



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

**"DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACION DE UN
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINA
DEL TIPO TECHO FLOTANTE"**

PROYECTO DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Jorge Fantoni Velasco

Guayaquil - Ecuador

1.989

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Alberto Torres V.
por su ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo :

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

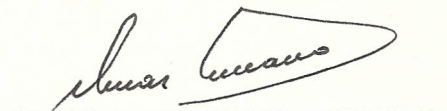
A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS AMIGOS



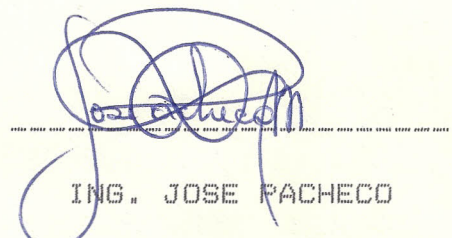
ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO



ING. OMAR SERRANO
DIRECTOR DE TOPICO



ING. JORGE PENA E.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. JOSE PACHECO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este proyecto de grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ".

(Reglamento de Tópico de Graduación)



.....

JORGE FANTONI VELASCO

RESUMEN

Las construcciones metálicas soldadas son de rápida fabricación y mantenimiento, para el caso de tanques de almacenamiento la selección adecuada de los materiales y procesos de fabricación garantizarán una vida útil del sistema, siempre y cuando se realice un adecuado mantenimiento. Las dimensiones del tanque serán determinadas de acuerdo a las necesidades y para nuestro estudio se seleccionara para una capacidad de 20.000 barriles, con este parámetro se lo dimensionará utilizando las ecuaciones ya establecidas por los códigos y normas para la construcción de este tipo de estructuras y que garantizan un diseño adecuado.

Para la fabricación se utilizará equipos y mecanismos que puedan ser operados por personal con experiencia. Las actividades a desarrollarse para la fabricación y conformado de las partes tendrán que ser realizadas en tiempos establecidos y dando un margen adicional para condiciones que esten fuera del alcance de la programación, siempre y cuando se encuentren dentro de un limite aceptable.

El costo de la obra se lo determinará en base a los precios actuales del mercado local, por lo que para trabajos posteriores se deberá actualizarse.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE GRAFICOS	X
INDICE DE TABLAS	XI
NOMENCLATURA	XII
INTRODUCCION	1
 I. CAPITULO	 2
FUNDAMENTO TEORICO	2
1.1 Necesidad de la fabricación de tanques de almacenamiento	2
1.2 Clasificación de los tanques de almacenamiento de derivados del petróleo	5
1.3 Estudio de los tanques de tipo techo flotante	7
1.4 Materiales recomendados para la construcción de este tipo de tanques	11
1.5 Soldabilidad del acero ordinario .	15
1.6 Esfuerzo en las uniones soldadas .	17
1.7 Normas, Códigos y Regulaciones aplicables	22

II.	CAPITULO	23
	DISEÑO	23
	2.1 Definición del problema	23
	2.2 Modelo del tanque a construir	24
	2.3 Selección de materiales, proceso de soldadura y electrodos recomendables	26
	2.3.1 Selección de materiales del tanque	26
	2.3.2 Selección del proceso de soldadura	28
	2.3.3 Selección de electrodos y gas protector	29
	2.4 Cálculo estructural de partes del tanque y los esfuerzos en las uniones soldadas	32
	2.4.1 Diseño del fondo	32
	2.4.2 Diseño del cilindro	35
	2.4.3 Diseño del techo	39
	2.4.4 Diseño de las columnas de soporte del techo	43
	2.4.5 Diseño del mecanismo de centrado y sello hermético ..	48
	2.4.6 Diseño del anillo rigidizante	49
	2.4.7 Diseño de los accesorios	50
	2.5 Planos y Especificaciones técnicas del diseño	51

III.	CAPITULO	80
	PROCESO DE FABRICACION	80
	3.1 Planificación del trabajo	80
	3.2 Preparación y conformado de partes.	85
	3.3 Ensamblaje de partes	94
	3.4 Pruebas destructivas y no destruc- tivas en el montaje	100
	3.4.1 Inspección inicial	100
	3.4.2 Inspección y pruebas durante el montaje	101
	3.5 Inspección y pruebas finales	102
IV.	CAPITULO	103
	ANALISIS ECONOMICO	103
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFIA	115

INDICE DE GRAFICOS

No.		Pag.
1	Clase de techo flotante	9
2	Clases de sello hermético	10
3	Relación entre las diferentes velocidades de corrosión	34
4	Relación entre espesor de planchas voltaje y amperaje	77
5	Determinación del area de la sección transversal del cordón de soldadura	78
6	Cronograma de fabricación	84
7	Cronograma de montaje	96
8	Distribución de las planchas de fondo ...	97
9	Distribución de las planchas del cilindro	98
10	Distribución de las planchas del techo ..	99

INDICE DE TABLAS

No.		Pag.
1	Capacidad de almacenamiento	4
2	Materiales recomendados	13
3	Propiedades de los materiales	14
4	Propiedades químicas y mecánicas del Acero ASTM-A-283 Gr C	27
5	Valores típicos de corriente de los electrodos E-6010 y E-7018	31
6	Capacidad de almacenamiento en función del diámetro y altura	37
7	Espesores del cilindro	38
8	Peso de las partes que conforman el techo	42
9	Valores obtenidos para los soportes	47

NOMENCLATURA

A	Area transversal de cilindro
AISC	American Institute of Steel Construcccion
Amp	Amperios
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
A_{t_m}	Area transversal del soporte
B	Junta a Tope
B_m	Fuerza de empuje
C	Junta de Esquina
C_c	Relación de esbeltez
D	Diámetro nominal del tanque
D_m	Diámetro nominal del soporte
d_p	Diámetro del pasador
d_i	Diámetro interior del soporte
E	Modulo de elasticidad
E_m	Eficiencia de la soldadura
E_{j1}	Eficiencia del electrodo SMAW
E_{j2}	Eficiencia del electrodo GMAW
e	Espesor de pared del cilindro
e_m	Espesor de pared del soporte
F	Fuerza
F_1	Posición Plana
F_{cm}	Fuerza en el cordón de soldadura
F_{co}	Fuerza sobre los soportes

F_p	Fuerza en el pasador
F_{pe}	Fuerza permisible actuante
F_{pt}	Fuerza permisible teórica
FS	Factor de seguridad
f_c	Factor de corrosión
G	Gravedad específica
GF	Proceso Gas Inerte o Flux Cored
GMAW	Proceso Gas Inerte
g	Fuerza de la gravedad
H	Altura nominal del tanque
H_1	Posición Horizontal
h	Nivel de línea de flotación
h_p	Altura de plancha
hr	Horas
h_{cm}	Dimensión del cordón de soldadura
Kg	Kilogramos
L	Espesor limitado, penetración completa
L_e	Longitud equivalente
L_p	Longitud de plancha
L_m	Longitud del soporte
mt	Metros
m^3	Metros cúbicos
min	Minutos
mm	Milímetros
N_p	Número de anillos
OH	Posición sobre cabeza
P	Presión

P_1	Penetración parcial
pgd	Pulgadas
R	Radio del techo
r	Radio de giro
r_c	Radio del cordón de soldadura
seg	Segundos
SMAW	Proceso Electrodo Revestido
S_{y1}	Esfuerzo de fluencia del material del soporte
S_{y2}	Esfuerzo de fluencia del material del pasador
T	Junta T
T_e	Temperatura
t	Espesor nominal de plancha
t_c	Espesor total de plancha del cilindro
t_f	Espesor total de plancha de fondo
t_{f1}	Espesor de plancha de fondo
t_t	Espesor total de plancha de techo
T_{t1}	Espesor de plancha del techo
U	Espesor ilimitado, penetración completa
V	Voltios
V_p	Fuerza cortante en el pasador
V_c	Velocidad de corrosión
V_{cs}	Fuerza cortante en el cordón de soldadura
V_m	Vida del sistema
V_1	Posición vertical
W_t	Peso total del techo
W_1	Peso de la cubierta superior
W_2	Peso de la cubierta inferior

W_3	Peso del anillo exterior
W_4	Peso del anillo inferior
W_5	Peso de divisiones interiores
W_{ac}	Peso de los accesorios
W_{sp}	Peso de los soportes
W_{es}	Peso de la escalera interna
W_{se}	Peso del sello
W_p	Peso de personas
W_c	Peso del perfil C
W_a	Peso adicional

SIMBOLOGIA

ρ	Densidad
σ	Esfuerzo
σ_p	Esfuerzo permisible en el acero
σ_l	Esfuerzo longitudinal
σ_{ps}	Esfuerzo permisible en el sioporte
σ_{pe}	Esfuerzo permisible en la soldadura
σ_c	Esfuerzo circunferencial
σ_w	Esfuerzo de trabajo
π	Pi (3,141516)
γ_1	Peso especifico del fluido

INTRODUCCION

La Industria Petrolera Ecuatoriana ha estimado la necesidad de construcción de futuros terminales de almacenamiento de combustible en diferentes puntos del país debido al incremento de población e industrias de las zonas, que en la actualidad se ven limitadas en el desarrollo por las distancias que existen con respecto a los puntos de almacenamiento y distribución.

El desarrollo del país hace que la capacidad de almacenamiento este disminuyendo periodicamente, lo cual implica que el consumo de los combustibles sea rápido y exista una constante utilización de la infraestructura ya sean estos equipos, transporte, etc., para la movilización de los combustibles, repercutiendo en los costos de operación los que inciden directamente en el precio que paga el usuario. Adicionalmente se suma las perdidas por evaporación provocada por el constante movimiento a que están sometidos estos productos, que son mas altos en porcentaje a los que se obtienen por almacenamiento.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TEORICOS

1.1. NECESIDAD DE LA FABRICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINA

El objetivo de este trabajo sera de proveer en nuestro medio un procedimiento de diseño y proceso de fabricación de un tanque de almacenamiento de combustible volátil como es la gasolina de 80 y 92 octanos, tomando en consideración que el país ya cuenta con una tecnología e infraestructura que garantizaría una buena ejecución de un proyecto, pudiendo competir con compañías extranjeras las cuales para la realización de estas implican una inversión alta que podría ser menor al ser ejecutadas por empresas nacionales.

La mayor capacidad de almacenamiento de derivados del petróleo se encuentra en la parte sur del país, para lo cual se cuenta con depósitos cuya capacidad mostramos en la tabla No. 1 (pag. 4)

De estos el único que presenta condiciones para almacenamiento es el Terminal Pascuales, del cual se envía combustibles a los otros terminales para su distribución. El promedio de despacho en gasolina de 80 Octanos desde este terminal es de 500.000 galones por día lo que nos da una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 15 días de abastecimiento y en gasolina de 92 Octanos el despacho es de 70.000 galones diarios lo que da 25 de abastecimiento, considerando que no se reabastezca el terminal.

Por lo anteriormente indicado la Corporación Estatal Petrolera ha planificado antes de 1990 la construcción de tanques y aumentar la capacidad operativa del Terminal Pascuales con un incremento de 200.000 barriles.

TABLA No I

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

TERMINAL	GASOLINA 80 OCT.	GASOLINA 92 OCT.
	CAPACIDAD BARRILES	CAPACIDAD BARRILES
PASCUALES	179.738	41.642
MANTA	35.784	12.474
CUENCA	22.239	6.930
LOJA	4.000	*
	241.261	61.046

1.2. CLASES DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DERIVADOS DEL PETROLEO

Los depósitos de almacenamiento de combustible se pueden clasificar de acuerdo al servicio que van a realizar, la temperatura y presión de operación, materiales de construcción o por la geometría del depósito.

Según esto tenemos dos tipos básicos:

a.- Tanques abiertos

b.- Tanques cerrados

La naturaleza del petróleo y sus derivados dan la necesidad del uso de tanques cerrados y tienen a su vez una clasificación de acuerdo al servicio.

c.- Tanques atmosféricos

d.- Tanques de presión

Los tanques atmosféricos son cilíndricos verticales con fondo plano y tienen variaciones de la forma de sustentación del techo, por lo que existen de techo fijo y de techo flotante.

Dentro del grupo de techo fijo existen algunos diseños, los más comunes son los de techo cónico y además son los más económicos, han sido diseñados para operar a presiones de vapor que no sean mayor

que la presión atmosférica, los cuales están provistos con respiraderos que permitan la expansión y contracción del fluido, debido a los cambios de temperatura y volumen. Tanques de hasta 7 metros de diámetro pueden ser cubiertos con techo autosoportados, hasta 14 metros de diámetro requieren de por lo menos una columna central para la sustentación del techo y mayores de 14 metros son diseñados con columnas múltiples de soporte del techo.

Los tanques tipo paraguas y techo esférico son variaciones del techo cónico, de similares aplicaciones pero con la diferencia que se los construye para que el techo sea autosoportado. Si aumenta el tamaño necesitan de una columna central.

1.3. ESTUDIO DE LOS TANQUES DE TIPO TECHO FLOTANTE

Los productos petrolíferos en almacenamiento sufren pérdidas por evaporación, esto se da por el proceso natural mediante el cual un líquido volátil se convierte en vapor, esto se debe a las condiciones atmosféricas presentes en el medio. Los cambios de temperatura tienden a causar evaporación en el espacio de libre del tanque.

El diseño de este tipo de tanque solamente difiere a los otros tipos por el sistema del techo, que opera sobre el nivel al que se encuentra el fluido, su uso es fundamentalmente para gasolina.

Básicamente los tanques de techo flotante no tienen espacio de vapor por lo tanto las pérdidas se reducen al mínimo. Son recomendados para su uso cuando la frecuencia de movimiento del producto es elevada, sin embargo no son aconsejados para tanques que tienen un diámetro inferior a 6 metros, en razón de que su costo relativo es demasiado elevado en tamaños reducidos para que sean económicamente aceptables.

El techo por su forma es soportado por columnas de aproximadamente 2.40 metros de altura con respecto al fondo que servirá para asentar el techo cuando el nivel es bajo y no pueda flotar. La forma del techo varía y se lo puede observar en el gráfico No. 1

(pag. 9), el de más uso es el de doble cubierta por presentar mayor estabilidad de flotación.

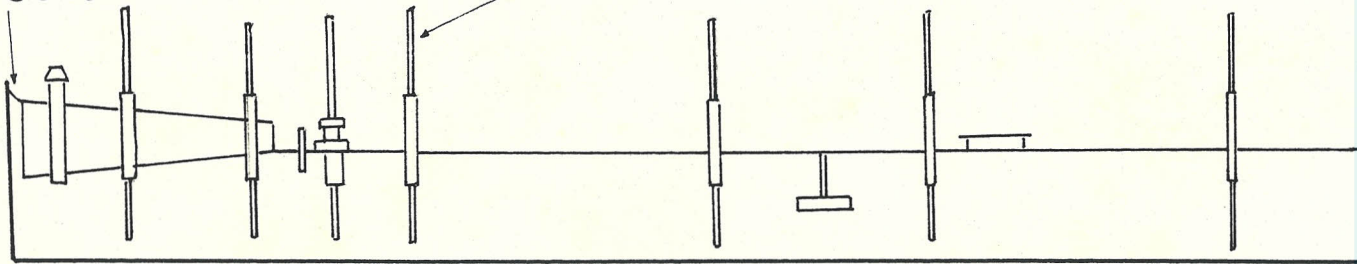
La distancia que existe entre la pared del cilindro y el techo estará provista de un dispositivo para sellar este espacio abierto a la atmósfera, este dispositivo se lo diseña de acuerdo a los requerimientos y existen varios tipos como se lo indica en el gráfico No. 2 (pag. 10)

GRAFICO N°1

Tipos de Techo Flotante

Sello

Soporte de Techo

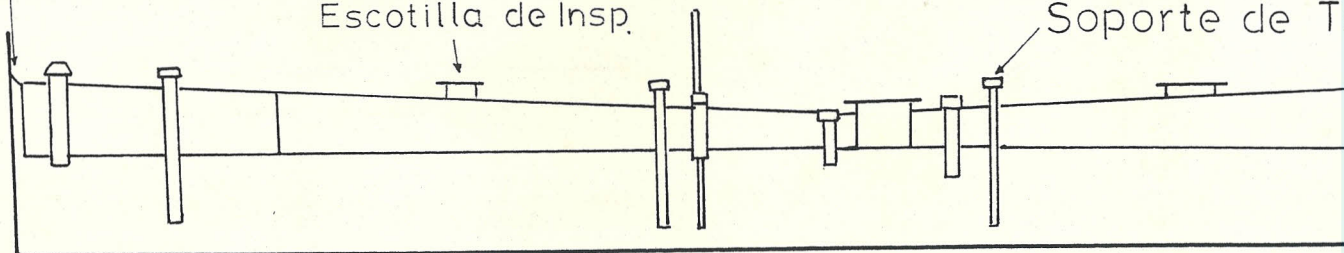


Tipo Pontones

Sello

Escotilla de Insp.

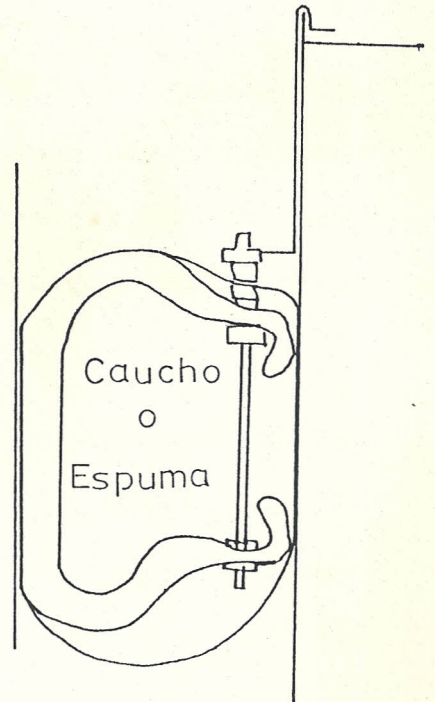
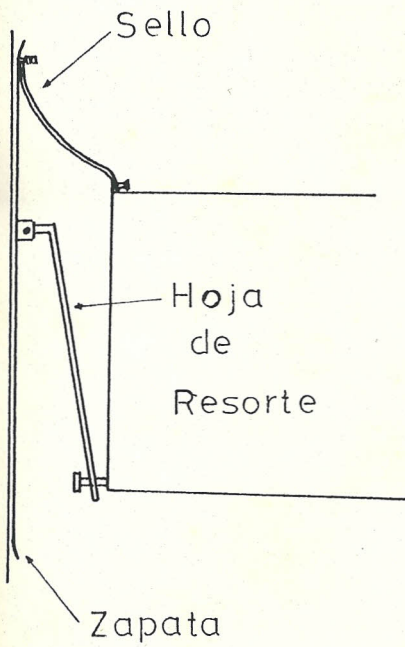
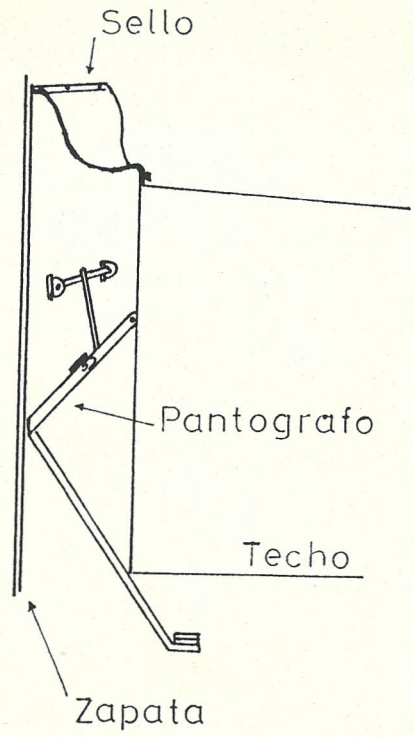
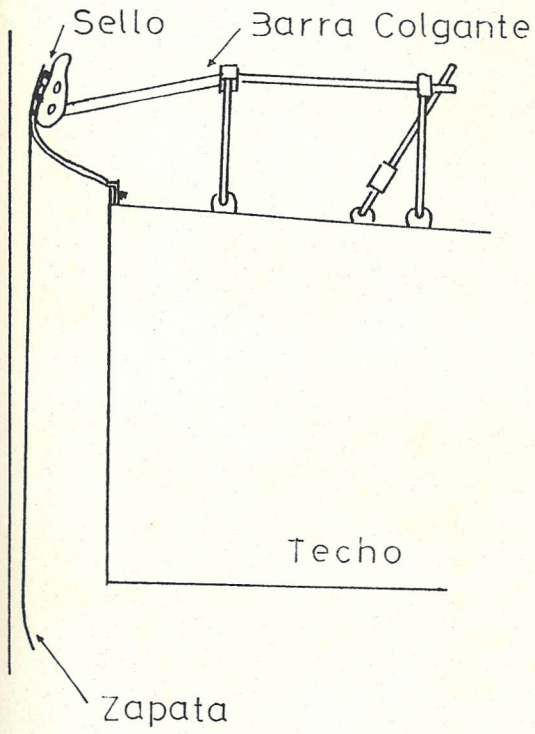
Soporte de T



Doble Cubierta

GRAFICO N.º 2

Tipos de Sello Hermético



1.4. MATERIALES RECOMENDABLES PARA LA CONSTRUCCION DE ESTE TIPO DE TANQUE

En la selección de los materiales para el diseño del tanque se deberán considerar aspectos inherentes al proyecto, como son datos técnicos respecto al liquido a almacenar, medio ambiente donde será localizado el tanque.

Dentro de los parámetros del diseño se utilizará la presión y temperatura de operación, corrosividad del liquido que van a incidir en las propiedades mecánicas y químicas del material. De igual forma se toma en consideración la soldabilidad y maquinabilidad de los materiales para obtener una eficiente unión soldada.

Otro de los factores importantes en la selección de los materiales pero que no se relaciona directamente con los parámetros del diseño es el costo del material y la disponibilidad en nuestro medio para poder cumplir con las normas y especificaciones.

Despues de haber relacionado estos factores se podrá determinar con criterio técnico el tipo de material a usarse para de esta forma obtener un diseño óptimo que garantizará el buen funcionamiento y alargue la vida útil del tanque.

