esta debe tener un valor mínimo de  $\sqrt{suelo} = 14.68 \text{ Ton/m}^2$ . (Ref.14).

Se recomienda la utilización de una pared anular en la cimentación con la cual se logran las siguientes ventajas:

- proporcionar una mejor distribución de las cargas concentradas producidas por el peso del cilindro.
- proporcionar un nivel y un plano sólido para el inicio del montaje del cilindro.
- Retiene el relleno debajo del fondo del tanque y previene - pérdidas de material por la erosión.
- actúa para minimizar la humedad bajo el tanque.

Diseño y cálculos:

A. Comprobación de capacidad de carga del suelo.-

Se asume que la resistencia del suelo para este trabajo es de  $\tau_s = 14.68 \text{ ton/m}^2$ .

Carga total a soportar ( $Q_s$ ).-

$$Q_s = P_t + P_L \quad (2.10)$$

Donde:

$Q_s$  = carga total

$P_t$  = peso del tanque vacío

$P_L$  = peso del líquido a ser almacenado.

$$P_L = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \gamma \quad (2.11)$$

$$P_L = \frac{3.14 \cdot (21,336)^2}{4} \cdot 9,144.1$$

$$P_L = 3.269 \text{ ton.}$$

$$P_T = P_F + P_c + P_t + P_e \quad (2.12)$$

Donde:

$P_F$  = peso del fondo

$P_C$  = peso del cilindro

$P_t$  = peso del techo

$P_e$  = peso estructura

$$P_T = (26.915 + 41.575 + 14.105 + 9.400) \text{ Kg.}$$

$$P_T = 91.995 \text{ Kg.} \quad P_T = 92 \text{ ton.}$$

reemplazando la ecuación 2.11 y 2.12, en 2.10, se tiene:

$$Q_s = 3.269 + 92$$

$$Q_s = 3.361 \text{ ton.}$$

$$q_s = \frac{Q_s}{A_F} \tag{2.13}$$

$q_s$  = carga por  $m^2$

$A_F$  = área del fondo

$$A_F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (21.336)^2}{4} = A_F = 357,5 \text{ m}^2 \tag{2.14}$$

reemplazando se tiene:

$$q_s = \frac{3.361}{357.5} \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_s = 9.4 \text{ ton/m}^2$$

Donde:

$$q_s < \sqrt{\text{suelo}}$$



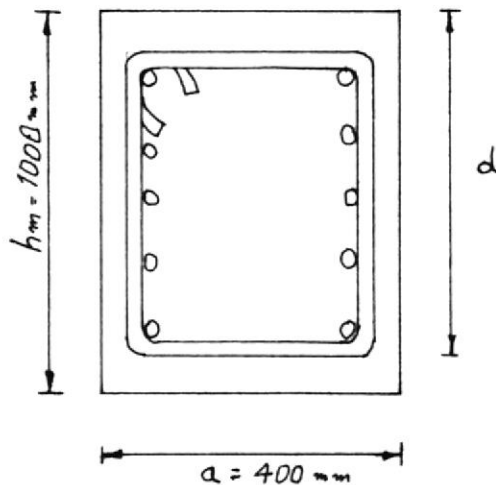
Como la carga de trabajo del tanque es mucho menor que la resistencia del suelo, se concluye que el suelo sí podrá soportar el peso del tanque lleno de líquido.

B. Dimensionamiento y cálculos de la pared anular:

B.1. Predimensionamiento de la sección:

Para el caso de este trabajo se seleccionará la siguiente sección para el anillo de contención.

Ver gráfico siguiente.-



## B.2. Determinación de las sollicitudes (presión del suelo):

Características del suelo:

$$\gamma_s = 1.8 \text{ ton./m}^3$$

$$\phi = 5^\circ \quad K_o = 0.84$$

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

$\phi$  = coeficiente fricción

$K_o$  = factor de reposo

$$P_a = P \cdot K_o \quad (2.15)$$

$$P = \gamma_L H \quad (2.16)$$

$$P = 1.0 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 9,144 \text{ mts.}$$

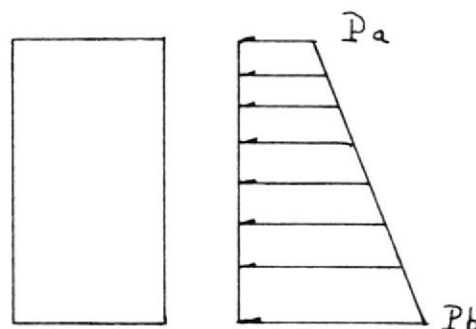
$$P = 9,144 \text{ ton/m}^2$$

Donde:

$P_a$  = presión en el fondo del tanque

$H$  = altura del tanque

$\gamma_L$  = peso específico del líquido



reemplazando 2.16 en 2.15, se tiene:

$$P_a = 9.144 \times 0.84 \text{ ton/m}^2$$

$$P_a = 7.68 \text{ ton/m}^2$$

$$P_b = P_a + \gamma_s h_m \cdot K_o \quad (2.17)$$

$$P_b = 7.68 + 1.8 \times 1.0 \times 0.84$$

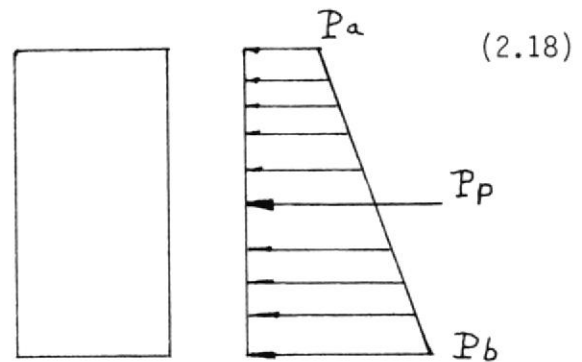
$$P_b = 9.19 \text{ ton/m}^2$$

Del diagrama de presiones se obtiene una presión promedio - que se asume actúa en la mitad del anillo de contención.

$$P_p = \frac{P_a + P_b}{2}$$

$$P_p = \frac{7.68 + 9.19}{2}$$

$$P_p = 8.435 \text{ ton/m}^2$$



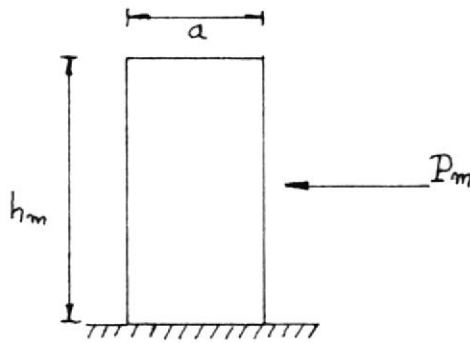
C. Determinación de los esfuerzos que actúan sobre el anillo y diseño. (diseño en el campo elástico).

C.1. Cálculo de la sección asumiendo que trabaja como muro - de contención.

- se obtiene la presión distribuída por mts., de longitud.

$$P_m = P_p \times 1$$

$$P_m = 8,435 \text{ ton/m.} \quad (2.19)$$



Se calcula el momento que trata de tumbar la sección.

$$M = P_m \times h_m \times h/2$$

$$M = P_m \times \frac{h_m^2}{2}$$

$$M = 8.435 \left(\frac{1}{2}\right)^2 \text{ Ton..n}$$

$$M = 4.2175 \text{ ton-m.}$$

Se busca el área de la sección a partir del momento -

$$A_s = \frac{M}{d \times j \times f_s} \quad (2.20)$$

$d$  = distancia en la sección

$\phi$  = factor 0.9

$\sigma_p = 1.600 \text{ Kg/cm}^2$  (acero)

$$A_s = \frac{421750 \text{ Kg-cmt}}{35 \times 0.9 \times 1.600} = \frac{421750}{50.400} \frac{\text{cmt}}{\text{cmt.}}$$



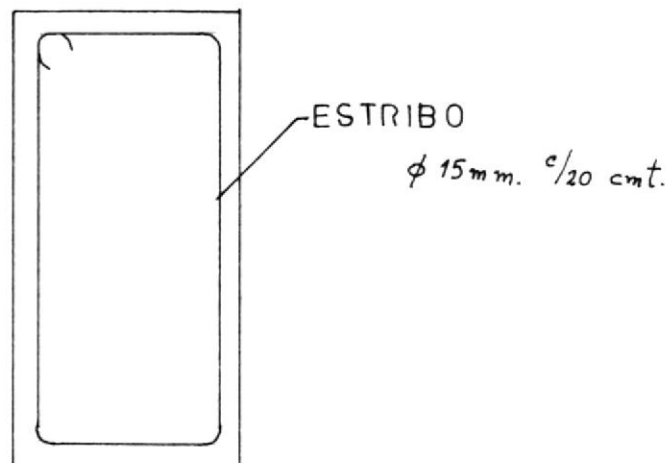
$$A_s = 8.36 \text{ cm}^2.$$

Esta sería el área distribuida por meta longitudinal de anillo de contención, por lo tanto se seleccionará la siguiente dimensión de varilla:

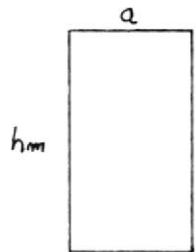
varillas de  $\phi 15 \text{ mm.} \Rightarrow \text{área} = 1.76 \text{ cm}^2$

Se obtiene la siguiente distribución :

$\phi 15 \text{ mm. c}/200 \text{ mm.}$



C.2. Cálculo de área de la sección para la tracción  
asumiendo cilindro de pared delgada.



$a = 40 \text{ cmts.}$   
 $h_m = 100 \text{ cmts.}$

$$h_m = 2,5 a \quad (2.20)$$

Como  $P = \frac{F}{A}$        $F = P \times 4$       (2.21)

$$F = P \times D \times h_m \quad (2.22)$$

Si,  $\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{P D h_m}{2 a x h_m}$        $a = \frac{P \times D}{2 \sigma_t}$

$$a = \frac{P \times D}{2 \sigma_t} \quad (2.23)$$

$$a = \frac{8.435 \text{ Ton/m}^2 \times 21,376 \text{ m}}{2 \times 24.000 \text{ Ton/m}^2} = \frac{179.9}{48.000} \text{ m}$$

$$a = 0.00374 \text{ mts.} \quad a = 0,37 \text{ cmts.}$$

como  $h_m = 2.5 a$        $h_m = 2,5 \times 0,37$        $h_m = 0,93 \text{ cmts.}$

El área de la sección de hierro deberá ser:

$$A_s = a \times h_m \quad (2.24)$$

$$A_s = 0,37 \times 0,93 \quad A_s = 0,344 \text{ cmt}^2$$

Como esta área obtenida es muy pequeña, se utiliza el área mínima de la sección que recomienda el American Concrete Institute (A.C.I).

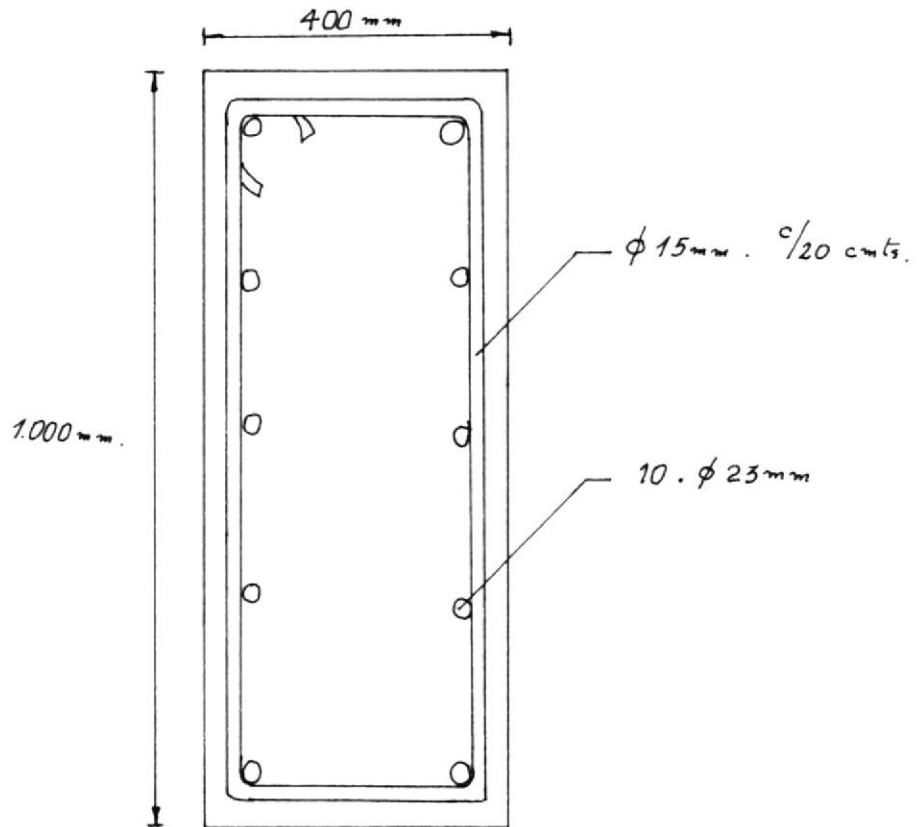
$$A_{s_{\min}} = 0.01 a \cdot h_m \quad (2.25)$$

$$A_{s_{\min}} = 0.01 \cdot 100 \cdot 40$$

$$A_{s_{\min}} = 40 \text{ cmt}^2.$$

Para obtener esta área se tendrán que utilizar 10 varillas de  $\emptyset 23 \text{ mm.}$ , con lo cual se logra un área de  $A_s = 41,5 \text{ cm}^2$ .

Resumiendo la sección definitiva del anillo de construcción sería la que se muestra en el gráfico N°24.



El gráfico Nº 25, detalla el diseño de la fundación para el tanque de 20.580 bbl - (3.280 m<sup>3</sup>).

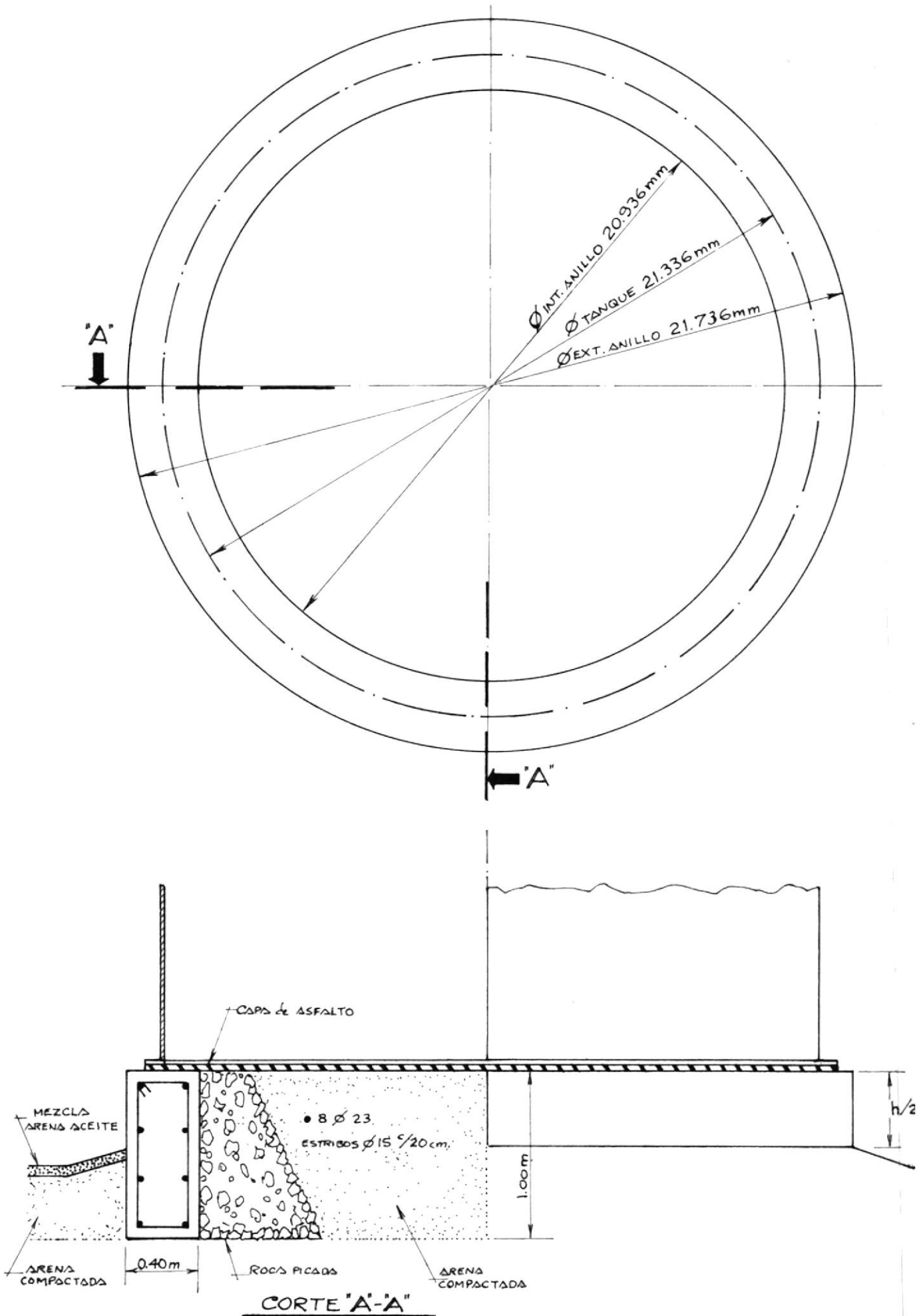
2.1.1. Control de calidad de materiales a utilizarse - en la fabricación del TQ-20.000 bbl.

- Control de calidad en materiales a utilizarse en la construcción del tanque de 20.580 bbl.:

El primer paso para controlar la calidad de fabricación de soldadura es asegurar que el metal

GRAFICO Nº 25  
PLANO DE CIMENTACION

174



a soldar sea de la debida calidad y esté excento de laminaciones en los bordes de soldadura. Además se debe realizar un análisis visual del estado superficial del material con respecto a la corrosión. (Ref.21).

La preparación de la unión debe ser correcta y el acoplamiento suficientemente preciso - para el proceso de soldadura que haya de aplicarse, en términos más generales, debe haber una supervisión efectiva sobre las operaciones previa a la soldadura, de forma que ésta se lleve a cabo en óptimas condiciones.

Así mismo, es evidente que los materiales de soldadura tales como los electrodos revestidos alambre y fundente y equipo tal como sopletes y generadores, deben ser de la debida calidad y estar en perfecto orden.

En los trabajos de fabricación debe prestarse atención a dos puntos principales:

- a. La debida conservación de los materiales - de soldadura.

b. El adecuado marcaje y segregación.

Casi todos los objetos de consumo de la soldadura resultan afectados de forma adversa por la humedad. Los electrodos revestidos de bajo contenido de hidrógeno no deben ser expuestos a una humedad relativa superior al 70 %, se emplean armarios de almacenamiento provistos de elementos de calentamiento eléctrico - para conservar los materiales de soldadura secos.

Para algunas aplicaciones, tales como los recipientes de acero de aleación soldado en los que la aleación ha sido seleccionada por su resistencia a la corrosión, la composición del metal de soldadura debe mantenerse dentro de los límites establecidos. El control de la composición debe ser ejercido por uno o más de los métodos siguientes:

- Una comprobación del análisis químico del depósito de soldadura obtenido de las coladas de producción del electrodo o alambres de aportación a utilizar.

- Análisis químico del depósito de soldadura - de muestras de la prueba del procedimiento.
- Análisis químico de muestras tomadas de juntas, de soldaduras completas.

