



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

6
24.

"ARAGÓN"

"PROPUESTA DE ALMACENAMIENTO DEL EXCEDENTE
DE COMBUSTOLEO EN LA REFINERÍA MIGUEL
HIDALGO PARA SU FUTURO APROVECHAMIENTO."

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

P r e s e n t a:

MIGUEL ALBERTO ALVARADO IBARRA

ASESOR: ING. JAVIER NAVA PÉREZ

San Juan de Aragón, Edo. de México. 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A DIOS

POR CONCEDERME EL GRAN DON DE VIVIR Y PERMITIRME REALIZARME COMO SER HUMANO

A MIS PADRES .

MARÍA IBARRA HERNÁNDEZ Y ADALBERTO ALVARADO HERNANDEZ

POR EL AMOR, CONSEJOS, APOYO, CONFIANZA Y DEDICACIÓN BRINDADA GRACIAS

A MIS HERMANOS.

PEDRO JAVIER, LUIS FIDEL, MARTIN, JUANA Y MARTHA.

POR COMPARTIR CON ELLOS LOS PEQUEÑOS Y GRANDES MOMENTOS

A MI SORTE.

VERÓNICA SOSA RENTARÍA

POR SU PACIENCIA, CARIÑO, DEDICACIÓN Y TIEMPO GRACIAS

A MI ASESOR,

ING. JAVIER NAVA PÉREZ

POR BRINDARME DEDICACIÓN Y TIEMPO GRACIAS

A TODOS MIS PROFESORES.

GRACIAS POR SUS ENSEÑANZAS TRANSMITIDAS

POR SU COLABORACIÓN EN EL PRESENTE PROYECTO.

ING. VÍCTOR PUEBLA BELMONT.

ING. ENRIQUE SÁNCHEZ ACUÑA.

LIC. GUILLERMO HERNÁNDEZ PÉREZ

POR SU GRAN CONFIANZA, AYUDA Y DEDICACIÓN GRACIAS.

A TODAS LAS PERSONAS QUE ME BRINDARON SU AYUDA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO GRACIAS

DESARROLLO

INTRODUCCIÓN

I.- TEORÍA BÁSICA

II.- ANÁLISIS DEL PROBLEMA

III.- DISEÑO DE UN RECIPIENTE ATMOSFÉRICO

IV.- ANÁLISIS ECONÓMICO

V.- CONCLUSIONES

GLOSARIO

ANEXO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE

ÍNDICE

Página

INTRODUCCIÓN

1

CAPITULO I. TEORÍA BÁSICA

I.1	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	3
I.1.1	RECIPIENTES A PRESIÓN	3
I.1.2	PRESIÓN DE DISEÑO	3
I.1.3	PRESIÓN DE PRUEBA	3
I.1.4	ESFUERZO DE DISEÑO A LA TENSIÓN	4
I.1.5	PRUEBA HIDROSTÁTICA	4
I.1.6	PRUEBA DE NEUMÁTICA	4
I.2.	TIPOS DE RECIPIENTES	5
I.2.1	RECIPIENTES ATMOSFÉRICOS	5
I.2.2	RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO A BAJA PRESIÓN	5
I.2.3	RECIPIENTES A PRESIÓN NO SOMETIDOS A FUEGO DIRECTO	6
I.2.4	RECIPIENTES VERTICALES Y HORIZONTALES	8
I.2.5	RECIPIENTES ESFÉRICOS	8
I.3.	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	9
I.3.1	FACTORES DE SELECCIÓN DE MATERIALES	9
I.3.1.1	PROPIEDADES MECÁNICAS	9
I.3.1.2	PROPIEDADES FÍSICAS	9
I.3.1.3	PROPIEDADES QUÍMICAS	9
I.3.1.4	SOLDABILIDAD DE LOS METALES Y ALEACIONES.	10
I.4	INSPECCIÓN DE SOLDADURA	12
I.4.1	INSPECCIÓN DE LAS SOLDADURA DE LAS PLACAS DE REFUERZO	12
I.4.2	MÉTODO RADIOGRÁFICO	12
I.4.3	NORMAS RADIOGRÁFICAS	12
I.4.4	MÉTODO DE PARTICULAS MAGNÉTICAS	13
I.4.5	MÉTODO ULTRASONICO	13
I.4.6	MÉTODO POR LÍQUIDOS PENETRANTES	13
I.5.	PRUEBAS REALIZADAS A UN RECIPIENTE ATMOSFÉRICO	14
I.5.1	PRUEBAS DEL ENVOLVENTE	14
I.5.2	PRUEBAS EN EL TECHO	14
I.5.3	PRUEBA EN EL FONDO	14

I.6	ASPECTO LEGAL	15
I.7	CÓDIGOS APLICABLES	18
I.8	PROPIEDADES DEL COMBUSTOLEO	20

CAPITULO II ANÁLISIS DEL PROBLEMA.

II.1	REFINERÍAS EN MÉXICO	21
II.2	REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"	23
II.3	SELECCIÓN DEL RECIPIENTE	27
II.4	UBICACIÓN DEL RECIPIENTE	27

**CAPITULO III DISEÑO DE UN RECIPIENTE
ATMOSFÉRICO**

III.1	CONDICIONES DE DISEÑO PARA TULA HIDALGO.	28
III.2	CAPACIDAD Y DIMENSIONES DEL RECIPIENTE	29
III.3	DISEÑO DEL FONDO	32
III.3.1	SELECCIÓN DEL MATERIAL	32
III.3.2	CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS	34
III.3.3	CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS	36
III.3.4	CALCULO DEL PESO DE LAS PLACAS	39
III.3.5	CALCULO DE LA SOLDADURA DEL FONDO	40
III.3.5.1	SELECCIÓN DE ELECTRODOS	43
III.3.5.2	DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE LOS ELECTRODOS REQUERIDOS.	44
III.3.5.3	CALCULO DE PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO	47
III.3.5.4	CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS	48
III.4	DISEÑO DEL ENVOLVENTE	49
III.4.1	CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS	50
III.4.2	CALCULO DE PRESIONES EN EL RECIPIENTE	52
III.4.3	CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS	54
III.4.4	CALCULO DE PESO DEL ENVOLVENTE	57
III.4.5	CALCULO DE SOLDADURA DEL ENVOLVENTE	60

III.4.5.1	CALCULO DE LA JUNTA DEL ENVOLVENTE CON EL FONDO	60
III.4.5.2	DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE LOS ELECTRODOS	61
III.4.5.3	CALCULO DE PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO	63
III.4.5.4	CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS	64
III.4.5.4	CALCULO DE LA SOLDADURA DE LAS UNIONES HORIZONTALES	65
III.4.5.5.1	DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE LOS ELECTRODOS.	66
III.4.5.5.2	CALCULO DEL MATERIAL DEPOSITADO	67
III.4.5.5.3	CALCULO DL PESO DE LOS ELECTRODOS	68
III.4.5.6	CALCULO DE LA SOLDADURA DE LAS UNIONES VERTICALES	71
III.4.5.6.1	DISEÑO DE LA JUNTA	71
III.4.5.6.2	CALCULO DL MATERIAL DEPOSITADO	73
III.5	DISEÑO DEL TECHO	75
III.5.1	CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS	75
III.5.2	CALCULO DE LAS CARGAS QUE SOPORTAN LAS PLACAS DEL TECHO	78
III.5.3	CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS	82
III.5.4	CALCULO DE SOLDADURA	84
III.5.4.1	DISEÑO DE LA JUNTA	86
III.5.4.2	CALCULO DE LOS ELECTRODOS REQUERIDOS	88
III.5.4.3	CALCULO DEL MATERIAL DEPOSITADO	89
III.5.4.4	CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS	89
III.6	CALCULO DE LA ESTRUCTURA DEL TECHO	90
III.6.1	CALCULO DE LA LONGITUD DE LOS LARGUEROS	90
III.6.2	CALCULO DE CARGAS PARA CADA SECCIÓN	94
III.6.3	CALCULO DEL PESO QUE SOPORTA CADA LARGUERO	98
III.6.4	SELECCIÓN DEL MATERIAL	101
III.6.5	CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS LARGUEROS	103
III.6.6	CALCULO DE LAS TRAVES	111
III.6.6.1	CALCULO DE LAS CARGAS DE CADA SECCIÓN	115
III.6.6.2	CALCULO DEL PESO QUE SOPORTA CADA TRABE	126
III.6.6.3	CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS TRAVÉS	128
III.6.7	CALCULO DE LAS COLUMNAS	133
III.7	CALCULO Y SELECCIÓN DE ACCESORIOS	146
III.7.1	CALCULO DEL ORIFICIO QUE MANTENGA EL CAUDAL REQUERIDO	146
III.7.2	CALCULO DEL VENTEO	147
III.7.3	SELECCIÓN DE ACCESORIOS	148
III.7.4	INTEGRACIÓN DE LOS ACCESORIOS	148

CAPITULO IV. ANÁLISIS ECONÓMICO

IV.1	ASPECTOS GENERALES	148
IV.2	COSTO DE MATERIALES	149
IV.2.1	LISTA DE MATERIALES	149
IV.2.2	COSTO DEL MATERIAL	152
IV.2.2.1	COSTO DEL FONDO	152
IV.2.2.2	COSTO DEL ENVOLVENTE	153
IV.2.2.3	COSTO DEL TECHO	154
IV.2.2.4	COSTO DE LA ESTRUCTURA	155
IV.2.2.5	COSTO DE LOS ACCESORIOS	157
IV.3	COSTO DEL TRASLADO DE LOS MATERIALES	158
IV.4	EQUIPO Y HERRAMIENTA DE MONTAJE	158
IV.4.1	DÉPRECIACIÓN DE EQUIPO Y CONSIDERACIÓN DE INDIRECTOS	159
IV.5	GASTOS DE ERECCIÓN	160
IV.5.1	RUTA CRÍTICA	160
IV.6	EVALUACIÓN GLOBAL DE COSTOS	161

CAPITULO V. CONCLUSIONES

163

APENDICE

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

SIMBOLOGÍA

- α = Ángulo [grados].
 δ = Densidad [gr./cm³ ó kg./m³].
 A = Área [m²].
 a = Cateto opuesto.
 An = Anillos.
 Ar = Área requerida de sección transversal [mm² ó pulg²].
 b = Ancho de las placas [m].
 b = Cateto adyacente.
 c = Factor de corrosión [pulg].
 c = Factor de empuje.
 c = Hipotenusa.
 D = Diámetro [m].
 d máx = Deflexión máxima [mm].
 E = Factor de unión de la soldadura.
 E = Modulo de elasticidad del acero [kg./m²].
 F.S. = Factor de seguridad.
 G ó g. = Peso específico [gr./cm³].
 h = Altura [m].
 H = Altura de cada anillo [m].
 ha = Altura de los anillos [m].
 I = Momento de inercia [m⁴].
 K = Factor de diseño de las columnas.
 L = Largo ó longitud [m].
 M máx = Momento máx [kg.-m].
 n = Número de largueros.
 N = Número de placas.
 p = Peso [kg./m].
 π = pi = 3.1416.
 P = Presión [kg./cm²].
 Pe = Perímetro [m].
 Q = Caudal [m³].
 r = Radio [m].
 r = Radio de giro [cm].
 R = Reacción [kg.].
 s = Modulo de sección [cm³].
 S_a = Esfuerzo permitido a la tensión o compresión [kg./cm²].
 S_d = Esfuerzo máximo permisible [kg./cm²].
 SQR = Raíz cuadrada.
 St = Esfuerzo a la cedencia [kg./cm²].
 Sy = Esfuerzo admisible [kg./cm²].
 t = Espesor de las placas [pulg].
 V = Velocidad de aire de la localidad [kg./hr].
 V = Velocidad de fluidos [m/seg.] ó [ft/seg.].

ABREVIATURAS.

AHMSA = Altos Hornos de México S.A.

API = Instituto Americano del Petróleo.

ASTM = Sociedad Americana para la Prueba de los Materiales

AWS = Sociedad Americana de Soldadura.

CPS = Perfil Canal Estándar.

IPR = Perfil rectangular en I.

LIV = Liviana.

PES = Pesada.

NOM = Norma Oficial Mexicana.

INTRODUCCIÓN

La República Mexicana a través de Petróleos Mexicanos (PEMEX) cuenta con seis Refinerías, las cuales se encuentran estratégicamente distribuidas en el territorio Nacional, para transformar el petróleo en productos energéticos, a fin de satisfacer tanto la demanda nacional como la exportación.

Una de las Refinerías es la "Miguel Hidalgo" que se encuentra ubicada en Tula de Allende, Estado de Hidalgo, esta es una Industria que cuenta con tecnología de punta, ya que es uno de los pilares en la tecnología de la Industria Petrolera Mexicana, al ser la primera Refinería diseñada en forma integral con plantas de proceso de gran capacidad, que cumplen con las más exigentes normas de Seguridad y Protección al Medio Ambiente, nunca antes usadas en México

La Refinería "Miguel Hidalgo" actualmente cuenta con una capacidad de proceso para 315,000 barriles por día de petróleo, y tiene una capacidad de almacenamiento y distribución de productos de 8.44 millones de barriles, de los cuales actualmente se almacenan 84,949 barriles diarios de Combustóleo.

El Combustóleo es un energético que se utiliza en el desarrollo de los procesos Industriales, este energético al realizar combustión emite grandes volúmenes de contaminantes a la Atmósfera, por lo que las dependencias gubernamentales, encargadas de vigilar la pureza y calidad del aire, crean y emiten leyes en contra del uso de este energético, proponiendo como alternativa el uso de Gas Natural.

A consecuencia de estas restricciones gubernamentales, el Combustóleo tiene una menor demanda, por lo que en la Refinería "Miguel Hidalgo" se tiene un mayor volumen de almacenamiento de este energético, y se hace necesario el estudio de como dar solución a dicho problema.

En este trabajo se realiza una propuesta de solución para el almacenamiento del Combustóleo y abrir la idea para estudiar la factibilidad de crear una Planta que Reprocese el Combustóleo, para obtener un energético de mayor demanda.

El cual queda conformado de la siguiente manera:

Capítulo I.- En este capítulo se dan los conceptos básicos que intervienen en el tema de recipientes sometidos a presión.

Capítulo II.- En este capítulo se analiza la problemática por la cual pasa la Industria Petrolera Mexicana y la solución al problema.

Capítulo III.- En este capítulo se desarrolla el diseño de un recipiente atmosférico de techo autoportado con capacidad de 100,000 barriles para Combustóleo.

Capítulo IV.- En este capítulo se analizan las consecuencias técnicas, económicas y sociales, que trae consigo la construcción de un recipiente atmosférico.

Capitulo V.- En este capitulo se comentan las conclusiones obtenidas en el estudio realizado en la Refinería "Miguel Hidalgo"

CAPITULO I
TEORÍA BÁSICA

I.1. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS.

Todos los procesos industriales que manejan y producen sustancias líquidas o gaseosas requieren de recipientes para almacenamiento y proceso, con el objeto de guardarlos y protegerlos durante su manejo y distribución dentro o fuera de la planta, todos los conceptos que se enuncian a continuación son para conocer un panorama más completo de la configuración geométrica de un recipiente, los tipos existentes, la forma de operación de los mismos, y las pruebas que se les realizan antes de ponerlos en función.

I.1.1. RECIPIENTES A PRESIÓN.

Se considera como un recipiente a presión a cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar o contener un fluido a presión manométrica y a sea presión interna o de vacío independientemente de su forma y dimensiones.

I.1.2. PRESIÓN DE DISEÑO (P).

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, su valor será el resulte mayor de:

$$P = 1,1 P_o \quad \text{o} \quad P = P_o + 30 \text{ lb-in}^2$$

Donde :

P = Presión de Diseño.

P_o = Presión de Operación.

Al determinar la presión de diseño, debe tomarse en consideración la presión hidrostática debido a la columna del producto que estamos manejando, sobre todo recipiente cilindricos verticales.

I.1.3. PRESIÓN DE PRUEBA (PP).

Se entenderá por presión hidrostática y se cualificará por medio de la siguiente ecuación.

$$P_p = P (1.5) \frac{S_{td}}{S_{U}}$$

Donde:

P= Presión de diseño

S_{td}= Esfuerzo del material a la temperatura ambiente.

S_{10} = Esfuerzo del material a la temperatura de diseño.

I .1.4. ESFUERZO DE DISEÑO A LA TENSION.

Es el valor máximo a que podemos someter un material que forma parte de un recipiente a presión en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material en cuestión.

I .1.5. PRUEBA HIDROSTÁTICA.

El recipiente terminado, una vez lleno con agua, debe someterse a una presión de prueba igual a 1 ½ veces la presión máxima de trabajo permitida.

I .1.6. PRUEBA NEUMÁTICA.

El recipiente terminado puede probarse con aire comprimido en vez de aplicarle la prueba hidrostática, la prueba de presión neumática debe hacerse a 1.25 veces la presión máxima de operación permitida.

I.2. TIPOS DE RECIPIENTES

Una primera clasificación establecida del API, de acuerdo con su presión de operación los tenemos clasificados de la siguiente manera.

- 1) Recipientes atmosféricos: Para presiones iguales a 1.05 kg./cm^2 (15 psig).
- 2) Recipientes a baja presión: Para presiones no mayores a 1.05 kg./cm^2 (15 psig).
- 3) Recipientes a presión no sometidos a fuego directo para presiones mayores a 1.05 kg./cm^2 (15 psig).

I.2.1. RECIPIENTES ATMOSFÉRICOS.

tanques	techo fijo	autosoportado
cilíndricos	techo cónico	soportado
verticales	techo tipo domo	
	techo flotante	

El tipo más común es el constituido por un techo cónico con paredes cilíndricas verticales alcanzan diámetros generalmente de 76 m. y alturas cercanas a 15 m. de acuerdo a sus dimensiones el API., a clasificado como recipiente con techo cónico autosoportable a aquellos cuyo diámetro no excedan a 7.5 m. (24") para aquellos que se encuentran entre esta dimensión y menores a 15 m de diámetro están clasificados como recipientes con techos soportados, debiendo llevar, por lo menos una columna soporte. Para diámetros mayores al techo, debe soportarse mediante estructuras de acero.

Las variantes de este tipo son los recipientes tipo sombrilla y cúpula aunque raramente se fabrican mayores a 18 m.

Existiendo dentro de esta clasificación el recipiente de techo flotante que se emplea para reducir las pérdidas por evaporación, manteniendo un espacio constante sobre el líquido almacenado.

I.2.2. RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO A BAJA PRESIÓN.

La mayoría de estos recipientes se fabrican a base de cubiertas o placas soldadas una a otras, se usan para el almacenamiento de materiales altamente volátiles siempre y cuando su presión de vapor a su temperatura de almacenamiento no exceda los 0.35 kg./cm , como son el gasóleo ligero, la nafta ligera, el pentano,

algunas gasolinas en combinación y los productos químicos volátiles, pueden ser almacenados en recipientes a baja presión.

Los de mayor uso de acuerdo a la siguiente clasificación son:

1).- Recipientes Hemisferoidales.

2).-Recipientes Esferoidales.

3).-Recipiente con Cabezas Esferoidales sobrepuestas.

1).-En el tipo Hemisferoidal, el cuerpo cilíndrico está formado por anillos perfectamente soldados unos a otros, la base y la cabeza se construyen en forma cóncavas.

2).-El recipiente esferoidal es básicamente de forma esférica con fondo plano.

3).-Recipientes de cabezas esferoidales sobrepuestas, es una variante de los dos anteriores, se usan solamente para grandes capacidades recomendándose el uso de atesadores y soportes para evitar altas concentraciones de esfuerzo en el cuerpo.

I .2.3. RECIPIENTES A PRESIÓN NO SOMETIDOS A FUEGO DIRECTO.

Recipientes cilíndricos con cabezas moldeadas: Son empleados cuando la presión interior a que está sujeto el recipiente, es mayor que la presión atmosférica, su disposición puede ser vertical u horizontal con tapas moldeadas, sus diseños están limitados por las especificaciones API y ASME.

Se usan en una extensa variedad de aplicaciones y pueden resumirse en 3 clases

a).- Servicio Funcional

b).- Consideraciones de Presión

c).- Limitaciones en Tamaño

SERVICIO FUNCIONAL.- En cuanto al servicio que ofrecen es de observarse que la mayoría de los equipos de proceso (torres o columnas de destilación evaporados reactores, cambiadores de calor). Están fabricados con cabezas moldeadas y otras partes que cumplen con la función específica.

	Por su uso	De proceso	
Recipientes de Presión			Horizontales
	Por su forma	Cilíndricos Esféricos	Verticales

Por su uso.

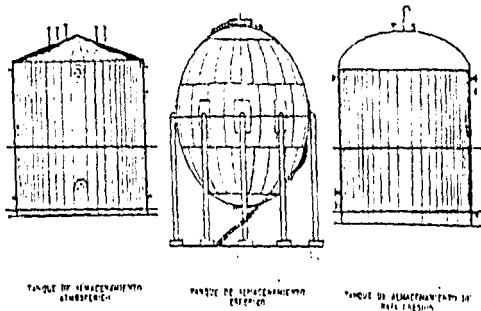
Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión, y de acuerdo a su servicio son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, acumuladores, etc.