El código API-650 recomienda para la construcción de tanques de almacenamiento de combustibles algunas clases de materiales descritos en la tabla No. 2 (pag. 13).

Para los aceros dados en la tabla No. 2 se han determinado los esfuerzos de fluencia, resistencia máxima a la tensión y esfuerzos permisibles que se describen en la tabla No. 3 (pag. 14).

Para la selección de materiales de tuberías, acoples y accesorios el código API-650 recomienda:

API Standard 5L Grados A y B

API Standard 5LX Grados X42

API A-106 Grados A y B

ASTM A-105

Para los perfiles estructurales se recomienda:

ASTM A-36 Acero Estructural

ASTM A-135 Acero para Buques

TABLA No II

MATERIALES RECOMENDADOS

- A-283 Planchas, perfiles y barras de acero al carbono con baja e intermedia resistencia a la tensión. Grado "C" máximo espesor (25,4 mm)
- A-131 Acero estructural para buques
Grado "A" espesor máximo (12 mm)
Grado "B" espesor máximo (25 mm)
Grado "C" espesor máximo (37 mm)
Grado "CS" espesor máximo (37 mm)
Grado "EH" espesor máximo (45 mm)
- A-36 Acero estructural
espesor máximo (37 mm)
- A-573 Planchas de acero estructural al carbono de mayor dureza. Grados 58, 65, y 70 espesor máximo (37 mm)
- A-663 Acero normalizado de alta resistencia y baja aleación, Grados "C" y "D" espesor máximo (45 mm)
- A-678 Planchas de acero al carbono templado para uso estructural.
Grados "A" espesor máximo (38 mm)
Grados "B" espesor máximo (45 mm)

TABLA No III

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

ESPECI- FICACION	GRADO	ESFUERZO DE FLUEN- CIA MIN. Kg/cm ²	RESISTENCIA ULTIMA A LA TENSION Kg/cm ²	ESFUERZO PERMISI- BLE Kg/cm ²
A-283	C	2.110	3.867	1.406
A-131	A,B,C	2.390	4.078	1.533
A-36		2.531	4.078	1.533
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

1.5. SOLDABILIDAD DEL ACERO ORDINARIO

El elemento aleante del hierro de mayor importancia es el carbono, de acuerdo con las proporciones de este se clasifican en:

Aceros de bajo carbono	0.08 a 0.3 % de carbono
Aceros de medio carbono	0.35 a 0.55 % de carbono
Aceros de alto carbono	0.60 a 1.50 % de carbono
Fundición de acero	más de 2 % de carbono

Un aumento en el contenido de carbono en el acero, tiene una influencia muy marcada en las propiedades del acero. En aceros con contenido de carbono de 0.30 % son fácilmente unidos por todos los procesos de soldadura al arco eléctrico.

Aceros con contenido de carbono de 0.13 % son fácilmente soldados pero cuando las velocidades de soldadura son altas presentan dificultades como porosidad, mala penetración. Los aceros con un contenido de 0.15 % a 0.25 % de carbono tienen soldabilidad excelente, estos aceros pueden ser usados para altas velocidades de deposición, en ensambles de estructuras que requieren bastantes uniones soldadas. Para los aceros con 0.25 a 0.30 % de carbono que tienen buena soldabilidad presentan inconvenientes cuando uno o varios de los elementos están en los límites permisibles provocando roturas, particularmente en las soldaduras a filete.

Debido a esta propiedad las aplicaciones se dan para la construcción de tanques, estructuras, bases de maquinaria, etc. En nuestro medio debido a la variación de la temperatura entre 10 a 34 grados centígrados no se producen restricciones en la soldabilidad de los aceros ordinarios.

1.6. ESFUERZO EN LAS UNIONES SOLDADAS

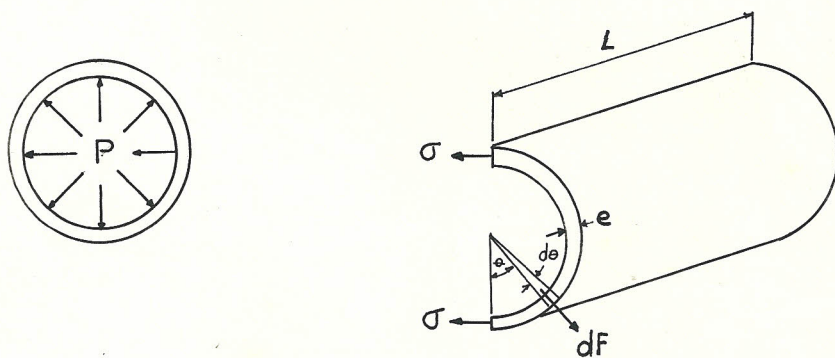
En la mayoría de las uniones soldadas se utiliza diseños de juntas, dentro de las mas utilizadas estan las de tipo Te, Tope, Traslape, Esquina, las que deben disponer de un espacio para que penetre la soldadura y la unión sea eficiente.

Debido a que la soldadura genera calor y es transmitida al material, cerca de la zona del cordón se presentan esfuerzos residuales los que en algunos casos no se los considera y en otros con ligero tratamiento térmico se los puede eliminar.

Para determinar el espesor de pared del cilindro se realiza el análisis de esfuerzos para cilindros de pared delgada, por lo que se deben hacer suposiciones:

- El material es continuo
- No existen tensiones térmicas
- Solo existen esfuerzos de tensión (cordones verticales) y esfuerzos de compresión (cordones horizontales)
- Se considera cilindros de pared delgada a los que el espesor de pared es menor o igual a $1/10$ de su radio interior

Un recipiente cilindrico que contenga un fluido a una presión P se encuentra sometido a fuerzas de tracción y las paredes han de resistir estos esfuerzos para evitar que falle. En el gráfico que se muestra a continuación se indica la dirección de la fuerza por unidad de area ejercida por la presión.



$$dF = P \times dA$$

$$dF = P \times L \times D/2 \times d\theta$$

$$F = \int_0^{\pi} (P \times L \times D/2) \times \sin \theta$$

$$F = P \times L \times D/2 \times (-\cos \theta) \Big|_0^{\pi}$$

$$F = P \times L \times D$$

1.1

El esfuerzo en la sección longitudinal es la relación entre la fuerza F y el area de las dos secciones transversales.

$$\sigma = \frac{F}{A_1}$$

1.2

$$A_1 = 2 \times e \times L$$

1.3

Remplazando 1.1 y 1.3 en 1.2 tenemos que:

$$\sigma_t = \frac{P \times D \times L}{2 \times e \times L}$$

$$\sigma_t = \frac{P \times D}{2 \times e} \quad \text{Esfuerzo Circunferencial} \quad 1.4$$

$$F = \sigma_1 \times A_2$$

$$F = \sigma_1 \times \pi \times D \times e \quad 1.5$$

$$F = P \times A_2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad 1.6$$

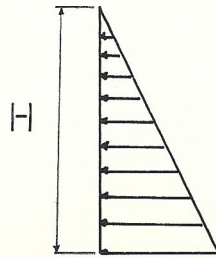
$$F = P \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad 1.7$$

Iguando las ecuaciones 1.5 y 1.7

$$\sigma_1 = \frac{P \times D}{4 \times e} \quad \text{Esfuerzo Longitudinal} \quad 1.8$$

De esto se determina que el esfuerzo longitudinal es la mitad del esfuerzo circunferencial, esto indica que en un recipiente cilindrico vertical la presión ejercida por la columna del liquido sobre las paredes podrían producir falla a lo largo de una sección longitudinal o junta longitudinal que correspondería a un cordón de soldadura vertical. Por lo que la presión interna permisible dependera de la resistencia en las juntas longitudinales.

Como la presión varía con la altura del fluido entonces tenemos que :



$$P = \rho \times g \times H \quad 1.9$$

$$G = \rho \times g$$

$$P = G \times H \quad 1.10$$

$$\sigma_1 = \frac{G \times H \times D}{4 \times e}$$

Donde :

$$e = \frac{H \times D \times G}{4 \times \sigma} \quad 1.11$$

La ecuación 1.11 se utiliza para el cálculo del espesor de pared de recipientes cilindricos.

Para el diseño de recipientes de almacenamiento se utiliza la expresión siguiente dada en el código API-650, en el cual se consideran ciertos factores que han sido determinados en base a la experiencia de muchos años.

$$t = \frac{2.6 \times D \times (H - 1) \times G}{E_s \times \sigma_p} + f_c \quad 1.12$$

t = espesor nominal en pulg.

D = Diámetro nominal en pies

H = Altura nominal en pies

G = Gravedad especifica

σ_p = Esfuerzo permisible lb/pulg²

E_s = Eficiencia de la soldadura

f_c = Factor de corrosión

1.7. NORMAS, CODIGOS Y REGULACIONES APLICABLES

El diseño y fabricación del tanque deberá ser regido por las normas y códigos que regulan este tipo de estructuras.

- Para el diseño y montaje de tanques de almacenamiento se utiliza el código API-650
- Para los requerimientos de soldadura se utiliza las normas dadas en la AWS
- Para el control de los materiales se utiliza el código ASME sección 5
- Para el diseño de estructuras metálicas el código AISC
- Para las normas de seguridad las requeridas por la NFPA

CAPITULO 2

DISEÑO

2.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

El requerimiento de tanques de almacenamiento se hace mas necesario en nuestros días, teniendose en consideración la actual futuras proyecciones. Este tipo de tanques disminuyen las perdidas por el uso del sello hermético.

El techo y los accesorios deberan ser diseñados y contruidos para permitir el desplazamiento en condiciones normales de operación y evitar daños en la estructura. La capacidad del tanque se basa en los requerimientos, para lo cual se dimensiona su diámetro, altura para cumplir con las especificaciones del diseño, el cual se encuentra normalizado en el código API-650.

2.2. MODELO DEL TANQUE A CONSTRUIR

El tanque a construirse va a tener una capacidad de 20.000 barriles y el producto a almacenarse es gasolina de 80 octanos. Se podría considerar a estos datos como parámetros primarios con los cuales seleccionaremos el modelo apropiado.

Los parámetros usados para el diseño del tanque son :

- a. Presión de diseño
- b. Temperatura de operación
- c. Propiedades del fluido
- d. Forma del tanque
- e. Factor de corrosión
- f. Cargas adicionales
- g. Vida del tanque

a. Presión de diseño:

El tanque es de tipo atmosférico por lo que la presión de operación es igual a la atmosférica

b. Temperatura de operación:

La temperatura del tanque será la que mayor grado presente el medio ambiente donde se encuentre localizado, y que no conste de dispositivos de calentamiento.

c. Propiedades del fluido:

El fluido es gasolina cuyas propiedades son

Densidad relativa	0.74
Punto de inflamación	expontaneo
Presión de vapor	0.7 kg/cm ²
Viscosidad	0.0667 cst

d. Forma del tanque:

Su forma es cilindrico vertical con techo flotante, y consta de un anillo rigidizante en su parte superior para evitar deformaciones en su estructura.

e. Factor de corrosión:

El tanque va ha tener dos medios corrosivos, el uno más severo que estará en contacto con el fondo y primer anillo del tanque, y el otro con el fluido que se va a almacenar.

f. Cargas adicionales:

Se consideraran como cargas adicionales sobre el techo flotante la estructura de la escalera, accesorios, personas y cargas de viento.

g. Vida del tanque:

Este parámetro estara relacionado con el factor de corrosión pero se debe estimar par la construcción de una estructura un tiempo de vida útil por razones de operación.

2.3. SELECCION DE MATERIALES Y PROCESOS DE SOLDADURA

2.3.1 Seleccción de materiales del tanque

Para la selección de materiales del tanque se tomará como guía la presentada en la tabla No.2 (pag. 13) que corresponde a la indicada en el código API-650 en el acapite 1.3.1 el cual recomienda al acero ASTM-A283 GRADO C que hemos seleccionado para la construcción del cual se indican sus propiedades en la tabla No.4 (pag. 27)

Para los perfiles estructurales se utilizará el ASTM A-36.

Esfuerzo de Fluencia	2536 Kg/cm ²
Esfuerzo de Tracción	4086 Kg/cm ²
Elongación en pgd	20 %

Para las tuberías y accesorios se utilizará el ASTM A-53 Grado A sin costura.

Esfuerzo de Tracción	3382 Kg/cm ²
Factor de eficiencia de la junta Longitudinal	1 %

TABLA No IV

PROPIEDADES QUIMICAS Y MECANICAS

ACERO ASTM A-283 GRADO "C"

Propiedades Químicas	%C	%S	%P	%Cu
	< 0,20	<0,05	<0,0 6	<0,20
Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo de tracción		3.867 - 4.570 Kg/cm ²		
Esfuerzo de fluencia		2.110 Kg/cm ²		
Elongación en 8 pgd				23 %
Elongación en 2 pgd				27 %

2.3.2 Selección del proceso de soldadura

Para la selección del proceso de soldadura se deberá tomar en consideración como factor principal la soldabilidad del material y la acción sobre las propiedades mecánicas de este. Los cambios en la resistencia mecánica y tenacidad sobre todo en la zona afectada por el calor, son de especial interés para poder seleccionar el proceso.

Otro factor determinante será la limitación del equipo en el trabajo a realizarse. De esta forma de la amplia gama de procesos se recomienda los siguientes:

Proceso de Electrodo Revestido (SMAW)

Proceso Alambre Gas Protector (GMAW)

Proceso Flux-Cored Arc Welding

Proceso de Arco Sumergido

Para nuestro trabajo seleccionaremos el de Electrodo Revestido y Alambre-Gas Protector, por ser los más económicos y versátiles.

2.3.3 Selección de Electrodo y Gas Protector

La selección de Electrodo Revestido para el proceso SMAW y alambre gas para el proceso GMAW se realizará en base a las características que puedan producir uniones soldadas con una excelente resistencia mecánica y tenacidad capaz de obtenerse propiedades iguales o mejores que las del metal base.

La especificación para Electrodo Revestidos en soldaduras al arco de Acero Dulce (AWS A5.1-69) recomienda la serie E-60XX y la serie E-70XX.

Para nuestro trabajo se seleccionara el electrodo E-6010 por su penetración profunda que resulta por el arco tipo vaciado y una escoria ligera, por lo que se utilizara para soldaduras de raíz con CD polaridad inversa.

El electrodo E-7018 se lo utilizara para el acabado por ser un electrodo de bajo hidrogeno con altos porcentajes de polvo de hierro incluidos en el recubrimiento. Su trabajo se caracteriza por un arco silencioso y suave, muy poca salpicadura, baja penetración, altas velocidades de deposición y se lo puede usar con corriente alterna o corriente continua polaridad invertida.

En la tabla No.5 (pag. 31) se muestran las variaciones típicas de corriente para estos electrodos.

Para seleccionar el electrodo en el proceso GMAW la AWS (A.5-18-69), se recomienda utilizar el electrodo E-70S-6 y el gas protector CO_2 , esta combinación da una buena aportación para la unión soldada ya que el electrodo tiene características como desoxidante y el gas debe tener una alta pureza con un contenido de 99.7% de CO_2 como mínimo, sin mantener humedad.

Las especificaciones del electrodo que seleccionaremos son:

Clasificación	E-70S-6
Gas protector	CO_2
Corriente y Polaridad	DC Polaridad Invertida
Esfuerzo de Tracción	5062 Kg/cm ²
Elongación en 2 pgd	22 %

TABLA No. V

VALORES TÍPICOS DE CORRIENTE DE LOS ELECTRODOS
E-6010 Y E-7018

DIAMETRO pgd	E-6010 amp.	E-7018 amp.
1/16	*	*
5/64	*	*
3/32	40 a 80	70 a 100
1/8	75 a 125	115 a 165
5/32	110 a 170	150 a 220
3/16	140 a 215	200 a 275
7/32	170 a 250	260 a 340
1/4	210 a 320	315 a 400
5/16	275 a 425	375 a 470

2.4. CALCULO ESTRUCTURAL DE LAS PARTES DEL TANQUE

Con los datos obtenidos para el modelo se procederá a dimensionar las diferentes partes del tanque.

2.4.1 Diseño del Fondo

El código API-650 (3.6.1.1) determina que el espesor nominal de plancha de el fondo del tanque no puede ser menor de 6,35 mm cuando el diámetro nominal del tanque esta entre 15 y 36 metros.

$$t_{r1} = 6,35 \text{ mm}$$

$$t_r = t_{r1} + f_c \quad 2.1$$

El factor de corrosión se lo determinará por la características corrosivas del fluido a almacenar, el suelo donde esta ubicado el tanque y el decantamiento de agua en el fluido, de estas consideraciones se utilizará como medio altamente corrosivo al agua cuya velocidad de corrosión es de 25 mdd. y para cambiar a mpy se utiliza el gráfico No.3 (pag. 34)

$$f_c = V_c \times V_m$$

$$V_m = 25 \text{ años}$$

$$V_c = 25 \text{ mdd} = 5 \text{ mpy}$$

$$f_e = 5 \times 10^{-3} \text{ pgd/año} \times 25 \text{ años}$$

$$f_e = 0,125 \text{ pgd}$$

$$f_e = 3,175 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación 2.1

$$t_r = (6,35 + 3,175) \text{ mm}$$

$$t_r = 9,5 \text{ mm}$$

Se utilizara plancha de acero al carbono ASTM A-283 Gr "C" de tamaño comercial 6,096 x 1,828 metros. Para la junta se seleccionara la unión a tope con pletina de respaldo especificada en el código API-650 (3.1.5.3). La inclinación del fondo para un drenaje óptimo será de 0,01 metros de elevación por cada metro de avance. En la unión del fondo con el primer anillo del cilindro se deberá dejar una distancia de 50 mm como se indica en el detalle del plano lo cual incrementa el diámetro del fondo.

GRAFICO No. 3

Relación entre las diferentes velocidades de corrosión

mpy	ipy	ipm	mdd
100,0	0,10	0,009	
		0,008	
80,0	0,08	0,007	1.000
70,0	0,07	0,006	800
60,0	0,06	0,005	600
50,0	0,05	0,004	500
40,0	0,04		400
		0,003	
30,0	0,03	0,0025	300
		0,0020	
			200
20,0	0,02		
10,0	0,010	0,0015	
		0,0010	100
10,0			80
8,0	0,008	0,0008	60
7,0	0,007	0,0007	50
6,0	0,006	0,0006	40
5,0	0,005	0,0005	30
4,0	0,004	0,0004	20
3,0	0,003		
		0,0003	
2,0	0,002		
		0,0002	
			10
			8
1,0	0,0010	0,00010	6
0,8	0,0008	0,00008	5
0,7	0,0007	0,00007	4
0,6	0,0006	0,00006	3
0,5	0,0005	0,00005	2
0,4	0,0004	0,00004	
		0,00003	
0,3	0,0003		
			1,0
0,2	0,0002	0,00002	0,8
			0,6
			0,5
0,1		0,000010	0,4
	0,00001	0,000008	

2.4.2 Diseño del Cilindro

El cuerpo del tanque será de forma cilíndrica vertical con las dimensiones obtenidas para un tanque de 20.000 barriles, de la tabla No. 6 (pag. 37) especificada en el código API-650 determinaremos el diámetro y altura del tanque que corresponde a la capacidad de almacenamiento necesitada.

Para el cálculo del espesor de plancha se utiliza el método de variación de altura ecuación 1.12

$$t_c = \frac{2,6 \times D \times (H - 1) \times G}{E_m \times \sigma_p} + f_c$$

$$\sigma_p = 21.000 \text{ lb/pgd}^2$$

$$E_m = 0,85$$

$$H = 9,15 \text{ mt}$$

$$G = 0.74$$

$$L_p = 6,1 \text{ mt}$$

$$h_p = 1,83 \text{ mt}$$

La cantidad de anillos se lo obtiene en función de la altura del tanque (H) y la altura de la plancha (h_p).

$$N_p = \frac{H}{h_p} \quad 2.2$$

$$N_p = 5 \text{ añillos}$$

Para el cálculo del primer añillo se determinará que este presenta iguales condiciones que el fondo por lo que se usará el mismo factor de corrosión ($f_c = 3,175 \text{ mm}$)

En los añillos 2-3-4-5 la velocidad de corrosión es de 10 mdd por lo que del gráfico No. 3 (pag. 34)

$$V_c = 2,5 \text{ mpy}$$

$$V_m = 25 \text{ años}$$

$$f_c = V_c \times V_m$$

$$f_c = 2,5 \times 10^{-3} \text{ pgd/año} \times 25 \text{ años}$$

$$f_c = 0,0624 \text{ pgd}$$

$$f_c = 1,587 \text{ mm}$$

De los datos obtenidos de espesor de plancha y factor de corrosión para cada anillo se resume en la tabla No.7 (pag. 38) los valores de espesor de plancha.

TABLA No. VI

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO EN FUNCION DEL
DIAMETRO Y ALTURA

DIAMETRO DEL TANQUE (metros)	ALTURA (metros)					
	3,66	5,48	7,32	9,14	10,97	12,80
NUMERO DE ANILLOS						
	2 7054	3 10362	4 14109	5 17967	6 21145	7
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
7,620	1.050	1.570	2.100	2.620	3.150	3.670
9,144	1.510	2.270	3.020	3.780	4.530	5.290
10,668	2.060	3.080	4.110	5.140	6.170	7.200
12,192	2.690	4.030	5.370	6.710	8.060	9.400
13,716	3.400	5.100	6.800	8.500	10.200	11.900
15,240	4.200	6.300	8.400	10.500	12.600	14.700
16,768	6.040	9.060	12.100	15.110	18.130	21.150
18,336	8.230	12.340	16.450	20.580	24.700	28.800
19,384	10.740	16.120	21.500	26.880	32.260	37.600
20,432	13.600	20.400	27.220	34.030	40.820	40.510
21,480	16.800	25.200	33.600	42.000	48.400	*
22,576	24.190	36.290	48.380	58.480	*	*

TABLA No. VII

ESPESORES DE CILINDRO

ANILLO No.	ESPESOR Ec. 1.12 (mm)	ESPESOR CODIGO (mm)	ESPESOR NOMINAL (mm)	FACTOR CORROS. (mm)	ESPESOR CILINDRO (mm)	ESPESOR COMERC. (mm)
1	7,50	7,62	7,62	3,175	10,795	11
2	5,95	6,35	6,35	1,587	7,937	8
3	4,40	6,35	6,35	1,587	7,937	8
4	2,84	6,35	6,35	1,587	7,737	8
5	1,30	6,35	6,35	1,587	7,937	8

2.4.3 Diseño del Techo

En el diseño del techo se utilizará planchas de acero al carbono ASTM A-283 Gr "C", y se tendrán las siguientes consideraciones.