Al probar los análisis químicos de los depósitos de soldadura de cualquier proceso de soldadura por fusión deben tomarse precauciones contra la dilución del material base, por tal motivo se recomienda efectuar un gran número de cordones de soldadura superpuesta y una muestra del análisis es tomada de los cordones de la parte superior solamente, como se muestra en el gráfico N° 26.

Las técnicas de análisis de nuestros standard para electrodos revestidos se indican en las normas B.S. 2.493 (British Standard).

El uso de electrodos revestidos o de varilla de relleno incorrectos es frecuente y puede tener serias consecuencias. Por consiguiente los electrodos y los carretes de alambre uti

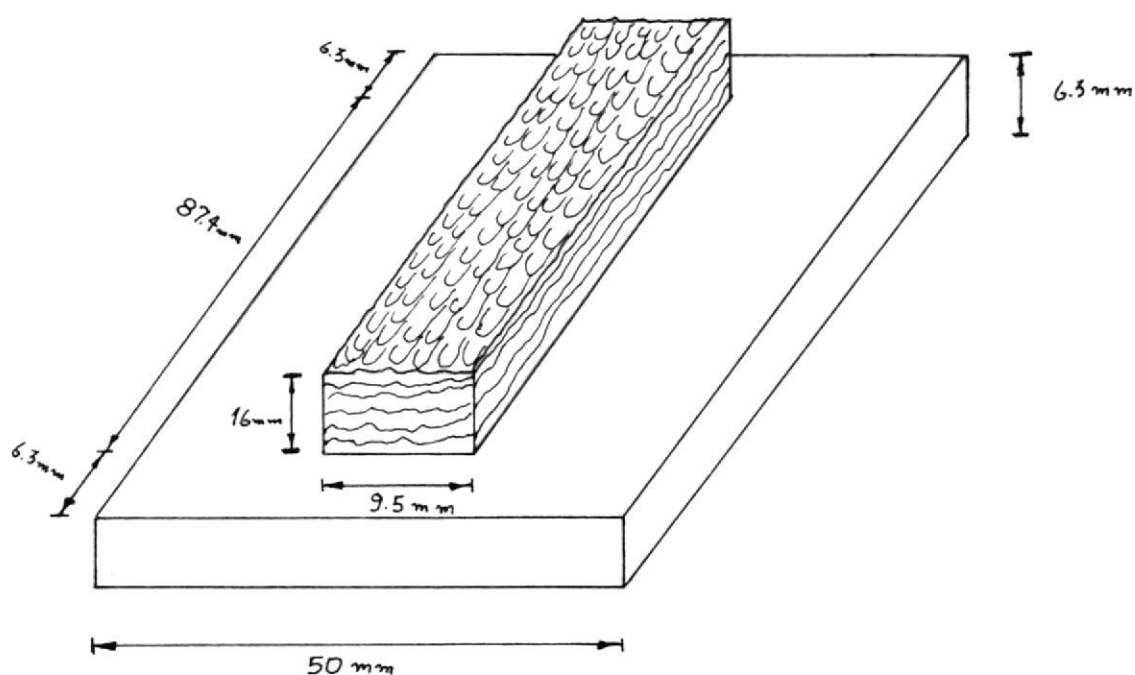


Gráfico Nº 26

- Probeta de análisis químico

lizados en soldadura automática o semiautomática deben ser claramente marcados.

### 2.1.2. Preparación y conformado de planchaje

La preparación y conformado del planchaje, se refiere a todo el trabajo que se debe realizar en el taller (Pre-fabricación). Esto inclu

ye una gran cantidad de actividades que van desde la adquisición de los materiales hasta el traslado al sitio del montaje de todas las partes conformadas del tanque; por tal motivo, se debe realizar una adecuada planificación para evitar pérdidas de tiempo los cuales son muy costosos.

Corresponde al ingeniero Constructor realizar la planificación de todo el trabajo a efectuarse en donde se deben de considerar: tiempos de fabricación, selección de mano de obra, uso de equipos y herramientas, etc.

Tiempos de fabricación:

Se inicia la planificación realizando un cronograma de actividades en el cual se especifiquen todos los trabajos que se van a realizar, se detallarán tiempos de fabricación de cada actividad utilizando valores de tiempos teóricos tabulados ó utilizando tiempos reales de fabricación dependiendo esto de la experiencia que tenga el ingeniero, en este tipo de trabajo. Es aconsejable estimar los tiempos de fabricación en



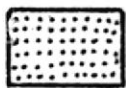
base a lo establecido en el Código Ecuatoriano - del Trabajo, que estipula una jornada diaria de trabajo de 8 horas y además especifica los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes como laborables (hay que tener en cuenta los días que la ley ecuatoriana estipula como festivos). Se debe dejar como una opción de emergencia efectuar trabajos en horas extras o en días de descanso - (sábados o domingos), para el caso que existiere algún imprevisto que ~~atrasa~~ la ejecución de la obra. Hay que señalar que cualquier trabajo - efectuado en horas extras.

Tienen un recargo en su costo normal, lo cual incrementaría el costo total de la mano de obra.

Por último el cronograma de actividades de una obra puede ser considerado como un documento legal y pasaría a ser una prueba improtante en caso de un juicio de incumplimiento de un contrato y además es usado como un documento referencial tanto por el ingeniero constructor como por el Fiscalizador de la obra para el fin de pagos de Planillas de avance de obra.

Para el caso de este trabajo se ha diseñado un cromograma de actividades que comprende un tiempo estimado de ocho (8), el cual se muestra a continuación, en el gráfico N° 27.

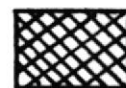
ACTIVIDADES	TIEMPO EN SEMANAS							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ADQUISICION Y RECPECION DE LOS MATERIALES								
PREFABRICACION DEL FONDO		.....	.....					
PREFABRICACION DEL TECHO				.....	.....	.....		
PREFABRICACION DEL CILINDRO	//////	//////	//////	//////	//////	//////		
PREPARACION DEL ANILLO RIGI DIZANTE							//////	
PREPARACION DE ESTRUCTURA SOPORTANTE DEL TECHO		XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX		
- ACCESORIOS -								
(2) ESCOTILLAS DEL CILINDRO		=====						
(2) ESCOTILLAS DEL TECHO			=====					
(1) PUERTA DE LIMPIEZA				=====				
(1) SUMIDERO DE AGUA Y LODOS					=====			
(1) BOCATAMA DE CARGA						=====		
(1) BOCATAMA DESCARGA							=====	
(1) RESPIRADERO							=====	
(1) ESCALERA Y PASAMANO		XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX				
(1) MEDIDOR DE NIVEL						XXXXXX		
PREPARACION DE SUPERFICIE				XXXX	XXXX	XXXX		
PRE-PINTADO						XXXX	XXXX	
MARCAJE Y EMPAQUETAMIENTO								
TRASLADO								



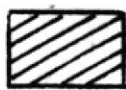
GRUPO No. 1



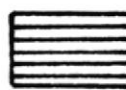
GRUPO No. 3



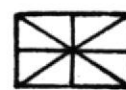
GRUPO No. 5



GRUPO No. 2



GRUPO No. 4



GRUPO No. 6

### Selección de mano de obra:

Es un parámetro importante en la construcción de tanques de almacenamiento ya que tiene una inge-  
rencia directa en el costo total de fabricación  
del tanque.

Cumple al ingeniero constructor seleccionar el  
punto de equilibrio entre los siguientes facto-  
res: cantidad de personal calificado necesario -  
para la construcción del tanque, costos de mano  
de obra y tiempos de ejecución.

En el área de la construcción metalmecánica pesaa  
da se ha clasificado al personal de acuerdo a  
sus habilidades y experiencia, así tenemos: maest  
ro armador, soldador de primera, soldador de  
segunda, ayudante de soldador, cortador y auxiliar  
es. Cada uno de ellos tienen su respectiva tar  
ifa de costo diario, lo cual será analizado más  
adelante en el Acápite de Análisis de Costos.

Para el objeto de este trabajo y en base al cron  
ograma de actividades se han seleccionado 6 grup  
os de trabajo los cuales efectuarán las siguient  
es actividades:

Grupo # 1:

Formado por un cortador y un auxiliar, efectuarán la preparación del planchaje del fondo y del techo.

Grupo # 2:

Formado por un maestro armador y cuatro auxiliares, efectuarán la preparación del cilindro y del anillo rigidizante.

Grupo # 3:

Formado por un soldador de primera, un ayudante - de soldador y dos auxiliares efectuarán la preparación de la estructura soportante del techo ( 8 cerchas).

Grupo # 4:

Formado por un soldador de primera categoría y un ayudante de soldador, efectuarán la preparación - de los siguientes accesorios: escotilla de inspección de costado, escotilla de inspección de techo, puerta de limpieza, sumidero de agua y lodos, bocatomas de carga y descarga y respiradero.

Grupo # 5:

Formado por un soldador de primera y un ayudante de soldador, efectuarán la prefabricación de la escalera, pasamano y medidor de nivel.

Grupo # 6:

Formado por dos operadores de equipos de pinturas efectuarán la preparación de la superficie usando el equipo de chorreado de arena y la aplicación de la primera capa de pintura por medio del uso de pistola de aire a presión.

Además se contará con los servicios de un ingeniero residente que controlará que los trabajos se efectúen de acuerdo a los planos de diseño y al cronograma de actividades.

Uso de equipos y herramientas

Es de mucha importancia la adecuada selección de los equipos a utilizarse en la prefabricación del tanque. Hay que tener presente las características técnicas de los equipos para poder se

leccionar el más eficiente sin que necesariamente sea el más caro.

Para la prefabricación del tanque objeto de este trabajo se ha seleccionado la siguiente lista de equipos y herramientas.

#### 1. Roladora de planchas:

Se utilizará una curvadora de planchas que sea capaz de rolar planchas de 6 pies de ancho en espesores de 8 y 11 mm.

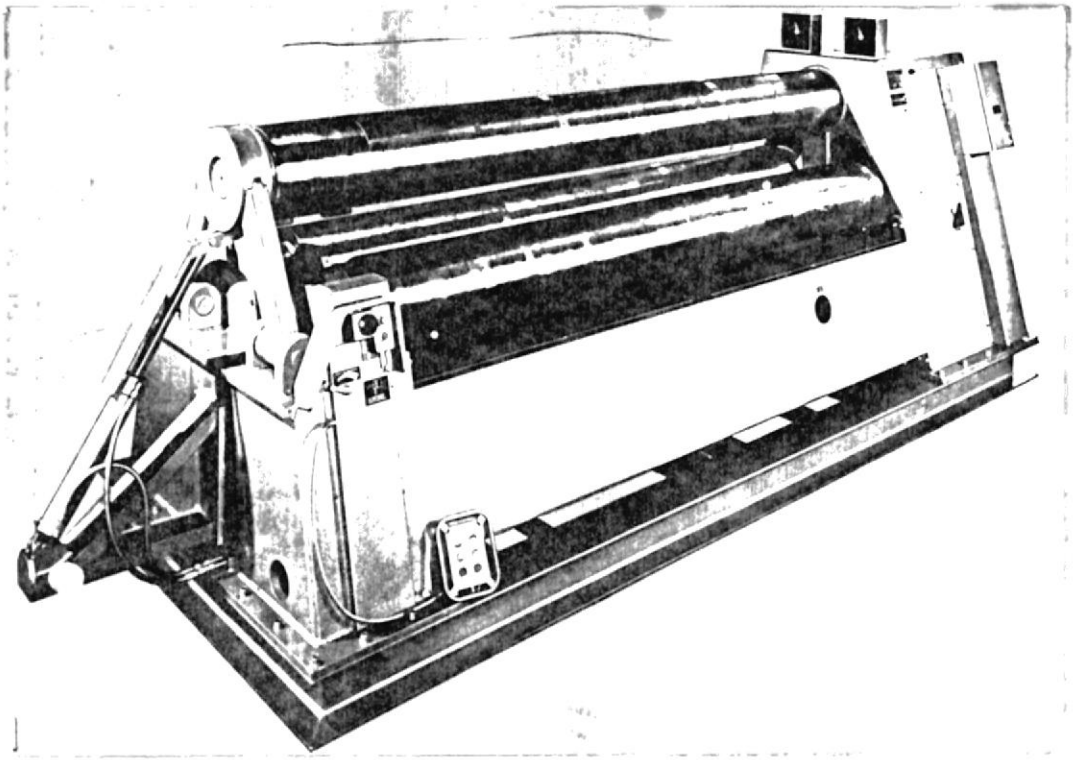
Se utilizará una roladora con rodillos tipos pirámide ajustables para que además de curvar las planchas pueda dar la forma adecuada a los extremos de éstas.

En la figura N° 1, se observa la roladora - que ha sido seleccionada para este trabajo . Sus principales características técnicas - son:

marca - Roundo  
mod. - 255/6  
cap. - planchas de 1.83 mts de ancho  
- espesor máximo 12mm

FIGURA N° 1

MAQUINA ROLADORA DE PLANCHAS



diámetro de rodillos - 250mm

potencia del motor - 760Kgf/m/s

#### Máquinas de soldar:

Como para la prefabricación del tanque en el taller no se necesitarán grandes regímenes de deposición de soldadura, se recomienda la utilización de dos máquinas para soldada efectiva de electrodo revestido (transformador - rectificador), cuyas características técnicas sean las siguientes: voltaje 220 / 440; amperaje : 300 Amp. fases 3Ø.

Para el caso del montaje en donde se necesitarán grandes regímenes de deposición se utilizarán tres moto soldadoras para el proceso MIG/MAG. de 400 Amp.

#### Equipo de arenamiento:

Se utilizará un equipo de arenamiento por alimentación de arena a presión con el cual se efectuará la preparación de la superficie de las partes del tanque para que puedan ser pintadas.

El equipo está formado por una tolva donde se deposita el abrasivo (arena seca), un juego de válvulas y un compresor que suministre aire a presión ( $5,6 \text{ Kg/cm}^2$ ) manteniendo un flujo de aire de  $2.620 \text{ g/lus/min}$ .

En la figura N° 2, se observa el equipo de arenamiento que ha sido seleccionado para este trabajo.

## 2. Equipos de Oxicorte:

Se utilizarán equipos de oxipropano para efectuar los cortes de las planchas para el techo, fondo, accesorios y los perfiles estructurales para la estructura soportante del techo.

Estos equipos están formados por cilindros de oxígeno, gas propano, juego de mangueras duplex, cortador y boquilla de cortes seleccionada apropiadamente.

### - Biselador:

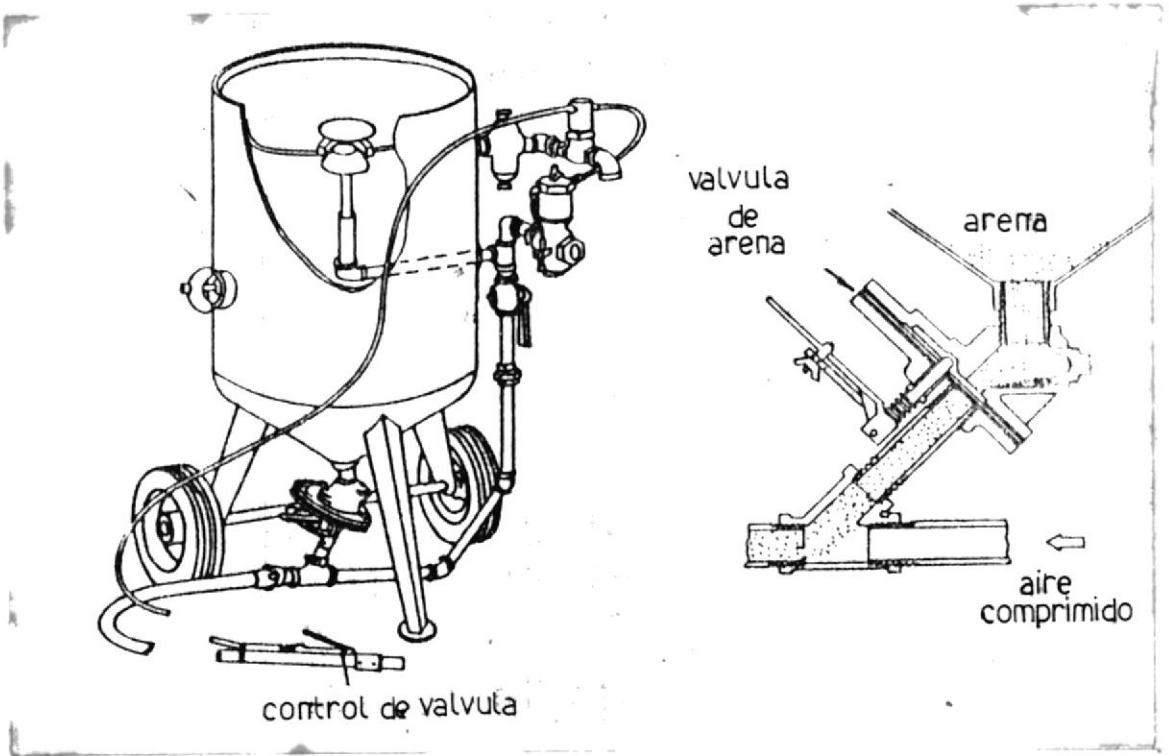
Para efectuar la preparación de las juntas

FIGURA N° 2

EQUIPO DE ARENAMIENTO



BIBLIOTECA



de soldadura, se utilizará un cortador se  
m<sup>i</sup>automático que tiene un mecanismo para  
efectuar cortes angulares, los cuales van  
ajustables en la escala de graduación.

- Equipo de pintura:

Por efecto de mayor rendimiento de la pin  
tura y mejor acabado, se ha seleccionado -  
el proceso de pintura a soplete, el cual -  
consta con una pistola de aire, tanque re  
servorio de pintura y juego de manguera pa  
ra aire a presión.

El equipo de suministro de aire a presión  
será el mismo compresor usado para el are  
namiento.

Herramientaje de taller:

Se refiere a las facilidades que debe brindar  
el taller comenzando por un espacio físico am  
plio para la manipulación de los materiales ,  
además se necesitará un pequeño puente grúa  
de unas dos toneladas de capacidad para mani  
pulación del planchaje del cilindro en el mo

mento de la rolada de las planchas. Se necesitarán herramientas eléctricas como amoladoras, cepillos circulares, esmeriles y taladros para efectuar los trabajos de limpieza y perforación de los agujeros en los accesorios. Finalmente todo el herramientaje y utensilios de colderería en general como son : martillos de diferentes formas, escuadras, niveles, juegos de llaves, etc.

Análisis del cronograma de actividades:

Se procederá a detallar cada actividad estipulada en el cronograma de fabricación en taller.

- Adquisición / recepción de los materiales.- Se procederá a comprar la lista completa de materiales necesarios para la construcción del tanque, efectuando esta operación en el menor - tiempo posible.

La recepción del material comprende a más de la revisión del estado superficial del material, medición de espesores, longitudes y que el material esté exento de laminaciones en los bordes de las planchas.

Se deberá pedir la certificación de fabricación del material que se ha comprado para estar seguros de cumplir con las características técnicas del material seleccionado para la fabricación del tanque.

Para una mayor seguridad se puede pedir a un laboratorio metalúrgico que efectúe un análisis completo al material comprado.

Prefabricación del fondo:

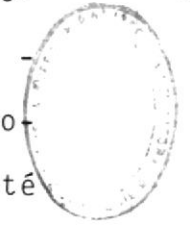
Se efectúa la separación de todo el material correspondientes para el fondo, luego se identifican las planchas de acuerdo al plano y se separan las planchas que serán utilizadas con su medida comercial (1.83 x 6.10 mts), se procede a la preparación de la junta y finalmente, se las identifica adecuadamente. Las planchas restantes que tienen dimensiones especiales son marcadas y cortadas de acuerdo al plano de diseño siempre teniendo presente que se tiene que optimizar el uso del material para disminuir los desperdicios. Finalmente estas planchas con medidas especiales son marcadas con su correspondiente letra de identificación y enviadas

a biselar de acuerdo a la junta seleccionada - para el fondo.