Los recipientes de proceso tiene múltiples y muy variados usos, entre ellos podemos citar los cambiadores de calor, reactores, torres fraccionarias, torres de destilación, etc.

Por su forma pueden ser cilíndricos y esféricos, los primeros pueden ser horizontales, y pueden tener en algunos casos chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de fluidos según el caso.

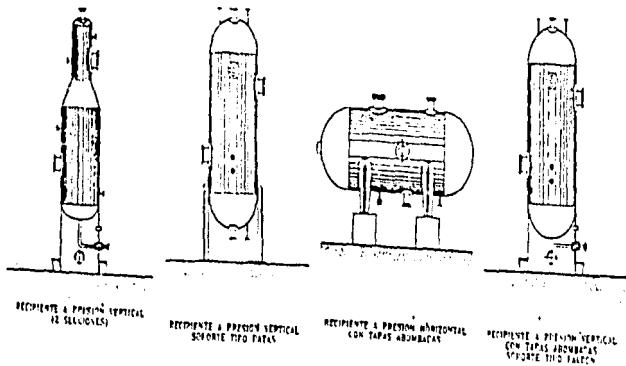
Los siguientes dibujos ilustran los diferentes tipos de recipientes existentes.

TEORÍA BÁSICA



Dib. 1.- TIPOS DE RECIPIENTES

TEORÍA BÁSICA



Dib. 1 (2) - TIPOS DE RECIPIENTES

1.2.4. RECIPIENTES VERTICALES Y HORIZONTALES.

La operación de los recipientes cilíndricos, se determina si el recipiente debe ser montado en posición vertical y horizontal. Así por ejemplo torres o columnas de destilación, que utilizan la gravedad para ejecutar la separación por fases de diversos compuestos requieren de una instalación vertical. Los cambiadores de calor y los tanques de almacenamiento pueden colocarse tanto en posición vertical como horizontal. En el caso de los cambiadores de calor su selección se efectúa por flujo de fluidos y por consideraciones de transferencia de calor. En el caso de los tanques de almacenamiento verticales toma un factor determinante, la localización o lugar de instalación; si éste será instalado a campo libre, las cargas por viento sobre los recipientes verticales pueden imponer la necesidad de edificarlos sobre cimientos pesados para prevenir volcaduras.

Por esta razón los recipientes de almacenamiento horizontales son más económicos.

Sin embargo para dictaminar una solución aceptable, habrá que tomar en cuenta además otros factores como son el área disponible o terreno de cimentación y facilidad de montaje.

1.2.5. RECIPIENTES ESFÉRICOS.

La demanda de la Industria Petroquímica, de recipientes apropiados para almacenar los grandes volúmenes de los productos de destilación, refinación de petróleo y otros productos, como gases y líquidos volátiles de otra índole; productos con una presión de vapor tal que demanden recipientes capaces de soportar grandes presiones para almacenarse, siendo una solución adecuada los recipientes de forma esférica, puesto que es la forma natural que toman los cuerpos, al estar sometidos a presión interna además las esferas pueden mantenerse operando sin pérdidas por evaporación mientras la presión de vapor se mantenga arriba de la presión absoluta del tanque, a la cual se abre la válvula de vacío evitando así esta manera la inducción de la mezcla de aire en el recinto de vapores del producto almacenado, aire que al ser expulsado escapa con los vapores mezclados que lleva consigo.

La esfera a presión emplea el principio de operación de un recipiente que conteniendo únicamente un producto volátil en estado líquido y vapores no permite pérdidas por evaporación siempre y cuando la presión de vapor para la misma temperatura en la superficie del líquido no sea inferior a la que acciona la válvula de alivio de vacío.

I.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Estos materiales son especificados por el Código A.S.M.E. sección 8, división I, además se especifican materiales para boquillas, escaleras, plataformas, registros hombre, etc.

- Los requisitos de proceso específico son los que influyen en la selección del material para la fabricación del recipiente, sin embargo la selección final queda determinada por las propiedades de los materiales y por los aspectos económicos, con el propósito de producir un diseño tanto confiables con respecto a las condiciones de servicio específico como económico.

Los principales factores que afectan su costo son entre otros: resistencia a la tensión, resistencia a la temperatura, a la corrosión y maleabilidad para adoptar una forma determinada existiendo otras causas de aumento de costo como son: tratamientos térmicos, acabados superficiales, pruebas, dimensiones especiales, mano de obra calificada, etc.

I.3.1 FACTORES DE SELECCIÓN DE MATERIALES.

Para la selección de materiales deben de considerarse varios aspectos como son: propiedades mecánicas, químicas, térmicas, costo, vida estimada de la planta etc.

I.3.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS.

Es deseable que el material tenga buena resistencia a la tensión y alto punto de cedencia, un tanto por ciento de alargamiento y mínima reducción de área, con estas propiedades principalmente, se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

I.3.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS.

En este tipo de propiedades, se buscará que el material deseado tenga bajo coeficiente de dilatación térmica y alto coeficiente de transferencia de calor, según sea el caso.

I.3.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS.

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizamos en la fabricación de recipientes a presión es una resistencia a la corrosión, este factor es de gran importancia ya que un material mal seleccionado nos causará demasiados problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- a) **Reposición del equipo corroído.**- Un material que no sea resistente al ataque corrosivo, puede corroerse en poco tiempo de servicio.

- b) **Sobre diseño en las dimensiones.**- Para materiales poco resistentes a la corrosión es necesario dejar un excedente en los espesores, dejando margen para corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pesados, encarecen el diseño, además de no ser siempre la mejor solución.
- c) **Mantenimiento preventivo.**- Para proteger a los equipos del medio ambiente corrosivo es necesario utilizar pinturas protectoras.
- d) **Paros debido a la corrosión de los equipos.**- Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión, necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica pérdidas en la producción.
- e) **Contaminación o pérdida del producto.**- Cuando en los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, lo cual en algunos casos es de costo elevado.
- f) **Daños a equipos adyacentes.**- La destrucción de un recipiente a presión por corrosión puede dañar los equipos con los que esté colaborando en el proceso.
- g) **Consecuencias de tipo social.**- La falla de un recipiente a presión corroído puede ocasionar desgracias personales, además de que los productos almacenados son nocivos para la salud, pérdidas económicas, etc.

I.3.1.4. SOLDABILIDAD DE LOS METALES Y ALEACIONES.

Depende de las propiedades físicas, composición química y del procedimiento elegido para soldar, para asegurar una buena soldabilidad de los metales, estos deben poseer una gran conductividad térmica, contracción y un coeficiente muy bajo de dilatación lineal.

Durante la soldadura por arco eléctrico la zona de influencia térmica alcanza 12 mm. por ambos lados de la unión y al soldar con gas 30 mm. La ventaja de la soldadura eléctrica ha asegurado un amplio empleo en la industria como medida para eliminar las tensiones interiores se utiliza el tratamiento térmico que incluye la normalización para acero al carbón y temple con alto grado de revenido para aceros especiales. Después de efectuar el tratamiento térmico, la unión soldada y las zonas de influencia adquieren una estructura de grano fino y disminuyen al máximo las tensiones.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión, deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de sus componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre sí estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material cuantos más elementos de aleación contenga, mayores precauciones

deberán tomarse, durante los procedimientos de soldadura de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

Para una selección.

Para una selección adecuada del material a utilizar también se deben considerar los siguientes puntos. En esta etapa se toman en cuenta los aspectos relacionados con la vida útil de los materiales y donde se instalarán, se fija la atención.

- a) Duración estimada del material: para esto es necesario auxiliarnos de la literatura existente sobre el comportamiento de los materiales en situaciones similares.
- b) Disponibilidad y tiempo de entrega de material: Es necesario tener en cuenta las consecuencias económicas, de seguridad del personal y del equipo en caso que se llegarán a presentar fallas inesperadas.
- c) Costo del material y de fabricación: Por lo general, a un alto costo de material, le corresponde un alto costo de fabricación.
- d) Costo de mantenimiento e inspección: Un material de propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión menores, requiere de mantenimiento e inspección frecuente, lo cual implica tiempo fuera de la planta y mayores costos por este concepto.

La decisión final sobre el material a utilizarse será de acuerdo a lo siguiente:

a) Material más adecuado: Será aquel que cumpla con el mayor porcentaje de requisitos tales como:

1.- Requisitos técnicos: El material que cumpla con el mayor número de requisitos técnicos es más importante que cualquier otro, ya que de estos depende el funcionamiento correcto y seguro del equipo.

2.- Requisitos económicos: EL material que implique lo menores gastos como son: Los iniciales, de operación, de mantenimiento y de mayor reembolso de inversión, no obligan por que este concepto se tenga que sacrificar el requisito técnico, que repetimos el más importante.

I.4. INSPECCIÓN DE SOLDADURAS.

a) **SOLDADURAS A TOPE:** Soldadura que une dos miembros situados aproximadamente en el mismo plano, los tipos de juntas existentes soldados a tope son: bisel sencillo o doble, escuadra, todos son con penetración completa o parcial y con o sin tiras de refuerzo.

b) **SOLDADURAS CON FILETE:** Soldadura de sección transversal aproximadamente triangular que une dos superficies situadas a 90° una de otra, en el dibujo 2 se muestran los diferentes tipos de uniones

I.4.1. INSPECCIÓN DE LAS SOLDADURAS DE LAS PLACAS DE REFUERZO

Al terminar la soldadura de las placas de refuerzo al casco del tanque y antes de llenar el tanque con agua de prueba, las placas de refuerzo serán inspeccionadas a través de uno de los métodos siguientes (todas las soldaduras se inspeccionan de su confiabilidad con alguno de estos métodos), aplicando hasta 15 libras por pulgada cuadrada manométricas de presión neumática entre la placa del casco y la placa de refuerzo de cada abertura, utilizando el agujero indicador. Mientras cada espacio está siendo sometido a tal presión, se aplicará jabonadura, aceite de linaza u otro material apropiado para la detección de fugas a toda la soldadura de unión alrededor del refuerzo, tanto dentro como fuera del tanque.

I.4.2. MÉTODO RADIOGRÁFICO.

La inspección radiográfica estará limitada a las uniones del casco del tanque que se haya estipulado tenga completa penetración y completa fusión, particularmente las uniones verticales sometidas al esfuerzo primario del peso o la presión del contenido del tanque. No se requerirá inspección radiográfica para las soldaduras de las placas del techo ni las placas del fondo, ni para las soldaduras que unen placas del techo con el ángulo superior, el ángulo superior con las placas del casco, las placas del casco con las placas del fondo, ni accesorios a los tanques. Tales métodos no se recomiendan para las uniones horizontales del casco para las que se estipule penetración parcial, ni para las soldaduras horizontales que no se requiera que tengan completa penetración y completa fusión.

I.4.3. NORMAS RADIOGRÁFICAS.

La aceptabilidad de las soldaduras examinadas mediante radiografía será juzgada por medio de las normas del código ASME sobre Calderas y Recipientes a Presión, Sección VII, División 1, Párrafo UW-51 (b).

I.4.4. MÉTODO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

Cuando se estipule la inspección mediante partículas magnéticas, el método de examen estará de acuerdo con el Código ASME sobre Calderas y Recipientes a Presión, Sección V, Examen No Destructivo, Artículo 7.

Las normas de aceptación serán de acuerdo con el Código ASME sobre Calderas y Recipientes a presión, Sección VIII, División 1, Apéndice VI, párrafo UA-73.

I.4.5. MÉTODO ULTRASÓNICO.

Cuando se estipule el examen ultrasónico, el método de examen estará de acuerdo con el Código ASME sobre Calderas y Recipientes a Presión, Sección V, Examen No Destructivo, Artículo 5. Las normas de aceptación serán por convenio.

I.4.6. MÉTODO POR LIQUIDO PENETRANTE.

Cuando se estipule examen mediante líquido penetrante, el método de examen estará de acuerdo con el Código ASME sobre Calderas y Recipientes a Presión, Sección V, Examen no Destructivo, Artículo 6. Las normas de aceptación y la eliminación, de defectos y las reparaciones serán de acuerdo con el Código ASME sobre Calderas y Recipientes a Presión, Sección VIII, División 1, Apéndice VIII, Párrafos UA-94 y 95.

I.5 PRUEBAS REALIZADAS A UN RECIPIENTE ATMOSFÉRICO

A la terminación de todo el tanque, y antes de que se haya conectado cualquier tubería externa al tanque, el casco de deberá probarse mediante uno de los siguientes métodos:

I.5.1 PRUEBAS EN EL ENVOLVENTE.

a) Si se dispone de agua para las pruebas, el tanque se llenará de agua y se inspeccionará frecuentemente durante la operación de llenado. Para los tanques con techos herméticos, la altura de llenado será 5 cm (2") arriba del ala superior del ángulo superior. Para los tanques abiertos, la altura de llenado será la parte del ángulo superior o la parte inferior de cualquier rebosadero que limite la altura de llenado.

b) Si no se dispone de agua suficiente para llenar el tanque, esta prueba puede hacerse:

(1) pintando todas las uniones del interior con un aceite sumamente penetrante, tal como aceite para muelles de automóviles, y examinando cuidadosamente el exterior de las uniones para determinar si hay filtración,

(2) aplicando vacío a cualquier lado de las uniones o aplicando presión neumática interior como se estipula para la prueba del techo en el API.

(3) cualquier combinación de los métodos estipulados en (1) y (2).

I.5.2. PRUEBAS EN EL TECHO.

A su terminación, el techo del tanque debe probarse aplicando presión neumática interior o vacío exterior a las costuras, utilizando jabón, aceite de linaza u otro material apropiado de fugas. La presión interna no debe exceder del peso de las placas del techo.

I.5.3. PRUEBA EN EL FONDO.

a) Las pruebas para el fondo del recipiente se denomina de vacío y se realiza convenientemente por medio de una caja metálica de pruebas, de 15 cm (6") de ancho por 75 cm (30") de largo, con una ventana de vidrio en la parte superior. La parte inferior abierta se sella contra la superficie del tanque por medio de un empaque de hule esponjoso. Deben proporcionarse las conexiones, válvulas y manómetros adecuados.

b) Aproximadamente 75 cm (30") de la costura bajo prueba se repasa con una brocha con solución jabonosa o aceite de linaza. En condiciones meteorológicas de congelación puede ser necesaria una solución insoluble. La caja de vacío se coloca sobre la sección bañada con la solución o el aceite de la costura y se aplica

vacio a la caja. La presencia de porosidad en la costura es indicada por las burbujas o la espuma producidas por el aire de succión a través de la costura soldada.

c) Puede hacerse el vacío en la caja mediante cualquier método conveniente, tal como la conexión al múltiple de admisión de un motor a gasolina o diesel o a un eyector de aire o bomba especial de vacío.

d) El vacuómetro debe registrar un vacío parcial de cuando menos 2 libras por pulgada cuadrada.

I.6. ASPECTO LEGAL.

1).. **Solicitud de permiso .-** La Secretaría del Patrimonio Nacional es la encargada de regular y controlar cualquier tipo de trabajo u obra que lleve como fin la explotación, proceso, almacenamiento y distribución del petróleo y sus derivados por medio de sus diferentes dependencias como son: la Secretaría de Industria y Comercio, la Secretaría de Salubridad y Asistencia, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Dirección de Minas y Petróleo en el D.F., y las Agencias del petróleo en los Estados de la República.

Para tal fin existe el "REGLAMENTO DE TRABAJOS PETROLEROS" decretado por el presidente Luis Echeverría Álvarez el 16 de febrero de 1973, y en el cual se encuentran todos los requisitos que se deben cumplir para obtener el permiso por parte de la Secretaría, para la instalación y la seguridad de plantas de proceso.

El trámite para obtener la autorización o permiso de instalación por parte de la Secretaría del Patrimonio Nacional será llenar una solicitud de permiso anexando las memorias descriptivas de los planos correspondientes, la información contenida en dichos documentos deberá reunir los requisitos en listados en el reglamento de trabajos petroleros.

Las solicitudes de permisos para la ejecución de obras deberán presentarse en la forma siguiente: en idioma castellano y sistema decimal de pesas y medidas, el objeto del permiso y la denominación de la obra proyectada indicando su ubicación, lote, Municipio y Estado y firmada por un representante legal del organismo solicitante.

Documentos que deben acompañar a las solicitudes:

Memoria descriptiva: Tendrán el objeto de justificar tanto técnica como económicamente las obras y construcciones desde el punto de vista seguridad y contendrán todos los datos necesarios para la mejor interpretación del funcionamiento de las instalaciones y demostrarán que en su construcción y operación de las instalaciones que comprendan no serán lesionados los derechos de terceros.

Planos : Se anexarán planos de localización general y de detalle tanto de terreno como de instalación. Los planos de terrenos contendrán su ubicación anotando Municipio y Estado perímetro del lote, nombre de lotes colindantes y vecinos así como la orientación geográfica del mismo.

Su objeto es ilustrar la exposición y precisar datos de proyecto.

Todo deberá estar escrito por un Ingeniero autorizado para ejercer su profesión y cuyo título y cédula profesional hayan sido registrados en la Dirección General de Profesiones.

2).- Registro de solicitudes.- Dicha solicitud se llevará a la Dirección General de Minas y Petróleo en la Cd. de México y a las agencias técnicas del petróleo en los Estados de La República, en las cuales se llevará un libro de registro de solicitudes de permisos, en donde se asentara por orden numérico, el objeto de cada solicitud, anotando la fecha y hora de cada registro.

3).- Estudios y resolución.- Aceptada a un trámite cada solicitud, los documentos que la acompañan deberán ser objeto del estudio técnico indispensable en la propia dirección o las agencias técnicas según el caso, terminado el estudio técnico de verificación de requisitos, se resolverá si se otorga el permiso solicitado o si se omitió algún requisito se hará saber al organismo interesado para que lo subsane.

El plazo de entrega de permisos será de 15 a 30 días tiempo en el cual se comprobaran los requisitos técnicos indispensables para su ejecución.

Se realizarán inspecciones y vigilancia del cumplimiento del reglamento durante la ejecución de la obra como en su funcionamiento con periodos de tiempo fijados según el caso por la Dirección o por las agencias técnicas, la inspección sanitaria la realizará la Secretaría de Salubridad y Asistencia vigilando el buen funcionamiento de los equipos.

I.7. CÓDIGOS APLICABLES.

Las especificaciones API se publican como un auxiliar para el cuidado y selección de equipo y materiales estandarizados y facilitar la fabricación de tanques de almacenamiento para la industria petrolera a nivel internacional.

Este estándar esta basado en el conocimiento y experiencia de ingenieros, compradores y manufactureros de tanques de almacenamiento de acero soldado , en varias dimensiones y capacidades para presiones internas cercanas a la atmosférica.

REGLAS O CÓDIGOS RECOMENDADOS

PARA EL

DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

DE

GRANDES TANQUES SOLDADOS PARA EL ALMACENAMIENTO

A

BAJA PRESIÓN PARA PETRÓLEO Y SUS

DERIVADOS.

DEPARTAMENTO DE REFINERÍA.

API ESTÁNDAR 650.

SEXTA EDICIÓN.

REVISIÓN 2, DICIEMBRE 31, 1978.

ANSI SEXTA EDICIÓN APROBADA:

MARZO 30 DE 1978.

PUBLICACIÓN OFICIAL API.

REGISTRO DE PATENTE ESTADOS UNIDOS.

Código ASME sección VII (recipientes a presión no sujetos a fuego directo) y la sección IX (requisitos de soldadura).

Especificaciones de su producción de acero de altos hornos de México (AHMSA).

Las estipulaciones para soldadura y detalles afines, fueron preparadas en cooperación de la Sociedad Americana de Soldadura, en todos los aspectos la Soldadura será especificada de acuerdo con lo estipulado en "CALIFICACIONES DE SOLDADURA", SECCION IX DEL CODIGO ASME PARA CALDERAS Y VASIJAS DE PRESION".

I.8. COMBUSTOLEO

Los principales combustibles líquidos derivados del petróleo se obtienen mediante la destilación fraccionada del petróleo crudo.

El combustóleo se obtiene por medio de un proceso de refinación, y es aquella sustancia negra y viscosa, la cual se puede usar directamente y quemarse como combustible industrial y/o almacenarse.

PROPIEDADES DE COMBUSTOLEO PESADO.