- Todas las partes conductivas del techo flotante deberán estar conectadas electricamente a la estructura del tanque (H.4.2)
- Los cálculos de diseño estarán basados en la densidad de 0,7 a menos que se especifique otra por parte del solicitante (H.4.2)
- El nivel mínimo de operación del techo será especificado por el solicitante (H.4.7.2)
- Los soportes deben resistir la estructura del techo y el asentamiento en el fondo deberá hacerse sobre refuerzos que permitan soportar las cargas vivas más la carga muerta del techo. Estos soportes deberán estar perforados en el fondo para proveer de drenaje (H.4.7.4)
- El espesor de plancha mínimo deberá ser de 4 mm con carga permanente de $37,4 \text{ kg/m}^2$ (C.3.3.2)

- El techo deberá proveer una flotación para soportar como mínimo 2 veces su carga muerta (H.5.22)

- Para evitar rotación del techo se colocará una columna tipo tubo de acero sin costura, sujeta al fondo con cartelas para poder resistir cargas laterales

La forma es circular dotada de compartimentos para mejorar su flotabilidad, teniendo una separación de 0,25 metros con respecto a la pared del cilindro en donde se ubicará el sistema de centrado y sello hermético. Los soportes del techo estarán distribuidos en la periferia y detallados en el plano.

Las condiciones de flotabilidad se determinan de la siguiente forma:

$$B_e = 2 \times W_t \quad 2.4$$

$$B_e = \gamma_1 \times \pi \times R \times h \quad 2.5$$

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_{ac} + W_{ap} \\ + W_{ee} + W_{se} + W_p + W_c + W_a \quad 2.6$$

En la tabla No. 8 (pag. 42) se da el peso de cada una de las partes y el peso total del techo.

De la ecuación 2.4 y 2.6

$$B_w = 2 \times 33.907 \text{ Kg}$$

$$B_w = 67.814 \text{ Kg}$$

De la ecuación 2.5

$$h = \frac{B_w}{\gamma_1 \times \pi \times R}$$

$$h = 0,19 \text{ m}$$

Donde $h < 0,84 \text{ mt}$ que es la altura del techo

El espesor de plancha del techo es:

$$t_t = t_{t1} + f_c$$

$$t_t = 4 + 1$$

$$t_t = 5 \text{ mm}$$

TABLA No VIII

PESO DE LAS PARTES QUE CONFORMAN EL TECHO

W	A mt ²	t _t x10 ⁻³ mt	V mt ³	γ _{ACERO} Kg/m ³	W Kg
1	341,10	5,00	1,62	7.850	12.717
2	341,10	5,00	1,62	"	12.717
3	54,99	5,00	0,26	"	2.041
4	25,50	5,00	0,12	"	942
5	29,55	5,00	0,15	"	1.160
ac					513
sp					217
es					861
se					1.379
p					500
c					360
a					500

$$W_t = 33.907 \text{ Kg}$$

2.4.4 Diseño de las columnas del soporte del techo

Los techos flotantes son diseñados para trabajar a un nivel mínimo, es decir todo el peso del techo descansa sobre columnas. La altura de las columnas será especificada en los planos, se van a utilizar 8 columnas para soportar el peso total del techo.

La AISC recomienda para una razón L_e/r menor que C_c (relación de esbeltez) el uso de la fórmula parabólica para el diseño de columnas. Se seleccionará un tubo de acero al carbono ASTM-A-53 cédula 40 sin costura.

$$L_e = 2.400 \text{ mm}$$

$$D_o = 88,9 \text{ mm}$$

$$d_i = 76,9 \text{ mm}$$

$$e_s = 6 \text{ mm}$$

$$r = 0,0003 \text{ mt}$$

$$S_{y1} = 2.459 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{co} = 4.029,85 \text{ Kg}$$

$$L_e = L/2$$

2.7

$$C_c = \left(\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_{y1}} \right)^{1/2} \quad 2.8$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3 \times L_e/r}{8 \times C_c} + \frac{(L_e/r)^3}{8 \times C_c^3} \quad 2.9$$

$$\sigma_{ps} = \frac{(1 - (L_e/r)^2/(2 \times C_c^2)) \times S_{y1}}{FS} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad 2.10$$

$$F_{pt} = \sigma_p \times A_{ts} \text{ (Kg)} \quad 2.11$$

$$A_{ts} = 15,62 \text{ cm}^2$$

$$\text{Para } T_e < 323 \text{ }^\circ\text{C} \quad \sigma_p = 850 \text{ Kg/cm}^2$$

Para las dimensiones dadas se obtiene los valores indicados en la tabla No. 9 (pag. 47)

De esta manera la fuerza que actua sobre cada soporte es menor a la fuerza permitida y obtenemos un margen de seguridad confiable.

Para la selección del pasador de la columna utilizaremos un acero con las características siguientes:

Acero UNS G - 10100

$$S_{y2} = 3.093 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = 2$$

$$\sigma_w = S_{y2}/n = \frac{v_p}{\pi \times (d_p)^2/4} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad 2.12$$

$$V_p = F_p = 4.029,85 \text{ (Kg)}$$

$$d_p = \left(\frac{4 \times V_p}{\pi \times \sigma_w} \right)^{1/2} \text{ (mm)} \quad 2.13$$

$$d_p = 18,68 \text{ mm}$$

Seleccionaremos el diámetro del pasador de 20mm

Determinación de la dimensión del cordón de soldadura para el sistema de soporte del techo:

El esfuerzo en la soldadura de filete se considera como de corte en la garganta de la soldadura por lo que la AWS D-1.1.72 Código de Estructuras Soldadas limita entre 16.500 a 30.000 Lb/pgd² los esfuerzos permisibles en las soldaduras de este tipo.

$$\sigma_{pc} = 16.500 \text{ Lb/pgd}^2 = 807,3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$r_c = 50,8 \text{ mm}$$

$$F_{cs} = 4.029,85 \text{ Kg}$$

Para el cálculo de la garganta utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\sigma_{pc} = \frac{V_{cs}}{1,414 \times \pi \times r_c \times h_{cs}} \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad 2.14$$

$$V_{cs} = F_{cs} / 2$$

$$h_{cs} = \frac{2.119,5 \text{ Kg}}{1,414 \times \pi \times 5,08 \text{ cm} \times 807,3 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$h_{cs} = 0,116 \text{ cm} = 1,16 \text{ mm}$$

TABLA N^o IX

VALORES OBTENIDOS PARA LOS SOPORTES

Le/r	C _c	FS	σ_{ps} Kg/cm ²	F _{pt} Kg	F _{pe} Kg
40	130	1,78	1.316	20.561	12.214

2.4.5 Diseño del mecanismo de Centrado y sello Hermético

El mecanismo de centrado que se ha seleccionado es el de tipo zapata dimensionado de tal forma que mantendrá centrado el techo y permitirá el libre desplazamiento. La fuerza ejercida por la zapata sobre la pared del cilindro deberá ser mínima para que no se produzca entrabamiento y se ocasione algún daño en el mecanismo. La zapata a usarse será de plancha galvanizada ASTM B-69 de 1,6 mm de espesor y dimensiones 1,60 x 1,00 metros, y sujeta con un anillo de fijación construido con perfil formado de ángulo de 50 x 50 x 5 mm y pletina de 50 x 5 mm y estará conectado al techo con esparragos. El sello hermético se lo hará con una banda de caucho (NEOPRENO), que se sujetará al extremo superior de la zapata y el borde superior del techo flotante.

2.4.6 Diseño del Añillo Rigidizante

El anillo rigidizante forma parte del cilindro y se lo utilizará para evitar pandeo de las planchas, contrarestar cargas laterales y mantener la redondez del cilindro.

Se encontrará localizado en el extremo superior del cilindro, para un diámetro mayor a 18 metros se recomienda usar perfil tipo angulo ASTM A-36 de dimensiones 75 x 75 x 9,5 mm.

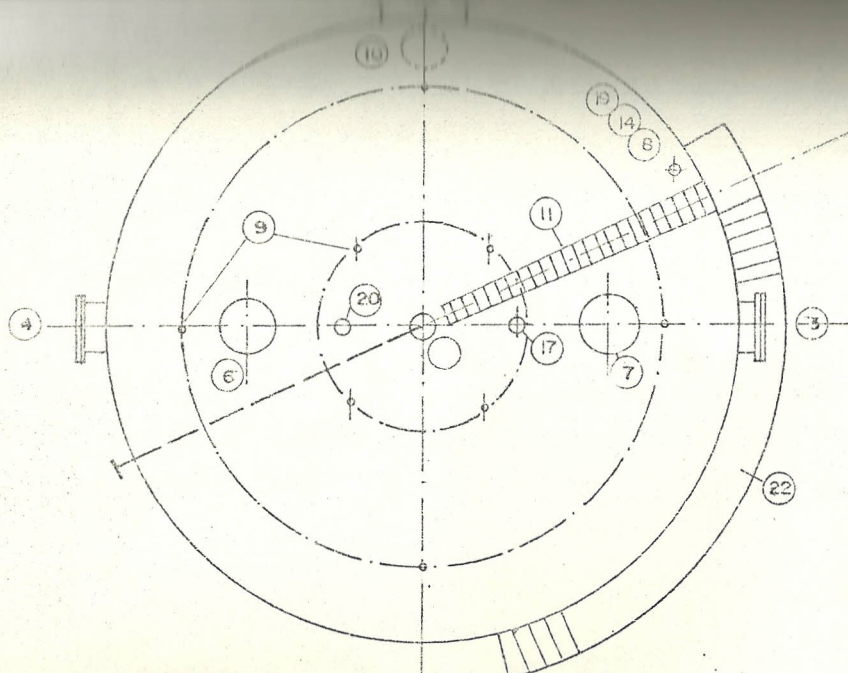
2.4.7 Diseño de Accesorios

Los accesorios del tanque se deberán diseñar utilizando las recomendaciones del Código API-650 (3.7.1), todos los accesorios deberán tener placa de refuerzo.

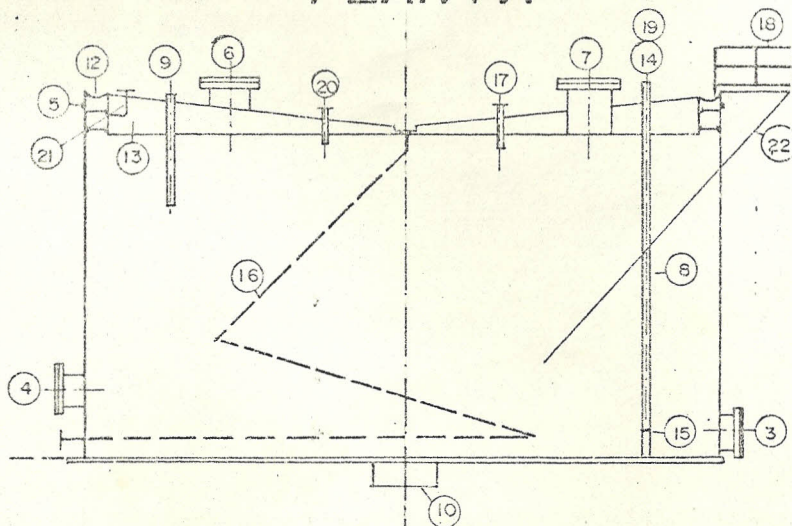
Para el modelo del tanque se utilizarán los siguientes accesorios:

CANTIDAD	DENOMINACION
1	Escotilla de inspección lateral
1	Escotilla de inspección de techo
9	Escotilla de insp. interna techo
1	Puerta de limpieza
1	Bacia de drenaje
1	Bocatoma de carga
1	Bocatoma de descarga
1	Respiradero de sello
1	Columna anti-rotacional
1	Escalera helicoidal
1	Escalera de insp. al techo
1	Tubo de drenaje de agua

2.5. PLANOS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL DISEÑO



PLANTA



ELEVACION

PROYECTO
DISEÑO
APROBADO

TIPO TECHO	Cónico	Flotante	X
IDENTIFICACION	TQ - 01		
CAPACIDAD NOMINAL	20.000 Brr.		
DIAMETRO	21,336 m	ALTURA	9,15 m
PRODUCTO	Gasolina 80 octanos		
DENSIDAD	0,74	VISCOSIDAD	0,667 est.
PRESION DE VAPOR	0,7 Kg/cm ²		

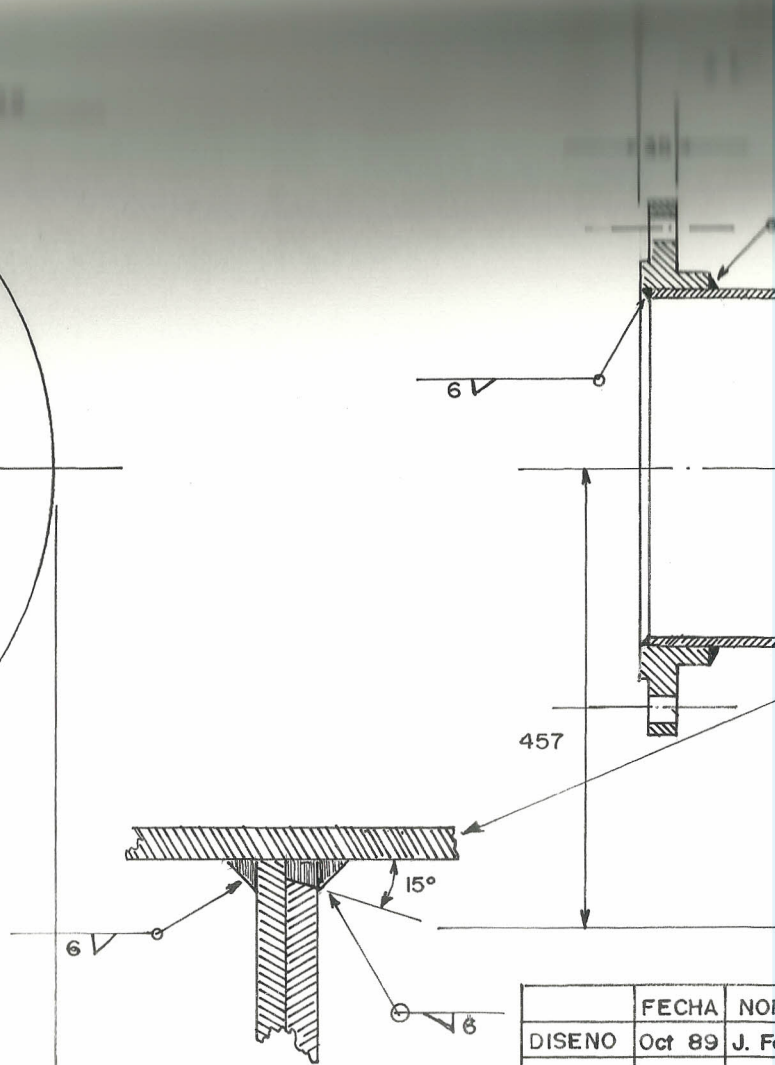
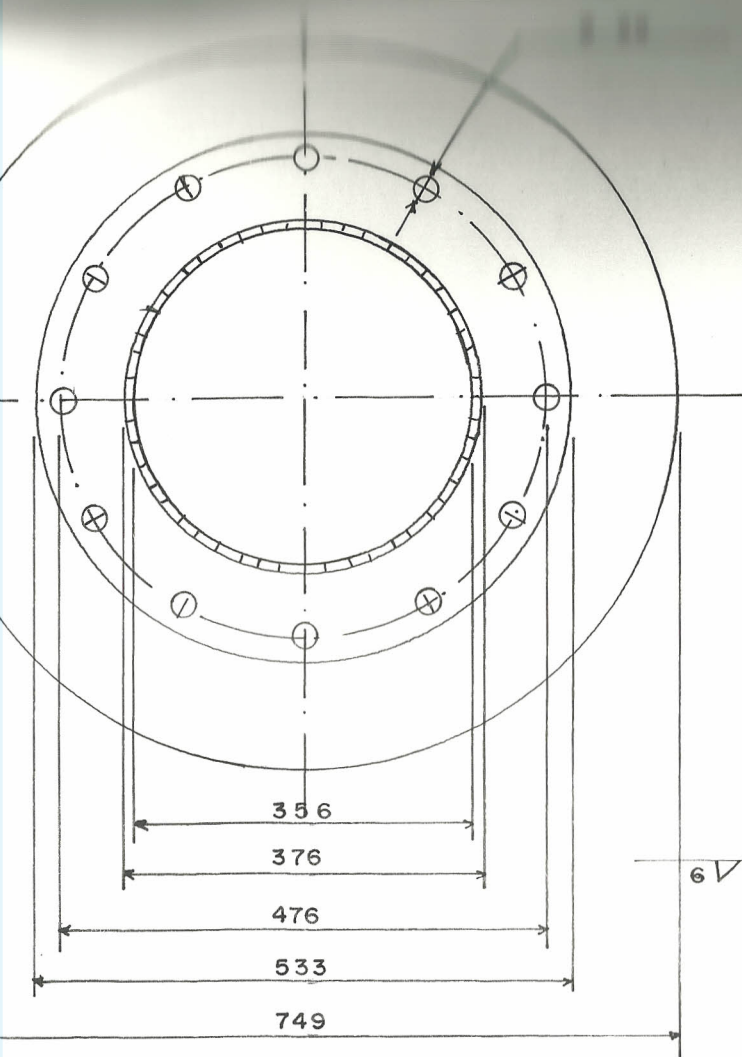
NORMA DE PROYECTO	API - 650		
TEMP. PROYECTO	Temp. ambiente		
PRESION	1,04 Kg/cm ²		
SOBRE CARGA DE TECHO			
INCLINACION TECHO	50	300	
INCLINACION FONDO	10	1000	

SI	NO	X
SERPENTIN	CALENTADOR	
TUBO	LISO	
CARGA	TERMICA	
PRESION DE VAPOR		
TEMP. DE VAPOR		

TIPO TECHO	Doble cubierta		
TIPO SELLO	Zapata		
PLANCHAS LAT.	ASTM A283 Gr C		
PLANCHAS FONDO	ASTM A283 Gr C		
PLANCHAS TECHO	ASTM A283 Gr C		
PERFIL	ASTM A36		
TUBOS	ASTM A53		
PERNOS	ASTM A307 Gr B7		
EMPAQUETADURAS			

METODO INSP. SOLDADURA	Royos		
TIPO FUNDACION	Anillo hormigón		
ASLAMIENTO TERMICO	SI	NO	
FINALIDAD			
MATERIAL	ESPESOR		
PESO TANQUE VACIO	103.300		
LLENO DE AGUA	2'971.097		
EN OPERACION	2'116.594		