A continuación se muestra la lista de materiales necesarios para la prefabricación del fondo.

- 23 planchas de 1.83 x 6.10 mts., x 9.5 mm. de espesor, serán utilizadas en su medida comercial.
- 14 planchas de 1.83 x 6.10 mts. x 9.5 mm. de espesor para formar 22 pedazos de diferentes medidas identificados en el plano desde la letra "A" hasta la "X".
- 264 mts. de plantina de 50 mm. x 3 mm., se usará para platina de respaldo.
- Preparación del cilindro: La prefabricación del cilindro en el taller comprende el curvado de todas las planchas que forman el cilindro del tanque, para lo cual se debe efectuar lo siguiente:
  - . Se clasifica las planchas de acuerdo a los espesores de pared de cada anillo del cilindro.

. Se comprueba que la plancha tenga una forma rectangular, con el respectivo paralelismo entre los lados opuestos para lograr esto se comprueban las dimensiones de las diagonales, en caso de que el material no esté cuadrado, se deben efectuar los cortes correspondientes, esto se muestra en el gráfico N° 28.



BIBLIOTECA

- Preparación del bisel correspondiente para cada plancha dependiendo del diseño de junta.
- Preparación de una plantilla del radio de curvatura del cilindro la cual servirá para comprobar si la curvatura que se dará a las planchas en la rolada, es la adecuada.
- El proceso de curvado de las planchas es realizado por una roladora en donde se efectúan, el número de pases del material hasta que se obtenga la curvatura deseada, para el curvado de los extremos de las planchas se gradúa el desplazamiento de los rodillos de la roladora hasta obtener que toda la longitud de la plancha tenga la misma curvatura, hay que señalar

que los pases de curvado deberán ser realizados en la dirección del sentido de laminación de la plancha.

- Por último las planchas roladas son marcadas y empaquetadas para su traslado, se recomienda - hacer paquetes por cada anillo del cilindro.

Para el caso de este trabajo se rolarán las siguientes cantidades de planchas:

anillo N° 1 311 planchas de 1.83 x 6.10 mts. x 11mm.  
anillos N° 2-3-4-5; 44 panchas de 1.83x6.10mts. x 8 mm.

En la página siguiente podremos apreciar el gráfico N° 26, el cual nos muestra la comprobación de paralelismo.



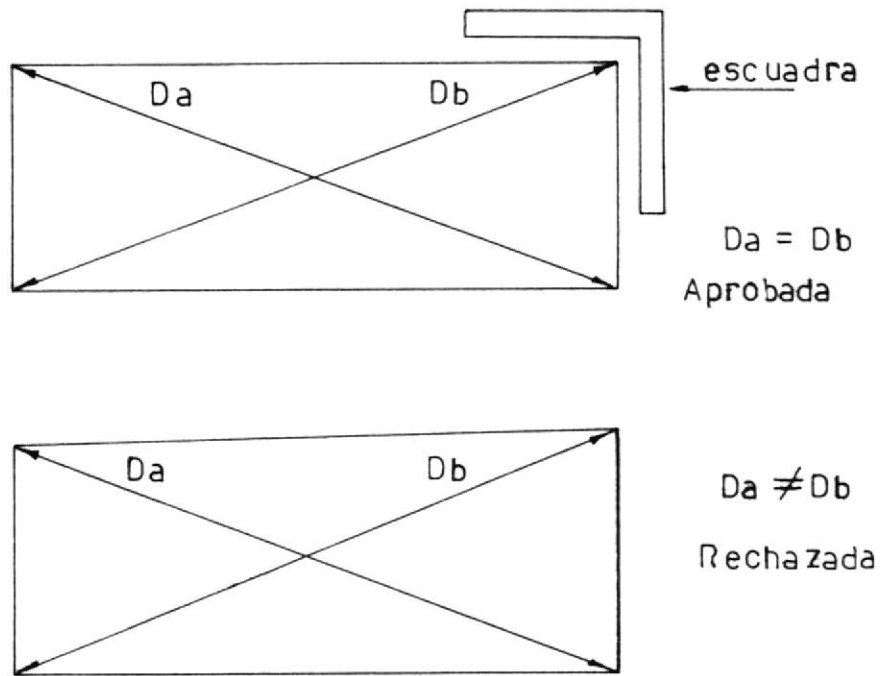


Gráfico N° 28

Comprobación de paralelismo

## - Preparación del planchaje del techo:

Se procede en forma similar al planchaje del fondo.

Por lo tanto, se inicia separando todo el material comprado para el techo, las planchas que serán ubicadas en el techo con la medida comercial (1,83 x 6,10 mts), son marcadas y separadas del resto del material.

Las planchas con medidas especiales son cortadas y marcadas de acuerdo al diseño del planchaje del techo, finalmente todas las planchas correspondientes para el techo son empaquetadas para luego ser transportadas al sitio.

Como para este caso se utilizará una junta tipo traslape no será necesario biselar los extremos de las planchas; para el techo del tanque objeto de este trabajo se utilizará la siguiente cantidad de planchas:

24 planchas de 1.83 x 6.10 mts. x 4.75 mm. (enteras).

14 planchas de 1.83 x 6.10 mts. x 4.75 mm., para formar 26 retazos.

marcados de la "A" a la "Z".

Se utilizarán un total de 38 planchas de 1.83 x 6.1 mts. x 4.75 mm.

- Preparación del anillo rigidizante:

Es un cinturón de refuerzo formado por perfi-

les estructurales, para el caso de este trabajo se ha seleccionado el uso de (1) anillo de re fuerza formado por ángulos de una sección de 75 x 75 x 9.5 mm.

El curvado de estos ángulos se lo realiza utilizando una curvadora de ángulos, una prensa ó - utilizando la misma curvadora de planchas.

Para el caso de este trabajo se curvarán 67 mts. de ángulo, los cuales serán empaquetados y trasladados al sitio en segmentos que faciliten su manipulación.

#### Preparación de estructura soportante de techo:

El plano de diseño muestra una estructura soportante de techo formada por una columna central, 16 cerchas soportantes formadas por perfiles estructurales, correas, tirantes y las cartelas de su jección. La prefabricación de la estructura im plica la preparación de cada una de las partes an teriormente señaladas y dejarlas lista para su traslado. De acuerdo al cronograma el trabajo - completo de prefrabricación tendrá una duración -

BIBLIOTECA

de 4 1/2 semanas.

El trabajo se inicia fabricando las 16 cerchas, las cuales son similares, esto facilita el trabajo ya que este es repetitivo, pero hay que tener en consideración de que si se comete al gún error este se repetirá en las demás cerchas.

La columna central será fabricada utilizando un tubo de 10.210 mm., de longitud con un diámetro de  $\emptyset 200$  mm.=SCH-40., además tendrá 8 cartelas para fijar la columna al fondo del tanque.

El soporte superior será fabricado completamente de acuerdo al plano de diseño.

Por último se fabricarán todas las cartelas de sujeción, soportes para ser fijados al cilindro y las cartelas para fijar la estructura contra la columna central. Hay que poner mucho énfasis en la identificación de cada elemento de la es tructura y realizar su adecuado empaquetamiento, para su posterior traslado al sitio de montaje.

Preparación de accesorios:

Observando la lista de accesorios y los planos - de diseño se puede deducir que existen dos tipos de accesorios: los que pueden ser totalmente fabricados en el taller y los que sólo pueden ser prefabricados.

Entre los accesorios que pueden ser totalmente - fabricados en el taller están: pasos de hombre - ra el techo, puerta de limpieza, sumidero de lodos, bocatoma de carga, bocatoma de descarga y desfogadero de gases. Todos estos accesorios son cuidadosamente independientes fácilmente trans- portables por tal motivo se los construye completamente en el taller y son trasladados al sitio de montaje para ser ubicados en sus respectivivos lugares.

Toda la fabricación deberá remitirse a las indi- caciones y recomendaciones que existen en los - planos de diseño.

Los accesorios que sólo pueden ser prefabricados en el taller son: medidor de nivel, escalera helicoidal y pasamano. Estos accesorios son muy voluminosos y difícil de transportar al sitio totalmente armados o porque el proceso del montaje

se dificulta cuando el accesorio está totalmente fabricado.

Por este motivo se pre-fabrican sus partes para ser armadas en el sitio del montaje, estos accesorios deberán ser correctamente marcados y empaquetados para ser trasladados al sitio.

Tiene gran importancia que todo el trabajo relacionado a la prefabricación de los accesorios - sea efectuado de acuerdo al cronograma de actividades aprobado, cumpliéndose la programación y el tiempo de ejecución. Por último cabe señalar - que hay que poner énfasis en el acabado de los accesorios ya que son estos dispositivos los que estarán en contacto con el personal de operación y sujetos a maltrato o sobrecargas. Por tal motivo el trabajo realizado en la fabricación de - los accesorios deberá de ser realizado por soldadadores de primera categoría.

Preparación de la superficie:

Se refiere a la preparación de toda la superficie que de acuerdo al diseño del tanque va a ser pintada. Para el caso de este trabajo se realizará

la preparación de la superficie exterior de todo el planchaje del techo, del cilindro, del anillo rigidizante y de los accesorios que estarán ubicados en el exterior del tanque.

La preparación de la superficie será realizada - por medio del chorreado de arena (arenamiento) , para tal fin se traslada todo el material al sitio correspondiente para efectuar el arenamiento hasta obtener una superficie preparada del - tipo S.S.P.C. - Sa.2 de acuerdo al procedimiento de pintura.

Es recomendable efectuar la preparación de la superficie en el taller porque los costos de operación y mano de obra son menores que cuando la preparación de superficie se la efectua en el sitio del montaje y además porque el abrasivo utilizado (arena) debe encontrarse seco, lo cual es difícil de conseguir en el sitio del montaje porque no existen los adecuados sitios de almacenamiento de la arena y muchas veces queda expuesta a la intemperie.

Prepintado del material:

Habiéndose realizado la preparación de superficie se recomienda la aplicación inmediata de la pintura para evitar que el proceso de corrosión del acero se produzca.

Para el caso de este trabajo se procederá a la aplicación del primer (Y-5251/5252), recomendado en el procedimiento de pintura. La aplicación será efectuada utilizando un equipo de pistola de aire a presión.

Se tendrá la precaución de no pintar los extremos de las planchas que van a ser soldadas dejando una franja de 50 mm., de ancho, esto se lo realiza para que la pintura no se quemé cuando se realiza el proceso de soldadura.

Finalmente se procederá a inspeccionar la pintura realizando las correspondientes mediciones de espesor, tanto en la película húmeda como en la película seca.

Marcaje y empaquetamiento:

Se refiere a todo el proceso de identificación de

cada una de las partes que forman el tanque y su adecuado empaquetamiento. Se recomienda la identificación de las partes con letras específicas y si fuera necesario también se utilizarán números para la identificación adecuada.

Para el caso de los accesorios que son totalmente fabricados en el taller se los enumera de acuerdo al número que tienen en el plano de diseño general.

Para el caso de la escalera, pasamano y medidor de nivel se marcará y empaquetará cada accesorio por separado.

Traslado al sitio:

El traslado de las partes prefabricadas del tanque, de todos los equipos y herramientas necesarias para el montaje serán trasladadas al sitio una vez que se encuentre instalado el campamento.

Dependiendo de la accesibilidad al sitio del montaje el traslado podrá ser efectuado por camiones lanchones, ferrocarril, etc.

## 2.2. CALCULO ESTRUCTURAL DE SISTEMA DE ELEVADORES EN EL MONTAJE DEL TANQUE DE 20,580 BBL.

El sistema de elevadores tiene como principal finalidad ir elevando el tanque a medida que se la va construyendo, por tal motivo para efectuar la selección del sistema de elevación se tomará en consideración la carga máxima de elevación.

Para el caso de este trabajo se tiene el siguiente análisis de cargas:

$$Q_T = Q_t + Q_E + Q_C \quad (2.26)$$

Donde:

$Q_T$  : carga total

$Q_t$  : carga del techo

$Q_E$  : carga de estructura soportante del techo

$Q_C$  : carga del cilindro (anillos 2-3-4-5)

De donde:

$$Q_t = A_t \cdot t_t \cdot \gamma_a \quad (2.27)$$

Donde:

$A_t$  : área techo ( $m^2$ )

$t_t$  : espesor del techo (m)

$\gamma_a$  : peso específico del acero ( $7.850 \text{ Kg/m}^3$ )

$$Q_t = \frac{\pi D^2}{4} \cdot t_t \cdot \gamma_a$$

$$Q_t = \frac{3.1416}{4} (21.336)^2 \cdot 0.00475 \cdot 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q_t = 13.285 \text{ Kg.}$$



El peso total de la estructura soportante es igual al peso de todos los perfiles estructurales.

48 mts. canal U UPN . 140	_____	634 Kg
256 mts. canal U UPN . 100	_____	2.412 Kg.
320 mts. ángulo L 100.75.7	_____	3.072 Kg.
67 mts. ángulo L 75.9.5	_____	750 Kg.
368 mts. ángulo L 65.7	_____	2.630 Kg
		<u>9.498 Kg.</u>

b.-  $Q_E = 9.498 \text{ Kg.}$

c. Carga del cilindro (anillos 2-3-4-5)

$$Q_C = N(Aa \cdot t_a \cdot \gamma_a) \quad (2.27)$$

$$Q_C = 4(D \cdot L \cdot e \cdot \gamma_a)$$

$$Q_C = 4(3.1416 \cdot 21.336 \cdot 1.8288 \cdot 0.008 \cdot 7850)$$

Donde:

N : número de anillos

Aa : área de cada anillo  $M^2$

$t_a$  : espesor de pared m

$\gamma_a$  : densidad acero

$$Q_C = 30.792 \text{ Kg.}$$

$$C.- Q_C = 30.792 \text{ Kg.}$$

reemplazamos tenemos:

$$Q_T = Q_t + Q_E + Q_C$$

$$Q_T = 13.285 \text{ Kg} + 9498 \text{ Kg} + 30.792 \text{ Kg.}$$

$$Q_T = 53.575 \text{ Kg.}$$



Considerando que el proceso de elevación será realizado lentamente se puede considerar como una carga estática. Asumiendo un factor de seguridad del 10 % que cubra cualquier carga adicional.

Se concluye que la carga neta para el diseño del sistema de elevación sería de 60.000 Kg.

Carga de diseño = 60.000 Kg.

Por otro lado se seleccionarán elevadores individuales - de una capacidad de elevación de 5.000 Kg., cada uno, el número necesario de elevadores para este sistema de montaje estará dado por la siguiente relación.

$$\eta_e = \frac{\text{carga de diseño}}{\text{carga individual}} \quad \eta_e = \text{No. de elevadores}$$

$$\eta_e = \frac{60.000 \text{ Kg}}{5.000 \text{ Kg.}}$$

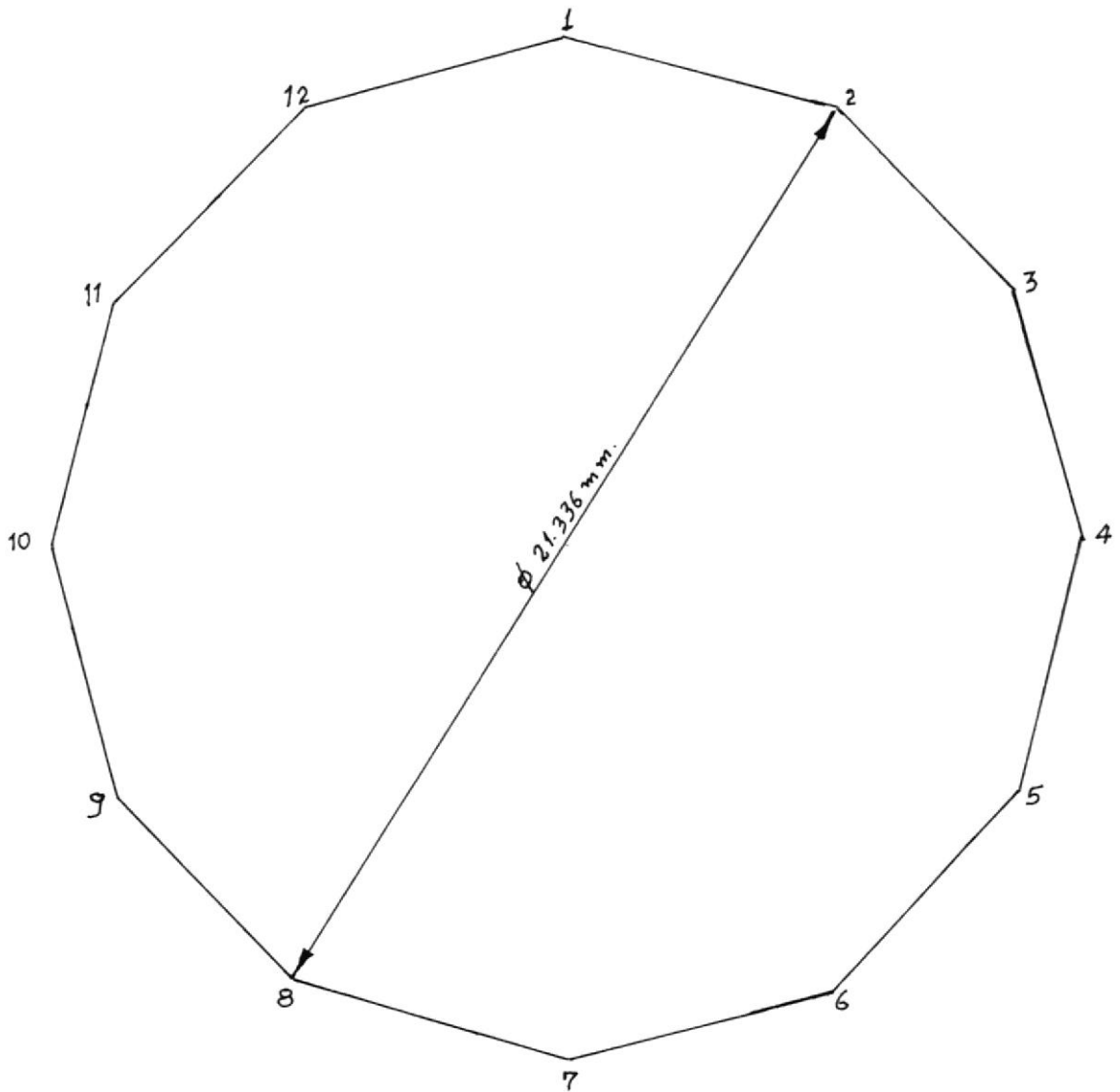
$$\eta_e = 12$$

Se necesitarán 12 elevadores para el sistema de elevación del tanque de 20.580 bbl., serán ubicados sobre el fondo

del tanque y distribuidos uniformemente a lo largo del perímetro interior del cilindro, manteniéndose una misma distancia de separación "Le" entre cada elevador formando un dodecágono regular como se muestra en el gráfico N° 29.

Gráfico N° 29

Distribución de elevadores formando un dodecágono regular



$\eta_e = 12$  Elevadores

Diseño de un elevador de 5.000 Kg. de capacidad:

Un elevador es un dispositivo construido generalmente para levantar una carga determinada, existen varios tipos de elevadores entre los cuales se tienen: mecánicos, hidráulicos, eléctricos, neumáticos, etc.