Propiedades Físicas	Cantidad	Unidades
Peso Específico 20/40 °c	0.993	
Viscosidad s.f. @ 50 °c	550	segundos
Viscosidad cinemática @ 50 °c	1165	cts
Poder Calorífico	40.8	mj/kg
Temperatura de Inflamación	92	°c
Composición Química		
Carbono.	85.3.	%
Hidrogeno.	11.2	%
Oxigeno.	0.04.	%
Nitrógeno.	0.006.	%
Azufre	3.15	%
Sodio	1	ppm.
Vanadio	300	ppm
Níquel	19	ppm
C. Ramsbotton	0.15	%
Insolubles nc5	0.15	%

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En este Capítulo se analiza la problemática actual por la cual pasa la Industria Petrolera Mexicana, haciendo énfasis a la Refinería Miguel Hidalgo.

II.1 REFINERÍAS EN MÉXICO

México tiene seis refinerías distribuidas estratégicamente en su territorio (Ver dibujo 3) para transformar los hidrocarburos del petróleo en productos energéticos a fin de satisfacer la demanda nacional y exportar los excedentes.

La ubicación y capacidad de procesamiento de crudo de las refinerías existentes es la siguiente.

1) .- Refinería: "Ingeniero Héctor R. Lara Sosa".

Ubicación: Cadereyta Nuevo León.

Inicio de operación: 1979.

Capacidad: 235,000 B.P.D.

Zona de influencia: Norte del país.

2).- Refinería: "Francisco I. Madero".

Ubicación: Ciudad Madero, Tamaulipas.

Inicio de operación: 1914 (modernizada en 1961).

Capacidad actual: 195,000 B.P.D.

Zona de influencia: Norte del país y exportación.

3).- Refinería: "Gral. Lázaro Cárdenas".

Ubicación: Minatitlán Veracruz.

Inicio de operación: 1908 (modernizada en 1963).

Capacidad actual: 200,000 B.P.D.

Zona de influencia: Sureste del país.

4).- Refinería "Ingeniero Antonio M. Amor"

Ubicación : Salamanca, Guanajuato.

Inicio de operación: 1950; modernización en 1962.

Capacidad actual: 235,000 B:P:D.

Zona de influencia: Altiplano y Bajío.

5).- Refinería "Ingeniero Antonio Dovali Jaime"

Ubicación : Salina Cruz, Oaxaca.

Inicio de operación: 1979.

Capacidad actual: 330,000 B:P:D.

Zona de influencia: Sureste del país y exportación.

6).- Refinería "Miguel Hidalgo "

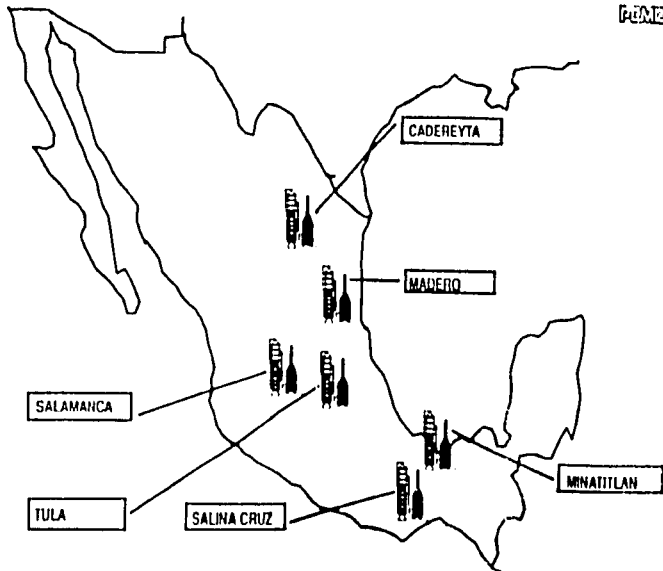
Ubicación : Tula de Allende, Hidalgo.

Inicio de operación: 1976.

Capacidad actual: 315,000 B:P:D.

Zona de influencia: Valle de México y zonas aledañas.

Problemática actual



Dib. 3.-REFINERÍAS EN MÉXICO

II.2 Refinería "Miguel Hidalgo"

Debido a la creciente demanda de energéticos, derivados del petróleo, en la zona del Altiplano del país, en el año de 1972, se inició la construcción de la Refinería "Miguel Hidalgo", misma que inicia sus operaciones el 18 de marzo de 1976.

La Refinería "Miguel Hidalgo" está localizada en el municipio de Tula de allende, Estado de Hidalgo a 8 km. al oriente de la cabecera del municipio y a 82 km. de la Ciudad de México, su acceso es a través de la carretera Jorobas-Tula, km. 26, que comunica con la autopista México-Querétaro. (ver dibujo 4).

La Refinería "Miguel Hidalgo" es uno de los pilares en la tecnología de la Industria Petrolera Mexicana, al ser la primera refinería, planeada en forma integral, usando plantas de proceso de hidrocarburos de alta capacidad, nunca antes usadas en México; plantas gigantes que desde entonces han regido la tecnología petrolera mexicana.

La Refinería "Miguel Hidalgo" tiene una capacidad nominal de proceso de 315,000 barriles por día de aceite crudo, siendo su función principal refinar el petróleo crudo para obtener productos comerciales, como son: gases licuados del petróleo, gasolina magna sin y nova, turbosina, diáfano, diesel especial y nacional, combustóleo, azufre, y especialidades, como gas nafta, hexano y aceite decantado. También obtiene subproductos para su uso interno como son: hidrógeno, gas combustible, propileno, butano-butileno, isobutano e isopentano. Así como el almacenarlos y distribuirlos.

Para su operación requiere de los siguientes recursos:

Humanos
materiales
y
Financieros

Para el manejo de estos recursos se cuenta con las siguientes instalaciones:

- Técnico-administrativas.
- Manejo y almacenamiento de hidrocarburos.
- Proceso de hidrocarburos.
- Extracción, manejo y almacenamiento de agua.
- Proceso de agua.
- Seguridad industrial.
- Protección ambiental.
- Laboratorio.
- Mantenimiento.
- Manejo y almacenamiento de materias primas y refacciones.

Problemática actual



Dib. 4 - LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

- Comunicación .
- Asistencia social.

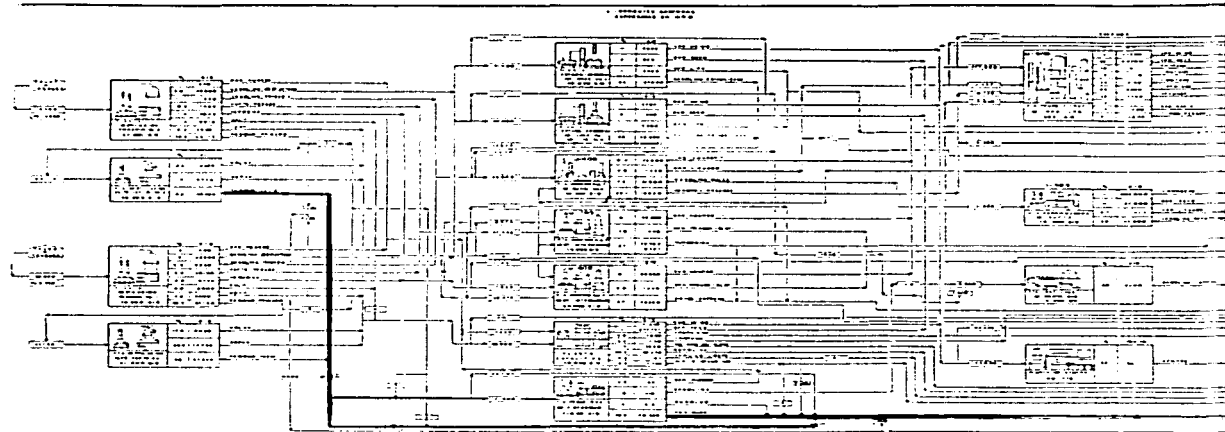
El crudo que procesa la refinería es una mezcla de 70% Cretácico y 30% Maya, provenientes de los campos del sureste de la República Mexicana.

La cual cuenta con las siguientes plantas para el procesamiento del petróleo crudo.

- 1) Planta de destilación combinada N° 1.
- 2) Planta de destilación primaria N° 2.
- 3) Tratamiento cáustico de gasolina.
- 4) Planta de destilación al alto vacío.
- 5) Plantas estabilizadora de gasolina N° 1 y N° 2.
- 6) Planta de desintegración catalítica tipo F.F.C.
- 7) Planta hidrodelsulfuradora de gasolina.
- 8) Planta reformadora de gasolina.
- 9) Planta de tratamiento y fraccionamiento de hidrocarburos.
- 10) Planta reductora de viscosidad.

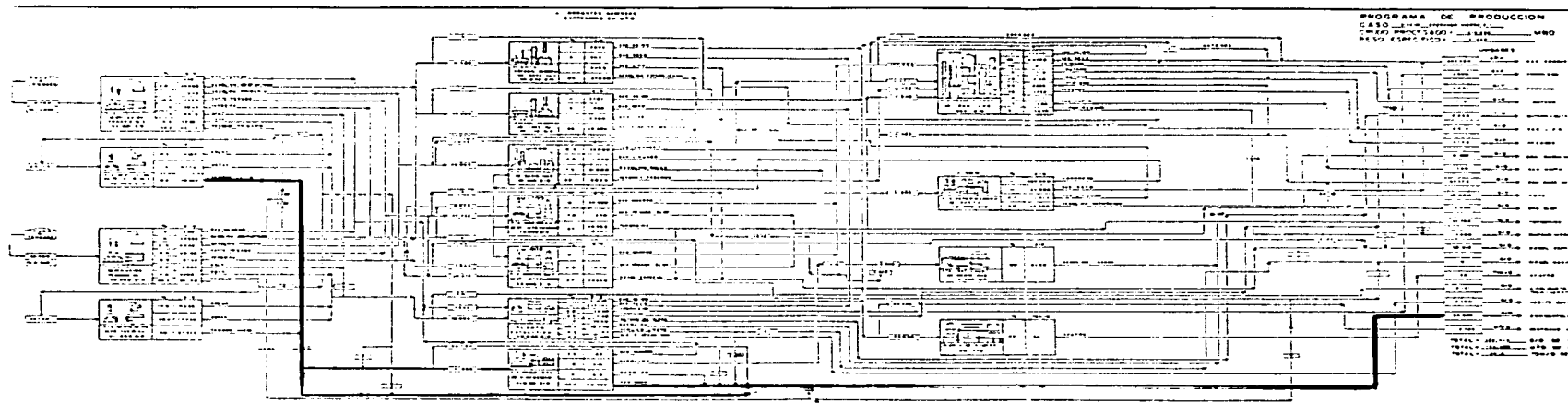
De las cuales podemos observar su capacidad de producción y los productos que se destilan en cada uno de ellas, como muestra el siguiente dibujo (5).

Problematica actual



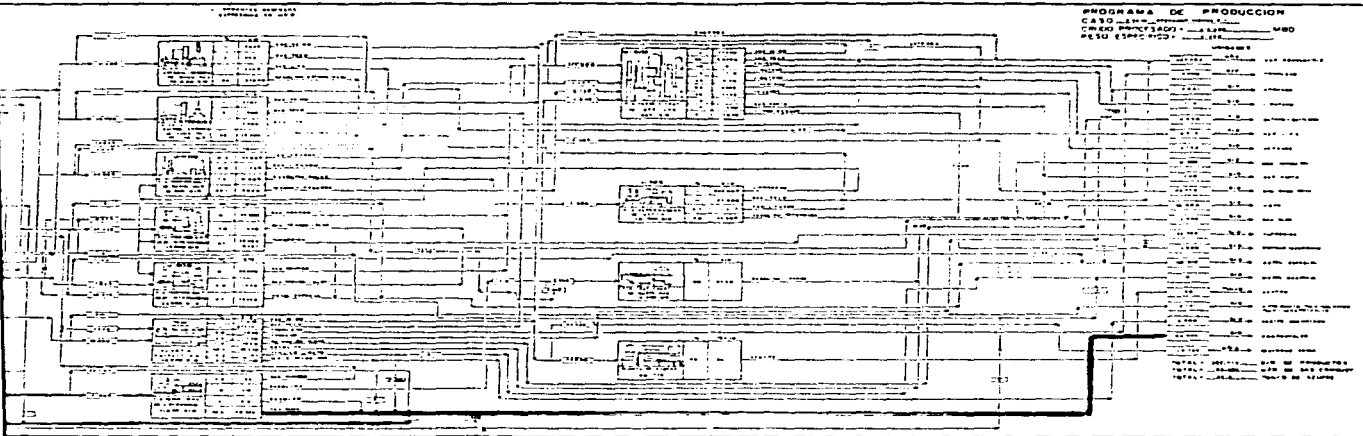
Dib.5.- ESQUEMA GENERAL DE PRODUCCIÓN DE LA REFINERÍA "MIGUEL"

Problemática actual



Dib.5.- ESQUEMA GENERAL DE PRODUCCIÓN DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

Problemática actual



Dib.5.- ESQUEMA GENERAL DE PRODUCCIÓN DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

En la Refinería se obtienen del proceso 84,949 barriles por día de Combustóleo (ver esquema de producción), el cual se almacena y posteriormente se distribuye en las Industrias, ya que este energético se utiliza en la realización de procesos industriales que requieren incremento de temperatura.

La contaminación atmosférica ha sido en gran parte producto del proceso de la industrialización, por las emisiones de humos y gases, para prevenir, restablecer y mantener la calidad del aire, se crean dependencias gubernamentales, las cuales crean y emiten el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de Humos y Polvos" donde en sus disposiciones generales del capítulo uno y dos, indican los parámetros para la medición de los humos emanados a la atmósfera.

Siendo su tendencia ecológica el de reducir la emisión de bióxido de azufre, óxido de nitrógeno, hidrocarburos, plomo, monóxido de carbono y partículas sólidas a la atmósfera, siendo el combustóleo uno de los mayores causantes de estas emisiones, por lo que realizan estudios las dependencias encargadas de proteger el Medio Ambiente, para encontrar otro energético que emane menor volumen de contaminantes a la atmósfera, que las que emana el combustóleo, y realice las mismas funciones que el combustóleo, obteniendo como resultado, que dicho energético es el gas natural, por lo que en la Ley General Del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente se edita la norma, la cual es tomada y aplicada en el Plan Nacional de Desarrollo de 1989 - 1994.

Debido a este enunciamiento las Industrias están cambiando paulatinamente sus equipos de proceso para que utilicen gas natural, lo que hizo notable la disminución de la demanda del combustóleo, por lo que se empezaron a acumular volúmenes excedentes de combustóleo en la refinería "Miguel Hidalgo", debido a que en un futuro el combustóleo no tendrá uso dentro de la producción industrial.

Lo cual a causado que dependencias de investigación realicen estudios sobre el combustóleo los cuales determinan que el combustóleo puede ser reprocesado y de él obtener productos de mayor demanda en el mercado mundial como lo es la gasolina, para lo cual se requiere una planta de procesos refinados, que tenga una capacidad de proceso mayor de 84,949 barriles por día de combustóleo para la Refinería y principalmente que sea una planta que cumpla con las más exigentes normas de calidad y protección al Medio Ambiente, con lo cual se tendría resuelto el problema del combustóleo, pero para la creación de una planta que cumpla con los requisitos anteriores, se necesitan años de investigación, diseño y trabajo, el problema del combustóleo queda vigente y nos hacemos la pregunta ¿Que hacer con el combustóleo? por lo cual se recomienda almacenarlo, para que posteriormente reprocesarlo, para solucionar el problema de almacenamiento se recomienda un recipiente de gran capacidad.

Con este recipiente se solucionarían dos problemas los cuales son:

- a).- El almacenamiento de combustóleo excedente.
- b).- El recipiente sería el punto de partida para la planta de reporesamiento del combustóleo.

Por lo que en este trabajo se selecciona y diseña un recipiente de gran capacidad de almacenamiento, y se instalará en la refinería "Miguel Hidalgo" para la solución de la acumulación de combustóleo excedente.

II.3 SELECCIÓN DEL RECIPIENTE

La forma y tipo de los recipientes las determina el API, en base a las características que presenta el fluido que se almacenara, para este caso el API recomienda un recipiente vertical con techo fijo autosoportado.

II.4 UBICACIÓN DEL RECIPIENTE

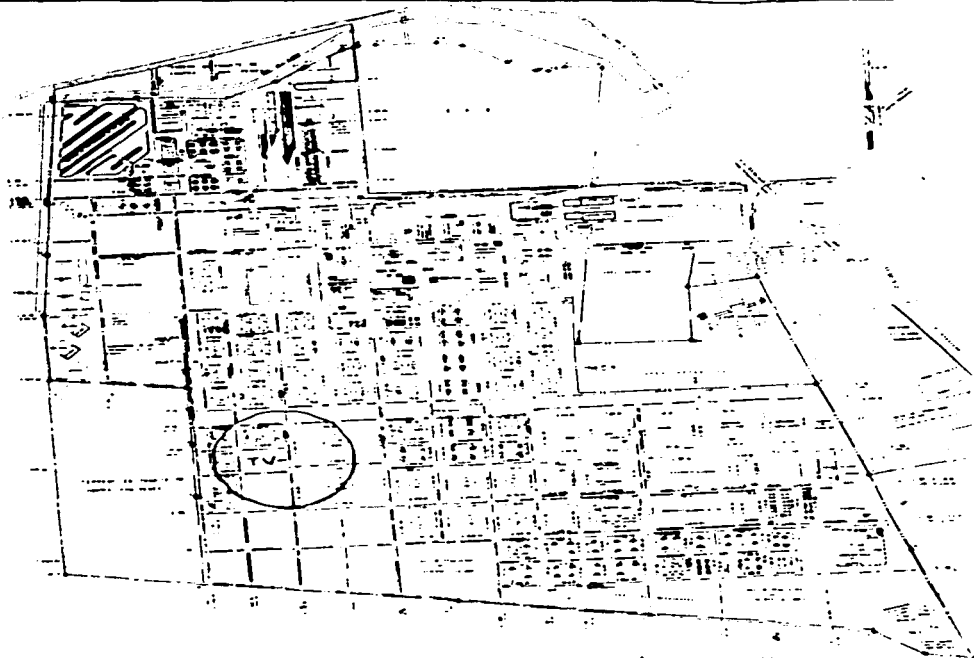
El combustóleo es extraído de las plantas de destilación primario 1 y 2 y de las plantas de destilación de alto vacío 1 y 2 de las cuales mandan sus residuos a la planta reductora de viscosidad para que se procesen y se obtenga principalmente el combustóleo con las características y propiedades que debe tener para su almacenamiento.

Por lo que es conviene instalar el recipiente lo más aproximado a dicha planta o en un punto cercano de donde se propone la planta que en un futuro reprocesará el combustóleo.

Analizando el plano general de la refinería, se observa un espacio donde se puede instalar el recipiente, que cumple con estar cerca de la Planta Reductora de Viscosidad y el espacio propuesto para la planta de reproceso de combustóleo, el cual se encuentra al suroeste de la planta Reductora de Viscosidad y de la Planta Catalítica, y colinda exactamente con los recipientes TV-106 y TV-108 al norte, con el TV-60 al este y al oeste con el TV-110, como se muestra el plano general de la refinería "Miguel Hidalgo" (ver dibujo N° 6)

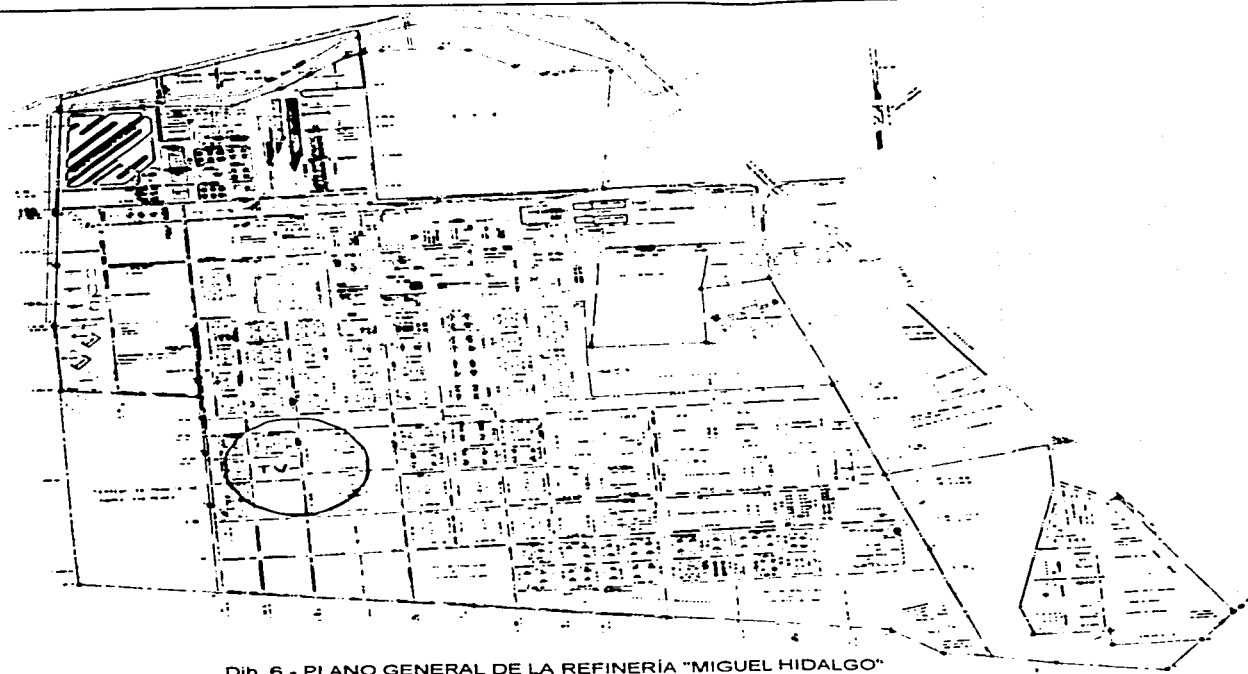
Con la ventaja que al norte de la ubicación del tanque se encuentra un espacio considerable para la proyección de la planta que en un futuro procesara el combustóleo.