PLANCHAS FONDO	1"	2"	3"	4"	5"	Tec
ESP. NOMINAL mm	11	8	8	8	8	5
DIM. DE LAS PLANCHAS	6100 x 1820					



	FECHA	NOMBRE
DISEÑO	Oct 89	J. F.
DIBUJO	Oct 89	G
APROBO	Oct 89	Ing
Contiene		

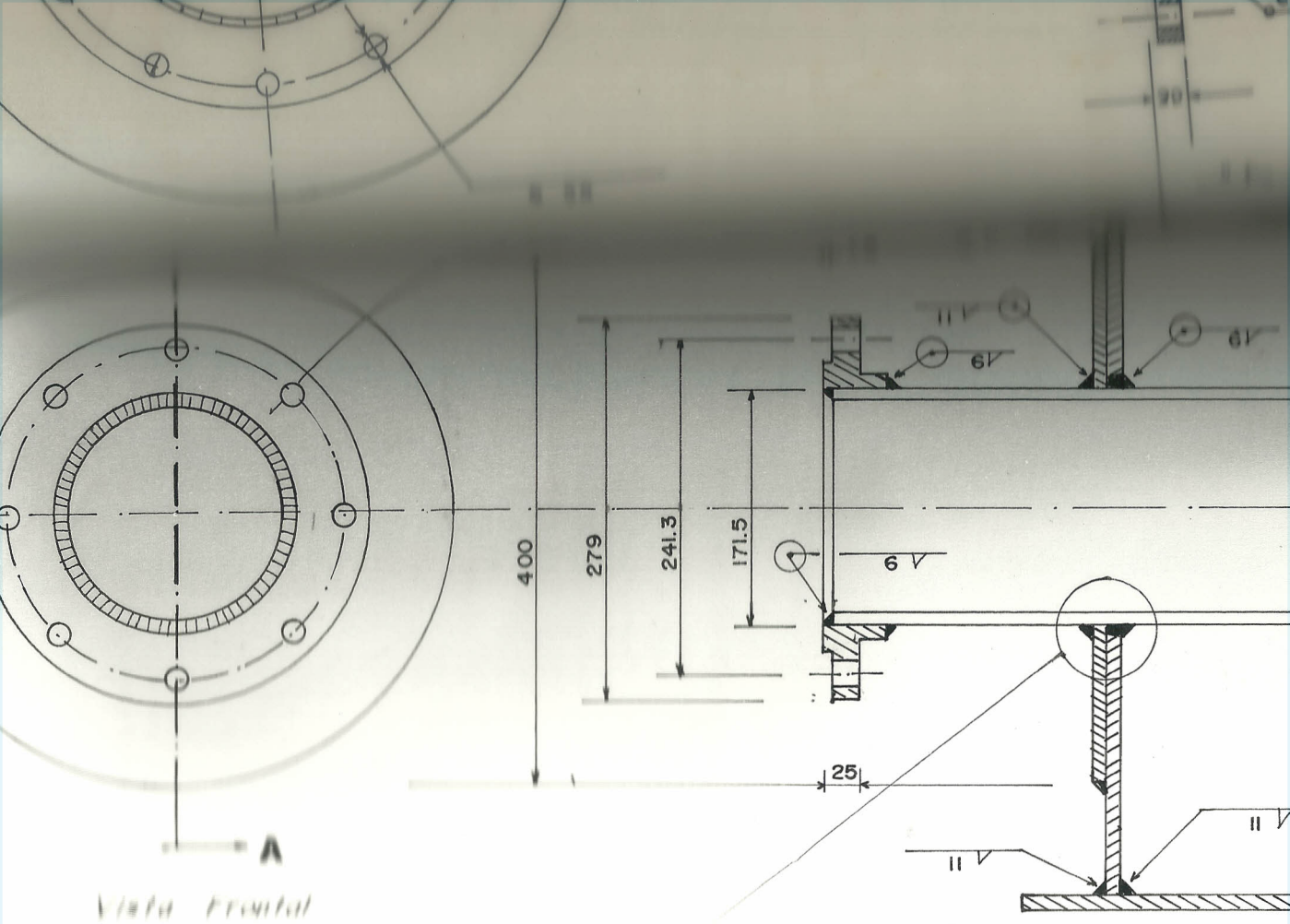
Bocato

Observaciones

Diametro agujero

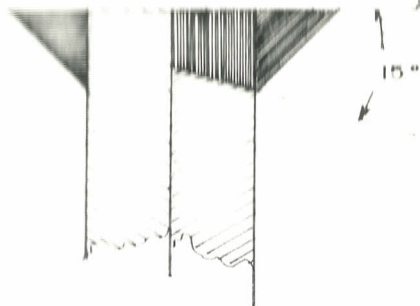
Diametro perno

Numero pernos

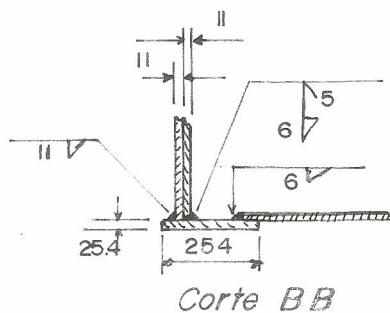
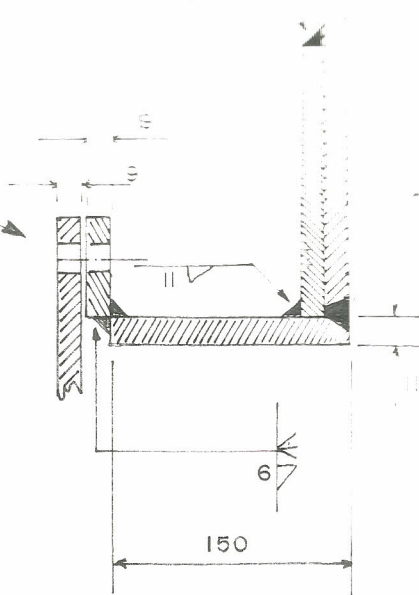
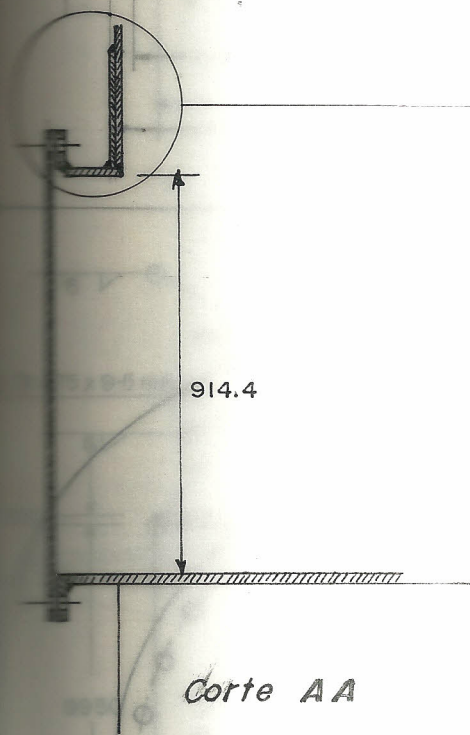
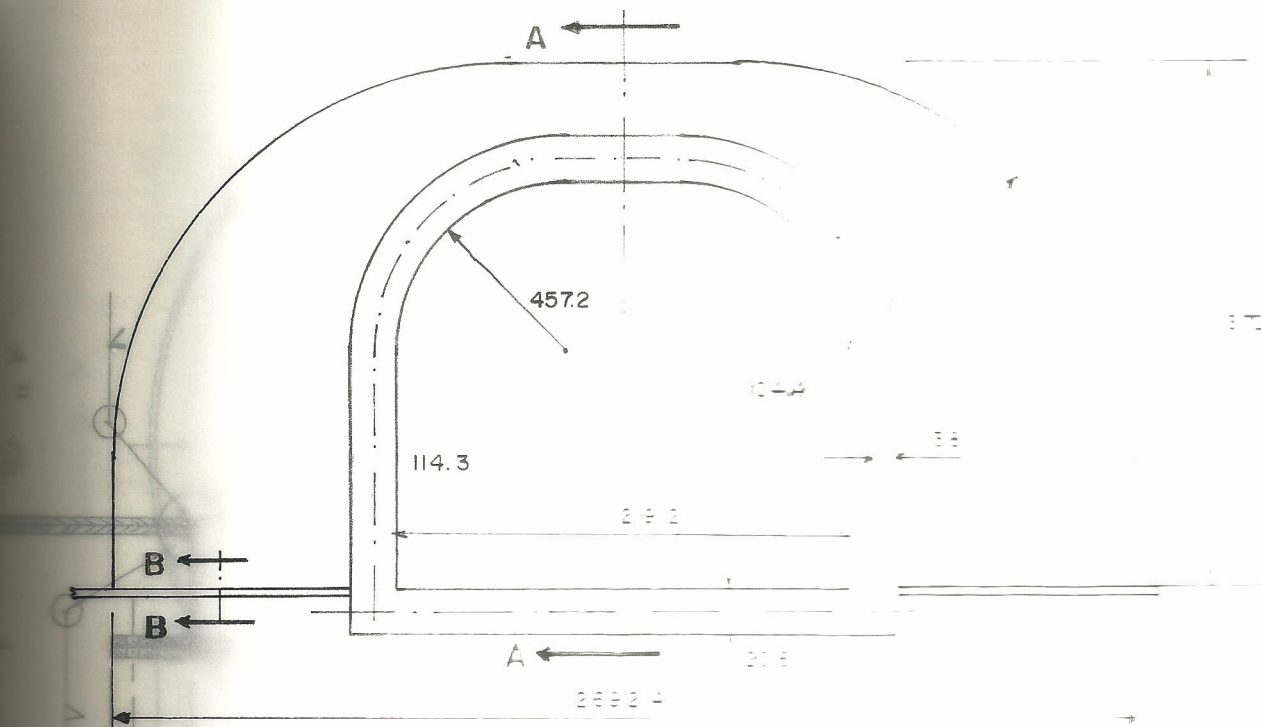


Vista Frontal

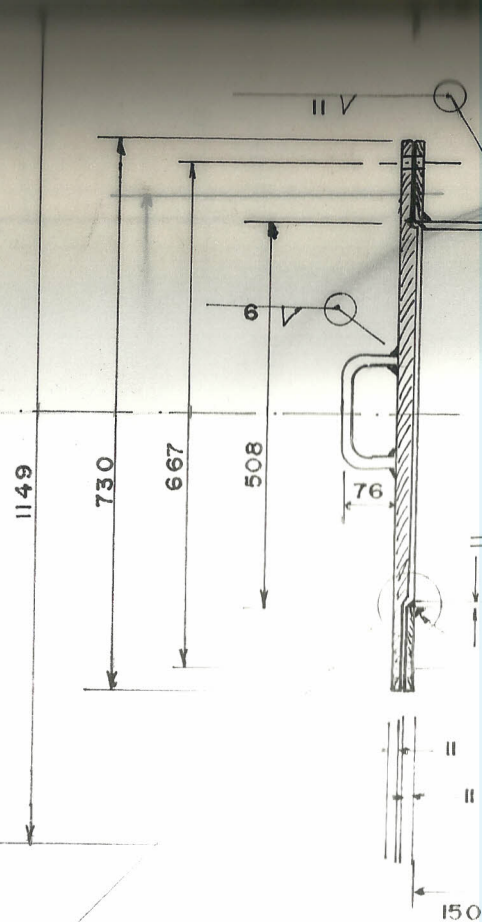
Corte A A'



	FECHA	NO
DISEÑO	Oct 89	J F
DIBUJO	Oct 89	
APROBO	Oct 89	Ing.
Contiene		
Boo		
Observaciones		
Diametro agujero 2		
Diametro perno 1		
Numero pernos		



FECHA	OCT 89	NOMBRE	J. Fantoni	ESPOL	ESCALA
DISEÑO	OCT 89	DIBUJO	G B P	MATERIAL	20
APROBO	OCT 89	Ing Torres	ASTM A283 GR C		
Contiene	Puerta de Limpieza				
Observaciones					
Diametro	agujero	29 mm			
Diametro	perno	25.4 mm			
Numero	perno	46			



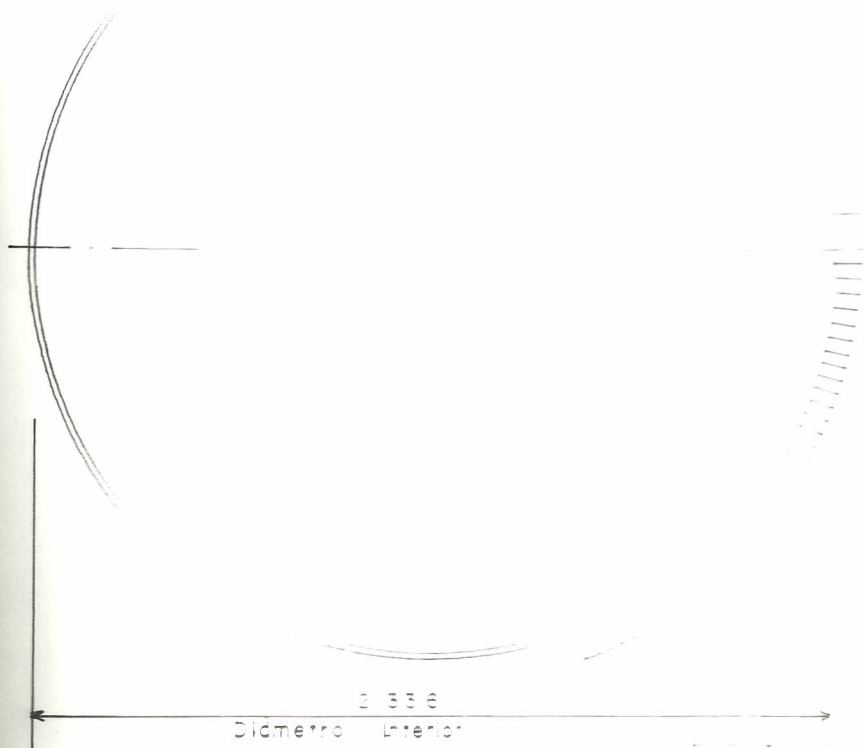
	FECHA	NOMBRE
DISEÑO	Oct 89	J. Fan
DIBUJO	Oct 89	
APROBO	Oct 89	Ing. T

Eg c

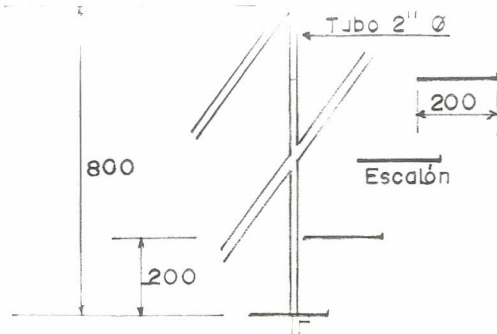
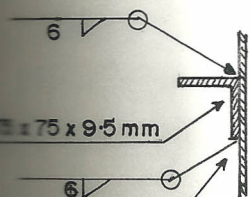
Diametro ughero 22

Diametro perno 19

Numero perno 28



Vista de Planta



Detalle Escalera

Anillo Rigidizante

Elevación

FECHA NOMBRE
DISEÑO Oct 89 J. Fantoni
DIBUJO Oct 89 G. B. P.
APROBO Oct 89 Ing. Torres

ESPOL

MATERIAL

ASTM A-36

ESCALA

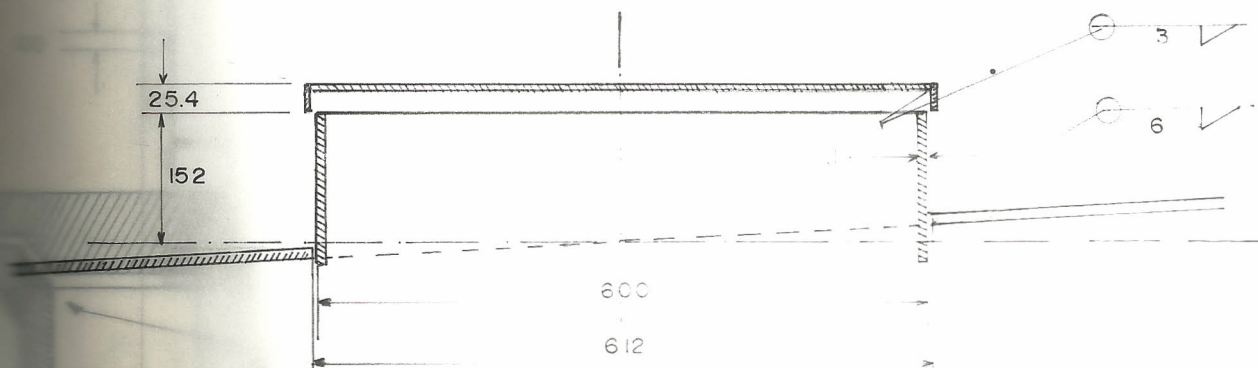
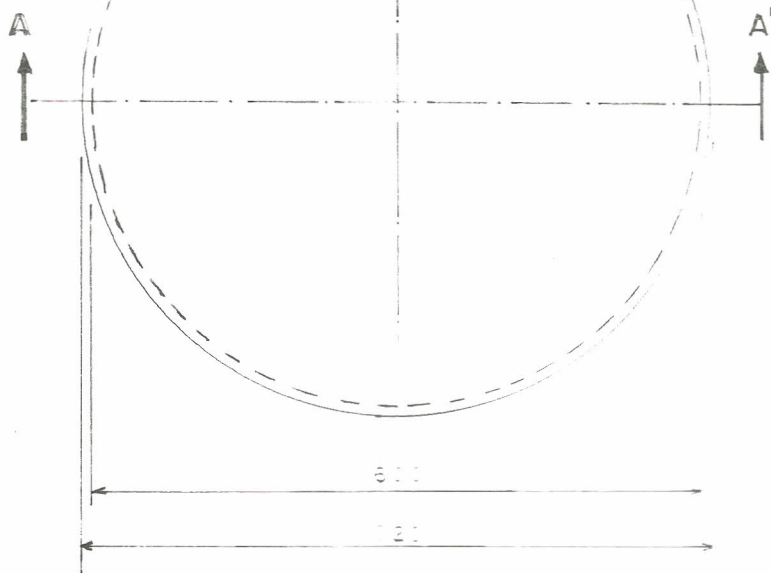
1:200

LAYOUT

Contiene

ESCALERA Y ANILLO RIGIDO

Observaciones

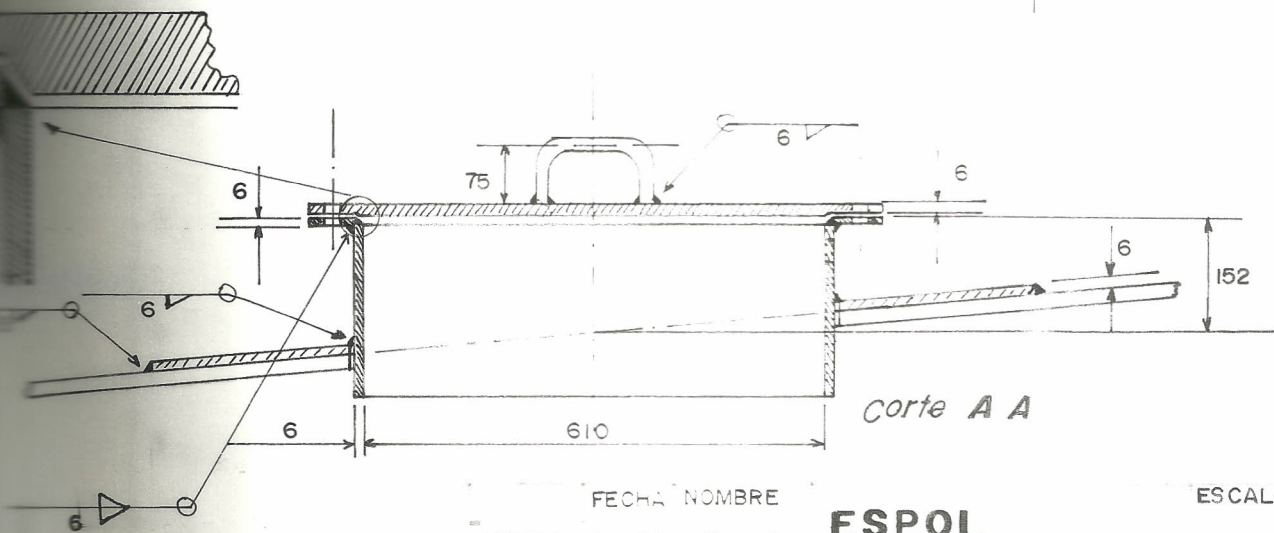
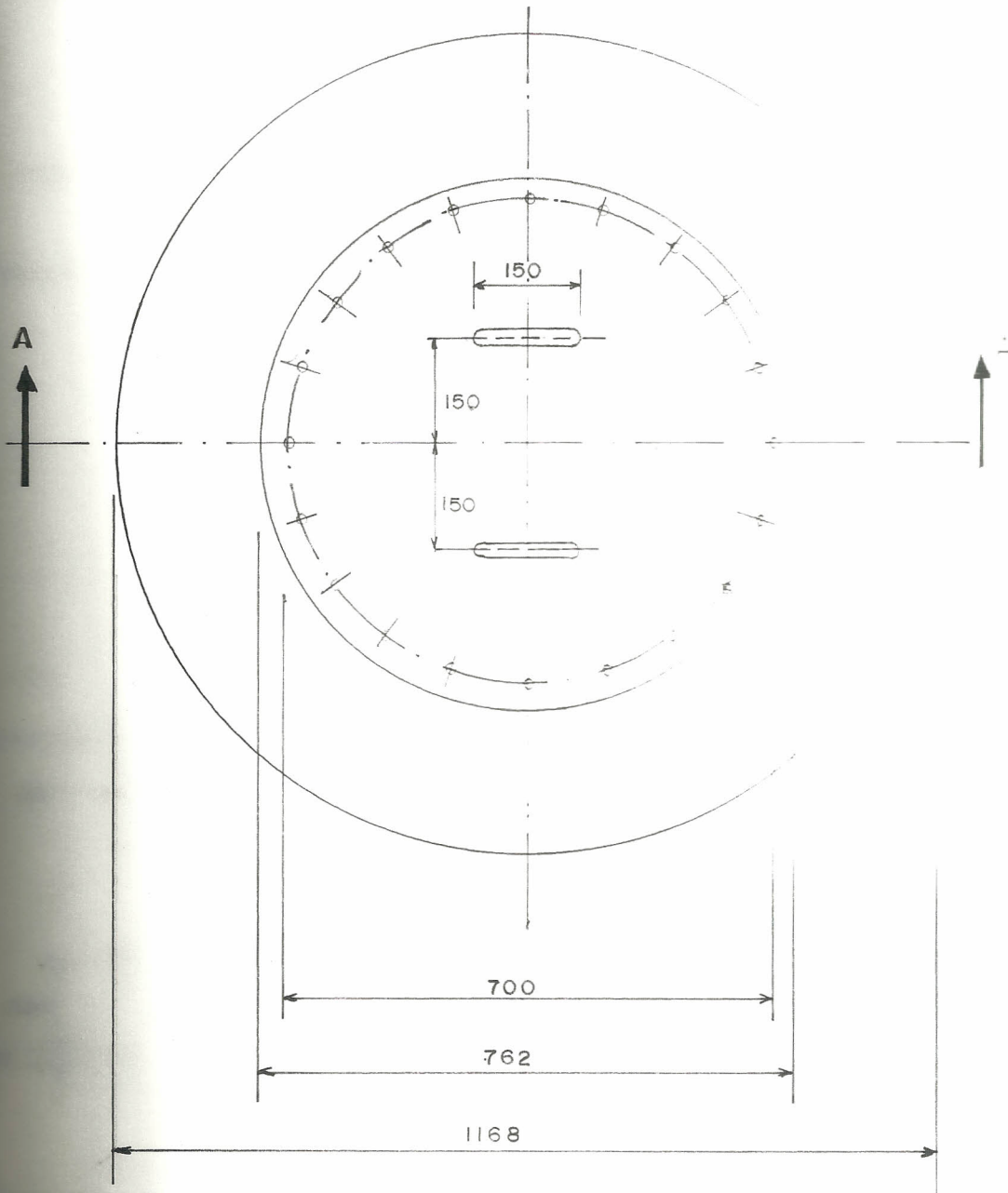


Corte AA'

	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DISEÑO	OCT. 89	J. FANTONI	1:75
DIBUJO	OCT. 89	G. B. P.	
APROBO	OCT. 89	ING. TORRES	
Contiene		ASTM A283 6R C	LAVINA

ESCOTILLA DE INSPECCION INTERNA

Observaciones



FECHA NOMBRE
 DISEÑO Oct 89 J. Fantoni
 DIBUJO Oct 89 G. B. P.
 APROBO Oct 89 Ing Torres
 Contiene