Para el desarrollo de este trabajo se ha seleccionado el uso de elevadores mecánicos, los cuales se muestran en el gráfico N° 30.

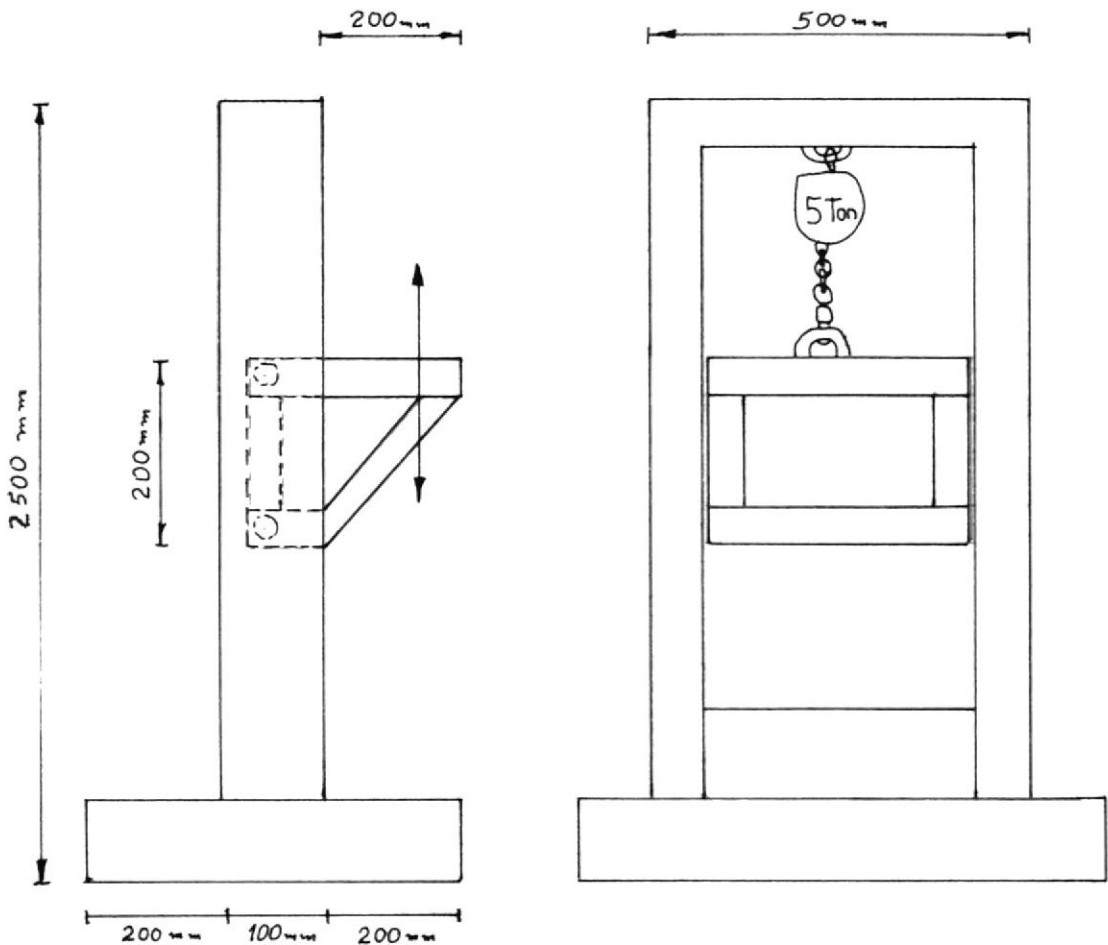
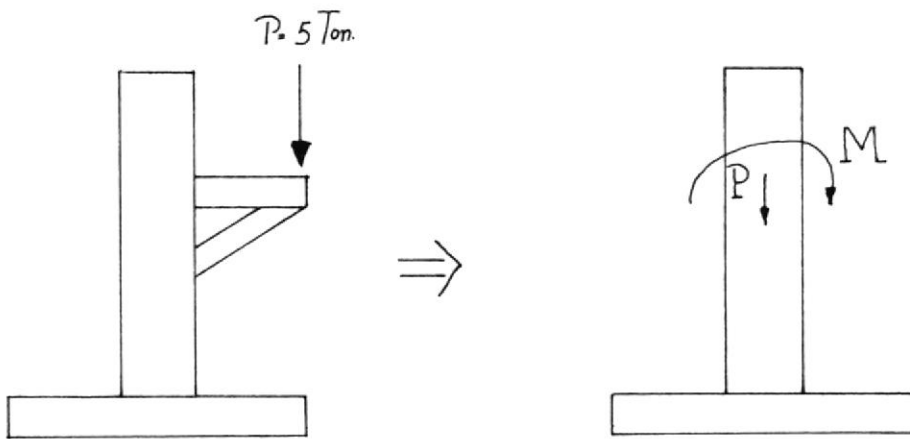


Gráfico N° 30

Los elementos que forman un elevador son: un tecele de la capacidad determinada (5 ton); un bastidor soportante y una estructura móvil (carro) con sistema de rodamiento - (rulimanes).

Cálculo de elementos:

Se analiza la estructura del bastidor para poder realizar el siguiente cálculo:



$$\sigma_p = \frac{P}{A} + \frac{My}{I} \quad (2.29)$$

Donde:

$\sigma_p$  : esfuerzo permisible del acero (2.800 Kg/cm<sup>2</sup>).

Pe : carga total 5.000 Kg.

Me : momento

y : distancia desde fibra neutra al extremo de la sección.

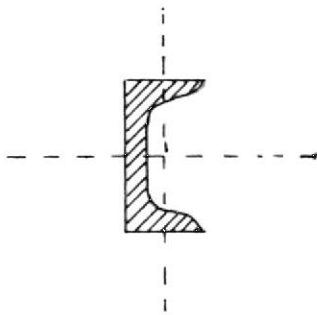
$I$  : momento de inercia

$A_e$  : área de la sección del elemento

Como el bastidor tiene dos columnas, la carga se distribuirá de la siguiente manera:

$$\frac{P}{2} = 2.500 \text{ Kg.}$$

Se seleccionará para la columna del bastidor un canal UPN - 100



$$\sigma_p = 2.800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$y = 50 \text{ mm}$$

$$A = 13,5 \text{ cm}^2$$

$$I = 206 \text{ cm}^4$$

$$M = P \cdot L \quad (2.30)$$

$$2.500 \cdot 20$$

$$M = 50.000 \text{ Kg-cmts.}$$

reemplazando los valores:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} + \frac{My}{I} = \frac{2.500}{13,5} + \frac{50.000 \cdot 5}{206} = 1398 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_p = 1398 \text{ Kg/cm}^2$$

Como  $\tau_p$  obtenido  $\ll$  permisible, queda establecido  
UPN - 100.

Soporte de elevación:

Es un dispositivo que actúa entre los elevadores y el cilindro del tanque están formados por cartelas con las cuales se forman un soporte, en el gráfico N° 31, se muestra la forma de los soportes de elevación.

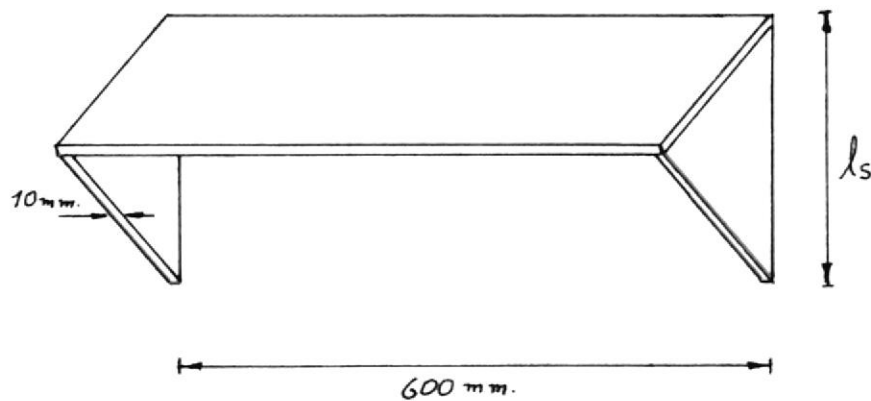
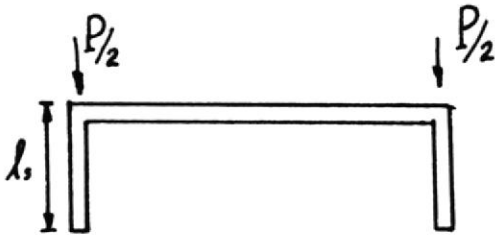


Gráfico N° 31

Soporte de Elevación

Cálculo de longitud " $l_s$ " de cordón de soldadura para soportar la carga máxima.



Se asume que la carga a ser soportada por cada elevador es de: 10.000 Kg.

$$P = 10.000 \text{ Kg}$$

$$P_s = \frac{P}{2} = \frac{10.000}{2} = 5.000 \text{ Kg}$$

Análisis de junta soldada:

Se usarán electrodos E-11018 con  $\tau_c = (850 \text{ Kg/cm}^2)$

Donde:

$$\tau_c = \frac{P_s}{A_c} \tag{2.31}$$

$P_s$  = carga

$A_c$  = área de corte

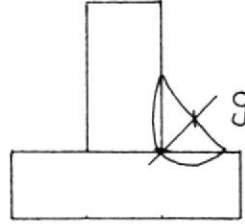
$\tau_c$  = esfuerzo de corte

$$A_c = \frac{P_s}{\tau_c} = \frac{5.000 \text{ Kg}}{850 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A_c = 5,9 \text{ cm}^2$$

De la geometría del cordón de soldadura (filete) se tiene que:

$$g = \frac{A_c}{l_s}$$



(2.32)

$g$  : garganta del filete

$l_s$  : longitud del cordón de soldadura

seleccionado  $l_s = 15$  cmts, se tiene que:

$$g = \frac{c}{l_s} = \frac{5,9 \text{ cm}^2}{15 \text{ cm}} = 0,39 \text{ cmts.}$$

$$g = 3,9 \text{ mm.}$$

El cordón de soldadura de cada soporte de elevación tendrá una longitud de 15 cmts., y el filete deberá tener una garganta de 3,9 mm.

Finalmente se tiene que tener presente que el sistema consta de 12 unidades de elevación las cuales estarán accionadas por un operador en cada unidad; por lo tanto se tratará de que en el proceso de elevación se mantenga la misma frecuencia para que la elevación sea lo más uniforme posible.

Todo movimiento que no sea vertical será indeseable para el sistema por tal motivo se tratará de evitar movimientos laterales o radiales (cabeceo).

Esto se logra efectuando un correcto anclaje de cada elevador contra el fondo del tanque y además posicionando tirantes estructurales para fijar los elevadores unos contra otros y también contra el fondo, para de esta manera obtener una estructura monolítica que resista estos movimientos laterales o radiales.

### 2.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL TANQUE DE 20,000 BBL. , UTILIZANDO EL METODO DE ELEVACION UNIFORME

El montaje de un tanque de almacenamiento de gran capacidad comprende todo el trabajo de ensamblaje de las partes prefabricadas en el taller, se lo realiza en el sitio donde va a estar ubicado el tanque.

Por tal circunstancia el montaje de un tanque debe estar sujeto a una minuciosa planificación por parte de los ingenieros constructores. Debido generalmente el montaje de un tanque se lo efectúa bajo condiciones adversas como por ejemplo: inaccessibilidad al sitio, incomunicación lugares inhospitos, etc.

Por este motivo se debe destinar un equipo de personas - para que efectuen el suministro de materiales consumibles de obra, alimentos, transporte de personal, reparación y mantenimiento de equipos , etc.

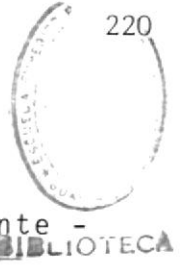
Evitando de esta manera paralizaciones del trabajo que pueden atrazar la obra y por consiguiente el incumplimiento del contrato de construcción.

Como primer paso se efectúa un cronograma en el cual se deben detallar todas las actividades a realizarse desde la instalación del campamento hasta la entrega - recepción del tanque, el gráfico N° 32, muestra el cronograma de actividades para el montaje del tanque objeto de este trabajo.

Instalación del campamento:

Se construirá una caseta provisional que cumplirá la - función de bodega y casa del guardián. También se tienen que efectuar las instalaciones de acometidas de energía eléctrica o la instalación de plantas de luz, suministro de agua potable, etc. En caso de que el sitio de montaje sea de difícil acceso se tendrá que instalar un campamento más grande y con mayores comodidades para que





el personal de la obra permanezca en el sitio durante la ejecución del montaje.

La alimentación del personal debe ser considerada como un factor importante para tal fin se deben hacer los arreglos para disponer de un espacio para la cocina con personal y utensilios.

Todos los costos que demande la instalación del campamento deberán ser consideradas en el presupuesto de construcción y montaje del tanque.

Fabricación de la cimentación (obra civil):

Se efectuarán las tareas de preparación del suelo, excavación, fabricación del molde de fraguado de la viga circular, tendido y amarre del varillaje que tiene la viga, preparación y fundida del hormigón. Luego del fraguado del hormigón se preparará el suelo en el interior de la viga circular rellenando el suelo con material petreo y arena debidamente compactado (por capas).

Finalmente se aplicará una capa de alquitrán, brea o asfalto, dándole la inclinación que ha sido estipulada en el diseño de la cimentación.

El tiempo estimado de la ejecución de toda la obra civil es de dos semanas.

Traslado de equipos, herramientas y materiales prefabricados:

Se realizará el traslado de todos los equipos y herramientas necesarias para la ejecución del montaje, los cuales deberán estar debidamente inventariadas y comprobadas en su funcionamiento. Es recomendable mantener un stock surtido de repuestos en el campamento para poder efectuar reparaciones y mantenimiento de las máquinas, equipos y herramientas.

Los materiales debidamente marcados y empaquetados serán recibidos por el bodeguero para su adecuado almacenamiento esta persona también se hará cargo de la recepción de los materiales indirectos (electrodos, oxígeno, discos de abrasión, gas(CO<sub>2</sub>), etc.).

Para ir ganando tiempo todo el proceso de traslado será realizado mientras se efectúa la construcción de la cimentación del tanque.

Calificación de procedimientos y soldadores:

Previo al inicio del montaje del tanque se efectuarán - las pruebas de calificación del procedimiento de soldadura y de los soldadores, para este efecto tendrán que estar presente representantes de la empresa constructora (Ingeniero residente) y de la empresa contratante - (fiscalizador de obra), los cuales serán testigos de que se efectúen las pruebas de acuerdo a los códigos es tipulados en el diseño.

Todas las tareas de calificación del procedimiento y de soldadores deberán ser efectuadas durante el tiempo que dure la ejecución de la obra civil.

Montaje del fondo:

Se posicionarán las planchas que forman el fondo de acuerdo al plano de distribución del planchaje y al procedimiento de soldadura del fondo (gráfico N° 6), se procede a efectuar la soldadura de todos los cordones del fondo, hay que poner énfasis en todo lo relacionado a la limpieza de las juntas entre cada pase de soldadura lo cual se realiza utilizando cepillos eléctricos, amoladoras con discos de abrasión y desbaste, etc.

Separadores, posicionadores y elementos rigidizantes se rán utilizados para evitar que las planchas se muevan o

se deformen en el momento que se efectúa la soldada de éstas. Una vez terminado el proceso de soldadura de todas las planchas del fondo se puede proceder a inspeccionar los cordones soldados con la caja de vacío - (prueba de la burbuja).

Finalmente se posiciona un anillo periférico formado por una faja de 15 cms. de alto con un espesor de 6mm. el cual tendrá un diámetro exterior igual al diámetro interior del cilindro del tanque.

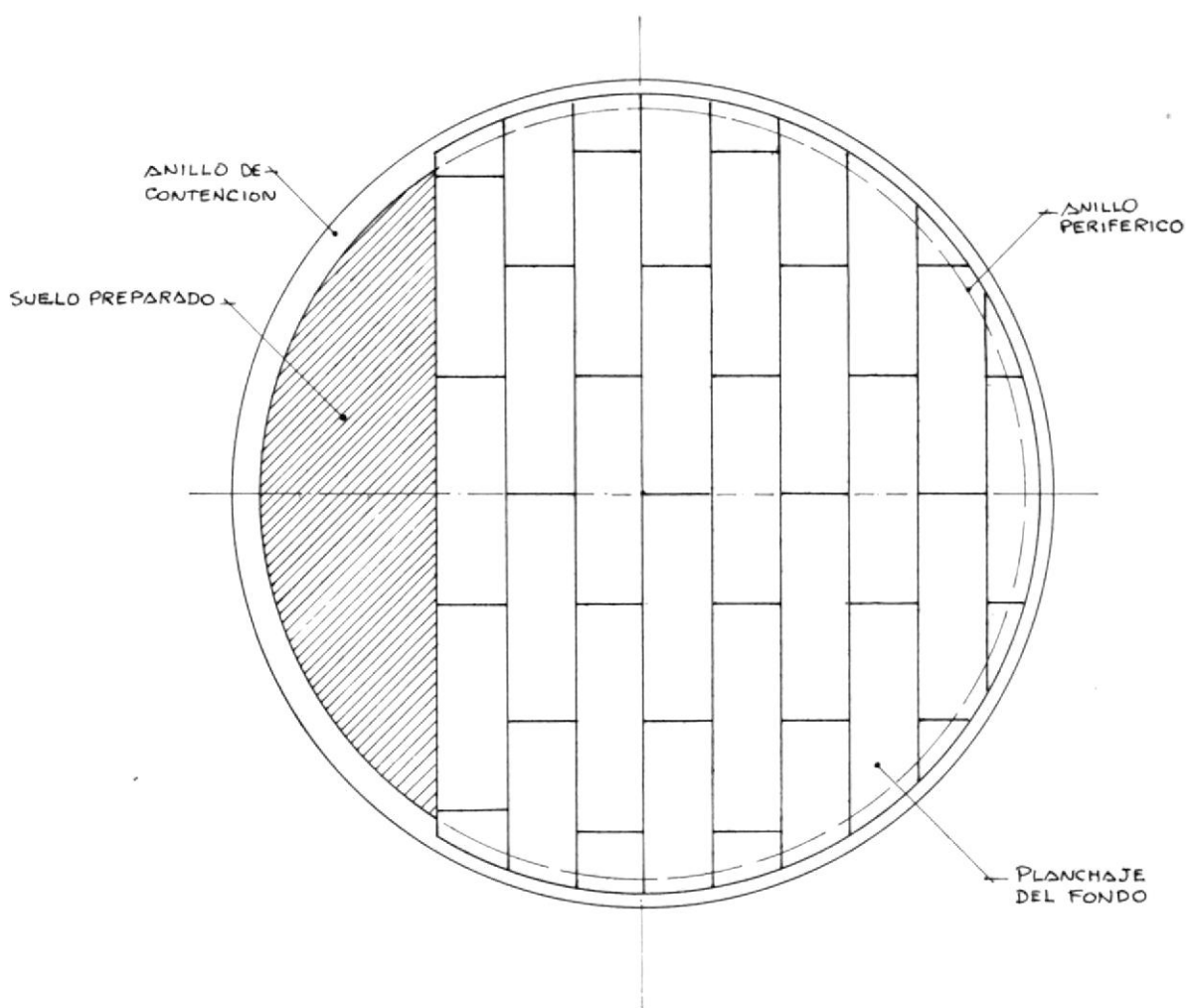
Este anillo periférico servirá como guía para la ubicación de las planchas del cilindro. Esto se muestra en el gráfico N° 33.