Problemática actual



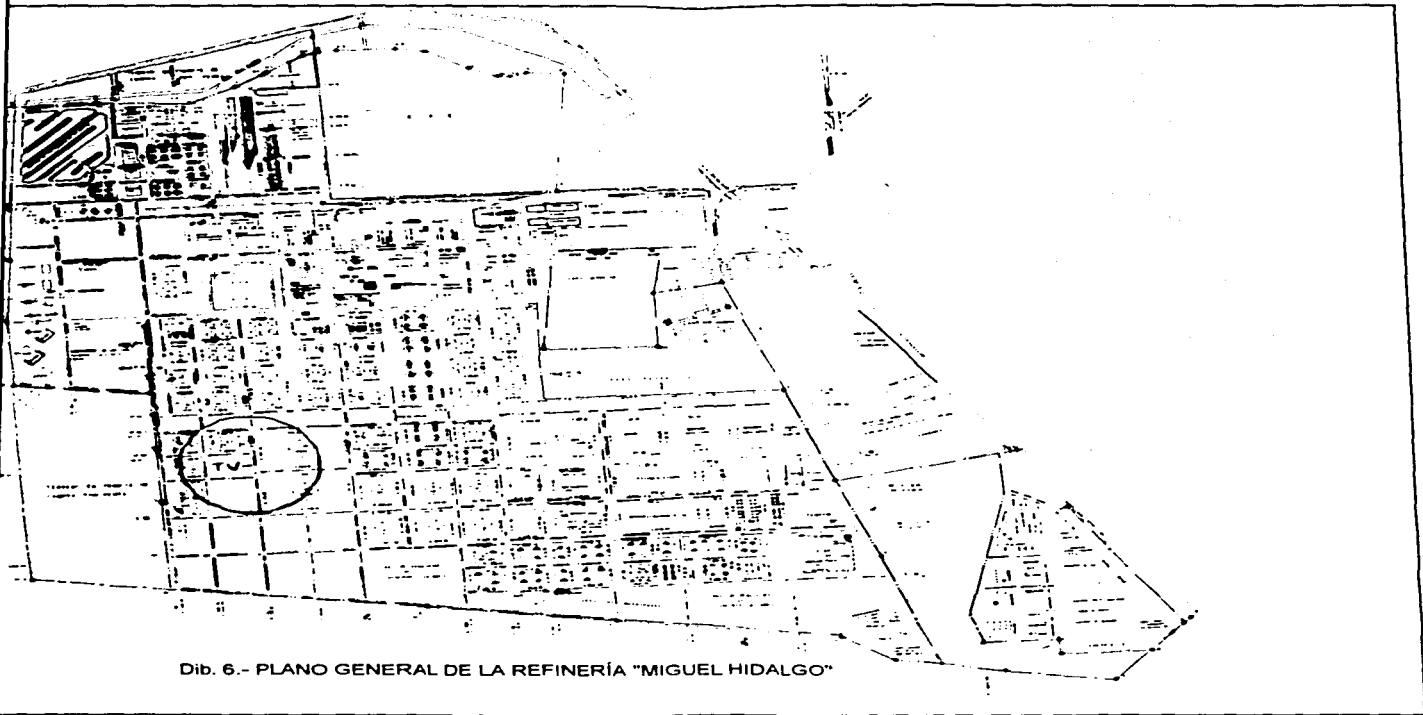
Dib. 6.- PLANO GENERAL DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

Problemática actual



Dib. 6.- PLANO GENERAL DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"

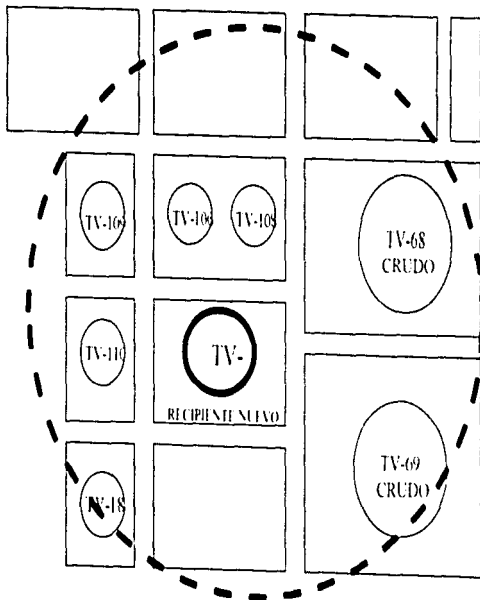
Problemática actual



Dib. 6.- PLANO GENERAL DE LA REFINERÍA "MIGUEL HIDALGO"



N



Dib 6.- UBICACIÓN DEL RECIPIENTE

CAPITULO III

DISEÑO DE UN

RECIPIENTE ATMOSFÉRICO

Nota: Para este diseño se utilizó el Sistema Internacional de Unidades, por conveniencia, para algunos cálculos se empleó el Sistema Inglés, sin embargo, en el costado derecho y entre parentesis, aparece el valor equivalente en el Sistema Internacional.

III.1 CONDICIONES DE DISEÑO PARA TULA HIDALGO.

TEMPERATURA DE BULBO SECO MÁXIMO 44.81°C.

VIENTOS DOMINANTES N.E. A S.W.

VELOCIDAD MEDIA DE 13.86 Km/hr.

VELOCIDAD MÁXIMA DE 140 Km/hr.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE 599 mm. de Hg.

ELEVACIÓN SOBRE EL NIVEL DE MAR DE 2115.312 m.

CONDICIONES DE SUELO.

LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE EN CIMENTACIONES DESPLANTADAS A UNA PROFUNDIDAD MAYOR DE 1.52 m. SERÁ DE 359.17 kg/cm², EL SUELO DONDE SE LOCALIZA LA PLANTA ES UN LIMO ARENOSO, CON CALICHE CAFÉ DE PROPIEDADES ALTAMENTE INTEPERIZABLES.

FACTOR SÍSMICO: CLASIFICACIÓN "B" SEGÚN LOS PARAMETROS DEL DEPARTAMENTO DEL D.F..

FLUIDO: COMBUSTÓLEO PESADO.

VOLUMEN PROPUESTO A ALMACENAR = 100,000 BARRILES.

(Volumen promedio a almacenar de: 84,949 barriles).

III .2 CAPACIDAD Y DIMENSIONES DEL RECIPIENTE.

Se toma la capacidad de 100,000 barriles de acuerdo con las capacidades estandarizadas que nos marca el API std. 650 en el apéndice A (ver de dimensiones en el anexo), y tomando en cuenta es un volumen optimo de almacenamiento, ya que se producen 84,949 barriles diarios de combustóleo.

Se requieren almacenar 100,000 Bls. de Combustóleo, a una presión máxima e igual a la atmosférica, sabemos que una columna de 10.34 m H₂O ejerce una presión de 1.036 kg/cm² igual a la atmosférica, donde calcularemos la columna de Combustóleo a presión atm. para tener la altura del recipiente.

Por lo que tenemos que:

Datos.

$$P_{atm} = 1.036 \text{ kg/cm}^2 \approx 1036 \text{ gr/cm}^2.$$

$$\delta = 0.993 \text{ gr/cm}^3.$$

$$h = ?.$$

Formula.

$$P = \delta h.$$

$$h = (p/\delta).$$

Sustituyendo.

$$h = (1036/0.993)$$

$$h = 1043.30 \text{ cm.}$$

Donde tenemos que una columna de 10.43 m de Combustóleo es igual a la presión atmosférica.

Calcularemos el diámetro requerido apara un recipiente cilindrico vertical con un volumen de 100,000 bls y una altura de 10.43, de acuerdo al siguiente desarrollo.

Con versión de barriles a m³.

$$100,000 \text{ bls } (159 \text{ lV/ } 1 \text{ bls})(1 \text{ m}^3/ 1000 \text{ lts}) = 15,900 \text{ m}^3.$$

$$V = 100,000 \text{ bls} = 15,900 \text{ m}^3.$$

$$h = 10.43 \text{ m.}$$

$$D \text{ (diámetro del recipiente)} = ?.$$

Formula.

$$V = (\pi/4)D^2h.$$

$$d = \text{SQR}(4V/\pi h).$$

Sustituyendo.

$$D = \text{SQR}(4(15,900)/\pi(10.43)).$$

$$D = 44.05\text{m}.$$

Se requiere una altura de 10.43m sin tomar en cuenta el espacio para generación de vapores y un diámetro de 44.05m para almacenar un volumen de 100,000 bls.

Pero en las normas API 650 Std. en el apéndice "A" tabla 1, nos determina las dimensiones del recipiente seleccionado.

Donde las dimensiones son las siguientes:

Altura: 12.192 m (40 ft).

Diámetro: 40.843 m (134 ft).

En base a estas dimensiones calcularemos el volumen del cilindro circular recto que es la forma del cuerpo del recipiente para determinar la capacidad de almacenamiento de Combustóleo.

Conociendo la fórmula del volumen del cilindro circular recto tenemos:

$$V = (\pi/4)D^2 h.$$

Sustituyendo valores en el sistema métrico.

$$V = (\pi/4)(40.843)^2 (12.192).$$

$$V = 15,973.501 \text{ m}^3.$$

Espacio para generación de vapores.

$$\begin{array}{l} 15,900\text{m}^3 \longrightarrow 100\%. \\ 73,501\text{m}^3 \longrightarrow X. \end{array}$$

$$X = 73.501 \times 100 / 15,900$$

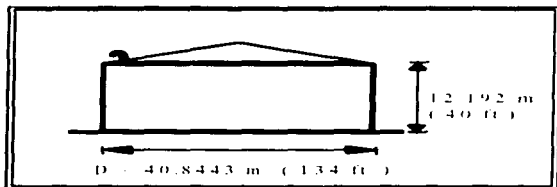
$$X = 0.46\%.$$

Se observa que dichas dimensiones de 12.192 m de altura y 40.843 m de diámetro, como se muestran en la figura, son confiables ya que es mayor la capacidad de almacenaje a la de 100,000 bls (15,900m³), de donde el espacio

exente de 73.501m^3 es para la generación de gases el cual ocupa 0.46% de la capacidad nominal del recipiente, por lo que cumple con la norma API Std 650, en la parte 3, sec. 01.

DIMENSIONES DEL RECIPIENTE DETERMINADAS.

ALTURA(h)	12.192m (40 FT)
DIÁMETRO(D)	40.843m (134 FT)
VOLUMEN(V)	$15.973.501\text{ m}^3$



Dimensiones típicas del recipiente con capacidad de 100.000 barriles

III .3 DISEÑO DEL FONDO.

III .3.1 SELECCIÓN DE MATERIAL.

El material seleccionado para las partes constitucionales del recipiente, deberán satisfacer tanto los factores de selección como las normas estipuladas, como son el API Std 650, ANSI, ASME, ASTM, etc. , tomando como base las condiciones de diseño de la localidad donde se ubicara el recipiente.

Estas partes deberán ser marcadas con el nombre o la marca del fabricante y el material y aquellos otros datos que sean requeridos, tales datos serán la garantía de que el producto satisface las especificaciones de materiales y normas indicados y que es apropiado para el servicio con la capacidad adecuada.

MATERIAL PARA PLACAS.

Todas las placas sometidas a tensiones de membrana impuestas por la presión para la integridad estructural de un recipiente, deben proporcionar un alto orden de resistencia a la fracturación por fragilidad a las paredes del recipiente.

Las especificaciones que cumplen con los factores de selección aprobadas por API 650, Handbook y ASME, para las placas son las siguientes:

ASTM A-283: placas de acero al carbono de baja y mediana resistencia a la tensión, de calidad estructural(Solo los grados C y D).

ASTM A-285: Placas de acero al carbón de baja y mediana resistencia, para recipientes a presión (solo el Grado C)

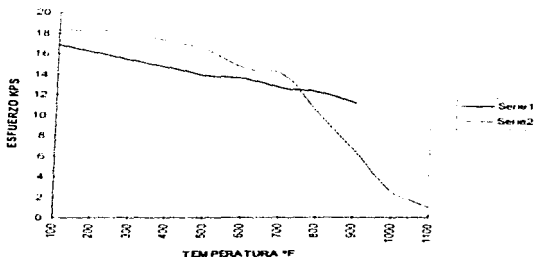
PROPIEDADES DE LOS ACEROS RECOMENDADOS.

Especificación	Esfuerzo Min. a la Cedencia	Esfuerzo Max. Permisible	Temperatura Permisible	Alargamiento Mínimo en probetas de 8"
ASTM A- 283 Gr. C	(30 KSI) 2100 kg / cm ² .	(55 KSI) 3870 kg / cm ² .	(750 °F) 353.3 °C	23 %
ASTM A 283 Gr. D	(33 KSI) 2300 kg / cm ² .	(60 KSI) 4220 kg / cm ² .	(750 °F) 353.3 °C	21%
ASTM A- 285 Gr. C.	(30 KSI) 2100 kg / cm ² .	(55 KSI) 3870 kg / cm ² .	(1100 °F) 518.86 °C	25%

GRÁFICA TEMPERATURAS ESFUERZOS DE LOS ACEROS RECOMENDADOS

TEMPERATURA °F (°C)	ASTM A 283 Gr C	ASTM A 285 Gr. C
	ESFUERZO KPSI (kg / cm ² x 1000) SE	ESFUERZO KPSI (kg / cm ²) SE
100 (37.77)	16.9 (1.18)	18.3 (1.28)
200 (93.3)	16.1 (1.13)	18.3 (1.28)
300 (148.8)	15.3 (1.07)	17.7 (1.24)
400 (204.4)	14.6 (1.02)	17.2 (1.20)
500 (260)	13.8 (0.96)	16.2 (1.13)
600 (315.5)	13.6 (0.95)	14.5 (1.01)
700 (371.1)	12.6 (0.88)	14 (0.98)
800 (426.6)	12.2 (0.85)	10.2 (0.71)
900 (482.2)	11.1 (0.78)	6.5 (0.45)
1000 (537.7)		2.5 (0.17)
1100 (593.3)		1 (0.070)

PLACAS



De acuerdo con lo que muestra la gráfica, en propiedades y características, se seleccionan placas de acero ASTM A 285 Gr. C, para todas las partes constitutivas del recipiente.

III.3.2 CÁLCULO DEL NUMERO DE PLACAS PARA EL FONDO.

Se tiene que el diámetro del fondo es de 40.85m (134 ft) y las normas API std. 650 en la parte 3 sección 2, nos indica que se tendrá como mínimo 2 pulgadas (5.08 cm) mayor del diámetro exterior, por lo que se lo agregaremos al diámetro exterior.

• Añadiendo 4 pulg. al diámetro se tiene.

Convirtiendo pulg. a pies.

$$4 \text{ pulg} \times 0.0833 \text{ ft/1 pulg} = 0.3332 \text{ ft.}$$

$$\text{Diámetro} = 134 \text{ ft} + 0.3332 \text{ ft.}$$

$$\text{Diámetro} = 134.333 \text{ ft. (40.95m).}$$

El área del fondo es de:

$$A = \pi/4 D^2.$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi/4 (134.333)^2.$$

$$A = 14172.78 \text{ ft}^2 (1317.36\text{m}^2).$$

Para cubrir esta área utilizaremos placa de 6 ft (1.82m) x 20 ft(6.097m) como lo marca el API 650 en la parte 3 secc. 1, las cuales en su unión se traslaparán 2 pulgadas sobre su periferia en 2 lados.

Convirtiendo pulgadas a pies.

$$2 \text{ pulg} \times (0.08333 \text{ ft/1 pulg}) = 0.166 \text{ ft.}$$

$$b \text{ (ancho)} = 6 \text{ ft} - (2 \times 0.166 \text{ ft}) = 5.668 \text{ ft.}$$

$$L \text{ (largo)} = 20 \text{ ft} - (2 \times 0.166 \text{ ft}) = 19.668 \text{ ft.}$$

Calculando el área neta de cada placa se tiene;

$$A = L \times B.$$

Sustituyendo datos.

$$A = 19.668 \times 5.668.$$

$$A = 111.478 \text{ ft}^2 (10.36 \text{ m}^2).$$

Teniendo de esta manera el área neta de cada placa una vez traslapada, de esta manera se tendrán el número de placas requeridas para el fondo, dividiendo el área total entre el área de la placas de la siguiente forma.

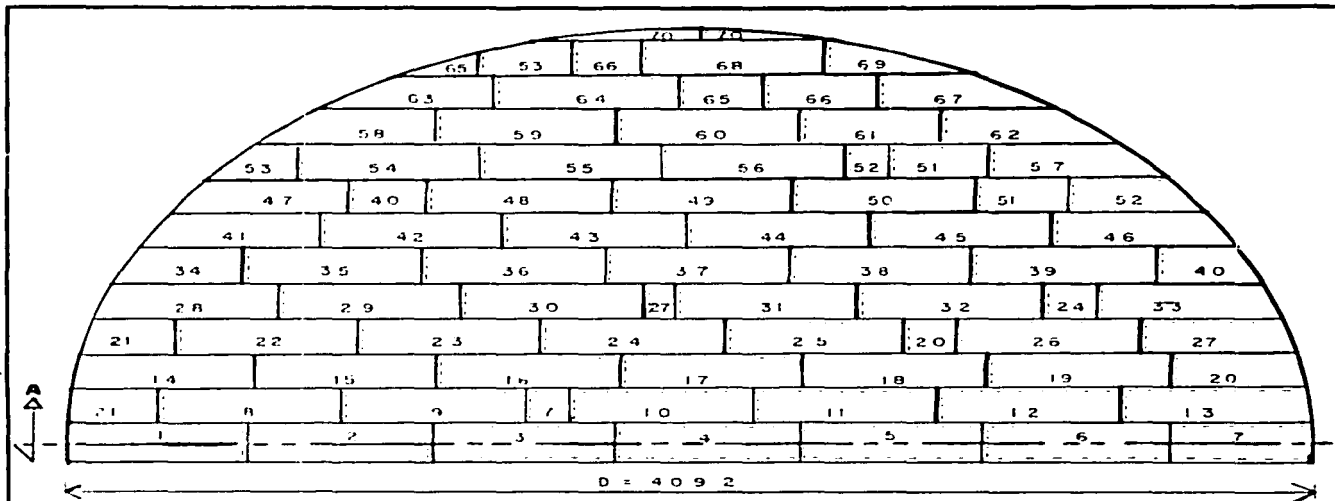
$$N = \text{Area del fondo} / \text{área de las placas.}$$

Sustituyendo valores.

$$N = 14172.78 / 111.478.$$

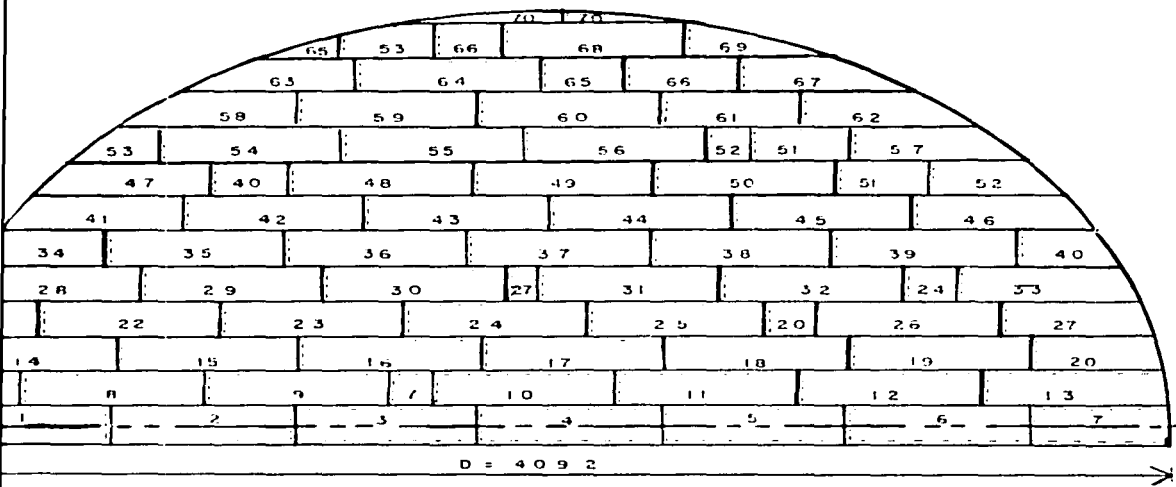
$$N = 127.13.$$

Se utilizarán según el calculo 127.13 placas de 6 ft X 20 ft (1.82 m x 6.096 m) sin considerar ningún desperdicio, pero según el acomodo realizado en el plano N°1 se utilizarán 133 placas, de donde se observa que se tiene un desperdicio teórico de 4.41 %.