ESPOL

MATERIAL

ASTM A283 GR C

ESCALA

1:10

LAMINA

7

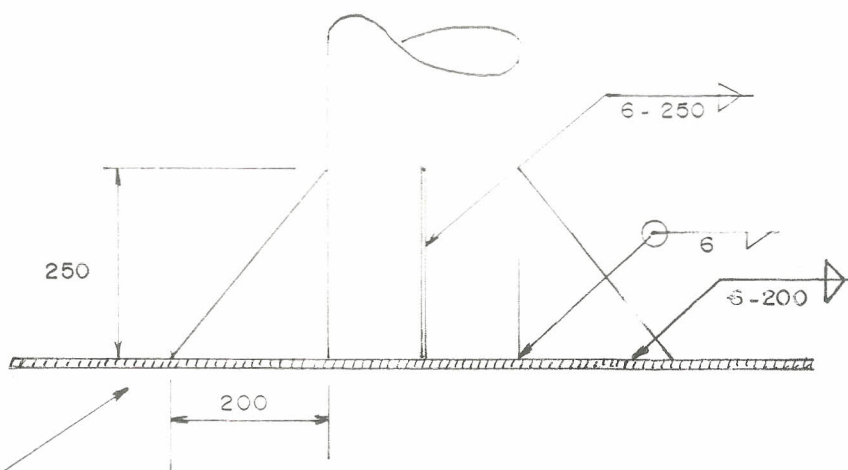
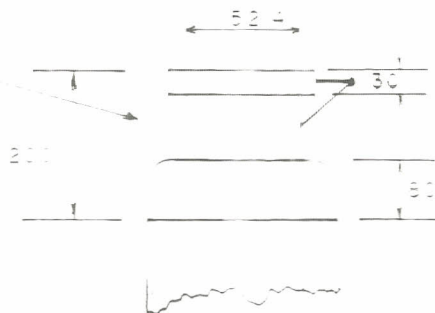
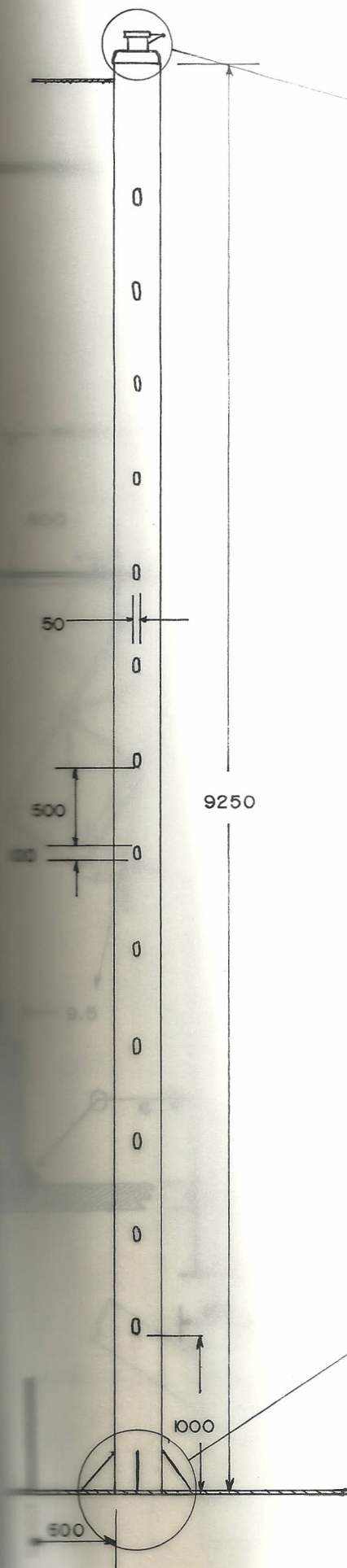
Escotilla de Inspección de Techo

Observaciones

Díametro agujero 19 mm

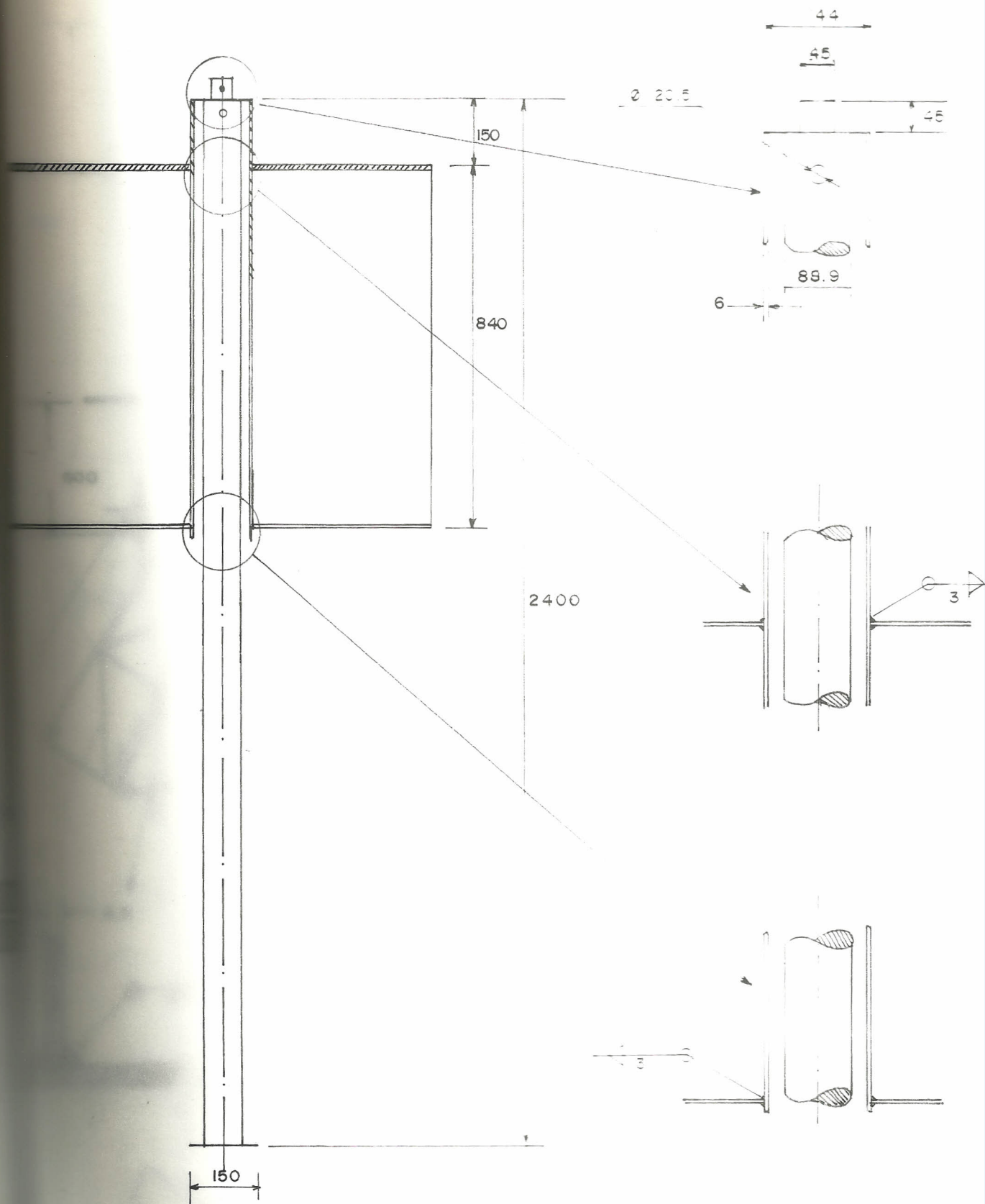
Díametro perno 15.8 mm

Número pernos 20

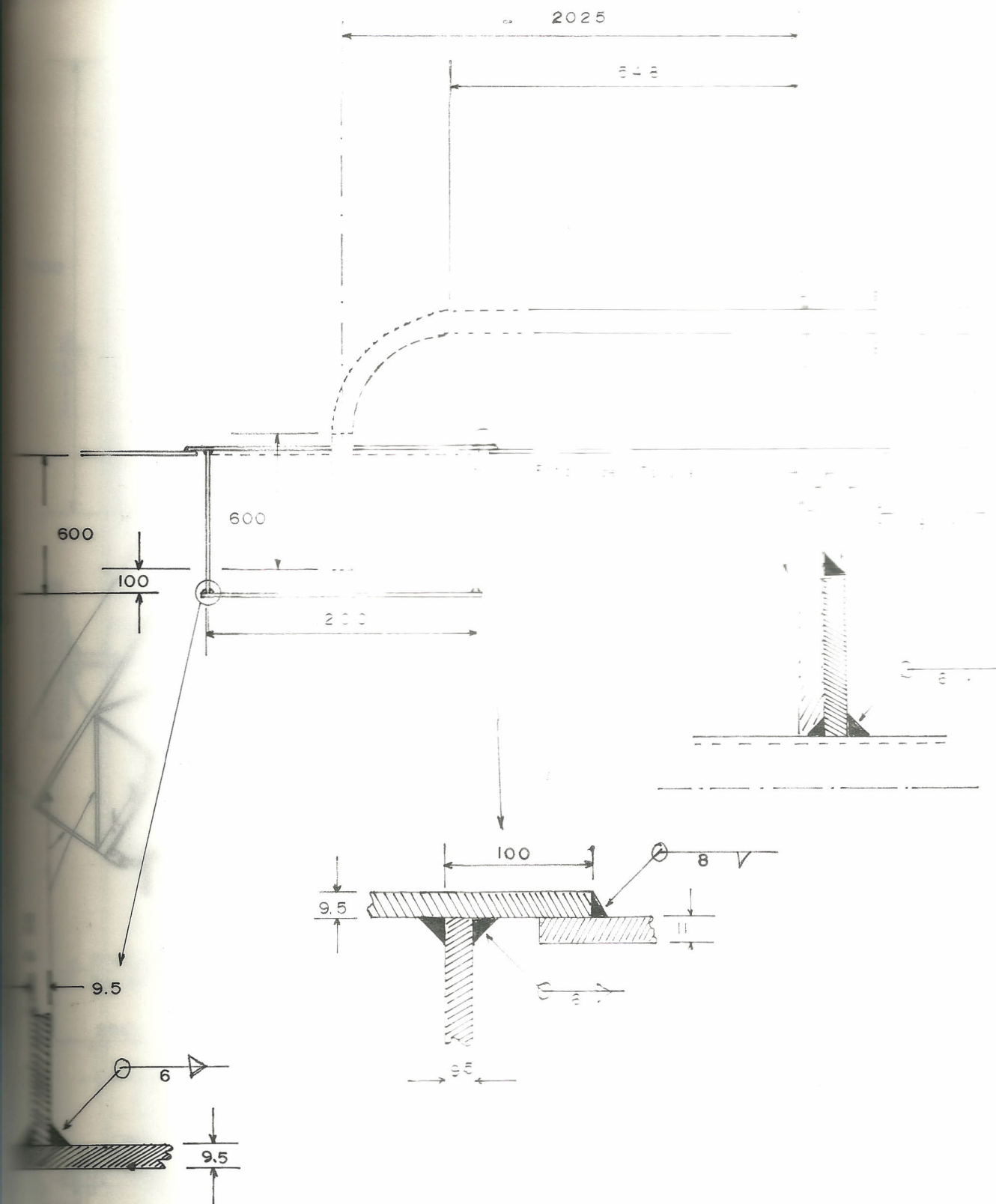


	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DISEÑO	Oct. 89	J. FANTONI	1:40
DIBUJO	Oct. 89	G. B. R.	LAMINA
APROBO	Oct. 89	ING. TORRES	
Contiene	TUBO GUIA ANTI-ROTACIONAL		

Observaciones



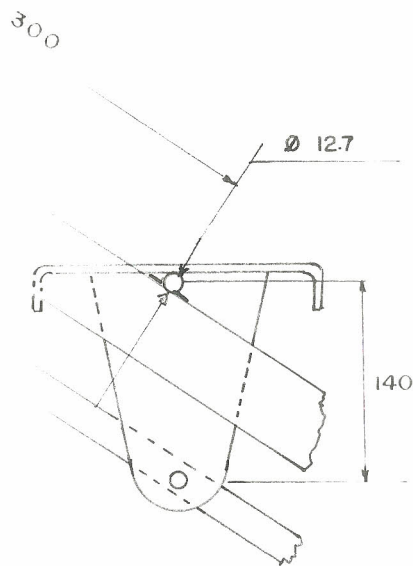
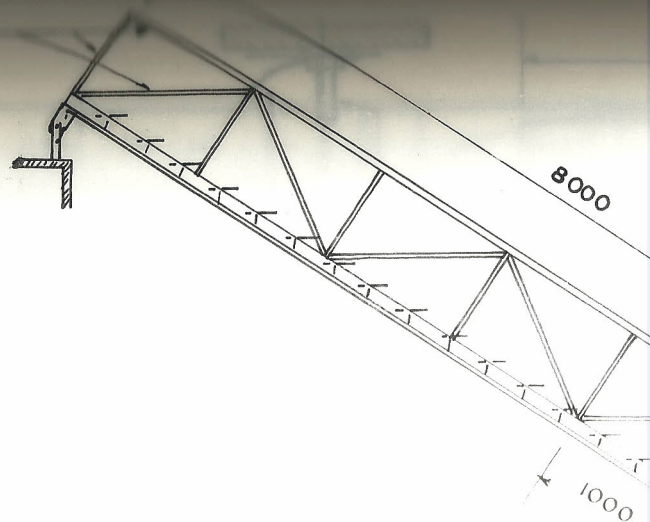
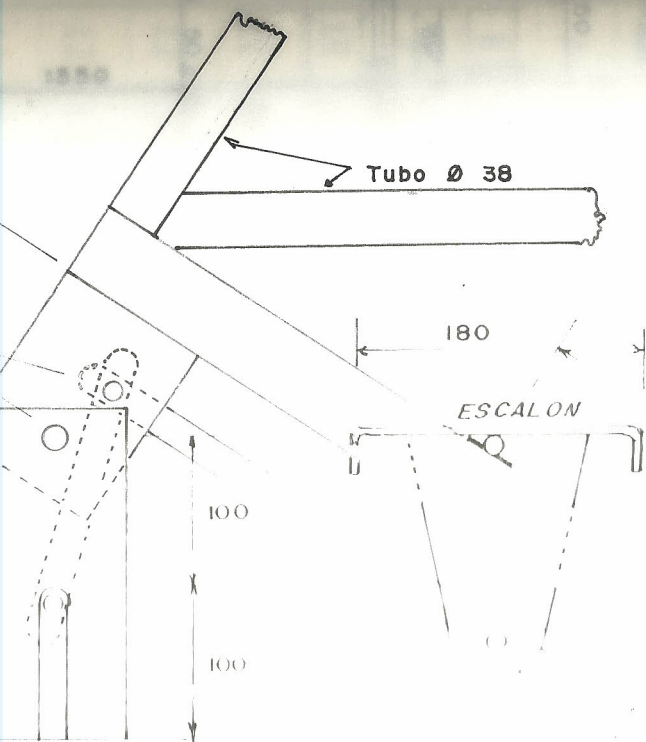
FECHA	NOMBRE	ESPOL	ESCALA
DISEÑO	OCT 89 L. FANTON		1:125
DIBUJO	OCT 89 G. B. P.	MATERIAL	
APROBO	OCT 89 J. G. TORRES	ASTM A-53 GR A	LAMINA
Contiene			
SOPORTE		9	
Observaciones			



FECHA	NOMBRE	ESCALA
DISEÑO	ESPOL	1:25
DIBUJO	ESPOL	1:25
APROBO	ASTM A263 GR C	1:25
Contiene	BACA DE DRENAJE	10

Observaciones

Diametro agudo 30 mm
Diametro plano 30 mm
Numero de perforaciones 8

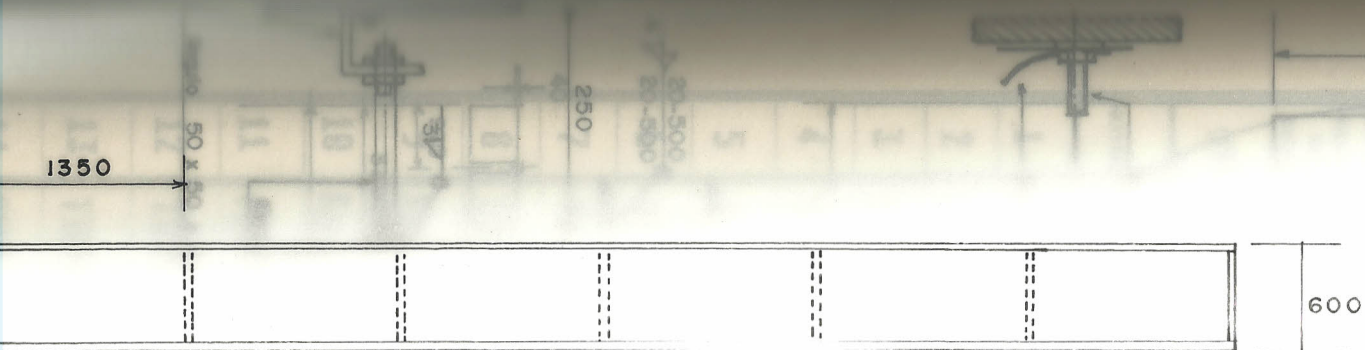


Perfil L 100 x 50 x 3

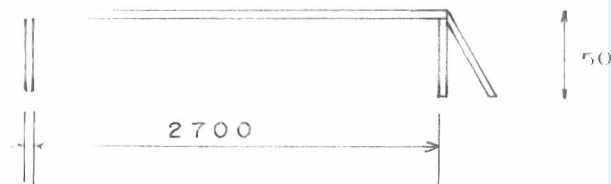
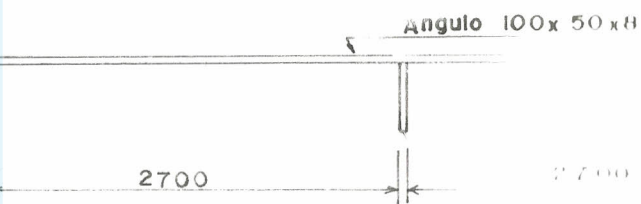
$E = 1:5$

Detalle de articulación de alera y escalones

	FECHA	NOM
DISEÑO	Oct 89	J Fo
DIBUJO	Oct 89	
APROBO	Oct 89	Ing.
Contiene		
Es		
Observaciones		

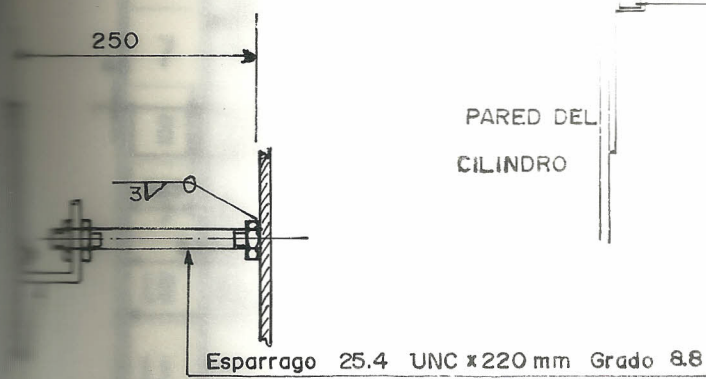
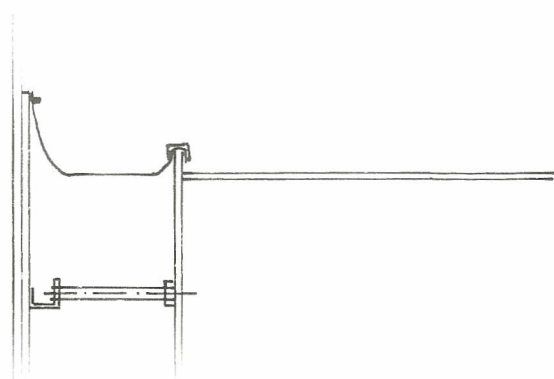
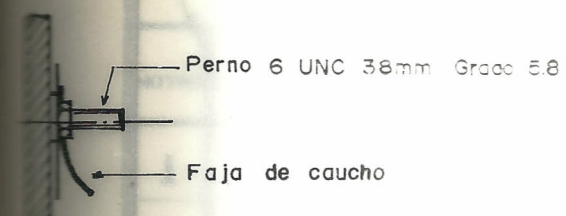
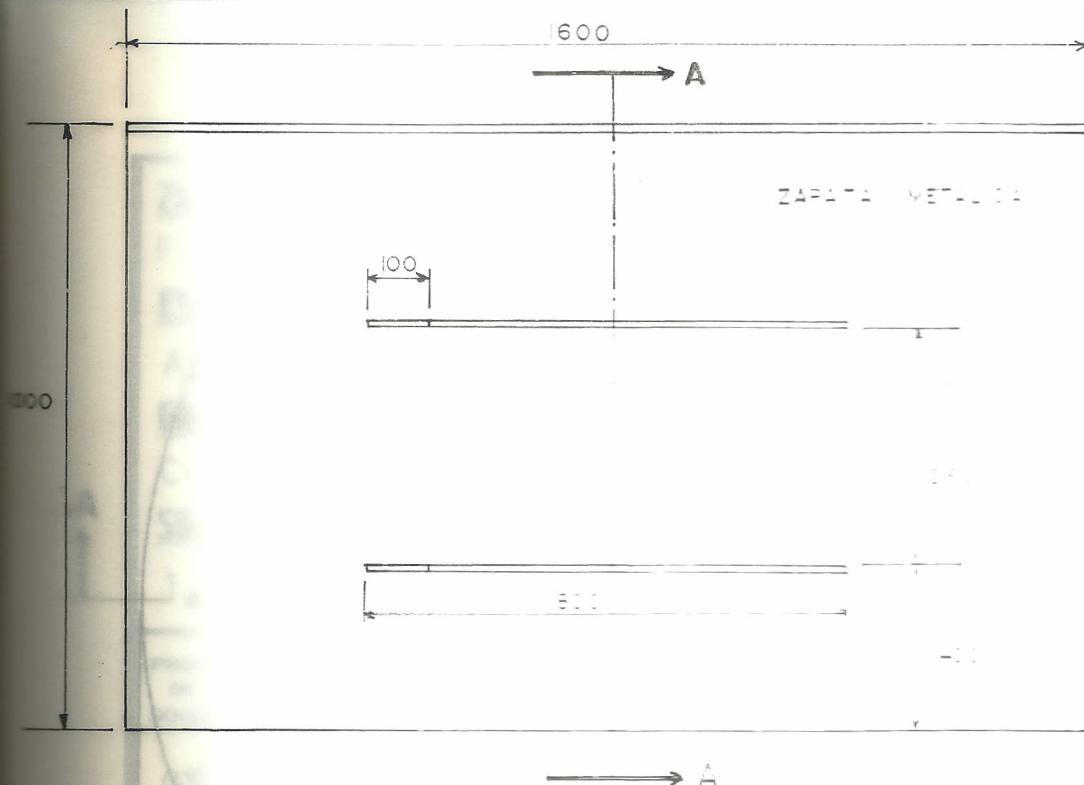