Posicionamiento del sistema de elevadores:

Se ubican los 12 elevadores que forman este sistema de elevación sobre las planchas del fondo del tanque de almacenamiento de acuerdo al gráfico N° 27, del subcapítulo 2.2.

Se efectúa el anclaje de cada unidad soldando la base de cada elevador contra las planchas del fondo además se sueldan los tirantes y soportes para evitar movimientos laterales y unificar el sistema haciéndolo monolítico con la forma de un duodecágono regular.

GRAFICO Nº 33  
MONTAJE DEL FONDO DE ACUERDO A PLANOS 224



VISTA en PLANTA

#### Montaje del Quinto anillo:

Se posicionan las 11 planchas de 1,828 x 6,096 mts. x 8 mm. , que forman el anillo N° 5, alrededor del anillo periférico de acuerdo a la distribución del planchaje del cilindro. Utilizando cuñas triangulares se las fija contra el anillo - periférico, se comprueba su alineamiento utilizando niveles y plomadas. Manteniendo las holguras del diseño para las juntas verticales por medio de separadores, se efectúan - los 11 cordones de soldadura correspondientes al quinto anillo con sus soldaduras definitivas, en caso se requiera - podrán ser tomadas pruebas de radiografía a estas sol - daduras en horas inhábiles de trabajo.

#### Montaje del anillo rigidizante:

Se posicionan los ángulos rolados en la parte superior externa del quinto anillo de acuerdo al plano de diseño (gráfico N° 12) y se procede a realizar su respectiva soldadura efectuándose un cordón continuo en la parte superior del ángulo y en la parte inferior se efectuarán cordones alternados.

Con la ubicación definitiva del anillo rigidizante superior - (ángulo 75 x 75 x 9.5 mm.), se fortalecerá la estructura del quinto anillo con lo cual se evitarán deformaciones de la forma cilíndrica.

Lo anteriormente señalado se lo muestra en el gráfico N° 34.

Montaje de estructura soportante del techo:

Se coloca la columna central (tubería  $\emptyset$  200 mm), en su posición definitiva y se la suelda contra el fondo del tanque, colateralmente se sueldan los soportes de elevación en la parte interna del quinto anillo y se lo eleva hasta una altura que permita el posicionamiento de las cerchas de la estructura soportante sin que interfieran las estructuras de los elevadores (para este caso 3 mts.).

Se posiciona provisionalmente en la columna central un soporte circular deslizable ubicándolo a una altura de 4.066 mm., esta diferencia con la altura del cilindro se debe a la inclinación del techo cónico (pendiente).

Se sueldan en la parte interior del quinto anillo las cartelas de sujección que van a sujetar las cerchas de la estructura soportante, finalmente se van posicionando las cerchas de la estructura fijándolas entre el soporte central y las cartelas de sujección del cilindro. En los gráficos N° 35 y N° 36, se puede observar la secuencia anteriormente descrita.

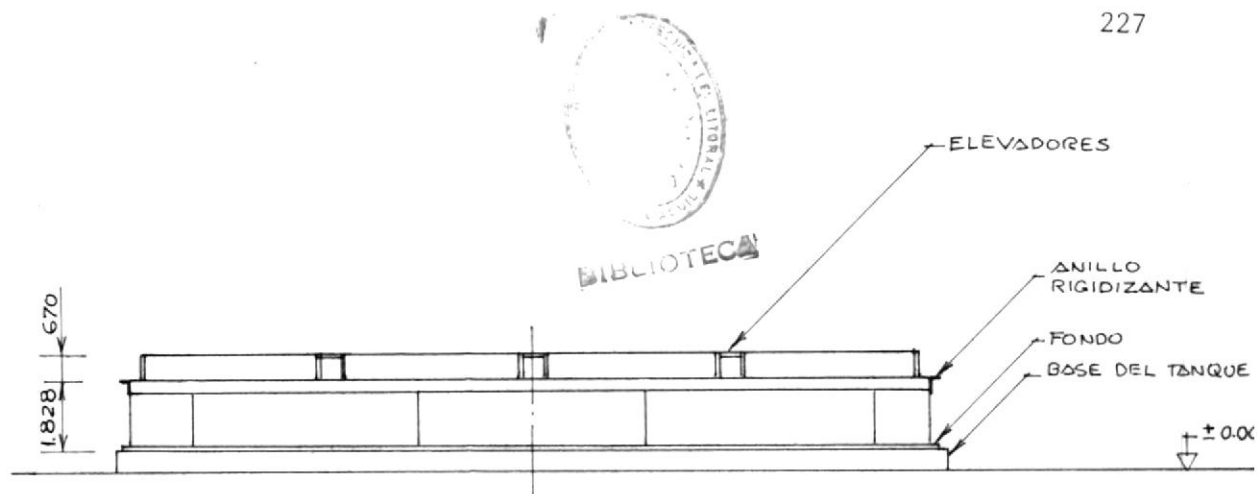


GRAFICO Nº 34

PRIMER ANILLO TERMINADO CON ANGULO RIGIDIZANTE SUPERIOR, SE OBSERVAN LOS ELEVADORES CON SUS TIRANTES DE AMARRE.

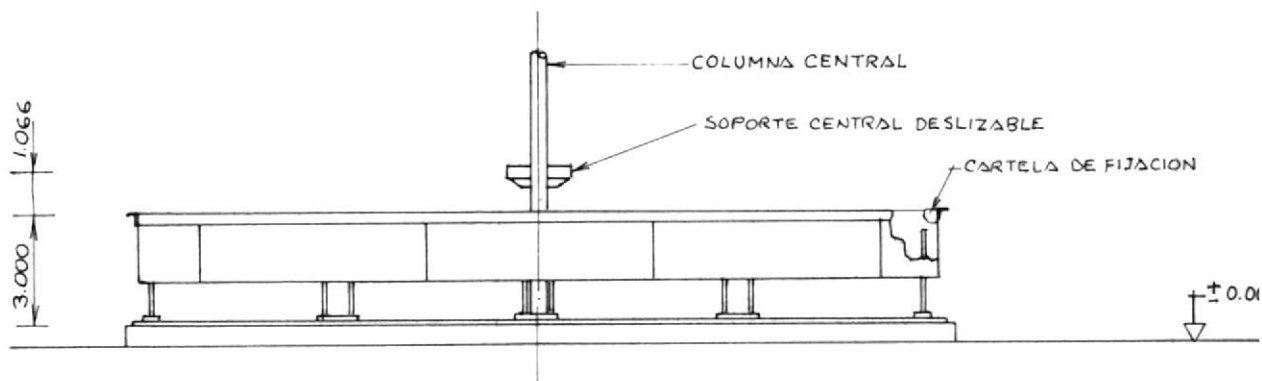


GRAFICO Nº 35

COLUMNA CENTRAL UBICADA, SOPORTE CENTRAL FIJADO, ELEVACION DEL 5º ANILLO PARA EVITAR INTERFERENCIAS Y FIJACION DE CARTELAS DE CERCHAS.

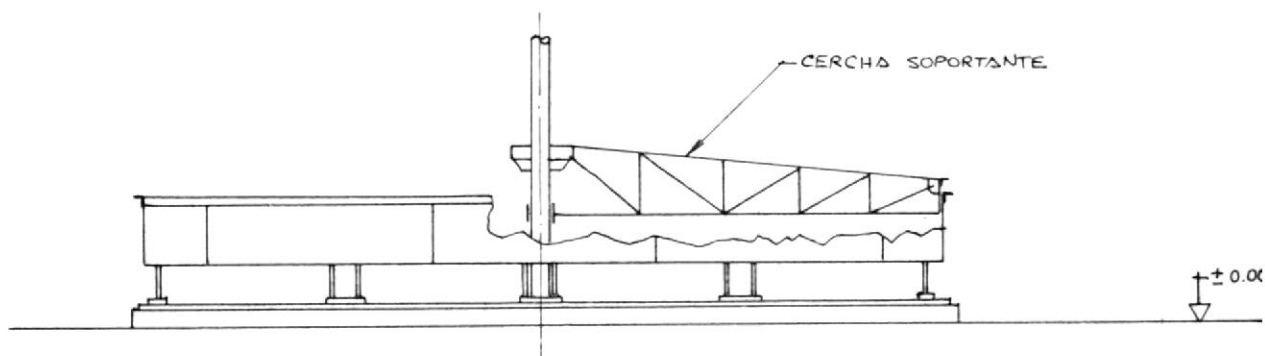


GRAFICO Nº 36

UBICACION DE CERCHAS



BIBLIOTECA

### Montaje del techo:

Se procede a subir las planchas del techo para ubicarlas sobre la estructura soportante de acuerdo al plano de distribución del techo (gráfico N° 8), para tal fin se utiliza un malacate (Cap. 1 Ton) acoplado a una estructura móvil que le dá una acción de giro de 360°. Este dispositivo permite subir todas las planchas del techo en una forma segura y rápida.

Después de ubicar las planchas se procede a soldarlas a traslape manteniendo los parámetros seleccionados en el diseño de la junta de techo.

Para el efecto de aereación es recomendable dejar algunos espacios del techo abiertos, por este motivo se dejan algunos elementos (planchas) sin soldar las cuales serán posicionadas y soldadas al final del montaje.

En el gráfico N° 37 se observan los detalles del montaje del techo.

### Montaje del cuarto anillo:

Se procede a efectuar la segunda elevación del tanque - para poder ubicar el cuarto anillo, para tal fin se ele

va uniformemente el tanque accionando los 12 elevadores al mismo tiempo, para este caso se utilizará un teclé - adicional de 5 ton. de capacidad el cual será fijado en tre la columna central y el soporte deslizable de la estructura soportante del techo con lo cual se logra - otro punto de apoyo para efectuar la elevación del tan que.

Se elevará el tanque una altura mínima de 1,83 mts., con respecto al fondo del tanque permitiéndose de esta manera el posicionamiento de las 11 planchas roladas que - forman el cuarto anillo.

Estas planchas son fijadas inicialmente al anillo periférico utilizando cuñas tipo zanahoria, se comprueba su alineamiento con respecto a niveles y plomadas, se calibran las holguras de las juntas - verticales y horizontales utilizando separadores. Luego se procede a - soldar el cordón horizontal que une el cuarto con el quinto anillo y los 11 cordones verticales del cuarto - anillo.

Terminado el proceso de soldadura se pueden retirar los separadores, cuñas y alineadores, etc., los soportes de elevación que se encuentran soldados al quinto anillo, son retirados del cilindro.

Finalmente el tanque se encuentra listo para que se tomen las pruebas de radiografía correspondientes al cuarto anillo. A continuación en el gráfico N° 38, se muestra el proceso de montaje del cuarto anillo.

#### Montaje del tercer anillo:

Se posicionan y se sueldan los soportes de elevación en la parte inferior del cuarto anillo, luego se acoplan los elevadores y se procede a elevar el tanque hasta una altura mínima de 1.83 mts., con respecto al fondo del tanque. A continuación se posicionan las 11 planchas que forman el tercer anillo, son fijadas contra el anillo periférico del fondo con cuñas tipo zanahoria, manteniendo las holguras de las juntas de soldadura con separadores se procede a efectuar el cordón horizontal que une el cuarto con el tercer anillo y los 11 cordones de soldadura verticales.

Habiendo terminado el proceso de soldadura para el tercer anillo se retiran las cuñas triangulares y los soportes de elevación utilizando esmeriles eléctricos quedando el tanque soportado por el tercer anillo. De esta manera el tanque estaría listo para que se le efectuen las pruebas de radiografía programadas para el tercer anillo, en el gráfico N° 39, se observa el proceso

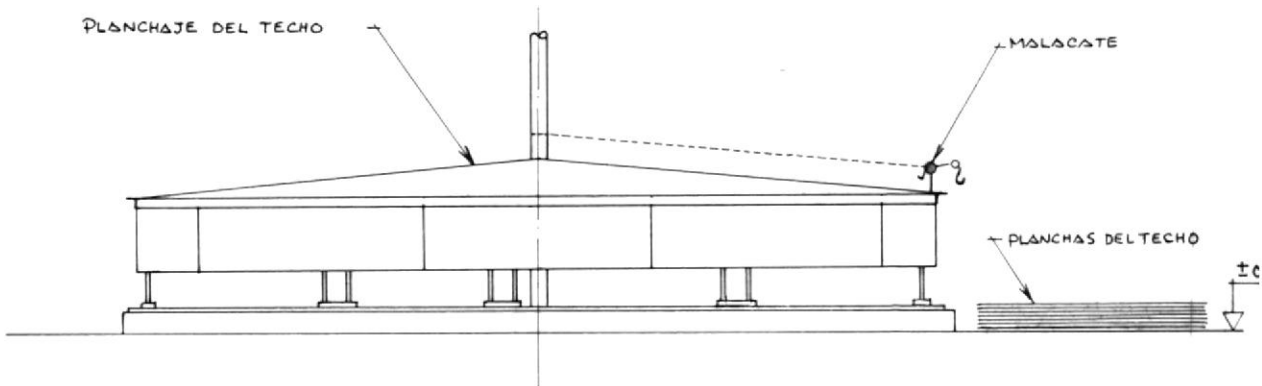


GRAFICO Nº 37

MONTAJE DEL TECHO, UTILIZANDO UN MALACATE PARA ELEVAR LAS PLANCHAS.

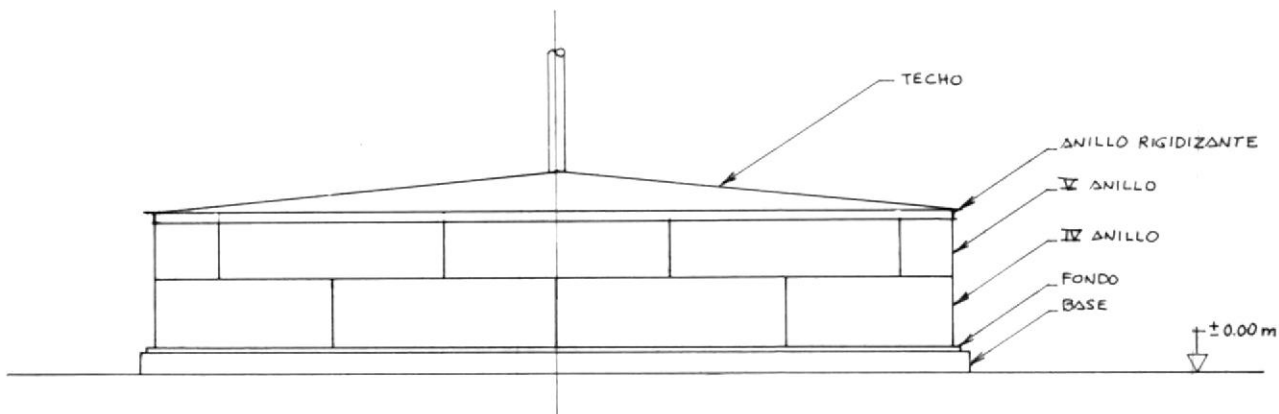


GRAFICO Nº 38

MONTAJE DEL IV ANILLO DEL CILINDRO

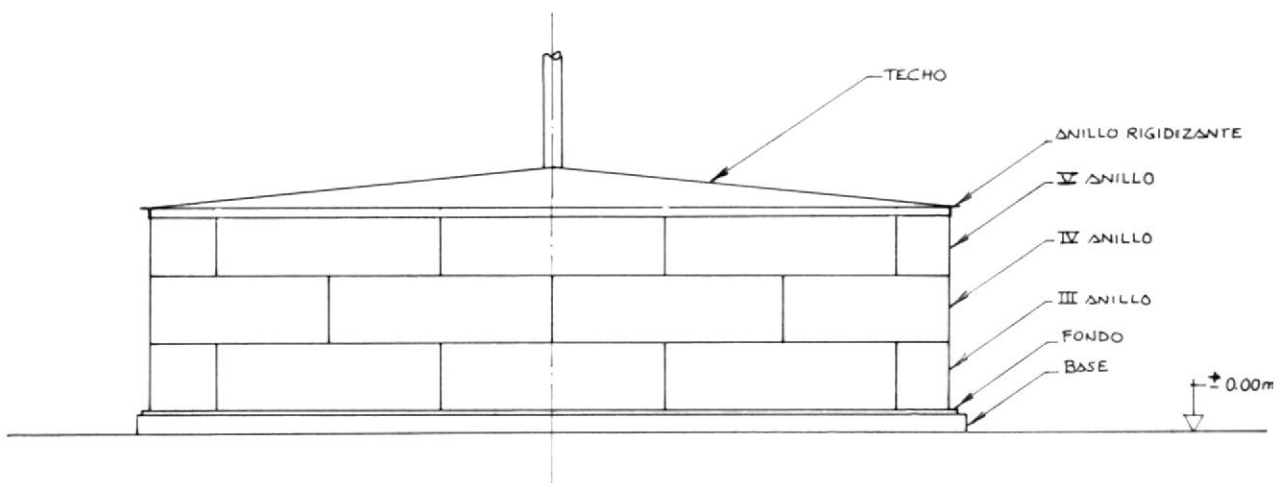


GRAFICO Nº 39

MONTAJE DEL III ANILLO DEL CILINDRO

de montaje del tercer anillo.

Montaje del segundo anillo:

Se posicionan los soportes de elevación en el tercer anillo y se los suelda en su lugar, se acoplan los elevadores y se procede a efectuar la elevación del tanque en forma uniforme hasta alcanzar una altura mínima de 1,83 mts., con respecto al fondo del tanque. A continuación se posicionan las 11 planchas correspondientes al segundo anillo, son fijadas contra el anillo periférico utilizando cuñas triangulares, se comprueba su alineación y manteniendo las holguras de diseño se procede a efectuar el cordón horizontal de soldadura que une el tercero con el segundo anillo y los 11 cordones verticales de soldadura del segundo anillo.

Terminado el proceso de soldadura del segundo anillo se retiran los soportes de elevación del cilindro y se sacan las cuñas del exterior del segundo anillo quedando el tanque soportado por sus propios medios; a continuación se efectúan las pruebas radiográficas en los cordones del segundo anillo. En el gráfico N° 40, se observa el proceso de montaje del segundo anillo.

Montaje del primer anillo:

Se posicionan y se sueldan los soportes, se ubican los elevadores y se efectúa la última elevación del tanque - tratando de efectuarla lo más sincronizada posible ya que en este momento el sistema de elevación soportará la carga máxima. Se eleva el tanque hasta una altura de 1.83 mts., respecto al fondo y se posicionan las planchas que forman el primer anillo, cabe señalar que como éste es el último anillo, en ser montado se tiene que dejar un espacio libre para poder retirar todo el sistema de elevación uniforme. Por lo tanto sólo se posicionan 10 planchas del primer anillo, se las fija con las cuñas triangulares contra el anillo periférico se comprueba su alineación con respecto al cilindro del tanque y manteniendo las holguras de diseño se procede a efectuar los 9 cordones de soldadura vertical y el cordón de soldadura que une el segundo con el primer anillo. Finalmente se procede a realizar la soldadura del filete que une el cilindro del tanque con el fondo y también se suelda en forma definitiva el soporte central de la estructura soportante contra la columna central.

Terminado todo el proceso de soldadura, se retiran los soportes de elevación de la pared del segundo anillo y además se retira el anillo periférico. A continuación - en el gráfico N° 41, se muestra el montaje del primer anillo (10 planchas).