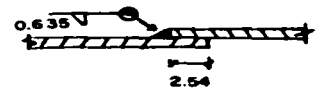
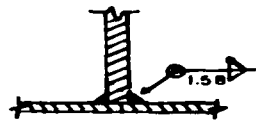


SECCION A-A

1
E
Acot. cm
Esc 1:20
Calc. MA

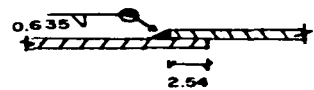
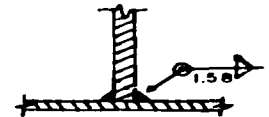
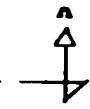
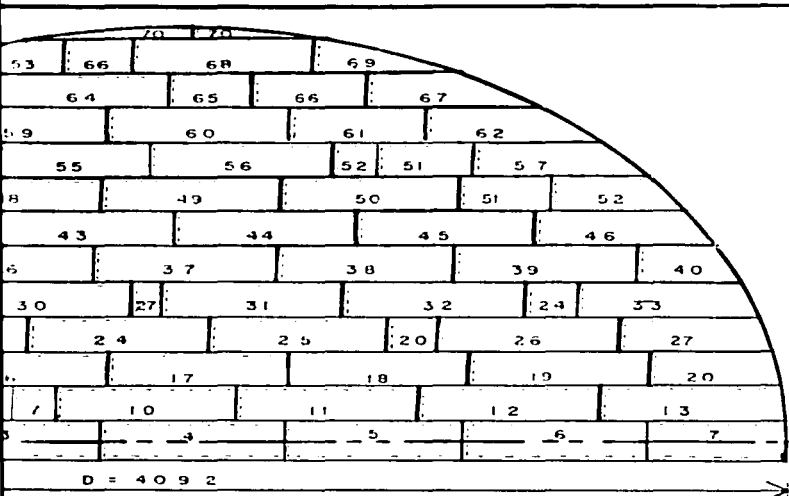


SECCION A-A



TRASLAPES TÍPICOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc 1:200	PLANTILLO DEL FONDO Y DETALLES	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI		Dib. N° 1



TRASLAPES
TÍPICOS

SECCION A-A

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc 1:200	PLANTILLO DEL FONDO Y DETALLES	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI		Dib. N° 1

III .3.3 CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS.

En las placas del fondo soportaran un peso máximo, que es producto de la altura máxima de llenado del combustoleo, el cual ejerce un peso uniformemente distribuido sobre las placas, y tendrán un apoyo uniformemente distribuido por las características de la cimentación, por lo que las placas estarán sometidas a un esfuerzo de compresión.

Donde calcularemos la sección transversal requerida como lo muestra la figura siguiente para soportar dicho esfuerzo.



Sección transversal requerida

Se realizara el calculo considerando la altura máxima de llenado con agua como lo marcan las normas API 650 en la parte 3, sección 3 y párrafo 2.

Calculando el peso del fluido en el fondo.

$$p = \delta_{H_2O} \cdot h.$$

Sustituyendo valores.

$$p = (1000 \text{ kg/cm}^3) \times (12.192\text{m}) = 12,192 \text{ kg/m}^2.$$

El fondo esta conformado por placas rectangulares las cuales tiene una área sin considerar traslapes de:

$$A = L \times b.$$

$$L = 20 \text{ ft} \approx 6.096 \text{ m.}$$

$$b = 6 \text{ ft} \approx 1.828 \text{ m.}$$

Sustituyendo.

$$A = 6.096 \times 1.828.$$

$$A = 11.14 \text{ m}^2.$$

Multiplicando las dos ecuaciones anteriores obtenemos el peso en el fondo.

$$p = 12192[\text{kg}/\text{m}^2] \cdot 11.14[\text{m}^2] = 135920.86 \text{ kg peso que soporta cada placa de columna de fluido.}$$

Transformando kg a lb.

$$p = 135,920.86 \text{ kg} \times (2.205 \text{ lb})/1 \text{ kg}.$$

$$p = 299,693 \text{ lb.}$$

Calculando el esfuerzo permitido (S_a) a la presión de las placas ASTM A -285 Gr. C.

$$S_a = 55,000 \text{ lb}/\text{pulg}^2 \times (3/8) =$$

$$S_a = 20,625 \text{ lb}/\text{pulg}^2. (1449.40 \text{ kg}/\text{cm}^2)$$

(Se multiplica por 3/8 para tener un esfuerzo admisible de diseño).

Calculando el área transversal requerida de la placa con un esfuerzo de compresión.

Datos.

$$P = 299,693 \text{ lb.}$$

$$S_a = 20,625 \text{ lb}/\text{pulg}^2.$$

$$A_r = ?.$$

Fórmula.

$$S_a = P/A_r.$$

Despejando A_r .

$$A_r = p / S_a.$$

Sustituyendo valores.

$$A_r = (229,963 \text{ lb}) / (20,625 \text{ lb}/\text{pulg}^2).$$

$$A_r = 11.13 \text{ pulg}^2.$$

Tenemos el área de la sección transversal requerida, donde tomando el largo o el ancho de la placa podemos determinar el valor del espesor requerido.

$$A_r = 11.13 \text{ pulg}^2.$$

Convirtiendo el ancho y largo de la placa de m a pulg.

$$L = 6.096\text{m} \times (0.0254 \text{ pulg}) / (1\text{m}) = 240 \text{ pulg.}$$

$$L = 1.828 \times (0.0254 \text{ pulg}) / (1\text{m}) = 71.96 \text{ pulg.}$$

$$t = ?.$$

Formula.

$$A_f = L \times t.$$

Despejando t.

$$t = A_f / L.$$

Sustituyendo el valor de L.

$$t = (11.13 \text{ pulg}) / (240 \text{ pulg}) = 0.0463 \text{ pulg.}$$

$$t = (11.13 \text{ pulg}) / (71.96 \text{ pulg}) = 0.154 \text{ pulg.}$$

Tomamos el mayor espesor resultante, por seguridad de diseño, de donde concluimos que las placas del fondo requieren tener un espesor mínimo de $t=0.154$ pulg., comparado con el espesor comercial más cercano es igual a $t=0.125$ pulg. ó 0.1875 pulg. ($3/16$ pulg). Pero la norma API 650, en la parte 3 sección 2 párrafo 1 nos indica que el espesor mínimo de las placas del fondo será de $1/4$ (0.250) pulg. (6.35 mm)

Por lo tanto se emplearán para el fondo placas con un espesor de $1/4$ pulg.

III .3.4 CALCULO DEL PESO DE LAS PLACAS.

El fondo estará conformado por 133 placas de 6 ft X 20 ft X 1/4 pulg. las cuales tienen una área de 122.87 ft (11.42 m²) cada una y cada placa pesa 49.8 kg/m², según AHMSA, donde multiplicando el área de cada placa por el peso según obtenemos AHMSA el peso de cada placa.

Datos.

$$p = 49.8 \text{ kg/m}^2.$$

$$A = 11.42 \text{ m}^2.$$

$$N = 127.129.$$

Fórmula.

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 49.8 \text{ kg. / m}^2 \times 11.42 \text{ m}^2. = 568.71 \text{ kg.}$$

Ahora con este peso lo multiplicamos por el número total de placas, para obtener el peso ejercido por las placas del fondo.

Fórmula.

$$W_{\text{TOTAL}} = W \times N.$$

Sustitución de. valores.

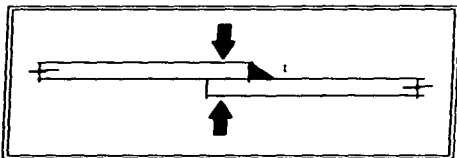
$$W_{\text{TOTAL}} = 568.71 \text{ kg.} \cdot 133 = 75,638.43 \text{ kg.}$$

Por lo que el peso de las placas del fondo;

$$75,638.43 \text{ kg.} = 75.638 \text{ Ton.}$$

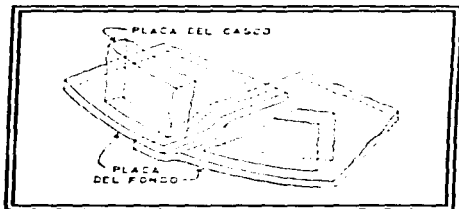
III .3.5 CÁLCULO DE LA SOLDADURA DEL FONDO.

Las placas se unirán por soldadura eléctrica manual como lo especifica el API 650 en la parte 3 sección 2 y párrafo 3, nos indica también que las placas serán soldadas a traslape y unidas únicamente en su cara superior con soldadura de chaffán completo y continuo.



Placas a traslape con chaffán completo y continuo

Las placas que quedan debajo del anillo inferior del envolvente tendrán los extremos exteriores de sus costuras adaptadas y soldadas al traslape de manera que forme una superficie lisa de apoyo para las placas del envolvente, como lo indica la siguiente figura.



Manera de disponer las placas traslapadas del fondo, debajo del casco del recipiente

Las placas del fondo están sometidas a un esfuerzo de compresión de 135,920.86 kg. (299.64 lb) por cada placa, (dato extraído del cálculo del espesor de las placas del fondo). Las cuales tienen 6.096m de largo y 1.828m de ancho y 6.3 mm (1/4 pulg) de

espesor, calcularemos el tamaño de la soldadura de filete requerido de acuerdo al PRESSURE VESSEL HANDBOOK en la parte IV, sección. V, tomando en cuenta que el filete será de lados iguales y se soldarán sobre la periferia de la placa.

Se calcula el perímetro de la placa para saber la longitud de la soldadura.

$$b = 1.82 \text{ m}$$

$$L = 6.096 \text{ m.}$$

$$P_e = 2 L + 2 b.$$

Sustituyendo valores.

$$P_e = 2 (6.096) + 2 (1.82).$$

$$P_e = 15.832 \text{ m.}$$

haciendo la conversión de m a pulg.

$$P_e = 15.832 \text{ m} \times (1 \text{ pulg}) / (0.0254 \text{ m}) = 623.30 \text{ pulg.}$$

Determinando el tamaño de soldadura de filete y la carga que soporta cada pulgada de soldadura en la placa es de 623.30 pulg todo alrededor, y la carga de compresión es de 299.6649 kib de acuerdo con la sig. expresión.

$$W = p / A_w.$$

$$p = 299.649 \text{ kib.}$$

$$A_w = 623.30 \text{ pulg.}$$

Sustituyendo datos.

$$w = 299.649 / 623.30 = 0.48074 \text{ kb por pulg lineal.}$$

Donde es el peso que soportará la soldadura por pulgada de distancia, la cual esta por debajo del limite que establece el PRESSURE VESSEL HANDBOOK.

$$w = w / f.$$

$$f = (\text{factor de carga permitida área de los patines}) 9.6 \text{ kib/pulg}^2.$$

Sustituyendo valores.

$$w = 0.48074 \text{ klb pulg} / 9.6 \text{ klb}^2 \cdot \text{pulg}$$

$$w = 0.0500 \text{ pulg.}$$

Por lo tanto se requiere una soldadura de filete de 0.0500 pulg \approx 1/16 pulg, pero las normas API 650 en la parte 3, sección 2, párrafo 4 nos indica que las placas del fondo serán unidas por medio de soldadura de arco eléctrico, en su cara superior únicamente, con un chaflán completo y continuo de 1/4 pulg. (6.35 mm) en todas las costuras.

III.5.1 SELECCIÓN DE ELECTRODOS.

Se seleccionan en base a su resistencia mínima a la tensión, y el tipo de acero conforme a AWS.

Se utilizarán electrodos E-6010 y E-6027. para este caso, de acuerdo a sus características, para formar el filete de 1/4 pulg.

CLASIFICACIÓN	RESISTENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN PSI.	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS.
E-6010	60,000 lb/pulg ² (4216.44 kg./cm ²).	Fondeo.	Es adecuado para soldadura en todas las posiciones con corriente directa de polaridad invertida, tiene bajo régimen de depósito y forma un arco de profunda penetración.
E-6027	60,00 lb/pulg ² (4216.44 kg./cm ²).	De relleno	Tiene un alto régimen de depósito, en posición plana horizontales de varias pasadas, usando corriente directa o alterna.

Placa de acero al carbón ASTM_A 1285 Gr C.

Soldadura para aceros al carbón.

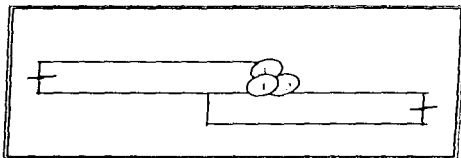
Resistencia de la placa = 55,000 lb/pulg² (3865.07 kg./cm²).

Resistencia del electrodo = 60,000 lb/pulg² (4216.44 kg./cm²).

Son óptimos los electrodos seleccionados y compatibles con las placas a unir.

III.3.5.2 DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE LOS ELECTRODOS REQUERIDOS.

Se realizará la junta de tres cordones de soldadura para formar el filete de 1/4 pulg. (6.35 mm) de lados iguales, como lo muestra la siguiente figura, el primer cordón se realizará con electrodos E-6010 de 1/8 pulg (3.17 mm) de diámetro en la raíz y el segundo y tercero con electrodos E-6027 de 5/32 pulg (3.96 mm) de diámetro para culminar el filete, llevando la secuencia que muestra la figura siguiente.



Formación del filete de 1/4 de pulg (6.35 mm) con tres cordones.

Considerando que el rendimiento de los electrodos E-6010 y E-6027, en sus correspondientes diámetros es de 1 cm de cordón por 1 cm de electrodo, y el electrodo tiene una longitud de 35.56 cm (14 pulg). Como lo marcan las especificaciones AHMSA en la parte VII y sección III (ver anexo), por lo que la longitud que nos cobre un electrodo lo determinamos de la sig. manera.

1 cm de electrodo \longrightarrow 1 cm de deposito.
 35.56 cm \longrightarrow x.

$$x = 35.56 \times 1/1.$$

$$x = 35.56 \text{ cm de cordón.}$$

Pero supondremos un desperdicio del 15% de soldadura.

35.56 cm \longrightarrow 100 %.
 x \longrightarrow 15 %.

$$x = 35.56 \times 15 / 100 = 5.334 \text{ cm.}$$

$$x = 5.334 \text{ cm longitud equivalente de desperdicio.}$$

Por lo cual se tendrá una longitud de cordón de soldadura por electrodo de 30.226 cm.

$$L = 35.56 - 5.334.$$

$$L = 30.226 \text{ cm.}$$

Conociendo el número de juntas verticales según nos lo muestran el dibujo del plantilleo del piso, que son 16 diferentes longitudes y a continuación se muestra en la siguiente tabla.

Junta. Vertical	Longitud. [cm].
1	40.80.
2	40.60.
3	40.00.
4	39.40.
5	38.20
6	36.80
7	35.20.
8	3.300.
9	30.60.
10	27.40
11	23.40.
12	18.40.
13	900
TOTAL	41280.

Estas longitudes son de la mitad del plantilleo, pero se multiplica por dos(2) y se obtiene la longitud total de las juntas verticales, debido a que es asimétrica a la otra mitad del fondo.

$$L = 41280 \times 2.$$

$$L = 82560 \text{ cm.}$$

Ahora conociendo la longitud de las juntas verticales se realiza el cálculo de la cantidad de electrodos.

$$1 \text{ electrodo} \longrightarrow 30.226 \text{ cm. deposita.}$$

$$x \quad \longrightarrow 82560 \text{ cm de junta vertical.}$$

$$x = (82560 \times 1) / (30.226) = 2731.42.$$

$x = 2731.42$ electrodos se utilizan para las juntas verticales.

La juntas horizontales son de igual longitud todas, como lo muestra el plano del plantilleo del fondo donde nos indica que son 146 juntas de 172.72 cm c/u. por lo que la longitud de la soldadura es.

$$L = 146 \times 172.72 \text{ cm.}$$

$$L = 25217.12 \text{ cm.}$$

se realiza la misma operación que para las juntas verticales de donde se tiene.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ electrodo} \text{ -----} \rightarrow 30.226 \text{ cm de deposito.} \\ x \quad \text{-----} \rightarrow 25217.12 \text{ cm de longitud.} \end{array}$$

$$x = 25217.12 / 30.226.$$

$$x = 834.28 \text{ Electrodos.}$$

Sumando la cantidad de electrodos a utilizar en las juntas horizontales y verticales se tiene.

$$\text{Electrodos para juntas horizontales} \rightarrow 8334.28.$$

$$\text{Electrodos para juntas verticales} \rightarrow 8334.28.$$

$$\hline 3565.70.$$

Por lo que utilizaremos 3565.70 electrodos E-6010 para el fondeo y 7131.4 electrodos E-6027 para relleno (2^{do} y 3^{er} cordón).

III .3.5.3 CALCULO DEL PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO.

De acuerdo con la tabla de las especificaciones AHMSA nos indica el peso del metal "depositado" para filetes. de la cual se obtiene lo siguiente.

Filete de 1/8" (3.175 mm) —————→ 35.4 gr./m/.

Filete de 5/32" (5.00 mm) —————→ 98.2 gr./m/.

El peso por metro lineal de la soldadura es

1^{er} cordón —————→ 35.4 gr. } fondeo.

2^{do} cordón —————→ 98.2 gr. } relleno.

3^{er} cordón —————→ 98.2 gr. } relleno.

—————
231.8 gr./ m lineal.

Sumando las longitudes de las juntas verticales y horizontales.

$L_{HOR.} = 2517.12 \text{ cm.}$

$L_{VERT.} = 82560 \text{ cm.}$

$L_{TOTAL} = 107777.12 \text{ cm} \approx 1077.77 \text{ m.}$

De donde conociendo la longitud lineal de la junta conoceremos su peso mediante la sig. expresión.

1m lineal —————→ 231.8 gr.

1077.77m lineales —————→ x.

$x = 1077.77 \times 231.8 / 1.$

$x = 249827.086 \text{ gr.}$

$x = 249.827 \text{ kg.}$

Por lo tanto el peso de la soldadura en el fondo es de 249.827 kg.

III.3.5.4 CÁLCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS.

Según la tabla de las especificaciones AHMSA nos indica el número de electrodos por kilogramo de donde:

Clasificación.	Diámetro.	No. de electrodos por kg.	Electrodos requeridos.	kg. de electrodos.
E-6010.	3/32" (2.38 mm).	50.	3565.70.	71.3.
E-6027.	5/32" (3.97 mm).	25.	7131.4.	185.256.

Para electrodos de 3/32" (2.38 mm).

1 kg. -----> 50 elec.

x -----> 3565.70 elec.

$$x = (3565.70 \times 1) / 50. = 71.3 \text{ kg.}$$

Para electrodos de (5/32") (3.97 mm).

1 kg. -----> 25 electrodos.

x -----> 7131.4 electrodos.

$$x = (7131.4 \text{ electrodos} \times 1 \text{ kg}) / (25 \text{ electrodos}). = 285.256 \text{ k g.}$$

Por lo tanto se requiere tener para realizar la unión de las placas con soldadura de traslape de chafán continuo 71.3 kg. de electrodos E-6010 y 285.256 kg. de electrodos E-6027.

III .4 DISEÑO DEL ENVOLVENTE.

III.4.1 CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS.

Para obtener el número de placas necesarias para cubrir la periferia o el envoltente del recipiente, se utilizaran placas de dimensiones estandarizadas como lo marca el API 650 en la parte 3, secc. 3, párrafo 6 (ver anexo), por lo que se utilizaran para este caso placas ASTM A 285 grado C. de 8 ft. de ancho por 20 ft. de largo. Anteriormente ya seleccionados.

Donde se tiene que el recipiente tendrá una altura de 40 ft(12.192m). y un diámetro de 134 ft (40.8 4m).

Para obtener el número de placas que utilizaremos para cubrir la altura dividiremos la altura del recipiente entre el ancho de la placa seleccionada , de donde se obtiene lo siguiente.

Número de placas (N) = Altura del recipiente (h) / Ancho de la placa. (b)

De donde se obtiene lo siguiente.