Vista Superior



Vista Lateral

	FECHA	NOM
DISEÑO	Oct 89	J. Far
DIBUJO	Oct 89	
APROBO	Oct 89	Ing.
Confirne		
Soporte de Es		
Observaciones		



Angulo 50 x 50 x 5 mm

FECHA	NOMBRE	ESPOL
DISEÑO	Oct. 89 J. FANTONI	
DIBUJO	Oct. 89 G. B. P.	MATERIAL
APROBO	Oct. 89 ING. TORRES	ASTM B-69
Contiene		

ESCALA

1:25

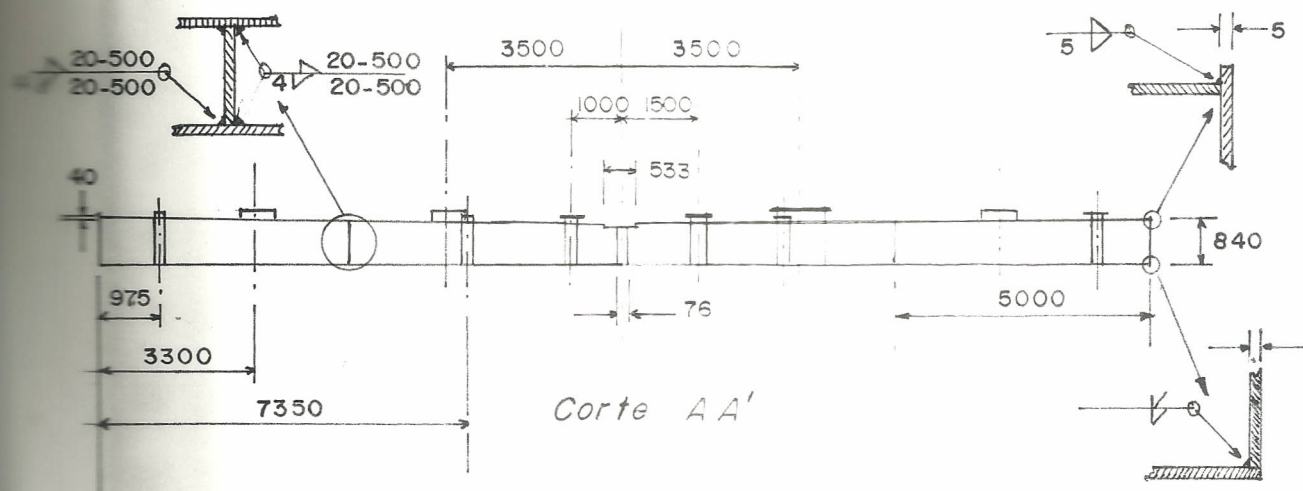
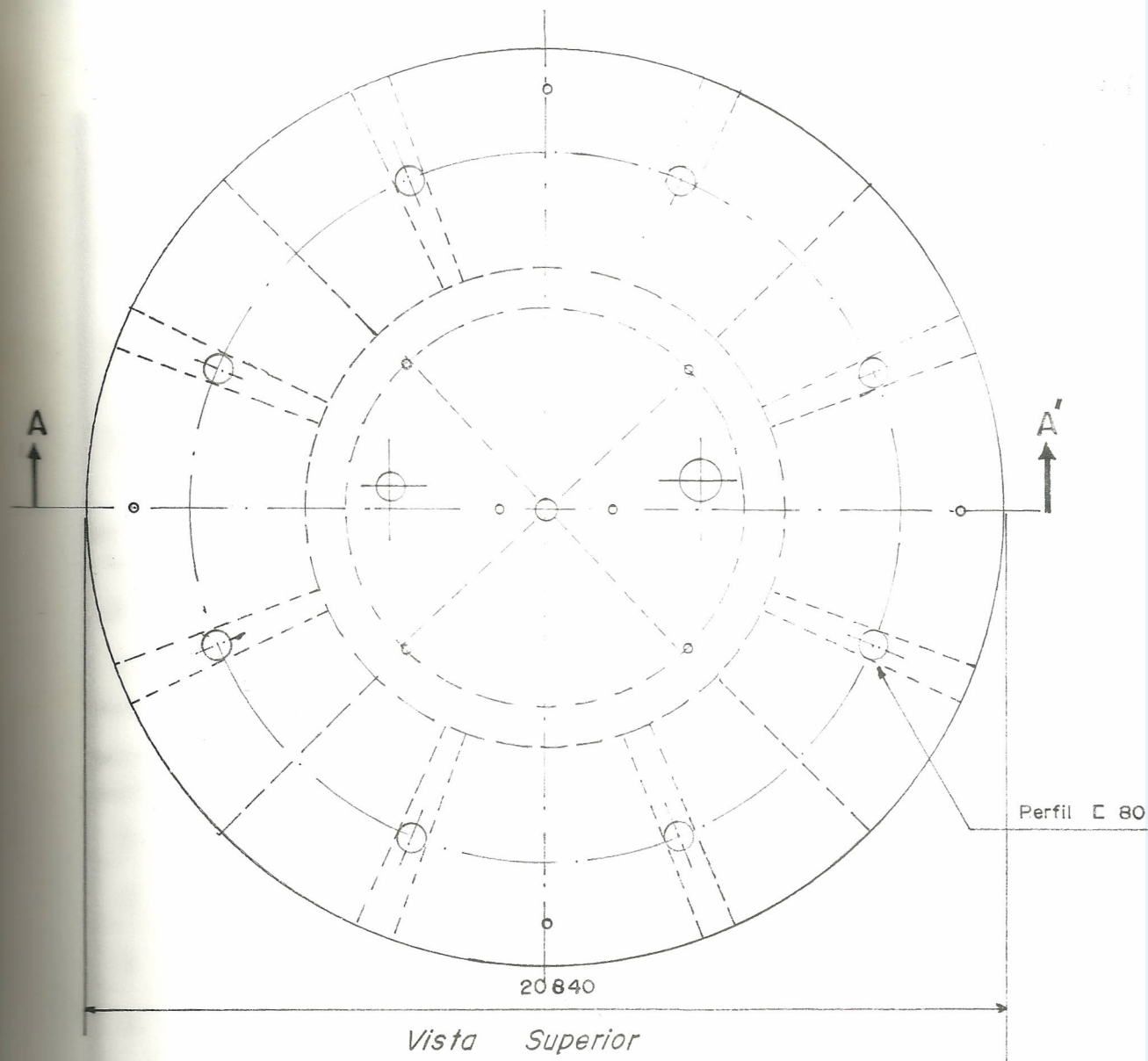
1:50

SELLO HERMETICO DEL TECHO

2

Observaciones

Angulo ASTM A-36



	FECHA	NOMBRE
DISEÑO	OCT 89	J. FANTONI
DIBUJO	OCT 89	G. B. P.
APPROBADO	OCT 89	J. G. TORRES

Contiene

ESPOL

MATERIAL

ASTM A283 GR C LAMIN

TECHO FLOTANTE

Observaciones

ESCALA

1:15

13

ZONA DE SOLDADURA:

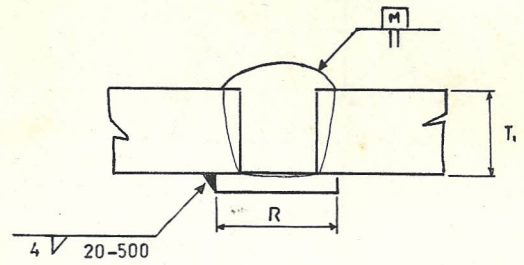
Fondo del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

GAS:CO₂**SOLDADO POR:**

1 Lado

DISEÑO DE JUNTA

PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
		T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)		
GMAW	B-L1A-GF	9,5	9,5	5	—	—	F ₁	A ₁

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
1	NUMERO DE PASES	1	2
2	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	1,2	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	250	
5	VOLTAJE (V)	28-40	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	4	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	7	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	260	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,23	0,33
10	Kg. DE ELECTRODO	59,8	85,8
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,1	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	26	26
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	23,4	23,4

ZONA DE SOLDADURA:

Cilindro del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

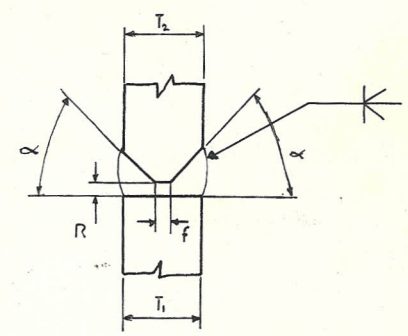
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	B-U5-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	H,	A, C,
		8	8	0	0	45		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
		1	2
1	HUMERO DE PASES		
2	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	1,2	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	200	
5	VOLTAJE (V)	28-40	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	5	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	35	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	204	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,063	
10	Kg. DE ELECTRODO	14,28	14,28
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,1	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	20,4	20,4
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	18,36	18,36

ZONA DE SOLDADURA:

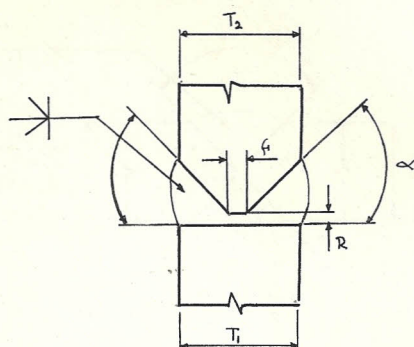
Cilindro del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

GAS:CO₂**SOLDADO POR:**

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA

PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	B-U5-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	H ₁	A ₁ -C ₁
		11	8	0	0	45		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
1	NÚMERO DE PASES	1	2
2	DIÁMETRO ELECTRODO (mm)	1,2	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	250	
5	VOLTAJE (V)	28-40	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	4	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (m/seg)	31	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	68	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,12	
10	Kg. DE ELECTRODO	9,06	9,06
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,14	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	9,52	9,52
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	8,57	8,57

ZONA DE SOLDADURA:

Cilindro del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

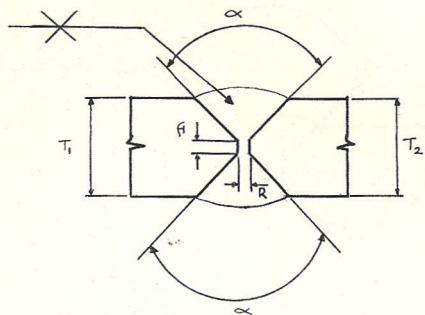
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	B-U3-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	V _i	A _i -C _i
		11	11	0	0	60		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
1	NUMERO DE PASES	1	2
2	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	1,6	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	250	
5	VOLTAJE (V)	28-40	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	4	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	9	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	21	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,274	
10	Kg. DE ELECTRODO	5,75	5,75
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,14	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	2,94	2,94
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	2,65	2,65

ZONA DE SOLDADURA:

Cilindro del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

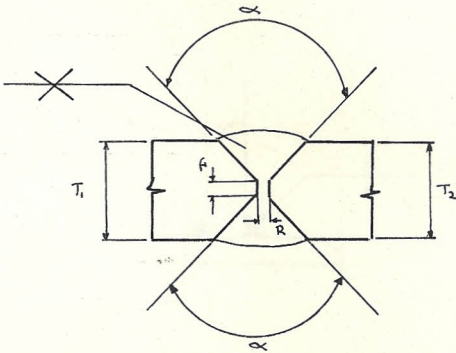
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	B-U3-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	V.	A-C,
		8	8	0	0	60		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
1	NUMERO DE PASES	1	2
2	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	1,2	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	200	
5	VOLTAJE (V)	25-40	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	5	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	15	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	81	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,144	
10	Kg. DE ELECTRODO	13	13
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,1	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	8,1	8,1
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	7,3	7,3

ZONA DE SOLDADURA:

Fondo-Cilindro del Tanque

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

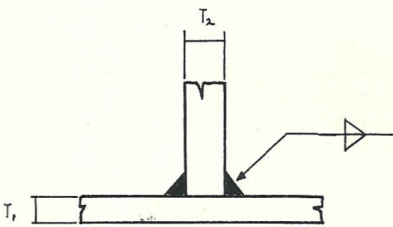
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
		T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	F	—
GMAW	T-L1-GF	9,5	11	0	0	0		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES			
		1	2	3	4
1	NUMERO DE PASES	1	2	3	4
2	DIAMETRO ELECTRODO (mm)	1,6			
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6			
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	250			
5	VOLTAJE (V)	28-30			
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	3,5			
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	11			
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	68			
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,14			
10	Kg. DE ELECTRODO	5,3	5,3	5,3	5,3
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9			
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,1	0,1	0,1	0,1
13	TIEMPO TOTAL (horas)	3,4	3,4	3,4	3,4
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	6,12		6,12	

ZONA DE SOLDADURA:

Techo Flotante (Cubierta)

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

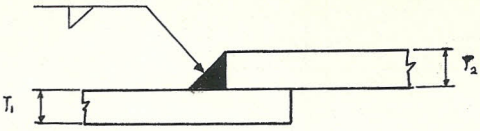
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Un Lado

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	Traslape	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	F _i	—
		5	5	—	—	—		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES
1	NÚMERO DE PASES	1
2	DIÁMETRO ELECTRODO (mm)	1,2
3	CLASES ELECTRODO	E 70S 6
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	200
5	VOLTAJE (V)	20-28
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	5,5
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	14
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	540
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,18
10	Kg. DE ELECTRODO	108
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,11
13	TIEMPO TOTAL (horas)	59,4
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	53,5

ZONA DE SOLDADURA:

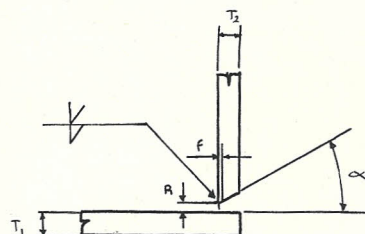
Techo Flotante (Detalle A)

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

GAS:CO₂**SOLDADO POR:**

Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA

PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	BTC-P4-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	H ₁	A ₁
		5	5	—	—	45		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES	
1	NÚMERO DE PASES	1	2
2	DIÁMETRO ELECTRODO (mm)	1,2	
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6	
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	200	
5	VOLTAJE (V)	18-27	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	5,5	
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	22	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	65,5	65,5
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,1	
10	Kg. DE ELECTRODO	7,3	7,3
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9	
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,11	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	7,2	7,2
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	6,5	6,5

ZONA DE SOLDADURA:

Techo Flotante (Detalle B)

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

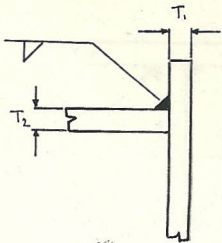
GAS:

CO₂

SOLDADO POR:

Un Lado

DISEÑO DE JUNTA



PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
GMAW	TC-L1-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	F	—
		5	5	—	—	—		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES
1	NÚMERO DE PASES	1
2	DÍAMETRO ELECTRODO (mm)	1,2
3	CLASES ELECTRODO	E-70S-6
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	200
5	VOLTAJE (V)	18-27
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	5,5
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	22
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	65,5
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,1
10	Kg. DE ELECTRODO	7,3
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	0,9
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,1
13	TIEMPO TOTAL (horas)	7,2
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	6,5

ZONA DE SOLDADURA:

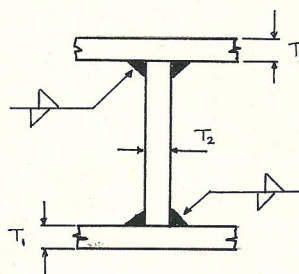
Techo Flotante (Detalle C)

ESPECIF. MATERIAL:

ASTM A-283 Gr C

GAS:CO₂**SOLDADO POR:**

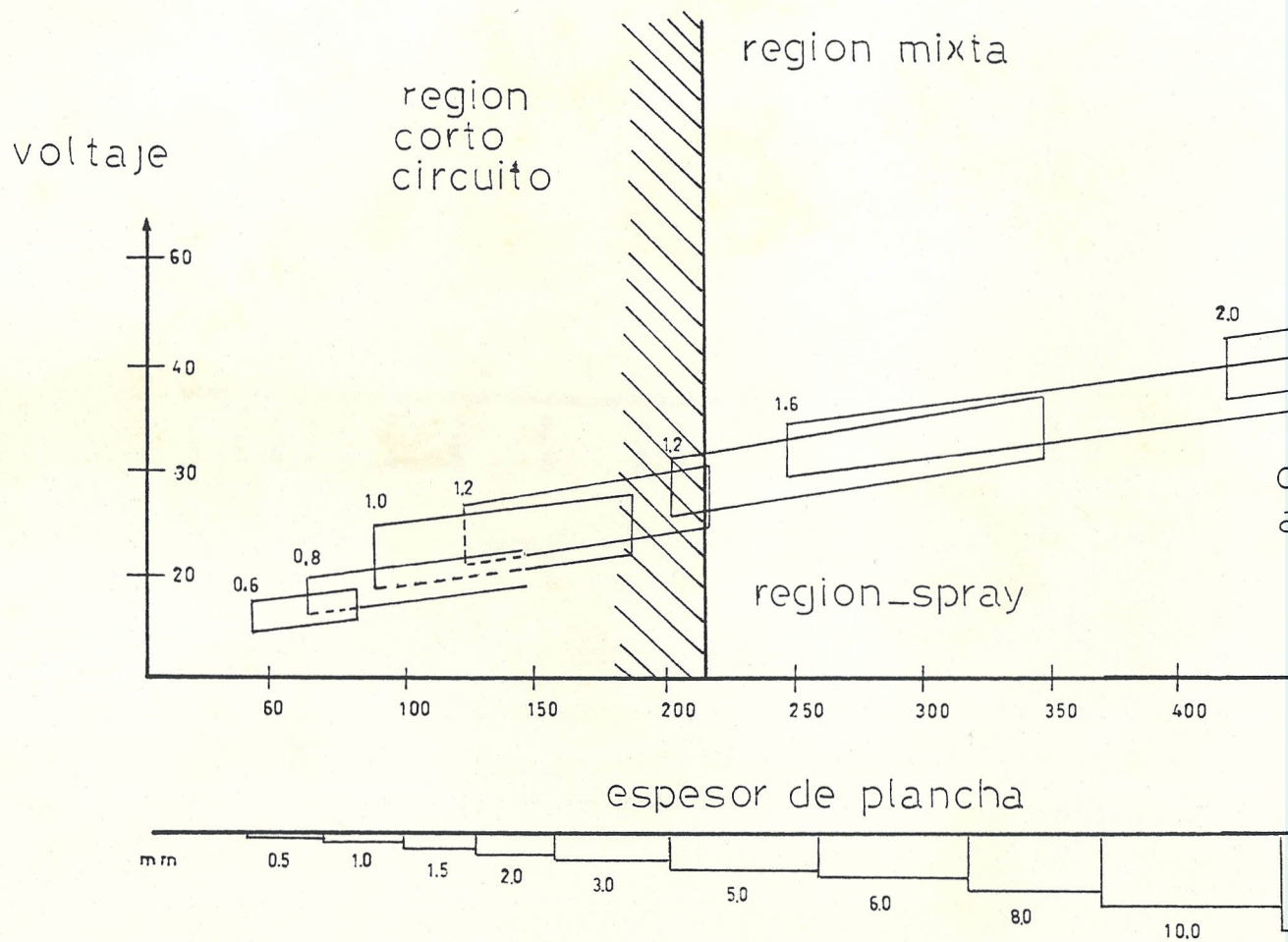
Dos Lados

DISEÑO DE JUNTA

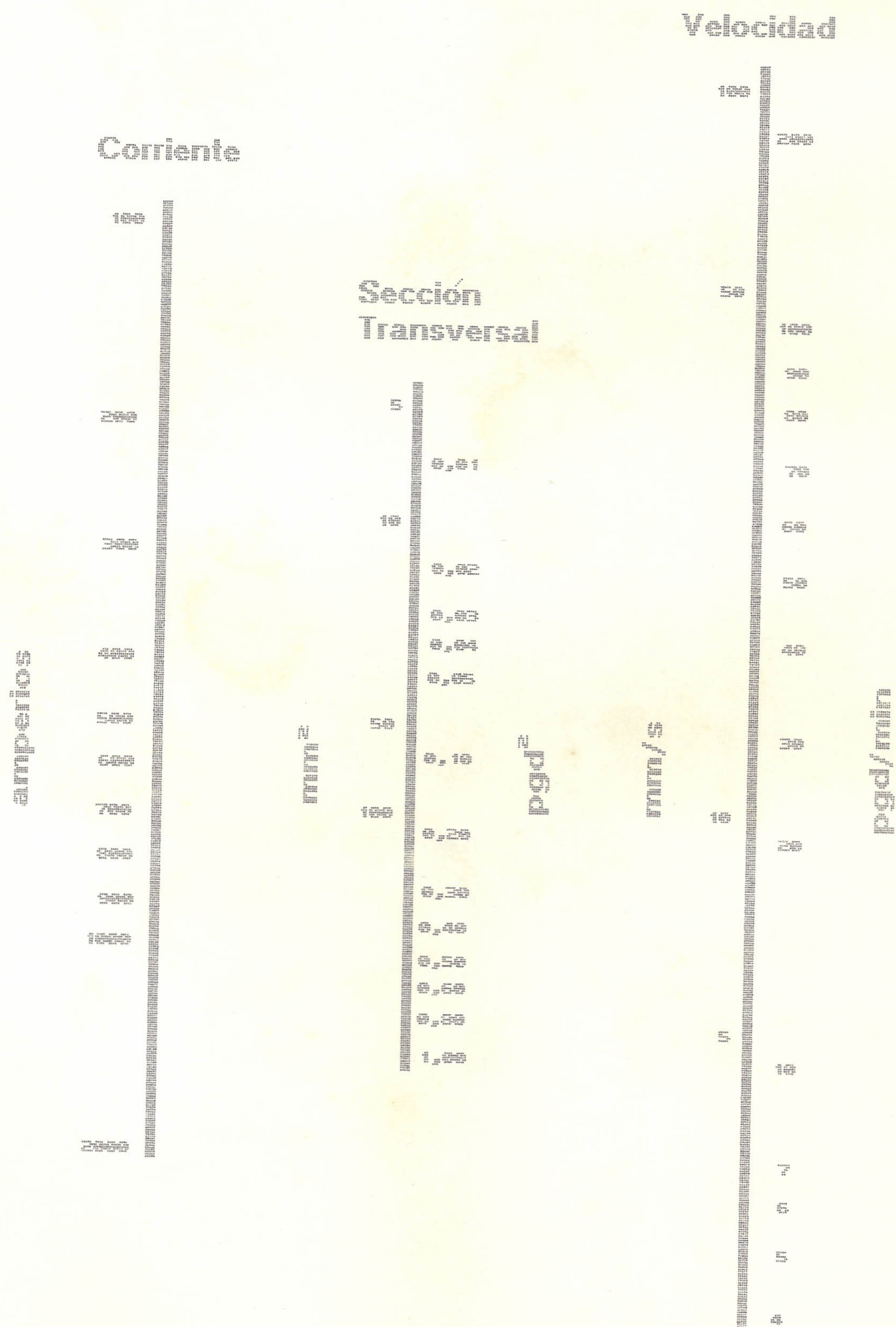
PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE JUNTA	ESPESOR DE PLANCHAS (mm)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA	NOTAS
SMAW	TC-L1-GF	T1	T2	R (mm)	f (mm)	α (°)	F-OH	—
		5	5	—	—	—		