### Retirada de los elevadores:

Estando el tanque soportado por sus propios medios se desarma toda la estructura que forma el sistema de elevación uniforme y se retiran cada una de las doce unidades de elevadores con sus respectivos tirantes de refuerzo, luego se procede a limpiar los puntos de soldadura realizados contra el fondo del tanque y finalmente se posiciona la plancha N° 11 del primer anillo, alineándola con respecto al cilindro del tanque y manteniendo las holguras correspondientes se procede a efectuar la soldadura definitiva de esta plancha. En este momento el ingreso al interior del tanque se lo realiza por los boquetes de las escotillas de costado permitiendo de esta manera efectuar las pruebas de soldadura a los cordones realizados en el primer anillo - (verticales, horizontales y filete), utilizando equipo radiográfico, tintas penetrantes o ultrasonido, este último para inspeccionar el filete realizado entre el cilindro y el fondo del tanque. A continuación en el gráfico N° 42, se muestra un esquema del proceso anteriormente señalado.

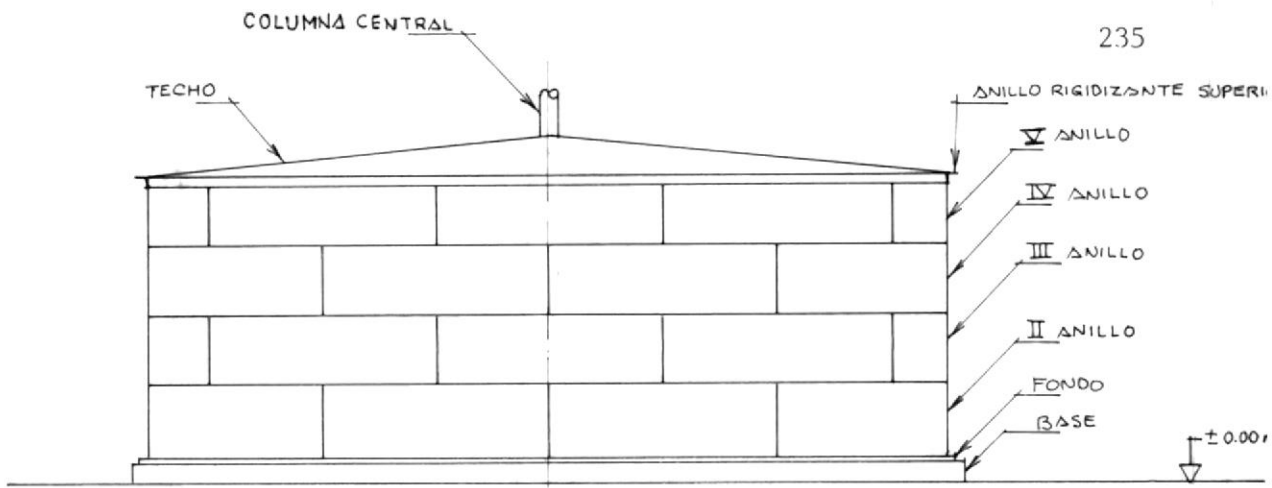


GRAFICO Nº 40  
MONTAJE DEL II ANILLO DEL CILINDRO

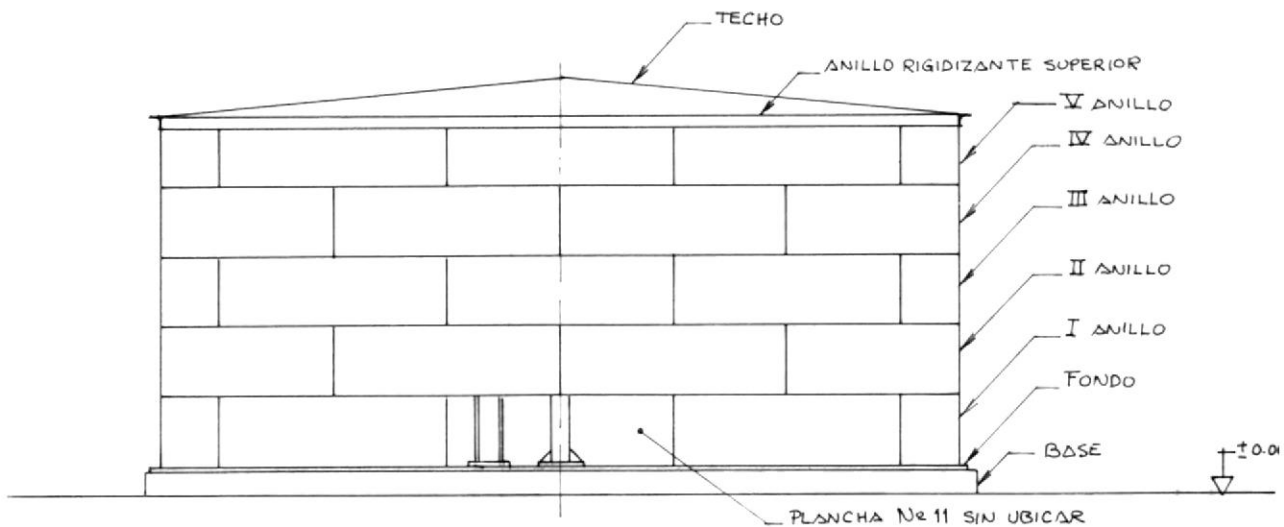


GRAFICO Nº 41  
MONTAJE DE LAS 10 PLANCHAS DEL 1er ANILLO

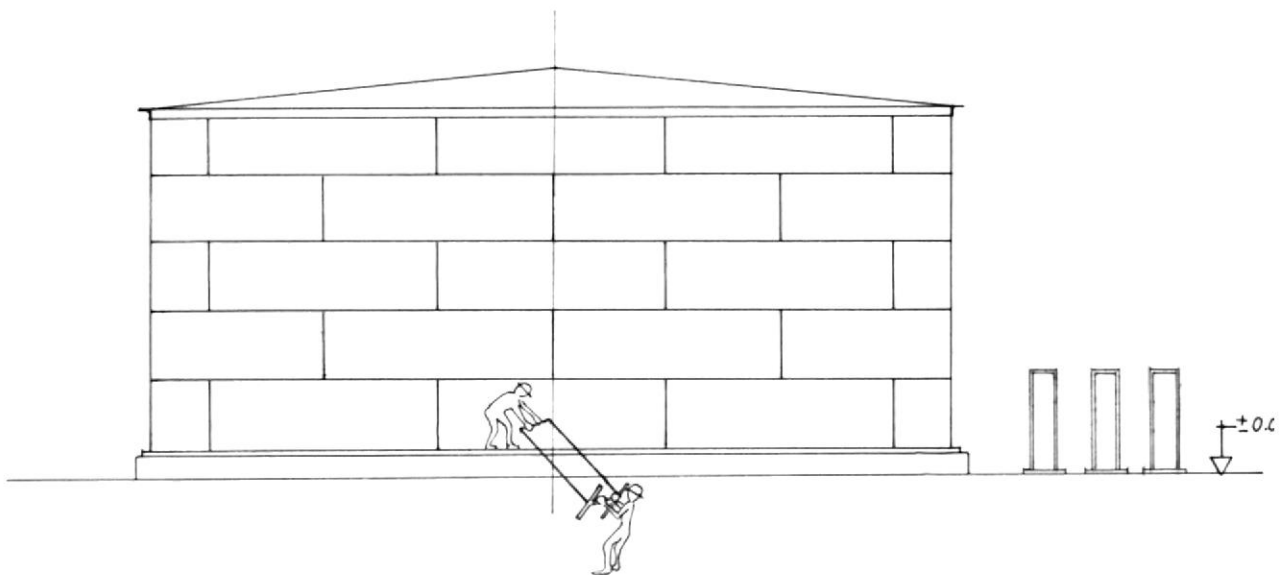


GRAFICO Nº 42  
RETIRADA DEL SISTEMA DE ELEVACION

### Montaje de los accesorios:

Comprende la ubicación y soldada definitiva de todos los accesorios seleccionados para el funcionamiento del tanque, los cuales son: 2 pasos de hombre para el cilindro, 1 puerta de limpieza, 1 drenaje de agua y lodos, 1 paso de hombre de techo, 1 respiradero, 1 paso de hombre de -techo, 1 respiradero, 1 bocatoma de carga, 1 bocatoma de descarga, 1 medidor de nivel y 1 escalera helicoidal con pasamano.

En el sub-capítulo II.1.2., se clasificó a los accesorios en accesorios completamente fabricados y accesorios prefabricados. De la misma manera existirá una diferencia - en el montaje de estos accesorios, así tenemos que el montaje de los accesorios completamente fabricados consisten en la ubicación de la unidad completa y su respectiva soldada, lo cual se observa en el gráfico N° 44., En el caso de los accesorios que están solamente prefabricados se irá armando cada una de sus partes hasta terminar con el montaje de todo el accesorio, para tener una mejor apreciación en los gráficos N° 45 y 46., mostrándose una secuencia del montaje de la escalera helicoidal con su respectivo pasamano.

### Pruebas:

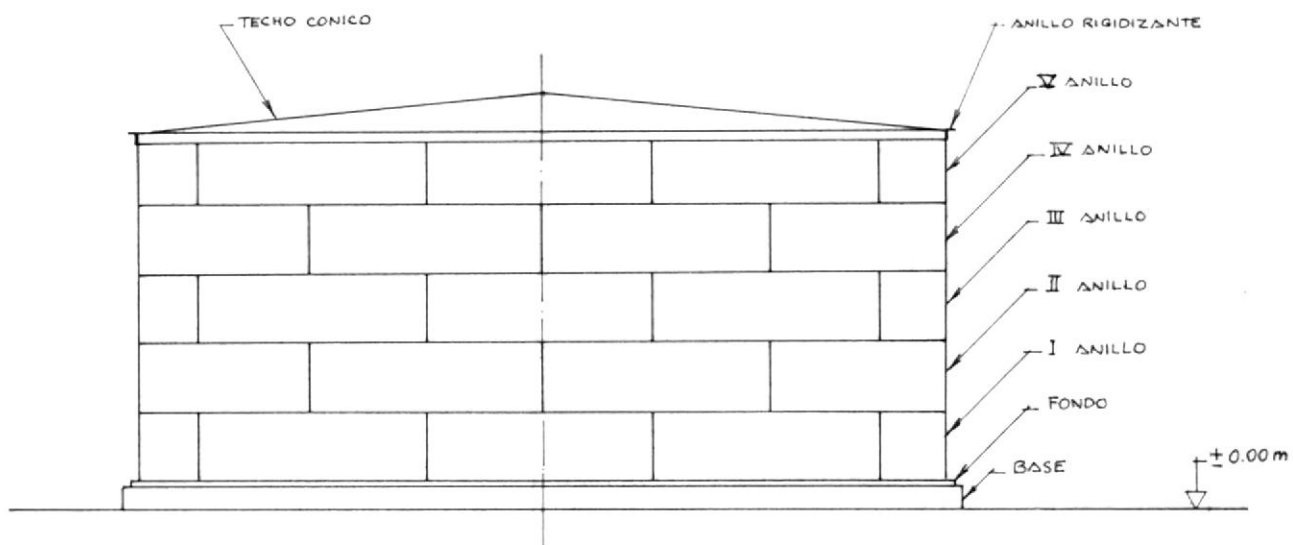


GRAFICO Nº 43

TANQUE DE 20.580 TERMINADO, SIN ACCESORIOS.

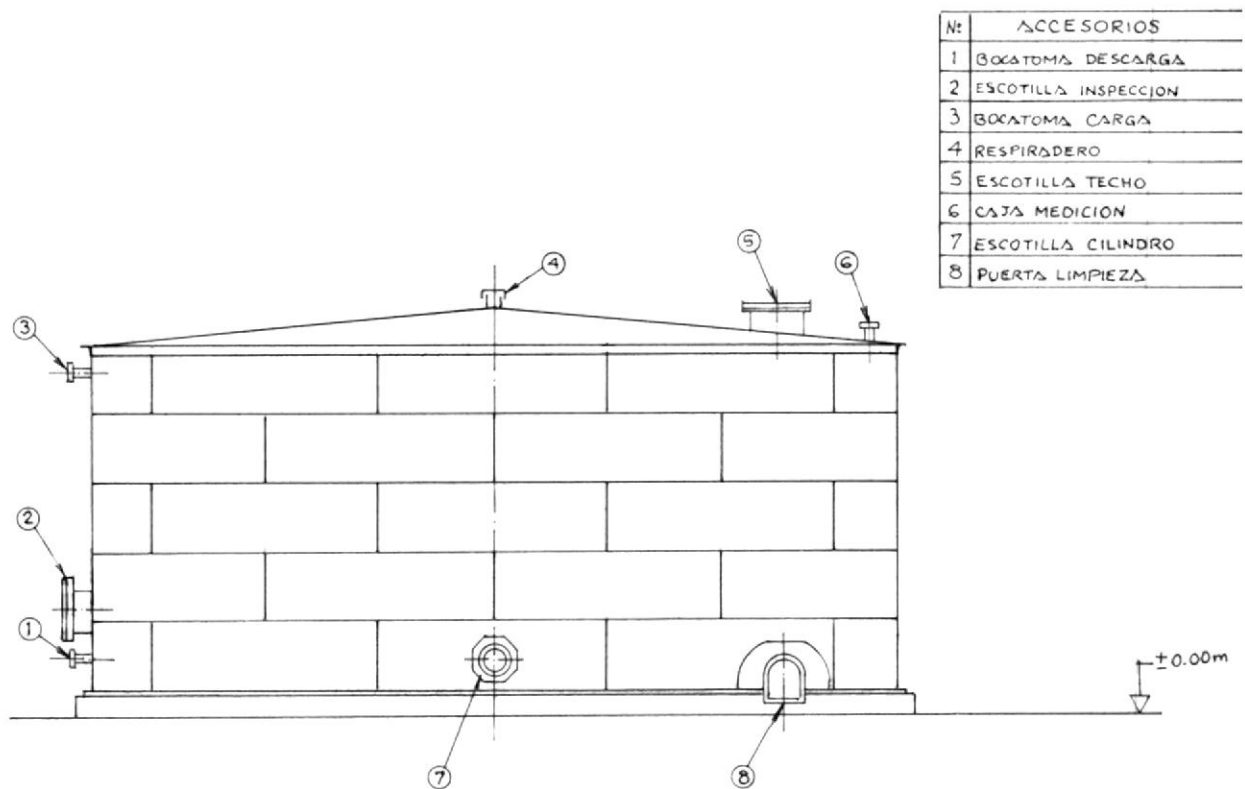


GRAFICO Nº 44

MONTAJES DE ACCESORIOS FABRICADOS EN TALLER

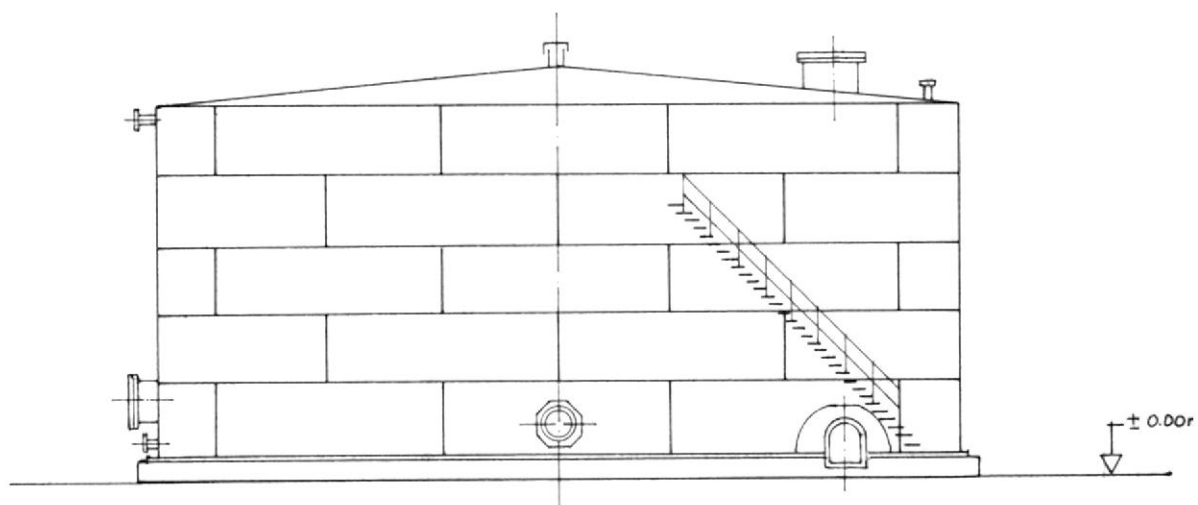


GRAFICO Nº 45  
MONTAJE PARCIAL DE ESCALERA HELICOIDAL

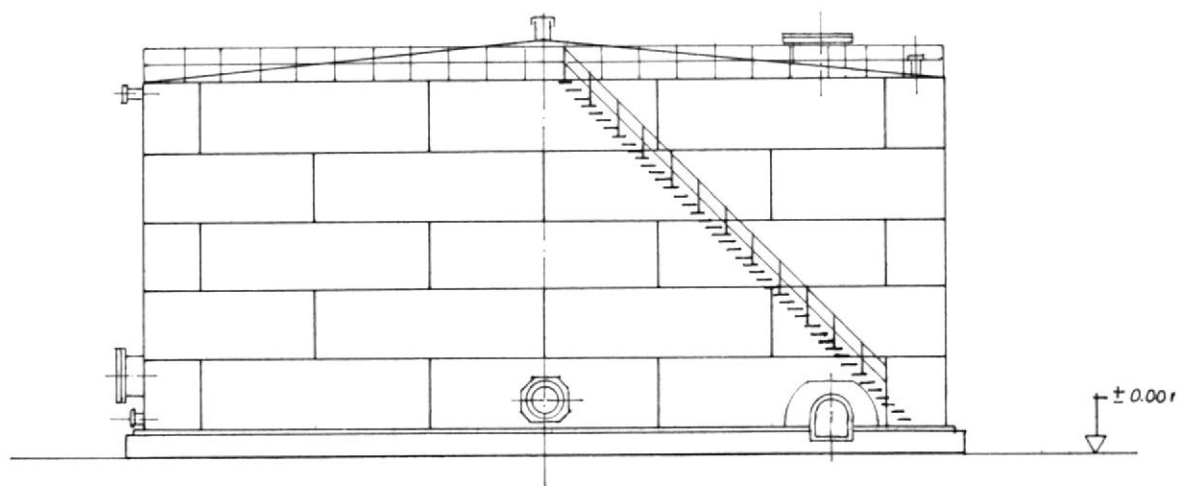


GRAFICO Nº 46  
TANQUE DE 20.580 COMPLETAMENTE TERMINADO

Una vez terminado el montaje del tanque se realizan las pruebas que se hayan estipulado en el contrato de construcción, para efecto de este trabajo se realizarán las pruebas hidrostática y neumática.

- Prueba hidrostática:

Se tienen que cerrar todos los accesorios del cilindro, los cuales son: 2 pasos de hombre, 1 puerta de limpieza y 1 bocatoma de descarga. Luego se comienza a llenar el tanque con agua en una forma controlada - manteniendo una velocidad de llenado con 20 % superior a la velocidad de operación. Mientras tanto el ingeniero residente de la obra y el fiscalizador - efectuarán una minuciosa inspección de los cordones de soldadura utilizando el método de inspección visual.

La cimentación del tanque también será inspeccionada anotándose si se producen asentamiento a medida que se llena el tanque.

Por último se mantiene el tanque lleno de agua por 48 horas, anotándose cualquier tipo de defecto que se presentare, pasadas las 48 horas se procede a vaciar - el tanque en una forma controlada, manteniendo una ve

locidad de vaciado un 20 % superior a la velocidad de operación.

#### Prueba neumática:

Se procederá a realizar la prueba neumática a los accesorios del tanque, aplicándoles una presión de 1 Kg/cm<sup>2</sup>. se comprobará las uniones soldadas aplicándoles agua con jabón para determinar si se producen escapes del aire.