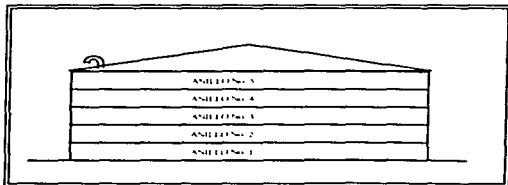
$$h=40 \text{ ft (12.192 m).}$$

$$b = 8 \text{ ft (2.43 m).}$$

Sustituyendo los valores.

$$N= 40 \text{ ft. / 8 ft. = 5}$$

Se necesitan 5 placas de 8 ft de ancho para cubrir la altura del como lo muestra la figura siguiente, de donde se dice que el recipiente estará conformado por 5 anillos, ya que a cada fila de placas que cubra la periferia del recipiente se le denomina "Anillo"



Anillos del recipiente.

Para obtener el número de placas requeridas por cada anillo para cubrir la periferia del recipiente dividiremos el perímetro del recipiente entre la longitud de la placa seleccionada, de donde se obtiene lo siguiente.

Número de placas (N) = Perímetro del recipiente (Pe) / Longitud de la placa (L)

De donde se obtiene:

$$N = Pe/L.$$

$$D = 134 \text{ ft} (40.84).$$

$$L = 20 \text{ ft} (6.097).$$

$$Pe = \pi \times D.$$

$$Pe = \pi \times 134 \text{ ft.} = 420.973 \text{ ft} (128.34 \text{ m}).$$

$$N = 420.973 \text{ ft} / 20 \text{ ft.} =$$

$$N = 21.048.$$

De donde se tiene que utilizaremos 20 placas de 8 ft x 20 ft y 1 de 8 ft x 30 ft. por cada anillo. Se utilizara la placa de 8 ft x 30 ft. debido a que se deja una distancia de tolerancia para ajustes en el campo.

De donde se tiene que si se multiplica el número de placas obtenidas para cubrir la periferia del recipiente por el número de anillos se obtiene el número de placas a utilizar para el envoltorio, como lo muestra el plano del plantilleo del envoltorio.

Número de placas perimetrales x Anillos = Placas requeridas.

$$N \times An = N \text{ total.}$$

$$21.048 \times 5 = 105.24 .$$

Por lo que se requieren 100 placas de 8 ft x 20 ft (2.43 m x 6.09 m) y 5 de 8 ft x 30 ft (2.43 m x 9.14 m) para el envoltorio del recipiente como lo muestra el plano N° 2

ANGULO DE CORONAMIENTO
DE 76 X 76 XL

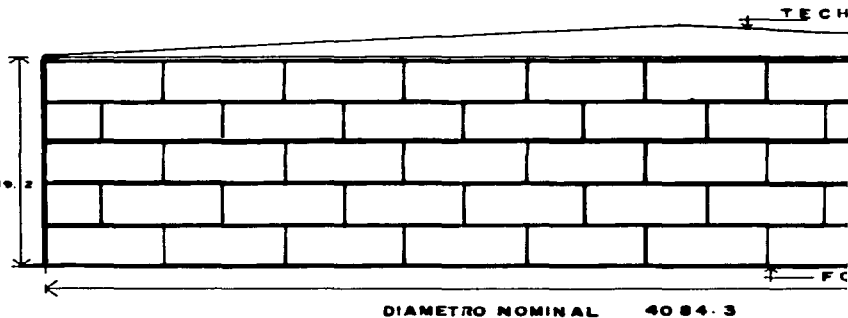
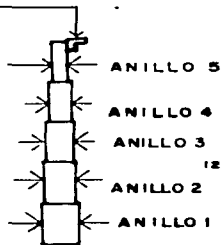
0.635 (1/4)

0.952 (3/8)

1.428 (9/16)

1.746 (11/16)

2.222 (7/8)



Acot. c
Esc. S
Calc. F

ANGULO DE CORONAMIENTO
DE 76 X 76 X L

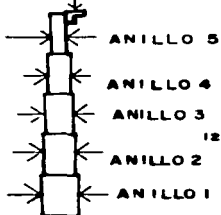
0.635 (1/4)

0.952 (3/8)

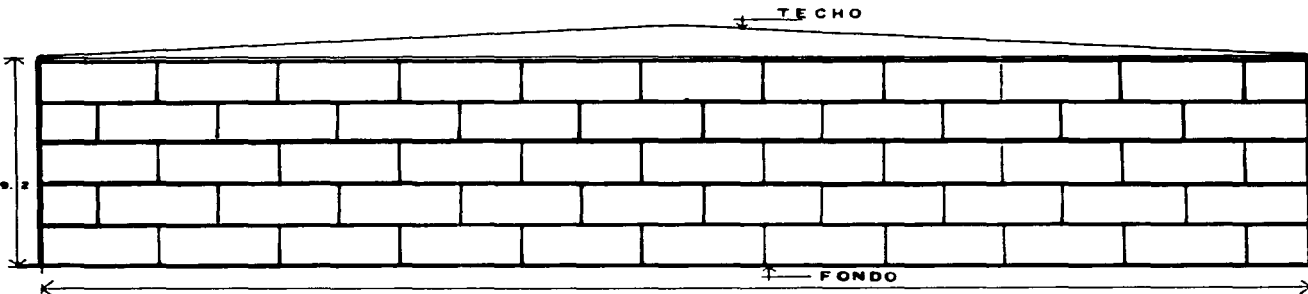
1.428 (9/16)

1.746 (11/16)

2.222 (7/8)

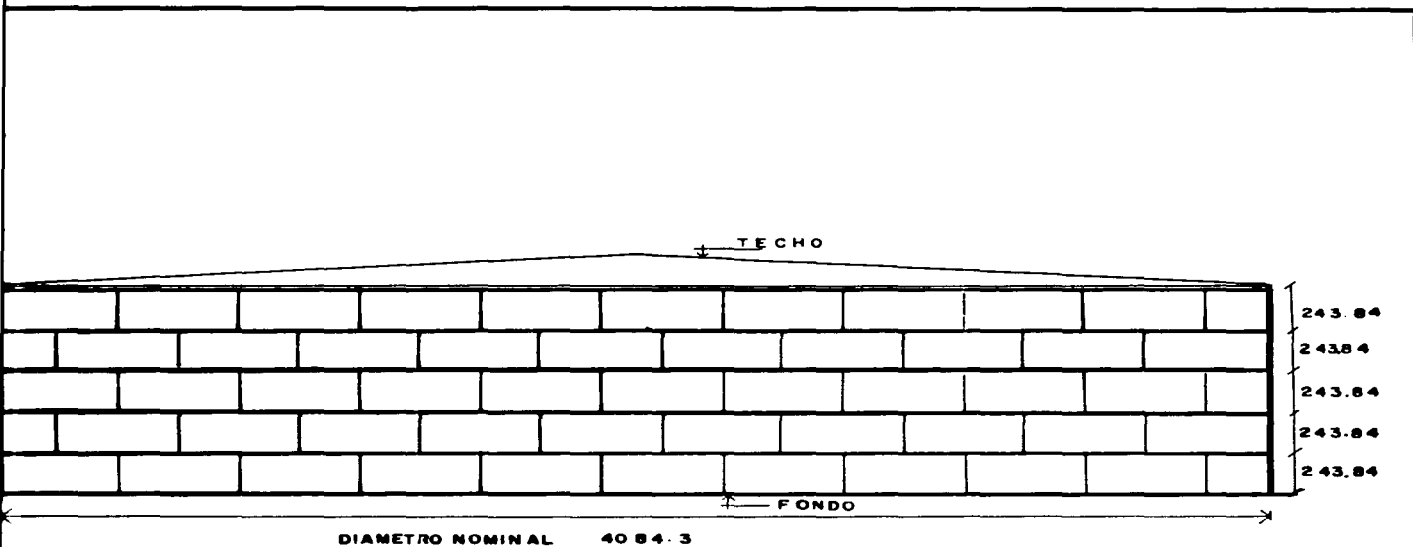


1219.2



DIAMETRO NOMINAL 4064.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE M	
ENEP CAMPUS ARAGON	TESIS PR
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.
Esc. Sin	PLANTILLO DEL ENVOLVENTE
Calc. MAAI	Y DETALLES



DIAMETRO NOMINAL 4084.3

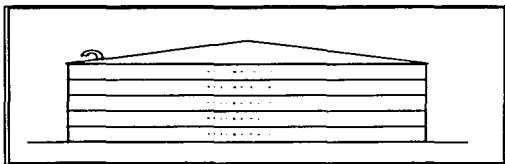
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc. Sin	PLANTILLO DEL ENVOLVENTE	Apro. Ing. NPJ
Calc. MAAI	Y DETALLES	Dib. N° 2

III .4.2 CALCULO DE PRESIONES EN EL RECIPIENTE.

Las normas API en la parte 3 secc. 03 párrafo 1, nos indica que las paredes del espacio a almacenar líquidos, deberán estar diseñados para una presión manométrica, que es la capacidad de presión nominal del recipiente, donde debe utilizarse la densidad del líquido estipulado, cuando este tiene mayor densidad que la del agua , de lo contrario se utilizara la hipótesis de que el recipiente estara lleno de agua a una temperatura de 16.5°C

También nos indica la norma API Std. 650, en la parte 3, secc. 09, párrafo 1 (ver anexo), que deben hacerse análisis de cuerpo libre en niveles sucesivos desde la parte inferior del recipiente, con el propósito de determinar las fuerzas que existiran en las paredes del recipiente en los niveles criticos bajo todas las diferentes combinaciones de presión y carga hidrostática que se encontraran en el servicio.

Para este propósito es necesario hacer varios análisis en diferentes niveles, como lo marca la figura siguiente, para establecer las condiciones existentes de carga hidrostática, donde utilizaremos dicha carga para determinar el espesor requerido para las paredes del envolvente del recipiente, por lo que el envolvente se conformara de placas de dimensiones estandarizadas, por lo que nuestro envolvente se conformara de cinco placas verticales (anillos) es por ello que analizaremos las presiones existentes en el recipiente en cinco puntos diferentes



Altura de las diferentes presiones ejercidas por el fluido en el recipiente.

Datos:

Fluido: Combustoleo.
Peso específico :0.993.

Alturas.

$$h_1 = 243.8 \text{ cm.}$$

$$h_2 = 487.6 \text{ cm.}$$

$$h_3 = 731.5 \text{ cm.}$$

$$h_4 = 975.3 \text{ cm.}$$

$$h_5 = 1219.2 \text{ cm.}$$

Se realiza el cálculo con la densidad del agua ya que esta es mayor que la del combustóleo. Como lo marca el API 650 ($\delta_{agua} = 1 \text{ g / cm}^3$ ó $1 \times 10^{-3} \text{ Kg. / cm}^3$ ó 1000 Kg/m^3).

Se tiene que la presión de un fluido lo determina la siguiente fórmula.

$$P = \delta_{agua} \times h.$$

Sustituyendo valores, notemos las diferentes presiones en el recipiente.

$$P_1 = 1 \times 10^{-3} \times 283.84 = 0.2834 \text{ Kg. / cm}^2.$$

$$P_2 = 1 \times 10^{-3} \times 487.68 = 0.4876 \text{ Kg. / cm}^2.$$

$$P_3 = 1 \times 10^{-3} \times 731.52 = 0.7315 \text{ Kg. / cm}^2.$$

$$P_4 = 1 \times 10^{-3} \times 975.36 = 0.9753 \text{ Kg. / cm}^2.$$

$$P_5 = 1 \times 10^{-3} \times 1219.2 = 1.219 \text{ Kg. / cm}^2.$$

La siguiente tabla nos muestra las diferentes presiones localizadas en el recipiente

ALTURA	PRESIÓN kg./cm ²
1	0.2834
2	0.4876
3	0.7315
4	0.9753
5	1.219

III.4.3 CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS.

Un procedimiento de diseño para calcular el espesor del recipiente, es el método básico de la norma API 650, que utiliza un punto fijo de diseño localizado un pie arriba de la parte inferior de cada hilada.

De acuerdo con las especificaciones API Std. 650, en el apéndice k, se calculará el espesor de las placas del envoltente, por el **método** establecido denominado **UN PIE**, el cual requiere que sea en el sistema inglés (ver anexo)

$$t = \{ (2.6 * D * (H-1) * G) / (E * S_d) \} + c.$$

Donde:

t = Espesor de la placa en (Pulg.).

D = Diámetro nominal del recipiente en (ft).

H = Altura de la parte inferior de la hilada en consideración hasta la parte superior del ángulo, o la altura de llenado limitada por el rebosadero del recipiente en (ft).

G = Peso específico del fluido.

E = Factor de unión de soldadura.

S_d = Esfuerzo máximo permisible en (lb / pulg.²).

C = Factor de corrosión en (pulg.) el cual lo consideraremos de 1/16 pulgadas, como lo marca el API. std 650.

Datos:

Placa ASTM A-285 Grado C.

$$S_a = 55,000 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (3865.073 kg./cm}^2\text{)}.$$

$$S_t = 30,000 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (2108.22 kg./cm}^2\text{)}.$$

$$D = 134 \text{ ft.}$$

$$h = 40 \text{ ft.}$$

$$H = 8 \text{ ft.}$$

$$c = 0.995.$$

$$c = 1/16 \text{ ó } 0.0625 \text{ pulg.}$$

Sustituyendo valores obtenemos lo siguiente:

Multiplicamos el Esfuerzo Máximo. permisible por 3/8 para tener un factor de seguridad respecto a la resistencia, como lo especifica el API 650, en el Apéndice G en la sección 3, de donde se obtiene.

$$S_d = 55,000 * (3/8) = 20,625 \text{ lb/pulg}^2.$$

CALCULO PARA EL PRIMER ANILLO.

$$t = \{ (2.6 * 134 * (40-1) * 0.995) / (0.85 * 20,625) \} + 1/16 = \\ = 0.771 + 0.0625 = 0.833 \text{ pulg.}$$

De donde el espesor comercial más cercano de las placas ASTM A- 285 Gr. C es determinado por las especificaciones de Altos Horno de México, el cual es:

$$t = \underline{0.875 \text{ pulg.} = 7/8 \text{ pulg.} (22.22 \text{ mm}).}$$

CALCULO PARA EL SEGUNDO ANILLO.

Tenemos para este anillo:

$$H = 40-8 = 36 \text{ ft.}$$

$$t = \{ (2.6 * 134 * (36-1) * 0.995) / (0.85 * 20,625) \} + 1/16 =$$

$$t = 0.612 + 0.0625 = 0.675 \text{ pulg.}$$

El espesor comercial más cercano es:

$$t = \underline{0.687 \text{ pulg.} = 11/16 \text{ pulg.} (17.46 \text{ mm}).}$$

CALCULO PARA EL TERCER ANILLO.

Para este anillo H será de : $H=40-16=24 \text{ ft.}$

$$t = \{ (2.6 * 134 * (24-1) * 0.995) / (0.85 * 20,625) \} + 1/16 =$$

$$t = 0.454 + .0625 = 0.516 \text{ pulg.}$$

De donde el espesor comercial más cercano.

$$t = \underline{0.562 \text{ pulg.} = 9/16 \text{ pulg.} (14.28 \text{ mm}).}$$

CALCULO DEL CUARTO ANILLO.

Para este anillo H será de : $H = 40 - 24 = 16$ ft.

$$t = \{ (2.6 * 134 * (16-1) * 0.995) / (0.85 * 20,625) \} + 1/16 =$$

$$t = 0.296 + 0.0625 = 0.359 \text{ pulg.}$$

De donde el espesor comercial más cercano es:

$$t = 0.375 \text{ pulg.} = 3/8 \text{ pulg. (9.525 mm).}$$

CALCULO PARA EL QUINTO ANILLO.

Para este anillo H será de: $H = 40 - 32 = 8$ ft.

$$t = \{ (2.6 * 134 * (8-1) * 0.995) / (0.85 * 20,625) \} + 1/16 =$$

$$t = 0.138 + 0.0625 = 0.0200 \text{ pulg.}$$

De donde el espesor comercial más cercano de es:

$$t = 0.250 \text{ pulg.} = 1/4 \text{ pulg. (6.35 mm).}$$

En la siguiente tabla se indican los espesores de placa que utilizaremos para el recipiente en cada anillo y el plano N°2 nos indica como se conformaría el envolvente

Número de anillo.	Espesor de la placa (pulg.)	Peso de la placa (Kg./m ²).
Primero.	7/8 (22.22 mm).	174.3.
Segundo.	11/16 (17.46 mm).	137.0.
Tercero.	9/16 (14.28 mm).	112.0.
Cuarto.	3/8 (9.525 mm).	74.70.
Quinto.	1/4 (6.35 mm).	49.80.

III.4.4 CALCULO DEL PESO DEL ENVOLVENTE.

Se tiene que perímetro de cada anillo del envoltente del recipiente lo conforman 21 placas de acero al carbón de diferentes espesores cada anillo, de donde para calcular el peso de cada anillo, se calculará el área ocupada por un anillo y la multiplicaremos por su peso por unidad de área, para cada espesor, dichos pesos no los especifican el AHMSA (ver tabla en el anexo).

Para calcular el área del anillo consideraremos el envoltente del recipiente como un gran rectángulo para el cual tomaremos el perímetro como base y el ancho de las placas como altura, de lo cual se tiene.

$$Pe = \pi \times D.$$

$$Pe = \pi \times 40.843 \text{ m} = 128.04 \text{ m}.$$

$$h = 1.43 \text{ m (8 ft)}.$$

$$A = \text{Área}.$$

$$A = Pe \times h.$$

$$A = 128.04 \text{ m} \times 2.43 \text{ m} = 312.80 \text{ m}^2.$$

$$A = 3367.787 \text{ ft}^2 \times (1 \text{ m}^2 / 10.758 \text{ ft}^2).$$

$$A = 312.80 \text{ m}^2.$$

Con lo que realizaremos el cálculo para determinar el peso de cada anillo.

Se obtiene de la siguiente forma:

$$W = p \times A.$$

Datos:

Para el primer anillo.

$$A = 312.80 \text{ m}^2.$$

$$p = 174.3 \text{ kg / m}^2 \text{ (valor tomado del AHMSA para un acero de 22.22 mm de espesor).}$$

$$W = 312.80 \times 174.3 = 54,521.04 \text{ Kg}.$$

Para el segundo anillo.

$$a = 312.80 \text{ m}^2.$$

$$p = 137 \text{ kg. / m}^2.$$

$$W = 312.80 \times 137.0 = 42,853.6 \text{ Kg.}$$

Para el tercer anillo.

$$A = 31.80 \text{ m}^2.$$

$$p = 112.0 \text{ kg. / m}^2.$$

$$W = 312.80 \times 112.0 = 35,033.6 \text{ Kg.}$$

Para el cuarto anillo.

$$A = 312.80 \text{ m}^2.$$

$$p = 74.7 \text{ kg.}$$

$$W = 312.80 \times 74.7 = 23,366.16 \text{ Kg.}$$

Para el quinto anillo.

$$A = 312.80 \text{ m}^2.$$

$$p = 49.8 \text{ kg}$$

$$W = 312.80 \times 49.8 = 15,577.44 \text{ Kg.}$$

La siguiente tabla nos indica el peso de cada anillo y el peso total del envoltente.

Nº de Anillo	Espesor. [mm] (pulg.)	Area [m ²]	Peso por placa [Kg/m ²]	Peso total por anillo [Kg.]
1	22.22 (7/8 pulg.)	312.80	174.3	54,521.04
2	17.46 (11/16 pulg.)	312.80	137	42,853.60
3	14.28 (9/16 pulg.)	312.80	112	35033.60
4	9.52 (3/8 pulg.)	312.80	74.7	23,366.16
5	6.35 (1/4 pulg.)	312.80	49.8	15,577.44
TOTAL				171,351.84

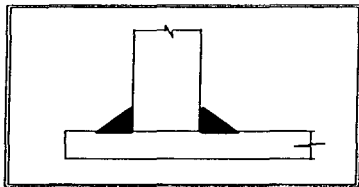
Nota: No se realiza el cálculo del peso de cada anillo multiplicando el número de placas por anillo debido a que existe un exente de la placa que se deja para ajustes en el campo, ya que si se realiza así el cálculo da un peso mayor.

III.4.5 CALCULO DE SOLDADURA DEL ENVOLVENTE.

Se requiere saber como se unirán las placas del envoltente, que cantidad de electrodos que se utilizaran y el peso que ejerce la soldadura depositada en el envoltente.

III.4.5.1 CALCULO DE SOLDADURA DEL ENVOLVENTE CON EL FONDO.

Este cálculo es de acuerdo al API en la parte 3 sec. 2 párrafo 4 (ver anexo), donde la unión del primer anillo del envoltente con las placas del fondo, se realizara con una soldadura de chaffán en ambos lados de la placa del envoltente como lo muestra la siguiente figura.



Chaffán en ambos lados de la placa

El tamaño de cada soldadura no será menor ni del espesor de la placa del fondo ni mayor de la placa del envoltente, y no excederá de 13 mm de acuerdo con las siguiente tabla especificado por el API 650 (ver anexo).