NOTAS	PARAMETROS	VALORES			
1	NÚMERO DE PASES	1	2	3	4
2	DIÁMETRO ELECTRODO (mm)	4,8		4	
3	CLASES ELECTRODO	E-7018			
4	CORRIENTE DC (+) (AMP)	240		170	
5	VOLTAJE (V)	—		—	
6	VELOCIDAD DEL ALAMBRE (m/min)	—			
7	VELOCIDAD DEL ARCO (mm/seg)	5,3		4,45	
8	LONGITUD DE LA JUNTA (m)	5,25		5,25	
9	Kg. DE METAL SOLDADO/m	0,165		0,159	
10	Kg. DE ELECTRODO	3,46		3,34	
11	FLUJO DE GAS (m ³ /hr)	—			
12	TIEMPO DE OPERACION/m	0,05		0,06	
13	TIEMPO TOTAL (horas)	0,53		0,63	
14	CONSUMO DE GAS (m ³)	—			

GRAFICO N°4 RELACION ENTRE ESPESOR DE PLANCHAS-AMPERAJ



Determinación del area de la sección transversal del cordón de soldadura



NOTAS

- 1 NUMERO DE FASES OBTENIDO DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CORDON DE SOLDADURA
- 2 DIAMETRO DEL ELECTRODO OBTENIDO DEL GRAFICO No. 4
- 3 SELECCIONADO
- 4 IGUAL QUE NOTA 2
- 5 IGUAL QUE NOTA 2
- 6 OBTENIDO DE LA GUIA DE SOLDADURA OK-AUTROD 12.51 ESAB
- 7 OBTENIDO DEL GRAFICO No. 5
- 8 OBTENIDO DE LOS PLANOS
- 9 PESO DEL ELECTRODO DE ACUERDO A LA SECCION TRANSVERSAL DEL CORDON DE SOLDADURA POR METRO DE LONGITUD
- 10 CANTIDAD DE ELECTRODO UTILIZADO

$$\text{Kg} = \frac{\text{Kg de Metal soldado/mt} \times \text{Long. de Junta}}{E_j}$$

$$E_j = 0,5 \quad \text{SMAW}$$

$$E_j = 0,9 \quad \text{GMAW}$$

- 11 DETERMINADO EXPERIMENTALMENTE
- 12 VALOR PROMEDIO ENTRE DATOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES
- 13 TIEMPO REQUERIDO EN LA OPERACION DE SOLDEO
- 14 CANTIDAD DE GAS CO₂ UTILIZADO
- A₁ NO NECESITA PRECALIFICACION PARA PROCESO GMAW
- C₁ LIMPIAR LA RAIZ DE LA JUNTA ANTES DE SOLDAR EL OTRO LADO

CAPITULO 3

PROCESO DE FABRICACION

3.1. PLANIFICACION DEL TRABAJO

En la realización de cualquier obra se requiere de una adecuada planificación, la que nos garantiza un trabajo óptimo y en cierta forma disminuye los costos de fabricación. La forma más utilizada de planificar una obra es preparando un cronograma en el que intervienen todas las actividades a realizarse a realizarse, utilizando tiempos teóricos y experimentales ya establecidos y que nos dará como resultado el tiempo necesario para realizar la obra.

Rigiendonos por las horas de trabajo establecidas en nuestro Código de Trabajo, que estipula una jornada de ocho horas diarias durante cinco días laborables que comprende la semana laboral y en condiciones adicionales utilizando horario extra para casos fortuitos, se diseñará el cronograma con el personal necesario para la obra. Para el desarrollo de las actividades de construcción y montaje de esta clase de estructuras se deberán formar grupos los cuales se

clasifican de acuerdo a su especialidad.

En este trabajo se seleccionarán los siguientes grupos:

GRUPO No. 1

Personal que se encargara de la compra y suministro de los materiales a ser utilizados en la obra durante el tiempo que tenga duración, además se encargara del traslado de los componentes prefabricados en el taller hacia el sitio de la obra.

GRUPO No. 2

Personal que realizará el conformado del fondo y techo del tanque y estará constituido por un cortador y dos auxiliares.

GRUPO No. 3

Personal que realizará el conformado del cilindro y anillo rigidizante, estará formado por un maestro armador y cuatro auxiliares.

GRUPO No. 4

Personal que realizará la prefabricación de los accesorios:

- Bocatoma de carga
- Bocatoma de descarga

- Puerta de limpieza
- Escotilla lateral
- Escotilla de techo
- Escotilla de insp. interna de techo
- Bocatoma de drenaje de agua (sumidero)
- Bocatoma de drenaje de agua (techo)
- Bacia de drenaje

Este grupo estará formado por dos soldadores API, ayudante de soldador y un auxiliar.

GRUPO No. 5

Personal que realizará la prefabricación de los accesorios:

- Tubo guía anti-rotacional
- Tubo de drenaje de techo
- Drenaje de emergencia
- Soportes de techo
- Válvula de alivio

Este grupo estará formado por un cortador y un auxiliar

GRUPO No.6

Personal que realizará la prefabricación de las escaleras exterior e interior, guarda cuerpo y estará formado por un soldador calificado y dos auxiliares.

GRUPO No. 7

Personal que realizará la prefabricación del sello hermético y mecanismo de centrado, que estará formado por un maestro y dos auxiliares.

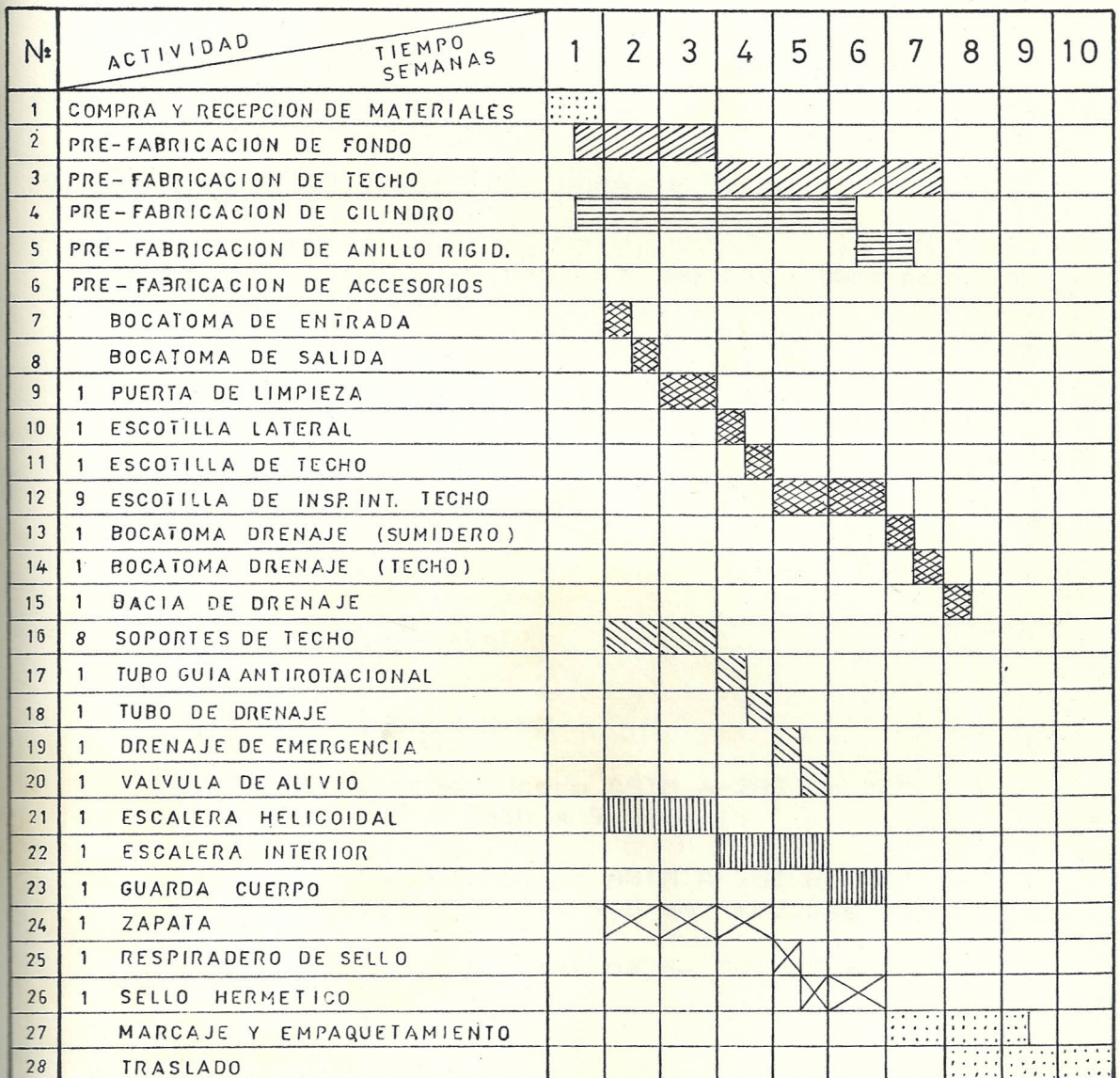
Para la realización de la obra se van a utilizar equipos y herramientas que son de facil operación y detallamos a continuación:

CANTIDAD	DENOMINACION
1	Roladora de planchas
2	Soldadora SMAW
2	Soldadora GMAW
2	Equipos Oxi-propano
1	Equipo biselador
3	Amoladoras
1	Taladro radial
2	Cepillo eléctrico
1	Sistema de elevadores
2	Juego de herramientas
1	Prensa hidraulica de 5 Ton.
1	Dobladora de tubos
1	Andamio

Con los grupos establecidos por su especialidad se elaborará el cronograma de fabricación con los tiempos promedios obtenidos para cada actividad y que esta descrito en el gráfico No.6 (pag. 84).

GRAFICO N° 6

Cronograma de Fabricación



3.2. PREPARACION Y CONFORMADO DE PARTES

Esta etapa del trabajo es de mucha importancia ya que una inadecuada preparación de los materiales provocará el incremento del tiempo por reparaciones durante el montaje y además el desperdicio de material ocasionando pérdidas económicas.

Preparación de las planchas de Fondo

Se utilizará planchas de medida comercial y su distribución se la realiza en la mejor forma para optimizar el uso de material. La preparación de la junta se la hace de acuerdo a la seleccionada para el diseño y esta especificada en los formatos de diseño.

Materiales a utilizar:

CANTIDAD	DENOMINACION
23	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 1830 x 9,5 mm
16	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 1830 x 9,5 mm medidas especiales
262	Metros de pletina de 50 x 3 mm

Preparación de planchas de Cilindro

La preparación del cilindro consistirá en conformar las juntas de las planchas de cada uno de los anillos que forman el cilindro, comprobar su forma rectangular y paralelismo de sus lados, lo que asegura el óptimo acople entre juntas.

Para obtener el radio de curvatura deseado se utilizará la roladora de planchas y se conformarán grupos de planchas de acuerdo a cada anillo del cilindro, para luego marcarlas y embalarlas y poder trasladarlas al sitio de montaje.

Materiales a utilizar:

CANTIDAD	DENOMINACION
11	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 1830 x 11 mm
44	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 1830 x 8 mm

Preparación de planchas de Techo Flotante

La fabricación del techo comprenderá la preparación de planchas para la cubierta superior, inferior y anillos exterior e interior. No se necesita preparación de juntas ya que la unión entre planchas será mediante junta a traslape. Para evitar deformaciones provocadas por las cargas que actúan sobre la cubierta superior se utilizará perfil estructural tipo C.

Materiales a utilizar:

CANTIDAD	DENOMINACION
48	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 1830 x 5 mm
28	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 X 1830 X 5 mm
10	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 840 x 5 mm (anillo exterior)
1	Plancha Acero ASTM A-283 Gr "C" 4470 x 840 x 5 mm (anillo exterior)
5	Planchas Acero ASTM A-283 Gr "C" 6100 x 777 x 5 mm (anillo interior)
1	Plancha Acero ASTM A-283 Gr "C" 3554 x 777 x 5 mm (anillo interior)
16	Perfil estructural ASTM A-36 tipo C 80 x 40 x 3 mm longitud 4990 mm
4	Perfil estructural ASTM A-36 tipo C 80 x 40 x 3 mm longitud 5118 mm

Preparación de Añillo Rigidizante

El añillo será fabricado con perfil estructural tipo angulo el que será rolado con el mismo radio de curvatura de las planchas del cilindro en tramos cortos para su facil conformado, transporte y montaje.

Materiales a utilizar:

CANTIDAD	DENOMINACION
21	Perfil estructural ASTM A-36 tipo Angulo 75 x 75 x 9,5 mm longitud 3000 mm
1	Perfil estructural ASTM A-36 tipo Angulo 75 x 75 x 9,5 mm longitud 2470 mm

Preparación de accesorios

Los accesorios serán prefabricados en el taller dependiendo de su facilidad para transporte y montaje, por lo que ciertos accesorios solamente podrán ser preparados para luego armarlos en la obra.

Materiales a utilizar:

CANTIDAD	DENOMINACION	DIMENSIONES DEL MATERIAL
1	Bocatoma de Carga	Rolar plancha para tubería 11190 x 510 x 11 mm Preparación de placa de de refuerzo 750 x 750 x 11 mm Preparación de brida con plancha de espesor 35 mm
1	Bocatoma de Descarga	Rolar plancha para tubería 550 x 410 x 11 mm Preparación de placa de refuerzo 380 x 380 x 11 mm
1	Escotilla Lateral	Rolar plancha para cuello 1600 x 200 x 11 mm Preparación de tapa 832 x 832 x 11 mm Preparación de placa de refuerzo 1372 x 1372 x 11 mm Preparación de brida con plancha de espesor 11 mm
1	Puerta Limpieza	Preparación de tapa 1220 x 915 x 19 mm Rolar plancha para cuello 3050 x 150 x 11 mm Preparación de placa de refuerzo 2693 x 1380 x 11 mm Preparación de brida con plancha de espesor 19 mm Preparación de refuerzo de piso 3610 x 254 x 25,4 mm

1	Escotilla de Techo	Rolar plancha para cuello 1920 x 152 x 6 mm
		Preparación de tapa 762 x 762 x 6 mm
		Preparación de brida con plancha de espesor 6 mm
		Preparación de placa de refuerzo 1170 x 1170 x 6 mm
9	Escotilla de Insp. de Techo	Preparación de tapa 620 x 620 x 6 mm
1	Bacia de Drenaje	Preparación de tapa 1200 x 1200 x 9,5 mm
		Preparación de anillo 3770 x 600 x 9,5 mm
		Preparación de placa de refuerzo 1400 x 1400 x 9,5 mm
		Preparación de tubería Diámetro 101,6 mm Longitud 1848 mm Codo 90° Diámetro 101,6 mm
		Preparación de brida con plancha de espesor 9,5 mm
		Preparación de placa de refuerzo 305 x 305 x 11 mm
1	Soporte de Techo	Preparación de columna Diámetro 88,9 mm Longitud 2400 mm Espesor 6 mm
		Tubo guía Diámetro 144 mm Longitud 1000 mm Espesor 6 mm

Pasadores

Diámetro 20 mm
Longitud 200 mm

Preparación de placa de
refuerzo
266 x 266 x 6 mm

1 Tubo Guía
Antirotacional Preparación de columna
Diámetro 203 mm
Longitud 9250 mm
Espesor 8 mm
Cartelas
Espesor 11 mm

1 Mecanismo
de
Centrado 42 Planchas
1600 x 1000 x 1,6 mm

168 Esparragos
25,4 UNC x 220 mm Gr 8,8

1344 Pernos
6 UNC x 38 mm Gr 5,8

42 Pletina
1600 x 40 x 1,6 mm

84 Angulos
Longitud 800 mm
50 x 50 x 5 mm

Faja de Caucho
67000 x 500 x 5 mm

1 Escalera
Helicoidal
y Guarda
Cuerpo 45 Escalones
600 x 200 x 3 mm

14 Tubos
Diámetro 50,8 mm
Longitud 800 mm

5 Tubos
Diámetro 38 mm
Longitud 6000 mm

1 Plancha Antideslizante
2440 x 1220 x 3 mm

5 Angulos
Longitud 6000 mm
50 x 50 x 5 mm

1	Escalera Interna de Techo	40 Escalones	
		600 x 180 x 3 mm	
		40 Ejes	
		Diámetro	12,7 mm
		Longitud	700 mm
		9 Tubos	
		Diámetro	38 mm
		Longitud	6000 mm
		3 Perfil C	
		Longitud	6000 mm
		100 x 50 x 3	
		2 Pletina	
		Longitud	4000 mm
		38 x 5	
		2 Ruedas	
1	Respiradero de Sello	Diámetro	150 mm
		Espesor	25,4 mm
		2 Ejes	
		Diámetro	25,4 mm
		Longitud	1000 mm
		Soporte de Escalera	
		4 planchas	
		2440 x 1220 x 3 mm	
		6 Angulos	
		Longitud	6000 mm
		100 x 100 x 5	
		2 Angulos	
		Longitud	4000 mm
		100 x 100 x 8	
		Tubería	
		Diámetro	152 mm
		Longitud	1000 mm
		Espesor	6 mm
		1 Codo 90°	
		Diámetro	152 mm
		1 Brida	
		Diámetro	152 mm
		Espesor	6 mm
		Placa de refuerzo	
		400 x 400 x 6 mm	

1

Tubería
de Drenaje
de Techo

4 Tubos

Diámetro 101 mm

Longitud 6000 mm

3 Codos Giratorios

Diámetro 101 mm

1 Brida

Diámetro 101 mm

Espesor 19 mm

3.3. ENSAMBLE DE PARTES

Una vez realizado la planificación, preparación y conformado de las partes se procederá al montaje en el sitio, donde previamente se ha construido la cimentación del suelo. Para nuestro trabajo utilizaremos la técnica de montaje de Elevación Uniforme, método más económico que los convencionales. Consiste en utilizar elevadores mecánicos que irán levantando la estructura cilíndrica formada por un anillo, proceso que se realiza hasta montar todos los anillos que forman el cilindro del tanque.

Para este proceso se necesitará de 7 elevadores de 5 Toneladas cada uno, ya que los requerimientos para elevar el techo flotante cuyo peso es de 33.907 Kg hasta el nivel que estará sostenido por los soportes esta dentro de la capacidad del sistema de elevación y además la estructura cilíndrica es de menor peso y se cumple para ambos casos con la capacidad del sistema de elevación.

Contando con los materiales y partes prefabricadas en el sitio de instalación, el proceso de montaje se lo realizará en base a un cronograma previamente establecido, gráfico No. 7 (pag. 96) en el cual se detallan las actividades a realizarse.