Cabe señalar que durante el proceso del montaje se efectuaran pruebas de radiografía en el cilindro y el método de la caja de vacío para el fondo del tanque.

En caso de encontrarse algún defecto este será señalado para luego realizar su adecuada reparación, la cual tendrá que volver a ser inspeccionada por las pruebas anteriormente señaladas.

#### Pintada definitiva:

Habiendo sido probado el tanque y teniendo presente que no se efectuarán cordones de soldadura posteriores, se

efectuará el siguiente procedimiento:

- preparación de la superficie de las zonas correspondientes a los cordones de soldadura, para lo cual se utilizarán cepillos eléctricos circulares.
- aplicación del primer (Y-5251/5252)
- aplicación general de la capa intermedia utilizando pintura apóxica (Y-5240/5242) con pistola de aire comprimido.
- finalmente se aplicará la capa de acabado utilizando pintura enóxica (Y-5240/5242) color blanco, con pistola de aire comprimido.

Para efectuar todo el proceso de pintura definitiva se utilizarán andamios hechos con caña.

Entrega/recepción:

La entrega del tanque será realizada mediante la firma de un documento llamado acta de entrega/recepción. En la cual se especificaran todas las anotaciones efectuadas en las pruebas hidrostáticas, neumática, caja de

vacio y radiográficas.

También se detallaran los defectos que se hayan encontrado y sus respectivas reparaciones.

Con la firma de este documento se da por concluído el contrato

## C A P I T U L O III

### ANALISIS ECONOMICO

El capítulo de análisis económico contempla una revisión detallada de cada una de las actividades involucradas en la construcción y el montaje de un tanque de 20.580 bbl. Para facilitar el análisis económico se efectuará un cronograma general en el cual se detallen todas las actividades tanto de la fabricación en taller como del montaje en el sitio. El gráfico N° 47, muestra el cronograma general de actividades para la construcción y el montaje de 20.580bbl.

Del análisis del cronograma general se obtienen diferentes rubros que tienen una relación directa con el costo total del tanque, las cuales son:

- Materiales directos:

Se consideran todos los materiales que formarán el tanque como por ejemplo: las planchas de acero, los perfiles estructurales, tubería, pinturas, hormigón, etc.



- Materiales indirectos:

Se consideran todos los materiales necesarios para la ejecución de la obra, por ejemplo: electrodos de soldadura, oxígeno, gases, discos de abrasión, etc.

- Mano de obra:

Se consideran todos los costos del personal necesario para ejecución de la obra.

- Uso de equipos y herramientas:

Se consideran todos los costos de utilización de Equipos y herramientas necesarias para la ejecución de la obra.

- Transporte:

Se consideran todos los costos del traslado de los materiales, además se incluirá el costo de utilización de un vehículo liviano durante el tiempo del montaje destinado a las tareas de suministro de materiales indirectos, viveres, etc.

- Dirección técnica:

Se consideran todos los costos destinados a pagar los servicios profesionales de las personas que trabajarán - en la obra, por ejemplo: Ingeniero Residente de la Obra, Ingeniero Calculista, Ingeniero Responsable Técnico, etc.

- Gastos Administrativos:

Se consideran los costos destinados a financiar los gastos de operación de la empresa constructora, por ejemplo: sueldos de secretarias, personal administrativo, energía eléctrica, teléfono, etc.

- Imprevistos:

Es recomendable considerar un valor adicional para proteger a la empresa constructora en caso que ocurra algún imprevisto como por ejemplo: subida del costo de los materiales, reposición de material por pérdidas o robos, - etc.

- Utilidades:

Se considera el beneficio económico de la empresa constructora.

Para efectuar el resumen parcial de los costos de los

materiales directos, materiales indirectos, mano de obra , uso de equipos y herramientas y transporte, se utilizarán los costos unitarios publicados en los boletines de diferentes instituciones como por ejemplo:

Indice de precios del INEC;

Boletín Técnico de la Cámara de la Construcción de Guayaquil;

Boletín de Salarios publicado por la Contraloría General del Estado; y,

Precios del Comercio Nacional.

A continuación se observan los detalles de precios de los rubros anteriormente mencionados.



A.-

## MATERIALES DIRECTOS

CANTIDAD	DENOMINACION	P.UNITARIO	P. TOTAL
37	Planchas de 1.830 x 6.100 x 9.5 mm. Acero A-283 .	291,368	10'780.616
11	Planchas de 1.830 x 6.100 x 11mm. Acero A-283.	337.373	3'711.103
44	Planchas de 1.830 x 6.100 x 8mm. Acero A-283.	245.363	10'795.972
38	Planchas de 1.830 x 6.100 x 4.75. Acero A-283.	145.684	5'535.992
1	Plancha de 1.220 x 2.440 x 19mm. Acero A-283.	155.396	155.396
1	Plancha de 1.220 x 2.440 x 12mm. Acero A-283.	89.966	89.966
2	Planchas de 1.220 x 2.440 x 10 mm. Acero A-283.	81.788	163.576
1	Plancha de 1.220 x 2.440 x 6.3 mm. Acero A-283.	51.935	51.935
1	Plancha de 1.220 x 2.440 x 3 mm. Acero A-283.	24.500	24.500
2	Planchas antideslizante 1.220 x 2.440 x 2.0mm.	25.000	25.000
8	Canales U 140 x 60 x 7 x 6,00mm.	23.600	268.800
43	Canales U 100 x 50 x 6 x 6.000mm.	22.260	957.180
54	Angulos L 100 x 75 x 7 x 6.000 mm.	20.580	1'111.320
12	Angulos L 75 x 75 x 9.5 x 6.000 mm.	22.800	273.600
62	Angulos L 65 x 65 x 7 x 6.000mm.	14.525	900.550
4	Angulos L 50 x 50 x 6 x 6.000 mm.	9.385	37.540
4	Platinas de 50 x 6 x 6.000mm	4.950	19.800
44	Platinas de 50 x 3 x 6.000mm	2.475	108.900
14	Platinas de 25 x 3 x 6.000mm	1.238	17.332
8	Tubos ISO-20 de Ø 40mm x 6.000mm.	12.600	100.800
14	Tubos ISO-20 de Ø 25mm x 6.000mm.	9.300	130.200

CANTIDAD	DENOMINACION	P.UNITARIO	P.TOTAL
11mts.	Tubería Ø 200mm S/C-SCH-40	18.500	203.500
3mts.	Tubería Ø 75 mm S/C-SCH-40	10.500	31.500
2	Bridas soldables c/c - Ø 200mm.	14.500	29.000
34glus	Pintura epóxica Y-5251/5252	11.785	400.690
50glus	Pintura epóxica Y-5240/5242	12.375	618.750
50glus	Pintura Epóxica Y-5240/5242	12.375	618.750
	SUB TOTAL	A.- S/.	37'285.413

B.- MATERIALES INDIRECTOS

CANTIDAD	UNIDAD	DENOMINACION	P.UNITARIO	P.TOTAL S/.
100	Kg	Soldadura E-6010	985,00	98.500,00
100	Kg	Soldadura E-7018	1.075,00	107.500,00
60	Kg	Soldadura E-11018	1.860,00	111.600,00
300	Kg	Soldadura E-705-6	1.100,00	330.000,00
15	Carga	Oxigeno (8M <sup>3</sup> )	4.200,00	63.000,00
18	Cargas	CO <sub>2</sub> (8M <sup>3</sup> )	5.500,00	99.000,00
3	Cargas	Propano (15Kg)	500,00	1.500,00
80	Discos	Abrasion $\phi$ 175mm x 6mm.	2.500,00	200.000,00
40	Discos	Corte $\phi$ 175mm X 3mm	2.000,00	80.000,00
15	glus	Solvente Epoxico	5.000,00	75.000,00
25	pares	guantes para soldar	500,00	12.500,00
75	pares	guantes para maniobra	400,00	30.000,00
300	Vidrios	rectangulare claros	50,00	15.000,00
24	Vidrios	rectangulare negros # 10	500,00	12.000,00
120	glus	combustibles diesel	150,00	18.000,00
30	folillas	tiza de marmol	120,00	3.600,00
10	piedras	Chispero	80	800,00
			<u>SUB-TOTAL B -</u>	<u>1'258.000,00</u>

C.- MANO DE OBRA

CANTIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPO ESTIMADO DE TRABAJO (DIAS)	SALARIO DIARIO S/.	TOTAL S/.
1	Maestro armador	(100)	3.500,00	350.000,00
2	Soldadores de pri <u>me</u> mera	( 80)	2.900,00	464.000,00
1	Soldador de prime <u>ra</u>	( 25)	2.900,00	72.500,00
1	Cortador	( 25)	2.200,00	55.000,00
2	Ayudantes de solda <u>do</u> dor	( 80)	1.950,00	312.000,00
1	Ayudante de solda <u>do</u> dor	( 25)	1.950,00	48.750,00
7	Auxiliares	( 80)	1.650,00	924.000,00
1	Guardián	( 80)	2.000,00	160.000,00

SUB-TOTAL C S/.2'386.250,00



**BIBLIOTECA**

D.- USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

CANTIDAD	DENOMINACION	DIAS DE TRABAJO	COSTO DIARIO	COSTO TOTAL
1	Roldadora	(25)	50.000,00	1'250.000,00
2	Soldadores (S.M.A.W)	(25)	7.000,00	350.000,00
3	motosoldadoras (G.M.AW.)	(50)	10.000,00	1'500.000,00
2	Equipos de Corte	(25)	3.500,00	175.000,00
1	Equipo de Arenamiento	(15)	35.000,00	525.000,00
1	Equipo de Pintura	(20)	3.000,00	60.000,00
1	Biselador	(25)	2.000,00	50.000,00
4	Amoladoras	(75)	1.000,00	300.000,00
1	Taladro Radial	(25)	2.000,00	50.000,00
1	Cepillo eléctrico de cerdas metálicas	(10)	1.500,00	1.500,00
1	Sistema de 1.2 Elevadores	(35)	12.000,00	420.000,00
1	Sistema de Elevación de planchas (Malacate)	(35)	1.500,00	52.500,00
1	Herramientaje de Taller	(30)	8.000,00	240.000,00
1	Herramientaje de Campo	(50)	5.000,00	250.000,00
1	Juego de Andamios	(10)	3.000,00	30.000,00
1	Caseta para el Campamento	(80)	2.500,00	200.000,00

SUB-TOTAL D- S/.5'467.500,00

=====

E.- TRANSPORTE.-

- Compra de materiales	S/. 100.000,00
- Traslado de materiales y Equipos a sitio de montaje (Zona urbana)	125.000,00
- utilización de vehículo para suministro en el montaje	<u>125.000,00</u>
	S/. 350.000,00

Sub-Total E- S/. 350.000,00

F.- OBRA CIVIL

	P.V.	P. TOTAL
- Comprende la preparación del suelo relleno, compactación, fabricación de muro de contención (Hormigón), relleno interior con cascajo y arena, se consideran 27 M <sup>3</sup> de Hormigón	80.000,00	2'160.000,00

Sub-Total F - S/. 2'160.000,00

## RESUMEN ECONOMICO

A.- Materiales Directos	S/. 37'285.413,00
B.- Materiales Indirectos	1'258.000,00
C.- Mano de Obra	2'386.250,00
D.- Uso de Equipos y Herramientas	5'467.500,00
E.- Transporte	350.000,00
F.- Obra civil	<u>2'160.000,00</u>
COSTO NETO: S/ .48'907.163,00	

Dirección Técnica (5%)	S/. 2'445.358,00
Imprevistos (5%)	2'445.358,00
Gastos Administrativos(3%)	1'467.215,00
Utilidad (12%)	<u>5'868.860,00</u>
	S/ .61'133.954,00

COSTO TOTAL: S/ .61'133.954,00

BIBLIOTECA



Comparación económica del método de Elevación Uniforme con el Método Convencional:

Para poder efectuar una comparación entre los costos de diseño, fabricación y montaje de un tanque de 20.580 bbl., - por el método de elevación uniforme y por el método convencional se asumirá lo siguiente:

- Los costos de los materiales directos, materiales indirectos, mano de obra, transporte y obra civil, serán iguales para ambos casos.
- Se producirá una variante solo en el rubro de uso de equipos y herramientas porque el método convencional efectúa el montaje utilizando grúas.

A continuación se detallan los costos del rubro de uso de equipos y herramientas para el método convencional y finalmente se observa un detalle comparativo de los costos para los dos métodos.

## USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (METODO CONVENCIONAL)

CANTIDAD	DENOMINACION	DIAS DE TRABAJO	COSTO DIARIO	COSTO TOTAL S/.
1	Grua de 20 Ton.	(35)	160.000,00	5'600.000,00
1	Roladora	(25)	50.000,00	1'250.000,00
2	Soldadoras (S.M.A.W)	(25)	7.000,00	350.000,00
3	Motosoldadoras (G.M.A.W.)	(50)	10.000,00	1'500.000,00
2	Equipos de Corte	(25)	3.500,00	175.000,00
1	Equipo de arenamiento	(15)	35.000,00	525.000,00
1	Equipo de Pintura	(20)	3.000,00	60.000,00
1	Biselado R	(25)	2.000,00	50.000,00
4	Amoladoras	(75)	1.000,00	300.000,00
1	Taldaro Radial	(25)	2.000,00	50.000,00
1	Cepillo Eléctrico de Cerdas metalicas	(10)	1.500,00	1.500,00
2	Juegos de Andamios	(70)	3.000,00	420.000,00
1	Herramientaje de Taller	(30)	8.000,00	240.000,00
1	Herramientaje de campo	(50)	12.500,00	625.000,00
1	Caseta para el Campamento	(80)	2.500,00	<u>200.000,00</u>
SUB-TOTAL USO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				S/.11'360.000,00



### Ventajas y desventajas:

Como todos los métodos de montaje de tanques de almacenamiento el método de elevación uniforme tiene ventajas y desventajas. O sea que ninguno de los métodos existentes es perfecto pero se puede decir que el método de elevación uniforme sería el más adecuado para nuestro país, debido al factor como la reducción de los costos de uso de equipos y herramientas, utilización de una técnica operativa sencilla pero confiable y porque sería efectuado en su totalidad por personal nacional.

### Ventajas:

1. Todos los trabajos de soldadura, posicionamiento de planchas, preparación de las juntas de soldadura, limpieza y las pruebas radiográficas son efectuadas a nivel del suelo con lo cual se logra un mejor acabado, ahorro de tiempo de ejecución y seguridad de la integridad física del personal debido a que no se efectúan trabajos en altura (sobre andamios).
2. Utilizando este método se obtienen soldaduras de un excelente acabado y calidad debido a que las holguras de las juntas de soldadura pueden ser finamente calibradas y además porque no existe la presión de efec-

tuar los cordones de soldadura lo más rápido posible ya que en este método no se alquilan grúas.

3. Este método permite ir instalando en forma definitiva los accesorios del tanque a medida que se lo va construyendo con lo que se pueden disminuir los tiempos de ejecución del montaje del tanque en el sitio, lo cual produciría un ahorro en los costos de mano de obra.
4. El procedimiento de pintura incluyendo el acabado puede ser efectuado después de las pruebas radiográficas evitando de esta manera el uso posterior de andamios, para la aplicación de las pinturas.
5. Debido a que no se requiere la utilización de grúas para este procedimiento es posible construir tanques de almacenamiento en lugares que tienen un espacio físico reducido siendo necesaria solamente el área para el fondo del tanque.
6. El sistema de elevación utilizado en el método de elevación uniforme está formado por unidades independientes elevadas que pueden ser manipuladas por dos personas, con lo cual se facilita su transportación cuando -

se efectúa el montaje del tanque en zonas rurales o de difícil acceso.

7. Por su versatilidad el método de elevación uniforme puede ser utilizado para trabajos de reparación o de ampliación en tanques de almacenamiento.
8. Finalmente del análisis económico efectuado se observa que el método de elevación uniforme presenta un ahorro considerable en el rubro de uso de equipos y herramientas del orden del 50 %. Lo cual repercute en el costo total de la obra con un ahorro del orden del 12 % de esta manera se demuestra que el método de elevación uniforme resulta más económico que el método convencional haciéndolo más competitivo.

#### Desventajas:

1. El personal depende del número de elevadores que tenga el sistema de elevación ya que cada elevador deberá ser operado por una persona, o sea que aunque el personal requerido sea menor se deberá mantener el número de personas, igual al número de elevadores del sistema de elevación.
2. Se tendrá que adiestrar al personal sobre la técnica

operativa del método de elevación uniforme haciéndose énfasis en el hecho de que la elevación deberá ser - realizada lo más uniforme posible.

3. En este método se podría decir que una desventaja se ría que se requiere de un mayor esfuerzo físico de - parte del personal ya que la manipulación, posicionamiento de planchas, operación de los elevadores, etc. demanda un gasto de energía, por este motivo se su giere seleccionar personal joven y con buena salud.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber efectuado un análisis del método de elevación uniforme comparado al método convencional para realizar el montaje de tanques de Almacenamiento se pueden dar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El método de elevación uniforme para el montaje de tanques de almacenamiento puede ser considerado como una alternativa adecuada debida a la versatilidad del método, facilidad de operación, ahorro económico y porque los trabajos efectuados cumplen con todos los requerimientos técnicos y de acabado exigidos por las normas internacionales.
2. Permite a los profesionales o empresas pequeñas dedicadas a la construcción metalmecánica pesada efectuar los trabajos de construcción y montaje de tanques de almacenamiento los cuales han venido siendo construidos por grandes empresas nacionales o extranjeras.
3. Utilizando el método de elevación uniforme para el montaje de tanques de almacenamiento se ha logrado dar una mayor facilidad a los trabajadores para efectuar los trabajos de posicionamiento de planchas, soldadura,

limpieza y preparación de juntas, pintura, etc, ya - que todos los trabajos se los realiza a nivel del suelo evitándose de esta manera los riesgos de trabajo - que se producen al efectuar las faenas anteriormente señaladas en altura (sobre andamios).

4. Utilizando el método de elevación uniforme para el - montaje de tanques de almacenamiento se han logrado - disminuir los tiempos de operación en el montaje los cuales serían: posicionamiento de planchas, preparación de juntas, pintura, etc., esto permite disminuir el tiempo total del montaje produciendo un ahorro significativo.
5. La versatilidad de este método permite construir tanques de almacenamiento de pequeña, mediana y gran capacidad. Esto debido a que la capacidad del sistema de elevación depende del número de elevadores seleccionado y para todos los casos se mantendrá siempre la misma técnica operativa.
6. Se recomienda para el buen funcionamiento del sistema de elevación que todas las partes sean revisadas y engrasadas antes de entrar en funcionamiento, para evitar fallas del equipo durante el proceso de elevación.
7. Como trabajo futuro se recomienda efectuar un estudio

para utilizar un sistema hidráulico o eléctrico para el sistema de elevación uniforme con lo cual se podría disminuir los costos de mano de obra.