Espesor máximo de la placa del envoltente.	Tamaño de chaffán de soldadura.
5 mm (3/16 pulg).	5 mm (3/16 pulg).
de 5 mm (3/16 pulg) a 19 mm (3/4 pulg).	6 mm (1/4 pulg).
de 19 mm (3/4 pulg) a 32 mm (1 1/4 pulg).	8 mm (5/16 pulg).
de 32 mm (1 1/4 pulg) a 38 mm (1 1/2 pulg).	10 mm (3/8 pulg).

Se tiene que las placas que conforman al primer anillo de la envoltente tienen un espesor de 7/ 8 pulg. (22.2 mm), las cuales según la tabla anterior caen dentro del tercer renglón donde nos indica que la soldadura de filete para ambos lados de la

placa será de lados iguales y tendrá una dimensión de 8 mm y una garganta efectiva de 5.65 mm

Dimensión de la garganta = $0.707 \times$ dimensión de patín.

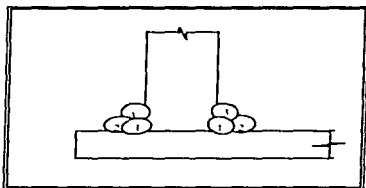
Dimensión de la garganta = 0.707×8 mm.

Dimensión de la garganta = 5.65 mm.

III. 4.5.2 DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE ELECTRODOS REQUERIDOS.

La junta se realizará de 3 cordones como lo muestra la figura siguiente. Donde el primer cordón se realizará con un electrodo E-6010 (anteriormente seleccionado) de 3.17 mm de diámetro el cual nos arroja un filete de 4 mm.

El segundo y tercero cordón se realizará con un electrodo E-6027 de 3.97 mm de diámetro el cual nos arroja un filete de 5 mm.



Secuencia de los cordones de la unión de las placas del fondo con el primer anillo

Esta junta se realiza sobre todo el perímetro del envoltorio tanto en el perímetro interior como en el exterior, por lo que sumaremos los perímetros para obtener una longitud total del cordón y así mismo calcular el número requerido de electrodos, de donde se obtiene lo siguiente.

$$D_{INT} = 40.8443 \text{ m.}$$

$$D_{EXT} = 43.06 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$P_{eINT} = \pi (40.843 \text{ m}) = 128.312 \text{ m.}$$

$$Pe_{EXT} = \pi (43.065 \text{ m}) = 135.299 \text{ m.}$$

$$Pe_{TOTAL} = Pe_{INT} + Pe_{EXT}.$$

$$Pe_{TOTAL} = 128.312 \text{ m} + 135.2944 \text{ m.}$$

$$Pe_{TOTAL} = 263.606 \text{ m.}$$

Considerando que el rendimiento de los electrodos 3-6010 y E6027 en sus correspondientes diámetros, y considerándole un desperdicio del 15% cada electrodo nos dará una longitud de cordón de 30.226 cm, como lo especifica el AHMSA (Ver cálculo en diseño de la junta y calculo de electrodos requeridos del fondo).

Conocemos la longitud total de la junta por lo cual los electrodos requeridos se calcula de la siguiente forma para el primer cordón.

Para el primer cordón.

1 Electrodo \longrightarrow Deposita un cordón de 30.226 cm.

X \longrightarrow Para un cordón de 26360.6 cm.

$$X = (26360.6 \text{ cm} \times 1 \text{ electrodo}) / 30.226 \text{ cm.}$$

$$X = 872.116 \text{ electrodos.}$$

Por lo que se requieren para el primer cordón 872.116 electrodos E-6010 de 3.17 mm de diámetro, y sabemos que los electrodos E-6027 también tienen este mismo rendimiento se necesitan 1744.233 electrodos E-6027 de 3.97 mm de diámetro para el segundo y tercer cordón.

III.4.5.3 CALCULO DEL PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO.

De acuerdo con la tabla de especificaciones AHMSA nos indica el peso del metal "depositado" para filetes se tiene (tabla ver anexo).

Filete de 4 62.9 gr./m lineal.

Filete de 5 98.2 gr./m lineal.

El peso del cordón por metro lineal es;

1er cordón 62.9 gr./m lineal.

2do cordón 98.2 gr./m lineal.

3er cordón 98.2 gr./m lineal.

259.3 gr./m lineal.

Y tenemos una longitud de cordón total de 263.606 m. por lo que la soldadura de la envolvente con el fondo pesa.

1 m lineal \longrightarrow 259.3 gr.

263.606m lineal \longrightarrow X.

$X = (263.606\text{m}/\text{lineal} \times 259.3 \text{ gr.}) / 1\text{m lineal.}$

$X = 68353.035 \text{ gr.} = 68.353 \text{ kg.}$

Por lo que la soldadura de la unión del primer anillo del envolvente con el fondo pesa 68.353 kg.

III.4.5.4. CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS.

Según la tabla de especificaciones AHMSA nos indica el número el número de electrodos que contiene un kilogramo de peso, de donde:

Clasificación.	Diámetro.	N° de electrodos por kg.	Electrodos requeridos.	Kg. de electrodos requeridos.
E-6010.	3.17 mm.	39.	872.116.	22.361.
E-6027.	3.97 mm.	25	1744.233.	69.769.

Para electrodos E-6010 d 3.17 mm de diámetro.

1 kg. -----> 39 electrodos.

X -----> 872.116 electrodos.

$$X = (872.116 \times 1) / (39).$$

$$X = 22.361.$$

Para los electrodos E-6027 de 1.97 mm de diámetro;

1 kg. -----> 25 electrodos.

X -----> 1744.233 electrodos.

$$X = (1744.233 \times 1) / (28).$$

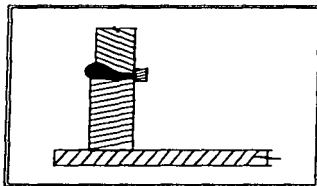
$$X = 69.769 \text{ kg.}$$

Por lo tanto se requieren tener 22.361 kg de electrodos E-6010 de 3.17 mm para el primer cordón y 69.769 kg. de electrodos E-6027 de 3.97 mm para el segundo y tercer cordón.

III.4.5.5. CALCULO DE LA SOLDADURA EN LAS UNIONES HORIZONTALES.

En realidad, lo único que se necesita es unir las dos placas con una soldadura de penetración completa utilizando electrodos que proporcione una resistencia de tensión igual o mayor que la de la placa.

La costura de las uniones horizontales es a tope con soldadura doble de bisel sencillo y penetración completa, como lo marca el API Std. 650, y como lo muestra la siguiente figura.



Unión típica de las placas horizontales.

En el caso de la unión horizontal del primero con el segundo anillo es una unión a tope de espesores diferentes donde el primer anillo tiene un espesor de 7/8 pulg. (22.2 mm) y el segundo anillo de 11/16 pulg (17.4 mm).

III.4.5.5.1 DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE ELECTRODOS REQUERIDOS.

Las placas de los anillos estarán separadas 1.6 mm (1/16 pulg) entre si y las placas del segundo anillo serán biseladas con un ángulo de 37.5° con una tolerancia de $\pm 2.5^\circ$. Y la junta se realizará de 7 cordones para la unión como lo muestra la figura anterior.

El primer cordón se realizará con un electrodo E-6010 de 3.17 mm de diámetro y los demás cordones con electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro.

Nota: estos electrodos fueron seleccionados anteriormente. (ver calculo de soldadura del fondo).

La longitud de la junta horizontal es igual al perímetro nominal del tanque el cual es de 128.31, de lo cual se necesitan los siguientes electrodos para formar dicha junta soldada.

Considerando el rendimiento que tienen los electrodos E-6010 y E-6027 en sus correspondientes diámetros, y teniendo en consideración un 15% de desperdicio cada electrodo nos da un cordón de 30.226 cm de longitud (ver cálculo de soldadura del fondo).

Por lo que se tiene lo siguiente;

Para el primer cordón.

1 electrodo E-6010. \longrightarrow Deposita un cordón de 30.226 cm.

X. \longrightarrow Para un cordón de 12831 cm.

$$X = (12831 \text{ cm} \times 1 \text{ elec.}) / (30.226 \text{ cm.})$$

Del 2do al 7mo cordón se tiene.

1 electrodo E-6027 \longrightarrow Deposita un cordón de 38.86 cm.

X \longrightarrow Para un cordón de (12831 cm * 6) 76986 cm

$$X = (76986 \times 1) / (38.86) = 1981.11.$$

Por lo que se requieren 44244.50 electrodos E-6010 de 4.76 mm de diámetro. Para realizar la soldadura de raíz y para los cordones subsiguientes se requieren 1981.11 electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro.

III.4.5.5.2. CALCULO DEL PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO.

De acuerdo con la tabla de especificaciones AHMSA nos indica el peso del metal depositado (tabla en el anexo) donde;

1er cordón de 141.2 gr./m lineal.

2do al 7mo cordón de 1092.20 gr. / m lineal. (158.5 gr. / m lineal cada cordón).

Y se requiere una longitud de cordón de 128.3/m de donde se tiene;

1m lineal -----> 1092.20 gr.

128.31m lineal -----> X.

$$X = (128.31 \times 1092.20) / 1.$$

$$X = 139755.25 \text{ gr.}$$

$$X = 139.755 \text{ gr.}$$

Por lo que el peso de la juntura horizontal del 1er anillo con el segundo pesa 139.755 kg.

III.4.5.5.3. CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS.

La tabla especificada por la AHMSA nos indica el número de electrodos que contiene un kilogramo de peso de donde.

Clasificación.	Diámetro.	No. de electrodos por Kg.	Electrodos requeridos.	Kg. de electrodos requeridos.
E-6010.	44.76 mm.	18.	424.50.	23.58.
E-6027.	6.35 mm.	7.75.	1981.11.	255.62.

Por lo que se requieren 23.58 kg. de electrodos E-6010 de 4.76 mm de diámetro y 255.62 kg. de electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro para realizar la junta horizontal del primer anillo con el segundo.

Para las juntas del segundo anillo con el tercero, el tercero con el cuarto y el cuarto con el quinto se realizará de la misma manera que el primer anillo con el segundo, y tomando como referencia de los resultados obtenidos de este cálculo los utilizaremos para cada unión siguiente, a los cuales le quitaremos un 15% de peso y de material requerido, debido a que las placas subsecuentes son de menor espesor y se analizaron con respecto a su espesor y baja un 20% de espesor mayor de un anillo inferior a un superior, por lo que se realiza el cálculo como a continuación se desarrolla para determinar el peso del material depositado y los kilogramos de electrodos requeridos para las juntas de los anillos siguientes.

Peso del materia depositado en la unión del segundo anillo con el tercero.

$$139.75 \text{ kg.} \longrightarrow 100\%.$$

$$X \longrightarrow 85\%.$$

$$X = (139.75 \text{ kg.} \times 85\%) / 100\%.$$

$$X = 118.78 \text{ kg.}$$

Peso de la soldadura de la unión del tercer anillo con el cuarto.

$$118.78 \text{ kg.} \longrightarrow 100\%.$$

$$X \longrightarrow 85\%.$$

$$X = (118.78 \times 85) / 100.$$

$$X = 100.45 \text{ kg.}$$

Peso de la soldadura del cuarto anillo con el quinto.

100.45 kg. —————> 100%.

X —————> 85%.

$$X = (100.45 \text{ kg.} \times 85) / 100.$$

$$X = 85.38 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla se muestran los pesos de las soldaduras de las uniones horizontales del envoltorio del tanque.

Unión entre los anillos.	Peso [kg.].
1er con el 2do.	139.75.
2do con el 3ro.	118.78.
3ero con el 4to.	100.45.
4to con el 5to.	85.38.
Peso Total de soldadura.	444.36 kg.

El peso total que ejerce la soldadura en las juntas horizontales en el envoltorio es de 444.36 kg.

En base al valor arrojado del peso total de la soldadura depositada de las uniones horizontales del envoltorio y el valor del cálculo de los kilogramos de electrodos requeridos para la primera junta, calculemos los kilogramos de electrodos requeridos de igual manera que el cálculo anterior.

Para la primera junta la soldadura depositada pesa 139.75 kg. y para formarla se requieren 23.58 kg. de E-6010 y 255.62 kg. de E-6027.

Ahora sabemos que el peso total de la junta depositada es de 444.36 kg. ¿Cuántos kilos de electrodos E-6010 y E-6027 requiero? en base a la junta del primer anillo.

139.75 kg. peso de la soldadura depositada —————> Se requieren 255.62 kg. de electrodos E-6027.

Para 444.36 kg. de soldadura depositada —————> ¿Cuántos kg. de electrodos E-6027 requiero?.

$$X = (444.36 \times 255.62) / (139.75).$$

$X = 817.17$ kg. de electrodos E-6027.

139.75 kg. \longrightarrow 23.58 kg. de E-6010.

444.36 kg. \longrightarrow X.

$X = (444.36 \text{ kg.} \times 23.58) / (139.75)$.

$X = 74.97$ kg. de electrodos E-6010.

De donde se requieren 817.17 kg. de electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro y 74.97 kg. de E-6010 de 3.27 mm de diámetro para formar las juntas horizontales del envoltorio.

III.4.5.6. CALCULO DE LA SOLDADURA DE LAS UNIONES VERTICALES.

Requerimos unir dos piezas con una soldadura de fusión y penetración completa la cual será como a continuación muestra la figura siguiente.



Unión típica de las placas verticales (vista superior)

En las uniones verticales en cada anillo las placas son del mismo espesor por lo cual las juntas verticales se prepararan de la siguiente manera. Para el primer anillo se tienen placas con un espesor de 22.2 mm. las cuales se biselaran a 37.5° con una tolerancia de 2.5° cada una y estarán separadas 1.6 mm cada una.

III.4.5.6.1. DISEÑO DE LA JUNTA Y CALCULO DE LOS ELECTRODOS REQUERIDOS.

Para el diseño de las juntas verticales serán de acuerdo a las normas de petróleos mexicanos, donde la junta quedará de la siguiente forma.

El electrodo deposita un cordón igual a su diámetro. El primer cordón (fondeo) será con electrodo de 3.175 mm (1/8 pulg) de diámetro y para los cordones sucesivos se realizarán con electrodos de 6.4 mm (1/4 pulg) (11 cordones) para formar la junta requerida.

La longitud de las juntas verticales es igual al ancho de las placas del envolvente, por lo cual cada unión tiene una longitud de 2.43m y en cada anillo se tienen uniones por que se tiene una longitud total por anillo de 51.03m.

Considerando el rendimiento de los electrodos E-6010 y E-6027 en sus correspondientes diámetros que es 1 cm de cordón por un cm de electrodo de desperdicio, cada electrodo nos entrega un cordón de 30.226 cm (E-6010 de 3.17 mm) y 38.86 cm (E-6027 de 6.35 mm) según la tabla de soldadura eléctrica manual (ver en el anexo).

Para el primer cordón.

1 electrodo (45.17 mm) —————> deposita un cordón de 30.226 cm.
 X —————> Tenemos un junta de 5103 cm de largo.

$X = (5103 \text{ cm} \times 1 \text{ electrodo}) / (30.226 \text{ cm}).$

$X = 168.82$ electrodos para el primer cordón.

Para los cordones de 2do al 11avo cordón.

1 electrodo (6.35) deposita un cordón de 38.86 cm.

$X = 1313.175$ electrodos.

Por lo que se requiere para las uniones verticales del primer anillo con un espesor de 22.2 mm, 168.82 electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro.

La siguiente tabla nos muestra el número de electrodos que tiene un kilogramo y cuantos kilogramos de electrodos se requieren para realizar la junta diseñada, según la tabla especificada por AHMSA (ver anexo).

Clasificación.	Diámetro.	N° de electrodos por kg.	Electrodos requeridos.	Kg. de electrodos requeridos.
E-6010.	3.175 mm (1/8 pulg).	39.	168.82.	4.32.
E-6027.	6.35 mm (1/4 pulg).	7 3/4.	1313.175.	250.12.

De donde se requiere contar con 4.32 kg. de electrodos E-6010 de 3.175 mm de diámetro y 250.12 kg. de electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro, para la realización de la junta vertical del primer anillo.

III.4.5.6..2. CÁLCULO DEL PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO.

De acuerdo con la tabla de especificaciones AHMSA nos indica el peso del metal depositado (tabla en el anexo) donde;

1er cordón pesa 39.5 kg. / m lineal.

del 2do al 11avo cordón pesa (158.5 gr. * 10 = 1585 gr. / m lineal.

Peso de los cordones por metro lineal de junta = 10624.5 gr. y se requiere una longitud de junta igual a 5103 cm = 5103m. de donde se tiene.

1m lineal \rightarrow Pesa 1624.5 gr.
51.03m lineal \rightarrow X.

$$X = (51.03 \times 1624.5 \text{ gr.}) / (1).$$

$$X = 82898.23 \text{ gr.}$$

$$X = 82.898 \text{ kg.}$$

Por lo que el peso de las juntas verticales del primer anillo pesan 82.898 kg.

Para las juntas horizontales del segundo, tercero, cuarto y quinto anillo, se realizará de la misma forma y tomando como referencia los datos arrojados por el cálculo anterior, tomaremos dicho valor menos el 15% de material en cada anillo, ya que las placas tiene menor espesor conforme su altura, ya que si tomamos como base el espesor mayor y lo canalizamos con el espesor subsecuente se tiene que baja un 29% de espesor en cada anillo.

De donde calcularemos de la siguiente forma.

Si la 1er junta pesa 82.898 kg. \rightarrow 100%.
¿Cuanto pesa la 2da junta? X \rightarrow 85%.

$$X = (82.898 \times 85) / (100).$$

X = 70.46 kg. peso de la segunda junta.

Si la 2da junta 70.46 kg. \rightarrow 100%.
¿Cuanto pesa la 3er junta? X \rightarrow 85%.

$$X = (70.46 \times 85) / (100)$$

X = 59.89 peso de la tercer junta.

Si la 3er junta pesa 59.89 kg. \rightarrow 100%.

¿Cuanto pesa la 4ta junta? X -----> 85%.

$$X = (59.89 \times 85) / (100).$$

X = 43.27 kg. Peso de la 5ta junta.

En la siguiente tabla se muestran los pesos de las juntas verticales del envoltorio del recipiente.

Anillo.	Peso [kg.]
1ro.	82.898.
2do.	70.46.
3ero.	59.89.
4to.	50.89.
5to.	43.27.
Total	307.41 kg.

El peso total que ejerce la soldadura en las juntas verticales del envoltorio es de 307.41 kg.

En base al valor arrojado del peso total de la soldadura de las uniones verticales del envoltorio y al valor arrojado del calculo de los kilogramos de electrodos requeridos para la primer junta (ver tabla N° 1), calcularemos los kilogramos de electrodos requeridos de la siguiente forma.

Para la primer junta la soldadura depositada pesa 82.898 kg., y para realizarla se requieren 4.32 kilos de electrodos E-6010 y 250.12 kilos de electrodos E-6027. Ahora sabemos que el peso de la junta depositada es de 307.41 kg., ¿cuantos kilos de electrodos E-6010 y E-6027 requiero? en base a las juntas del primer anillo.

682.898 kg. peso de las soldaduras depositadas -----> Se requieren 250.12 kg. de electrodos E-6027.
 para 307.41 kg. de soldadura depositada -----> ¿Cuantas kg de electrodos E-6027 requiero? X.

$$X = (307.41 \times 4.32 \text{ kg.}) / (82.898).$$

X = 16.0198 kg. de electrodos E-6010.

De donde se requieren 927.60 kg. de electrodos E-6027 de 6.35 mm de diámetro y 16.029 kg. de E-6010 de 3.27 mm de diámetro para formar las juntas verticales del envoltorio.

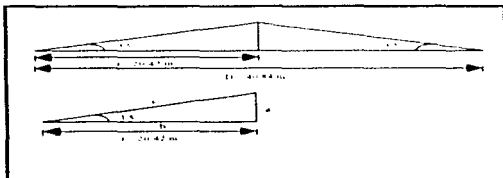
FALTA PAGINA

No. 74

III.5. DISEÑO DEL TECHO.

III.5.1. CALCULO DEL NUMERO DE PLACAS.

El techo tiene una figura geométrica de triángulo isósceles en una vista lateral, por lo que calculará su pendiente con la ayuda de las funciones trigonométricas y el teorema de Pitágoras, tomando como base que el radio (20.42 m) del recipiente la cual es la longitud del cateto adyacente de un triángulo rectángulo, y que la hipotenusa con respecto al cateto adyacente tiene un ángulo de 3.5° (dicho ángulo es determinado por las normas API Std 650, en la parte 3, secc. 5 y párrafo 9) como lo muestra la figura siguiente.



Relación de triángulos semejantes

De donde se tiene la función trigonometría para calcular la altura.

$$\tan \alpha = a / b.$$

a = cateto opuesto.

b = cateto adyacente = 20.42 m.

c = hipotenusa.

α = ángulo = 3.5° .