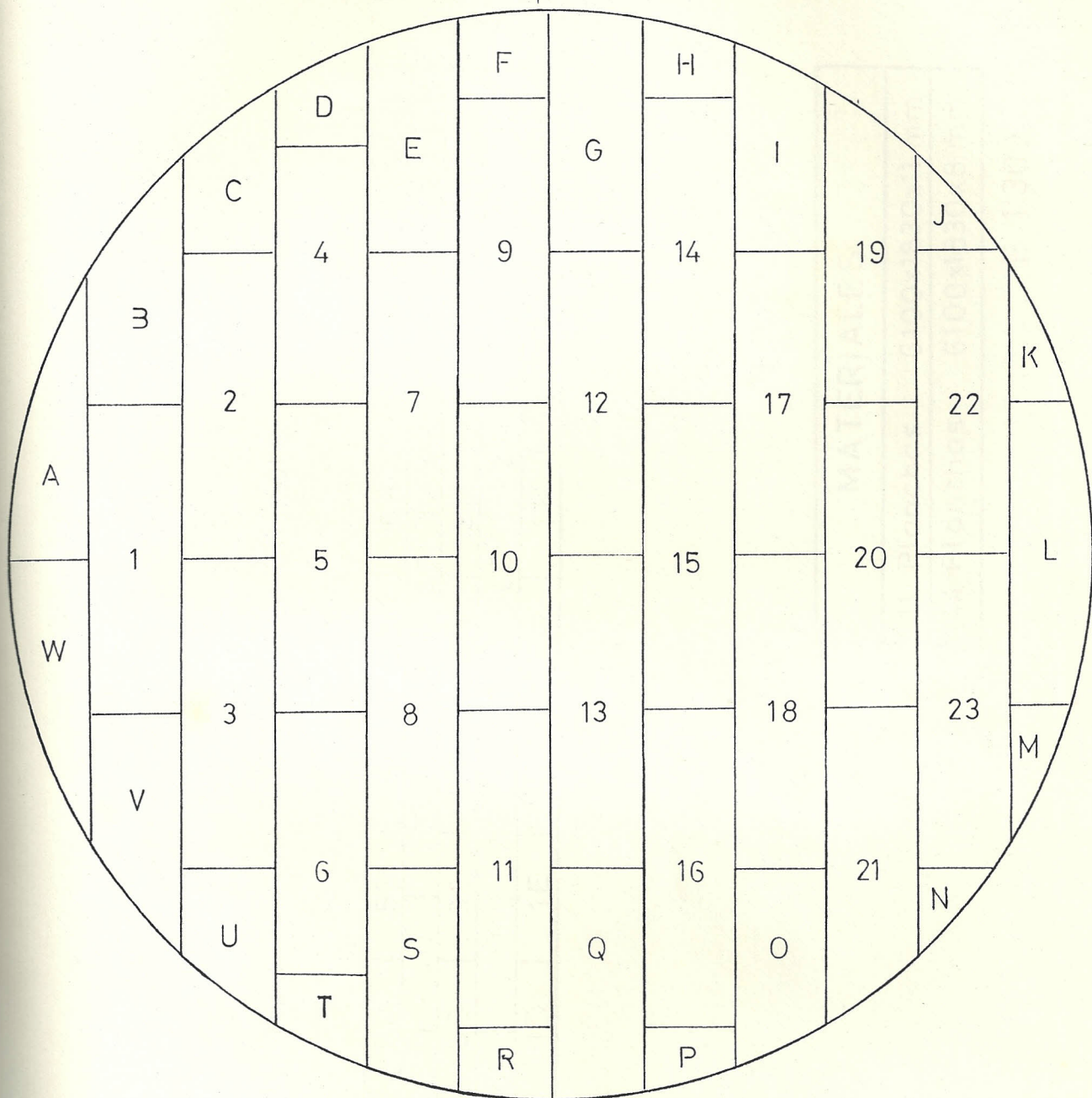
El montaje de las planchas de cada una de las partes constitutivas del tanque se indican en los gráficos No. 8, 9, 10 (pags. 97, 98, 99). Los accesorios prefabricados serán instalados en cada uno de los sitios especificados en los planos y cumpliendo con las normas establecidas en el Código API-650.

[illegible]

GRAFICO N° 8

Distribucion de Planchas de Fondo

97



MATERIALES

23 PLANCHAS 6100 X 1830 X 9,5 mm

PLANCHAS DE MEDIDAS ESPECIALES

A - W 6100 X 1830 mm

B - V 5000 X 1830 mm

C - U 3300 X 1830 mm

D - T 2000 X 1830 mm

E - S 4500 X 1830 mm

F - R 1600 X 1830 mm

G - O 4500 X 1830 mm

H - P 1400 X 1830 mm

I - O 4000 X 1830 mm

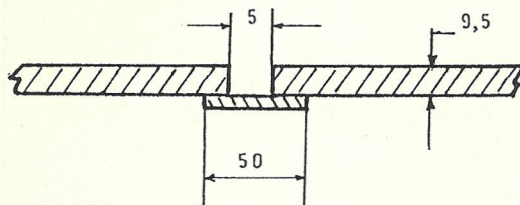
J - N 1500 X 1500 mm

K - M 2500 X 1000 mm

L 6100 X 1500 mm

TOTAL DE PLANCHAS 37 UND.

PLETINA 50 X 3 mm 264 UND.



E 1:125

GRAFICO N.º 9

Distribucion de Planchas de Cilindro

5 A	5 B	5 C	5 D	5 E	5 F	5 G	5 H	5 I
4 K	4 A	4 B	4 C	4 D	4 E	4 F	4 G	4 H
3 A	3 B	3 C	3 D	3 E	3 F	3 G	3 H	3 I
2 K	2 A	2 B	2 C	2 D	2 E	2 F	2 G	2 H
1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	1 F	1 G	1 H	1 I
6100								

MATER

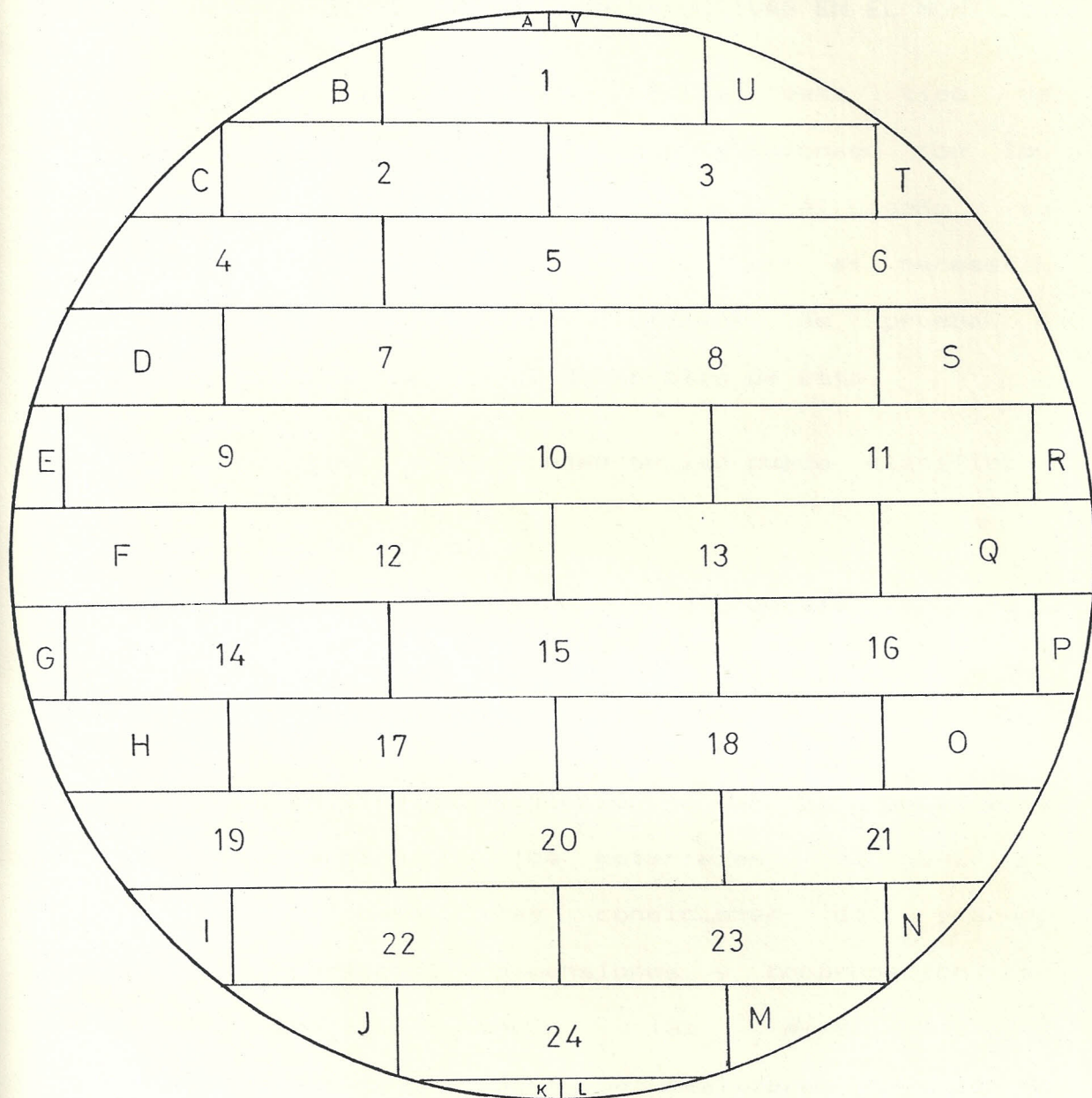
11 Planchas

44 Planchas

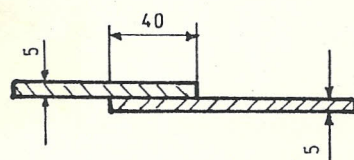
GRAFICO N°10

99

Distribucion de Planchas de Techo Flotante



MATERIALES		
48 Planchas 6100x1830x5 mm		
Planchas de Medidas Espec.		
A-K-L-V	3040x400	mm
B-J-M-U	3350x1830	mm
C-I-N-T	2000x1830	mm
D-H-O-S	3700x1830	mm
E-G-P-R	1050x1830	mm
TOTAL DE PLANCHAS 65 u.		



E 1:125

3.4. PRUEBAS DESTRUCTIVAS Y NO DESTRUCTIVAS EN EL MONTAJE

La seguridad que debe prestar este tipo de estructuras esta directamente relacionado con los factores de seguridad establecidos en el diseño y la óptima ejecución del montaje. Pero es necesario realizar ciertos procedimientos de prueba e inspecciones durante el desarrollo de este.

Las pruebas e inspecciones se las puede clasificar:

- Inspección Inicial
- Inspección y Pruebas durante el montaje

3.4.1 Inspección Inicial

Este tipo de inspección se realizará durante la recepción de los materiales, el cual se verificará las condiciones de acabado superficial, dimensiones y comprobación del material según las especificaciones solicitadas, aquí se realizarán ensayos en probetas del material a usarse para determinar las propiedades mecánicas del material los que son:

- Ensayo de Tracción
- Ensayo de Flexión
- Ensayo de Dureza
- Ensayo Radiográfico

3.4.2 Inspección y pruebas durante el montaje

Para el proceso de montaje de partes se debe controlar la adecuada ubicación de estos sin realizar ajustes que podrían ocasionar daños en la estructura, para lo cual se deberá realizar algunas inspecciones.

PRUEBA	RESULTADO
Alineación de Partes	Evitará concentradores de esfuerzos
Inspección de Juntas	Verificará la holgura y acabado de la junta
Procedimiento de Soldadura	Controlará parámetros de soldadura
Ensayo no Destructivo	Verificará la calidad del cordón de soldadura

Cuando no se cumplan con estos requerimientos se deberá rechazar el trabajo y repararlo utilizando otro material.

3.5. INSPECCION Y PUEBAS FINALES

Los ensayos finales comprenderan pruebas para determinar si existe fuga del liquido almacenado, en algun sitio del tanque para lo cual se podrá realizar los siguientes ensayos:

PRUEBA	RESULTADO
Ensayo de la Caja de Vacío	Comprobación de los cordones de soldadura del fondo del tanque Presión entre 0,2 a 0,35 Kg/cm ²
Ensayo Neumático	Comprobación de los cordones de soldadura en las placas de refuerzo de los accesorios Presión de 1 Kg/cm ²
Ensayo Hidrostático	Determinar la estanqueidad del tanque y techo. Se realizarán pruebas a diferentes niveles cuando se efectua el llenado y luego en el vaciado con intervalos de tiempo, para determinar si existe asentamiento en el anillo de hormigón, en esta prueba se utilizará agua

CAPITULO 4

4.1. ANALISIS ECONOMICO

En nuestro analisis económico se deberan considerar todas las actividades que se encuentran directa e indirectamente relacionadas con el proceso de fabricación del tanque que es objetivo de este trabajo. Se deberá considerar además si el fabricante cuenta con todos los equipos necesarios para desarrollar el trabajo, ya que esto incide en los costos de la obra.

Dentro de este análisis económico no se van a considerar los rubros de preparación superficial y pintura ya que el objetivo de este trabajo es lo que corresponde a la obra metal mecánica.

Los rubros relacionados con el análisis son :

MATERIALES

MANO DE OBRA

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

TRANSPORTE

DIRECCION TECNICA

PRUEBAS

GASTOS ADMINISTRATIVOS

IMPREVISTOS

UTILIDAD

MATERIALES DIRECTOS.

CANTIDAD	DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
39	Planchas de Acero ASTM-A283 Gr C 6100x1830x9,5 mm	499.488	19.480.032
11	Planchas de Acero ASTM-A283 Gr C 6100x1830x11 mm	578.355	6.361.905
44	Planchas de Acero ASMT-A283 Gr C 6100X1830X8 mm	420.621	18.507.324
74	Planchas de Acero ASTM-A283 Gr C 6100x1830x5 mm	262.888	19.453.712
2	Planchas de Acero ASTM-A283 Gr C 6100x1830x11 mm	578.355	1.156.710
1	Plancha de Acero ASTM-A283 Gr C 2440x1220x9 mm	266.393	266.393
1	Plancha de Acero ASTM-A283 Gr C 2440x1220x25.4 mm	356.126	356.126
4	Planchas de Acero ASTM-A283 Gr C 2440x1220x6 mm	84.124	336.497
6	Planchas Antidesliz. 2440x1220x3 mm	33.650	201.900
72 m	Perfil Estructural ASTM-A36 ANGULO 75X75X9.5 mm	3.504	252.280
264 m	Pletina 50x3 mm	250	92.400
102 m	Perfil Estructural ASTM-A36 ANGULO 50x50x5 mm	600	61.200

36 m Perfil Estructural ASTM-A36 ANGULO 100X100X5 mm	1.150	41.400
12 m Perfil Estructural ASTM-A36 ANGULO 100X100X8 mm	2.500	30.000
102 m Perfil Estructural ASTM-A36 CANAL 80X40X3 mm	1.416	144.432
18 m Perfil Estructural ASTM-A36 CANAL 100X50X3 mm	1.650	29.700
20 m Tubería ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 88,9 mm	13.400	268.000
8 m Tubería ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 144 mm	14.300	114.400
40 m Tubo ISO-20 Diámetro 50,8 mm	2.500	60.000
84 m Tubo ISO-20 Diámetro 38 mm	1.750	147.000
26 m Tubería ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 101,6 mm	13.800	358.800
1 m Tubería ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 152 mm	15.600	15.600
1 Codo 90 ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 101,6 mm	38.000	38.000
1 Codo 90 ASTM-A53 SCH-40 Diámetro 152 mm	43.000	43.000
3 Codos Giratorios Diámetro 101 mm	163.700	491.100
168 Esparrago 25,4 UNCX220 mm Gr 8,8	1.200	201.600

1344	Pernos 6 UNCX25,4 mm Gr 5,8	30	40.320
12 m	Pletina 38x3 mm	220	2.640
12 m	Pletina 50x5 mm	350	4.200
40	Ejes Longitud 700 mm Diámetro 12,7 mm	1.600	64.000
2	Ejes Longitud 1000 mm Diámetro 25,4 mm	3.200	6.400
67 m	Caucho Neopreno Ancho 500 mm Espesor 5 mm	22.000	1.474.000
42	Plancha Galvanizada ASTM-B-69 1600x1000x1,6 mm	25.000	1.050.000

COSTO TOTAL DE MATERIALES DIRECTOS S/. 71.151.071

MATERIALES INDIRECTOS.

CANTIDAD	DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
50 Kg	Soldadura E-6010	1.200	60.000
80 Kg	Soldadura E-7018	1.600	128.000
400 Kg	Soldadura E-70S-6	1.800	720.000
6 u	Propano (10 Kg c/u)	700	4.200
150 m ³	Oxigeno	660	99.000
200 m ³	CO ₂	1.100	220.000
90 u	Disco de abrasión	3.200	288.000
150 u	Vidrios claros	150	22.500
20 u	Vidrios polarizados	1.300	26.000
40 u	Marcador	200	8.000
15 u	Piedras de Chispero	140	2.100
25 u	Guantes de soldar	2.500	62.500
9 u	Chaleco de Soldar	4.000	36.000
40 u	Guantes uso general	1.000	40.000
180 gal	Combustible	180	32.400

COSTO TOTAL

DE MATERIALES INDIRECTOS

S/. 1.756.700

MANO DE OBRA.

CANTIDAD	ESPECIALIDAD	TIEMPO DIAS	SALARIO	COSTO TOTAL
1	Maestro Armador	115	6.000	690.000
1	Maestro	35	4.500	157.000
1	Soldador API	90	4.500	405.000
1	Soldador API	90	4.500	405.000
1	Soldador	30	3.900	117.000
1	Cortador (A)	33	3.500	115.000
1	Cortador (B)	20	3.500	70.000
2	Ayudante de Sold.	90	2.500	225.000
2	Aux. Cortador (A)	33	2.100	63.900
1	Aux. Cortador (B)	20	2.100	42.000
2	Aux. Soldador	30	2.100	63.000
1	Aux. Soldador API	90	2.100	189.000
2	Aux. Maestro Sold.	35	2.100	73.500
4	Aux. Maestro Arm.	100	2.100	210.000
1	Guardian	75	2.500	187.500

COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA

S/. 3.018.800

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

CANTIDAD	DENOMINACION	PRECIO HORA	PRECIO DIA	No. DIAS	PRECIO TOTAL
1	Roladora	3.000	24.000	30	720.000
2	Soldadora SMAW	1.000	8.000	30	480.000
2	Motosoldadora GMAW	1.500	12.000	65	1.560.000
2	Equipo Oxi-propano	1.500	12.000	35	840.000
1	Biselador	300	2.400	35	84.000
3	Amoladoras	500	4.000	80	960.000
1	Taladro	1.500	12.000	28	336.000
2	Cepillo	250	2.000	20	80.000
1	Sistema elev.		28.000	35	1.040.000
2	Juego herraam.	500	4.000	100	800.000
1	Juego andamio	400	3.200	15	480.000
1	Montacarga 2 Ton	1.200	9.600	30	288.000
1	Prensa 20 Ton	2.000	16.000	10	160.000
1	Dobladora	1.000	8.000	5	40.000
1	Caseta Camp.		3.000	75	225.000

COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS S/. 8.093.000

TRANSPORTE.

Vehículo de compra	150.000
Camión de transporte de materiales	750.000
Vehículo en obra	225.000

COSTO TOTAL DE TRANSPORTE S/. 1.125.000

COSTO TOTAL DE LA OBRA

MATERIALES DIRECTOS	71.151.071,00
MATERIALES INDIRECTOS	1.756.700,00
MANDO DE OBRA	3.018.800,00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	8.093.000,00
TRANSPORTE	1.125.000,00
SUBTOTAL (ST ₁)	85.144.571,00

PRUEBAS	(1% ST ₁)	851.445,71
DIRECCION TECNICA	(10% ST ₁)	8.514.457,10
GASTOS ADMINISTRATIVOS	(3% ST ₁)	2.554.337,10
IMPREVISTOS	(5% ST ₁)	4.257.228,60
UTILIDAD	(15% ST ₁)	12.771.686,00
SUBTOTAL (ST ₂)		28.949.154,71

$$CT = ST_1 + ST_2 \quad 4.1$$

$$CT = 114.093.725,51$$

COSTO TOTAL DE LA OBRA S/. 114.093.725,51

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los metodos descritos en este trabajo son de fácil interpretación y podrán ser realizados con los equipos de soldadura seleccionados que son versátiles y de excelente eficiencia lo que garantizarían el trabajo
- El costo inicial de este tipo de tanque es mayor que los convencionales (techo fijo), pero este valor se compensa por las condiciones operativas que presentan los de techo flotante, reduciendo las pérdidas por evaporación
- Los factores de corrosión utilizados son los que se requieren de acuerdo a las condiciones del medio seleccionado para el presente estudio, lo cual no provoca un sobre dimensionamiento de los espesores de plancha que incrementarían el costo del tanque
- El uso de cronogramas para la realización del trabajo optimizan el tiempo requerido para la ejecución de estos
- La adecuada preparación de los materiales optimiza el uso de estos reduciendo considerablemente los costos del proyecto

- Se debe recomendar al INEN la creación de una Norma para la construcción de este tipo de estructuras en nuestro país, tomando como guía los Códigos y Normas Internacionales
- Los materiales consumibles como electrodos y gas protector deben estar excentos de humedad para evitar posibles fallas en los cordones de soldadura
- La adecuada preparación de las juntas y la curvatura de las planchas reduce considerablemente los esfuerzos combinados que se pudieran presentar en las uniones soldadas
- Cuando se realizan varios pases en una misma unión es necesario tener mucha precaución de no dejar residuos de escoria, lo que daría como resultado posible fallas internas en el cordón, para evitar esto entre cada pase se debe realizar una excelente limpieza mecánica con cepillos metálicos

BIBLIOGRAFIA

- 1.- API, CODIGO API STANDARD 650, AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, (USA, 1982)
- 2.- B. ASPIAZU, "TECNICA DE INSPECCION EN MATERIALES Y PROCESOS PARA LA CONSTRUCCION DE RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS LIMPIOS DE PETROLEO" (TESIS, FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 1985)
- 3.- AISC, MANUAL DE CONSTRUCCIONES EN ACERO, TOMO 2
- 4.- AWS, WELDING HANDBOOK (VOLUMEN UNO; 7ma. EDICION, 1976)
- 5.- T. BAUMEISTER Y E. AVALLONE, MANUAL DEL INGENIERO MECANICO DE MARKS (8 ava. EDICION; MACGRAW-HILL, 1984)
- 6.- CEPE, "TECNICA DE CONTROL DE LA EVAPORACION EN LOS PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO, (ECUADOR, 1986)
- 7.- L. DE VEDIA, APUNTES DE SOLDADURA, (ARGENTINA, 1971)
- 8.- ESAB, MANUAL DE SOLDADURA ESAB, (SUECIA, 1983)
- 9.- M. FONTANE Y N. GREENE, CORROSION ENGINEERING, (MACGRAW-HILL; USA, 1967)
- 10.- LINCOLN ELECTRIC COMPANY, THE PROCEDURE HANDBOOK OF ARC WELDING, (13 ava. EDICION ; USA, 1973)
- 11.- I. PANCHANA, "MONTAJE DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO, UTILIZANDO EL METODO DE ELEVACION UNIFORME" (TESIS, FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 1988)
- 12.- A. TORRES, APUNTES DE SOLDADURA; (ESPOL, 1984)