BIBLIOTECA

## A P E N D I C E "A"

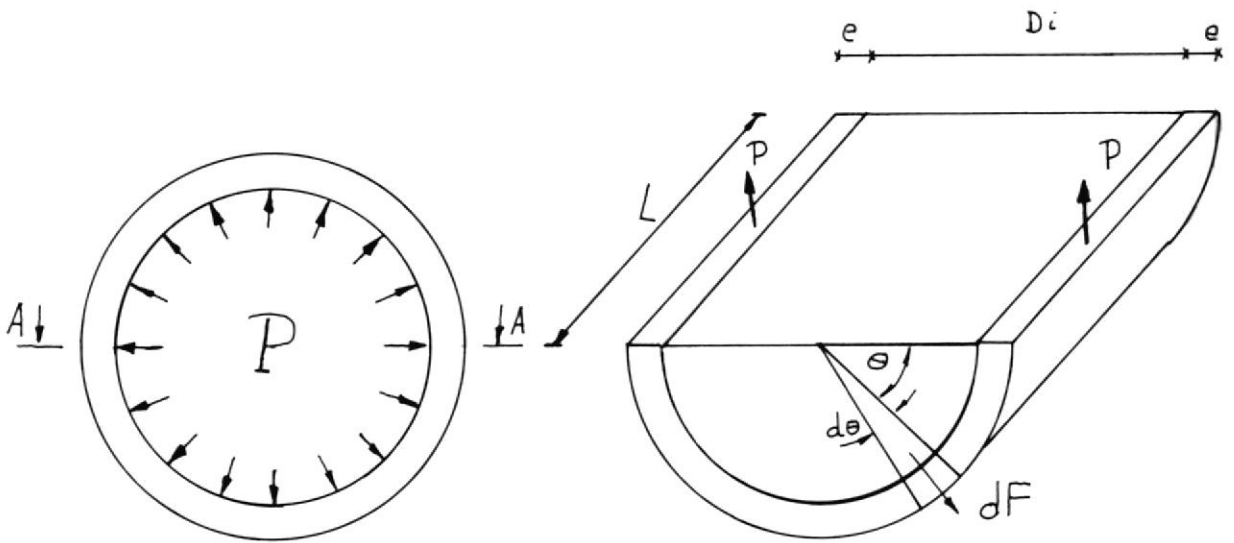
## - CALCULO DE ESPESOR DE PARED DEL CILINDRO

Para el cálculo del espesor de pared del cilindro se realizará el análisis de esfuerzos para cilindros de pared delgada, para lo cual se hacen las siguientes suposiciones:

- . El material es continuo (elástico y no plástico).
- . No hay tensiones térmicas
- . Solo hay esfuerzos de tracción (cordones verticales) y esfuerzos de compresión (cordones horizontales).
- . Se consideran cilindros de pared delgada a los que el espesor de pared es menor o igual que 1/10 de su radio interior.

Un depósito cilíndrico que contenga un fluido a una presión  $P$  ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ), está sometido a fuerzas de tracción según sus secciones longitudinales y transversales y las paredes han de resistir estas fuerzas para evitar que reviente. Consideremos primeramente una sección longitudinal cualquiera A-A, que corte diametralmente al cilindro,

a continuación se muestran dos gráficos, el primero corresponde una vista del cilindro, el segundo representa el diagrama del sólido aislado de una de las mitades del cilindro.



Donde:

$$dF = PdA$$

$$dF = P \cdot L \cdot D/2 \cdot d\theta \quad \text{componente en } X = 0.$$

$$F = \int_0^{\pi} (PL \cdot D/2 \cdot d\theta) \text{ Sen}\theta$$

$$F = \frac{PLD}{2} (-\text{Cos}/0^{\pi})$$

$$F = PDL \tag{A.1}$$

Ahora la tensión en la sección longitudinal que soporta

la fuerza "F", resulta de la relación entre la fuerza F y el área de las dos (2) secciones de corte.

Así tenemos:

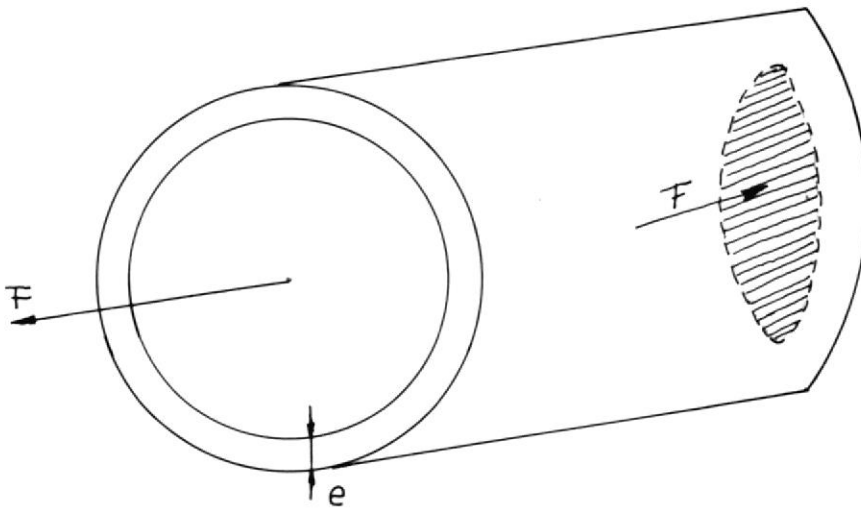
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (A.2)$$

como:

$$F = PDL \quad \text{y} \quad A = 2eL$$

$$\sigma_t = \frac{PDL}{2eL}$$

$$A.- \quad \sigma_t = \frac{PD}{2e} \quad \text{tensión circunferencial} \quad (A.3)$$



$$F = \sigma_L A.$$

$$F = \sigma_L \cdot \pi D \times e \quad (\text{A.4})$$

$$P = \frac{F}{A} \quad F = P \cdot A.$$

$$F = P \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{A.5})$$

igualando la ecuación (A.4) y la ecuación (A.5):

$$\sigma_L = \frac{PD}{4e} \quad \text{tensión longitudinal} \quad (\text{A.6})$$

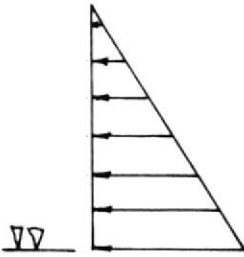
Ahora comparando (A.3) con (A.6), se observa que la tensión longitudinal es la mitad de la tensión circunferencial, así se puede afirmar que si la presión en un depósito cilíndrico se eleva hasta alcanzar un valor de rotura, la falla del material tendría lugar a lo largo de una sección longitudinal o junta longitudinal (cordón de soldadura vertical).

Por lo tanto la presión interna admisible dependerá de la resistencia de las juntas longitudinales.

Partiendo de la ecuación de la tensión longitudinal para calcular el espesor de pared del cilindro, se obtiene lo siguiente:

$$\sigma_L = \frac{PD}{4e} \quad e = \frac{PD}{4\sigma_L}$$

En donde la presión viene dada en función de la altura y del líquido almacenado, para este caso se asume que el líquido almacenado es agua.



$$P = \rho gh \quad (A.7)$$

para el agua  $\rho g = G$

$$P = GH \quad (A.8)$$

$\rho$  : densidad

$g$  : gravedad

$H$  : altura del tanque

$G$  : gravedad específica.

Reemplazando tendríamos:

$$e = \frac{H \times D \times G}{4 \sqrt{2}} \quad (A.9)$$

Esta sería la ecuación que se utilizaría para efecto de cálculo del espesor de pared de recipientes cilíndricos.

## APENDICE B

- Memoria de cálculo de la estructura soportante del techo:

Para efecto de este trabajo se ha seleccionado un modelo de estructura soportante formada por 16 cerchas las cuales tienen una luz de 10.668 mm.

A continuación se muestran los cálculos realizados para comprobar la efectividad de la estructura además se detalla el programa corrido para la comprobación de la estructura, en el gráfico N° 48 , se observa una cercha con todos sus miembros identificados y las respectivas cargas a las que estarán sometidos.

### B.1. Carga a soportar:

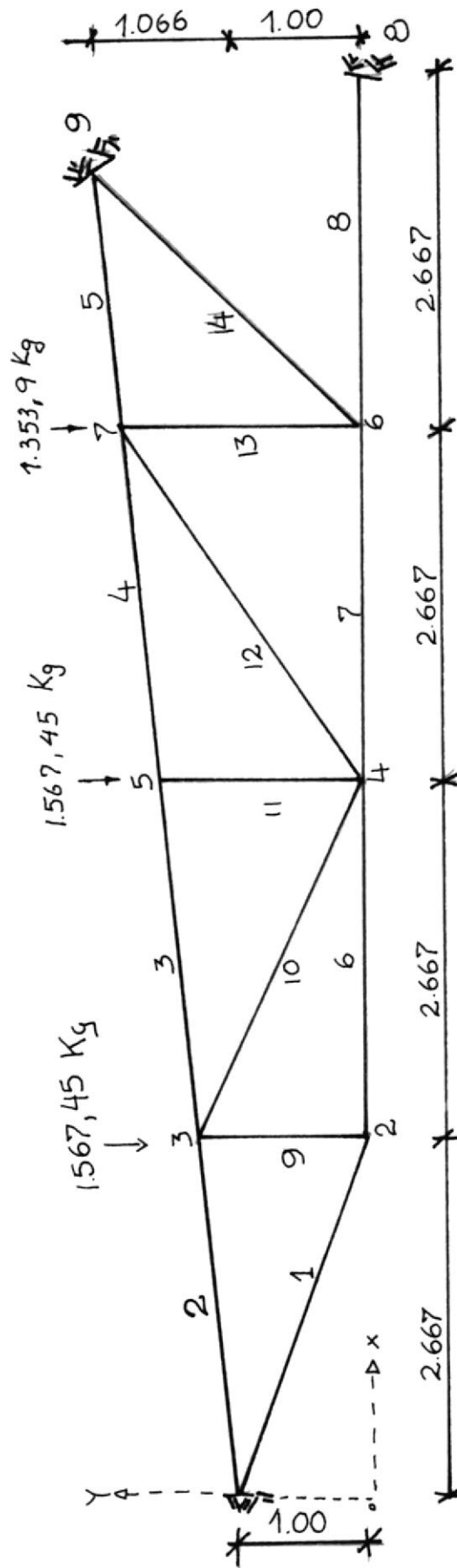
$$\text{Carga total} = \text{carga viva} + \text{carga muerta} \quad (\text{B.1})$$

$$\text{Carga viva} = (122,17 \text{ Kg/m}^2) \quad (\text{Ref. 1})$$

$$\begin{aligned} \text{Carga muerta} &= \text{peso de la plancha del techo} = \\ &(37,43 \text{ Kg/m}^2). \end{aligned}$$

GRAFICO N. 48

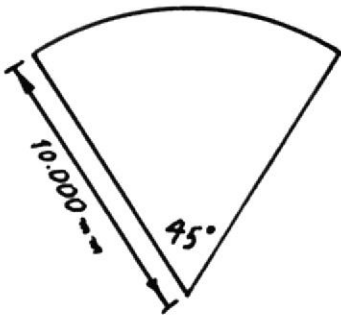
análisis estructural de una cercha



$$\text{Carga total} = (122,17 + 3743)$$

$$\text{Carga total} = 159.6 \text{ Kg/m}^2$$

Area que soportará cada cercha:



$$\varnothing_M = 10.72$$

$$\varnothing_M = 0.72$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\left. \begin{array}{l} \varnothing_M = 10.72 \\ \varnothing_M = 0.72 \end{array} \right\} \varnothing_p = 10.000 \text{ mm.}$$

$$A_{\text{total}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \cdot (21.336)^2}{4}$$

$$A_{\text{total}} = 314.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de la porción} = 39.27 \text{ m}^2$$

Carga por metro:

$$w = \frac{159.6 \times 39.27}{10.72} \quad w = 584.8 \text{ Kg/mt.}$$

Carga en los puntos:

#3 y #5      c.p.=1.567.4 Kg.

#7            c.p.=1.353.9 Kg.

Carga por peso propio de la estructura:

$$\text{Area total} = 9.99 \times 0.0023 + 24.5 \times 0.00108 = 0.044 \text{ M}^3$$

$$\frac{W}{m} = \frac{0.0494 \times 7.85 \times 1.000}{10.72} = \frac{388.08 \text{ Kg.}}{10.72} = 36.2 \text{ Kg/m.}$$

Carga puntual:

# 3 y #5      = 97.02 Kg.

# 7            = 83.81 Kg.

Carga total:

Punto # 3 - 1.664.5 Kg.

Punto # 5 - 1.664.5 Kg.

Punto # 7 - 1.437.8 Kg.

## B.2. COORDENADAS

Nudo	X	Y
1	0	1
2	2.667	0



3	2.667	1.2815
4	5.334	0
5	5.334	1.563
6	8.001	0
7	8.001	1.844
8	10.668	0
9	10.668	2.066

### B.3. APOYOS O SOPORTES

Nº	Rig. A.	Rig. B	Angulo
8	99999990000	99999990000	0
9	99999990000	99999990000	0
1	99999990000	99999990000	0

### B.4. PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

$$\sigma_y \text{ (acero)} = 2.400 \text{ Kg/cm}^2$$

Sección	Area	Modulo	Radio de giro
 50x50x6	10.8 cm <sup>2</sup>	2.1 x 10 <sup>10</sup>	1.5
 100x75x7	23 cm <sup>2</sup>	2.1 x 10 <sup>10</sup>	2.3

## B.5. COMPROBACION

Utilizando los valores anteriormente señalados se procederá a la comprobación de la estructura utilizando un programa de computadoras para análisis - de cerchas de dos dimensiones.

Análisis bidimensional de cerchas planas TRUSS:

Programación: DOHERTY y WILSON Sept./67.

Adaptación a Basic: Ing. Walter Mera Jul/79.

- Fuerzas en kilogramos
- Longitudes y secciones en metros
- Esfuerzos en  $\text{Kg/cm}^2$ .

Análisis de una cercha metálica:

Número de nudos	: 9
número de apoyos	: 3
número de secciones	: 2
número de miembros	: 14
número de casos de carga	: 1

### B.5.1. Coordenadas de Los Nudos

Nudo	X	Y
1	0	1
2	2.667	0
3	2.667	1.2815
4	5.334	0
5	5.334	1.563
6	8.001	0
7	8.001	1.844
8	10.668	0
9	10.100	2.066

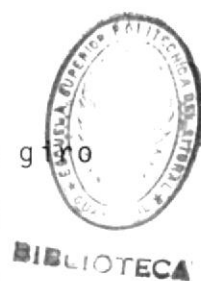
### B.5.2. Apoyos o soportes

Nudo	Rigidez A	Rigidez B	Angulo
8	99999990000	99999990000	0
9	99999990000	99999990000	0
1	99999990000	99999990000	0

### B.5.3. Propiedades de las secciones

$$f_y(\text{acero}) = 2.400$$

Sección	Area	Modulo	Radio giro
1	0.00108	2.1E10	0.015
2	0.0023	2.1E10	0.023



#### B.5.4. Datos de los miembros

Miembro	Nudo I	Nudo J	Sección	Longitud
1	1	2	1	2.8483
2	1	3	2	2.6818
3	3	5	2	2.6818
4	5	7	2	2.6818
5	7	9	2	2.1106
6	2	4	1	2.667
7	4	6	1	2.667
8	6	8	1	2.667
9	2	3	1	1.2815
10	3	4	1	2.9589
11	4	5	1	1.563
12	4	7	1	3.2427
13	6	7	1	1.8445
14	6	9	1	2.9452

#### B.5.5. Caso de carga

Nudos cargados = 3

Nudo	Carga en X	Carga en Y
3	0	-1.664,47
5	0	-1.664,47
7	0	-1.437.78

#### B.5.6. Desplazamiento de los nudos

Nudo	Desplazamiento X	Desplazamiento Y
1	0.0000000304	-0.0000000154
2	-0.0002917406	-0.0022590330
3	0.0002002577	-0.0023358000
4	0.0001625454	-0.0022912240
5	0.0001820164	-0.0024059310
6	0.0002603892	-0.0010558840
7	0.0000396224	-0.0012997280
8	0.0000000221	0.0000000000
9	-0.0000000525	-0.0000000323

#### B.5.7. Fuerzas en los miembros

Miembro	Fuerza	Esfuerzo	Fa. Admisible
1	4.125,85	382,02	1.440
2	-829.65	-36.07	-761.16
3	-459.14	-19.96	-761.16

4	-459,14	-19,96	-761,16
5	2.218,39	96,45	1.440
6	3.863,22	357,70	1.440
7	832,05	77,04	1.440
8	-2.214,14	-207,01	-342,06
9	-1.448,53	-134,12	-1.008,9
10	-408,79	-37,85	-277,9
11	-1.669,47	-154,11	-865,35
12	3.237,46	299,76	1.440,0
13	-2.998,9	-277,62	- 704,61
14	4.274,24	395,76	1.440,00

#### B.5.8. Reacciones en los apoyos

Nudo	Reacc.eje A	Reacc. - eje B
8	-2.214,145	0,000
9	5.252,295	3.231,111
1	-3.038,150	1.535,612

Nota:

El signo (-) menos , significa que el desplazamiento o el esfuerzo es a compresión, el signo (+) más, es tracción.

De los valores obtenidos de la comprobación de la estructura se observa que los esfuerzos a que estará sometido cada uno de los miembros no sobrepasará el 60 % del esfuerzo admisible del acero ( $2.400 \text{ Kg/cm}^2$ )., por lo tanto se puede concluir que el modelo seleccionado si soportará la carga del techo del tanque.

Es recomendable que el diseño de la estructura soportante del techo para tanques de almacenamiento sea realizado por especialistas en Cálculo estructural para obtener el punto de equilibrio entre la capacidad de carga de la estructura utilizando la menor cantidad de material para que su costo sea el menor posible.

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

1. API Standard 650, American Petroleum Institute, -  
USA, 1982.
2. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII  
USA, 1968.
3. Caldería Técnica Nº 2, Larburu Arrizabalaga, Madrid-  
España, 1979.
4. Control Of Mechanical Properties of C-Mn Steel Wel-  
ment, Alberto Torres V, The Ohio State University ,  
USA, 1977.
5. Corrosao e Protecao contra Corrosao de Metais IPT,  
Sao Paulo-Brasil, 1983.
6. Corrosion, Fontane and Greene
7. Design of Welded Structures, the James F. Lincoln -  
Arc. Welding Foundation, Cleveland - Ohio, USA, -  
1976.

8. Diseño de un Sistema de Almacenamiento para Aceites y Grasas no Minerales, J. Boloña, ESPOL-1985.
9. Ingeniería de Producción del Petróleo, Lester CH, - Uren, CECOSA, México, 1965.
10. Manual de Soldadura ESAB; ESAB, Goteburgo-Suecia - 1983.
11. Manual de Ingeniería Mecánica de Marks, Baurmeister y Marks, Uteha-México, 1960.
12. Manual de Recubrimientos para la Construcción y Mantenimiento Industrial, Glidden Coatings & Resins, - USA, 1986.
13. Manual de Fórmulas Técnicas, Kurt Cieck, Representaciones y Servicios, México, 1981.
14. Materiales Specifications, part A- Terrous, Section II ASME, USA, 1968.
15. Materials and Processes in Manufacturing, Paul Degarmo, USA, 1959.
16. Process Equipment Design, Brownell & Young, USA, 1959

17. Pictorial Surface Preparation Standars For Printing Steel Suefaces, S.S. P.C.- USA, 1982.
18. Resistencia de Materiales, F.Singer, USA, 1962.
19. Singer Electrohydraulic System Design Manual, Singer USA, 1978.
20. Soldadura Eléctrica y Sistemas Tig y Mag; José María Rivas A., Paraninfo, Madrid-España, 1983.
21. Soldadura y Coste de Metales, DL. Glimarento, Moscú, 1962.
22. Técnicas de Inspección en Materiales y Procesos para la Construcción de Recipientes de Almacenamiento de Productos Limpios de Petróleo, Benjamín Aspiazu P, ESPOL, 1985.
23. The Procedure hand book of ARC-Welding, Décima Segunda Edición, USA, 1973. AWS.
24. Tratado de Soldadura, J.F. Lancaster, Tecnos, Madrid-España, 1972.
25. Welding Hand-book, Volumen one, Seventh Edition, A.W. S. 1976.