Despejando a el cateto opuesto y sustituyendo valores.

$$\tan 3.5^\circ \times 20.42 = a.$$

$$a = 1.24 \text{ m.}$$

Para calcular la pendiente (Hipotenusa) nos apoyaremos en el teorema de Pitágoras.

$$c^2 = a^2 + b^2.$$

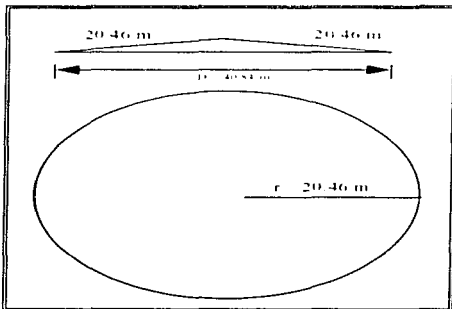
Despejando c y sustituyendo valores.

$$c = \text{SQR} (1.24^2 + 20.42^2).$$

Pendiente del techo $c = 20.46$ m.

Es la longitud del centro del techo a la periferia del envolvente.

Considerando que la pendiente del techo es el radio de la circunferencia que se formaría si desdobláramos el cono ya que esta es la figura geométrica que forma el techo, se tendría una circunferencia con un diámetro de 40.92m, lo cual lo utilizamos para calcular el área del techo. Como lo muestra el dibujo siguiente;



Relaciones geométricas de la superficie del techo.

$$A_{\text{techo}} = \pi \times r^2.$$

$$r = 20.46 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores.

$$A_{\text{techo}} = \pi \times (20.46)^2.$$

$$A_{\text{techo}} = 1315.107 \text{ m}^2$$

Realizando conversiones de m^2 a ft^2 .

$$A_{\text{techo}} = 1315.107 \text{ m}^2 \times (10.76 \text{ ft}^2 / 1\text{m}^2) = 14,150.55 \text{ ft}^2$$

Para cubrir el área del techo utilizaremos placas de dimensiones estandarizadas de 6 ft ancho x 20 ft de largo, las cuales estarán traslapadas 2 pulg para su unión con soldadura de filete continuo, como no lo marca las normas API Std 650 y en la parte 3, secc. 5 párrafo 2 y en el AHMSA.

Donde:

$$L = 20 \text{ ft.}$$

$$b = 6 \text{ ft.}$$

Realizando conversiones de pulg. a ft.

$$2 \text{ pulg. (} 0.0833 \text{ ft / } 1 \text{ pulg.)} = 0.166 \text{ ft.}$$

Se les restaran las dos pulgadas por los traslapes.

$$b = 6 \text{ ft} - (2 \times 0.166) = 5.668 \text{ ft.}$$

$$L = 20 \text{ ft} - (2 \times 0.166) = 19.668 \text{ ft.}$$

Sustituyendo valores.

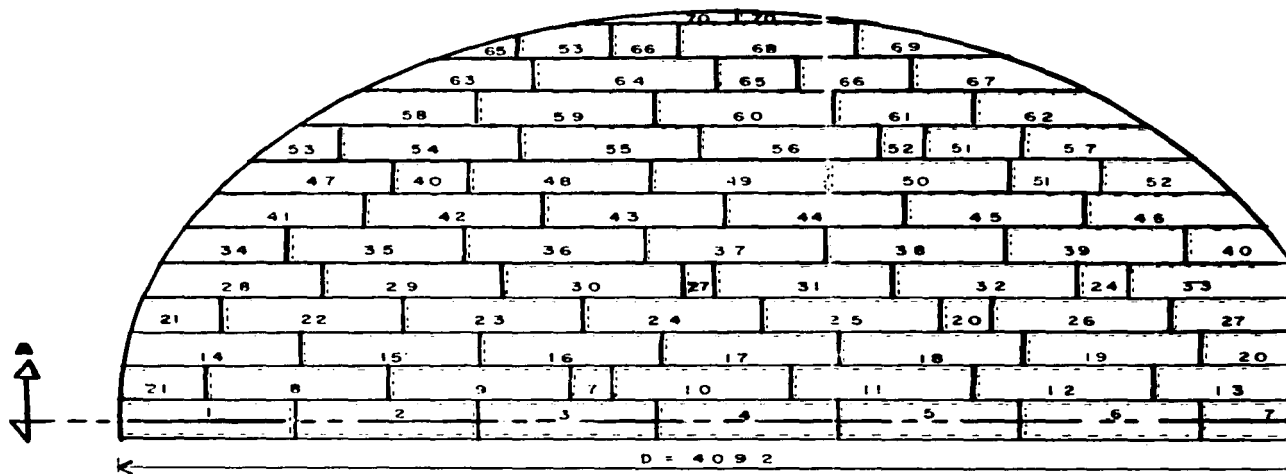
$$A_{\text{placa}} = 19.668 \times 5.668 = 111.478 \text{ ft}^2 (10.36\text{m}^2).$$

Para obtener el numero de placas dividiremos el área del techo entre el área de la placa.

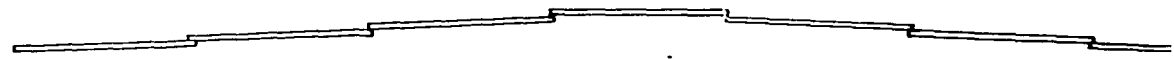
$$N_{\text{placas}} = A_{\text{TECHO}} / A_{\text{PLACAS}}$$

$$N_{\text{placas}} = 14,150.55 \text{ ft}^2 / 111.478 \text{ ft}^2 = 126.93 \text{ piezas} = 127.$$

Por lo que se utilizaran 127 placas de 6 ft de ancho x 20 ft (1.82 m x 6.09 m) de largo, sin considerar desperdicios, pero en el plano N° 3 del plantilleo del techo nos indica que utilizaremos 133 placas por lo que existe un desperdicio del 4.51% y se requerirán 6 placas más de las placas calculadas de acuerdo a la distribución realizada..

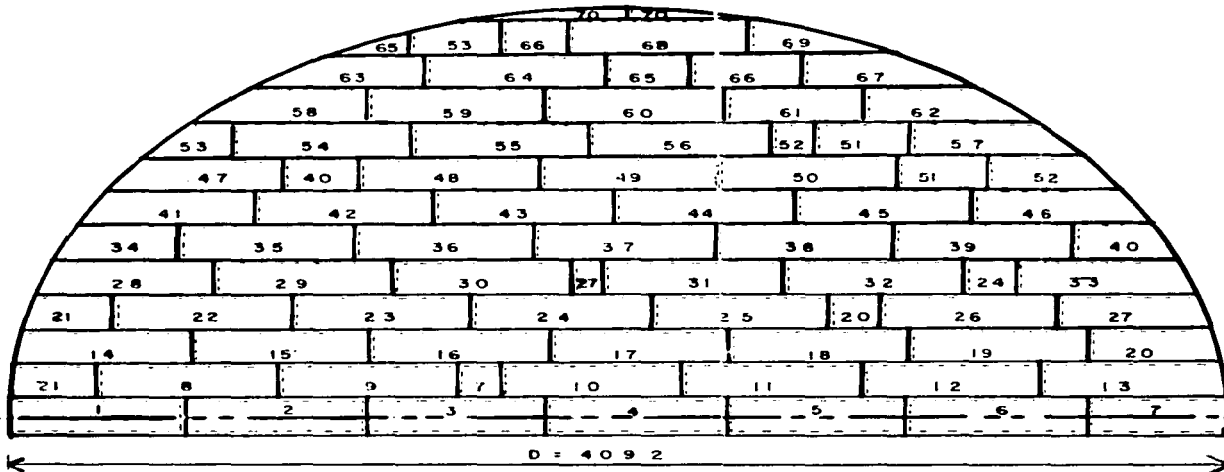


PLANTA TECHO

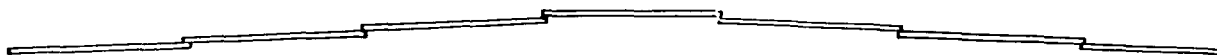


SECCION A-A

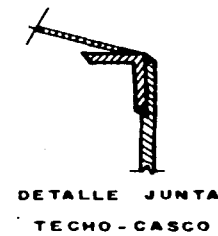
UNI
ENE
Acot. cm
Esc. 1:200
Calc. MAAI



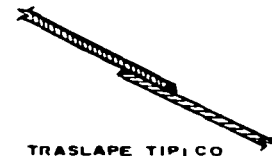
PLANTA TECHO



SECCION A-A

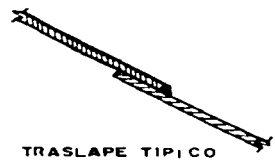
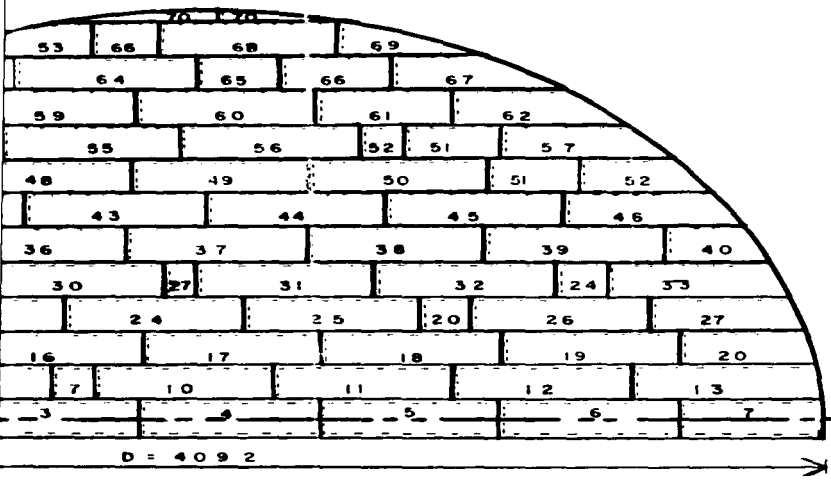


DETALLE JUNTA
TECHO - CASCO



TRASLAPE TIPI CO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPE
Esc 1 200	PLANTILLO DEL TECHO	Apro. Ing. NF
Calc. MAAI	Y DETALLES	Dib. N° 5



PLANTA TECHO

SECCION A-A

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc 1 200	PLANTILLO DEL TECHO	Apro. Ing. NPJ
Calc. MAAI	Y DETALLES	Dib. N° 5

III.5.2. CALCULO DE LAS CARGAS QUE SOPORTAN LAS PLACAS DEL TECHO.

Algunos de los puntos preliminares del calculo de la cubierta, y los esfuerzos de la armadura que sostendrá la cubierta, el claro y la forma geométrica de la estructura, en atención al uso que se destine, la localización y su exposición de los agentes atmosféricos determinaran las cargas de viento y nieve que hayan que tomarse en cuenta en los calculos

Nota: No se considera la carga por sismo debido a que el API std. 650 especifica que se tome la de mayor valor entre el viento y sismo .

Analizando todas las cargas posibles que soporten las placas del techo , de acuerdo con las especificaciones API Std. 650 y AHMSA son las siguientes.

- a).- Carga de la cubierta.
- b).- carga viva.
- c).- Carga de viento.
- d).- Carga de nieve

CARGA DE LA CUBIERTA.

Calculando el peso de la cubierta donde fue seleccionado un espesor de 1/8 pulg más un espesor por corrosión de 1/16 pulg, de donde se tiene un placa de 3/16 de pulg (4.76 mm), después de varios cálculos efectuados por el método de superposición, ya que este no debe tener una deflexión mayor de 2 mm. al aplicarle las cargas, utilizando placas de dimensiones estandarizadas de 6 ft x 20 ft como lo establece el API Std. 650 (ver calculo mas adelante)

Calcularemos para su análisis el peso en una sola placa y en toda el área del techo, multiplicando el peso de la placa por unidad de área ocupada.

Calculando el area de una placa y del techo dándoles valores críticos considerando toda la placa sin traslape y aumentando el radio a 20.50 m. (para tener un exceso de área).

$$A_{\text{placa}} = L \times b.$$

$$A_{\text{techo}} = \pi \times r^2$$

Donde :

$p = 37.4 \text{ kg. / m}^2$ (Peso de la placa de 3/16 de pulg (4.76 mm), tomado de la tabla del AHMSA (ver anexo).

$a = 1.82 \text{ m (6 ft)}$.

$b = 6.096 \text{ m (20 ft)}$.

$r = 20.50 \text{ m}$

Sustituyendo valores.

$$A_{\text{placa}} = 6.096 \text{ m} \times 1.82 \text{ m} = 11.14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{techo}} = p \times 20.50^2 = 1320.254 \text{ m}^2$$

Calculando el peso para la placa y el techo.

$$W = p \times A_{\text{placa}}$$

$$W = p \times A_{\text{techo}}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 37.4 \times 11.14 = 426.36 \text{ kg.}$$

$$W = 37.4 \times 1320.25 = 49,377.5 \text{ kg.}$$

CARGA VIVA.

Esta carga es especificada en el API Std. 650 en la parte 3, secc. 5 y párrafo 1, la cual es de 122 kg.

CARGA DE VIENTO.

Se supondrá que la fuerza del viento es perpendicular a la superficie en que actúa y se determina la magnitud de dicha fuerza según la siguiente expresión.

$$W = 0.00555 C A v^2$$

Donde

$W =$ Fuerza debida al viento (kg.).

$C = 1$ (Valor tomado de las especificaciones AHMSA. del capítulo VI , en datos para el cálculo de las cargas.).

$$A_{\text{placa}} = \text{Área expuesta (m}^2 \text{)} = 11.14 \text{ m}^2$$

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Aquí se considera toda el área para tener un valor crítico, para tener un factor de seguridad elevado en las placas de la cubierta

$$A_{\text{techo}} = \text{Área expuesta (m}^2 \text{)} = 1320.25 \text{ m}^2 / 2 = 660.127 \text{ m}^2$$

Se considera que la mitad del cuerpo está en contacto directo con la velocidad del viento, por lo que la área es dividida entre 2.

$$v = 140 \text{ km. / hr.}$$

Esta velocidad es la recomendada para el diseño en la localidad.

Sustituyendo valores.

$$W_{\text{placa}} = 0.00555 (1) (11.14) (140)^2$$

$$W_{\text{placa}} = 1212.719 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{techo}} = 00555 (1) (660.127) (140)^2$$

$$W_{\text{techo}} = 71808.63 \text{ kg.}$$

CARGA DE NIEVE.

Dadas las condiciones climatológicas existentes, siendo muy variable y presentándose en 1995 una tormenta de nieve que afectó a la capital del país y algunos estados de la República Mexicana como son Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Querétaro por lo cual el descartar esta carga sería un poco aventurado considerando que la vida útil de este tipo de recipiente es de 30, años no se descarta que en ese lapso de tiempo se pueda presentar una tormenta de nieve que afecte a Tula Hidalgo lugar donde se encuentra acentada la planta.

Se supone que la nieve tiene un mínimo espesor cuando actúa el viento dando este valor de 50 Kg. / m² aplicado para todas las pendientes, el cual es especificado por AHMSA, en el capítulo VI.2, en datos para el cálculo de las cargas, el cual se calcula mediante la siguiente expresión.

$$W = p \times A_{\text{placa}}$$

$$W = p \times A_{\text{techo}}$$

Donde :

$$W = (\text{Kg.}).$$

$$P = 50 \text{ Kg. / m}^2.$$

$$A_{\text{placa}} = 11.14 \text{ m}^2.$$

$$A_{\text{techo}} = 1320.254 \text{ m}^2.$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{placa}} = 50 \times 11.14$$

$$W_{\text{placa}} = 557.41 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{techo}} = 50 \times 1320.25$$

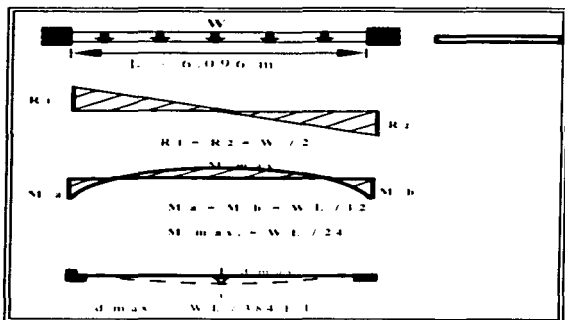
$$W_{\text{techo}} = 6612.7 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla registramos los pesos por cada carga en cada placa y el peso total en el techo.

CARGA	PESO POR PLACA	PESO DEL TECHO
	Kg.	Kg.
CUBIERTA	426.36	49377.5 Kg
VIVA	122.06	122.06
VIENTO	1217.719	71808.63
NIEVE	557.41	6612.7
TOTAL	2318.549	187320.39

III.5.3. CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS.

Se calculará dicho espesor considerando una placa como viga de sección rectangular, utilizando el peso de las cargas anteriormente calculadas para determinar si soporta las cargas sin que tenga una deflexión mayor de 2 mm, como lo marca el API. 650, el cual se calcula a través de las siguientes expresiones.



Formulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estatica (ver anexo)

Donde:

$$W = 2318.549 \text{ kg.}$$

$$L = 6.096 \text{ m } \dot{o} \text{ 20 ft.}$$

Longitud mayor de la placa seleccionada.

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg./m}^2$$

$$I = 0.08985 \text{ m}^4$$

Valor calculado considerando la sección transversal de la placa que es: 6.096m de largo y 3/16 pulg. ó $4.76 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Sustituyendo valores:

$$R_1 = R_2 = 2318.54 / 2$$

$$R_1 = R_2 = 1159.274 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{max}} = 2318.54 \times 6.096 / 24$$

$$M_{\text{max}} = 688.911 \text{ kg. -m}$$

$$d_{\text{max}} = 2318.54 \times 6.096^{0.3} / \{ (384) (2.083 \times 10^{-10}) (0.0898) \}$$

$$d_{\text{max}} = 7.312 \times 10^{-07} \text{ m}$$

realizando conversiones de m a mm

$$d_{\text{max}} = 7.312 \times 10^{-07} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m})$$

$$d_{\text{max}} = 7.312 \times 10^{-04} \text{ mm}$$

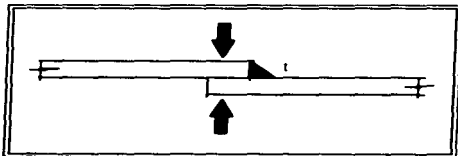
Por lo tanto las placas de 3/16 pulg. de espesor, son adecuadas para la superficie del techo, ya que cumplen con la norma de que al aplicarles el peso no se reflexionen más de dos mm..

III.5.4. CALCULO DE LA SOLDADURA.

Estas placas se unirán por medio de soldadura eléctrica como lo especifica el API Std. 650, donde las placas serán unidas únicamente en su cara superior con soldadura de chaffán completo y continuo en todas sus costuras y no se fijaran a los largueros, pero se unirá con el ángulo de coronamiento.

Las placas están sometidas a una fuerza de compresión de 1892.19 kg. (4172.27 Lb), dato extraído del calculo de cargas del techo excluyendo el peso de las placas.

Calculando el tamaño de filete requerido de acuerdo al PRESSURE VESSEL HANDBOOK, tomando en cuenta que la soldadura será de lados iguales como lo muestra la figura siguiente la cual se soldara sobre la periferia de la placa que tiene 623.30 pulg. de acuerdo con la siguiente expresión (dato antes calculado en la soldadura del fondo).



Soldadura de chaffán completo

$$W = p/A_w.$$

Donde:

$$p = 4.172 \text{ kLb.}$$

$$A_w = 623.30 \text{ pulg.}$$

sustituyendo datos

$$W = (4.172) / (623.30) = 6.093 \times 10^{-3} \text{ Klb-pulg.}$$

Es el peso que soporta la soldadura

Donde para determinar el tamaño el filete requerido utilizamos la siguiente expresión.

$$w = W/f.$$

Donde:

$$f = 9.6 \text{ Kib / pulg}^2 \text{ (permisible)}$$

Sustituyendo datos.

$$w = 6.093 \times 10^{-3} / 9.6$$

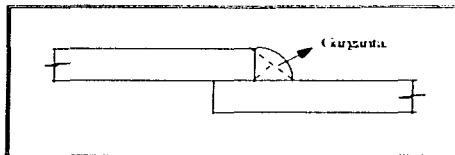
$$w = 0.000697 \text{ pulg.}$$

Por lo que se requiere un filote de 0.000697 pulg. (1 / 64 pulg. apróx.), pero la norma API Std. 650 en la parte 3, secc. 5 y párrafo 3 , nos indica que la soldadura es igual al espesor de la placa menor, por lo tanto se usara un chaflán de 3 / 16 de pulgada (4.76 mm) en todas las costuras

III.5.4.1 DISEÑO DE LA JUNTA

Se requiere una soldadura de filete completo y continuo de 3 /16 pulg. (4.76 mm) para todas las juntas para lo cual utilizaremos electrodos E-6010 (anteriormente seleccionados) de 5 / 32 pulg. (3.96 mm) de diámetro , el cual nos deposita un filete de 5 mm , tomando en cuenta el filete que deposita la unión se realiza de una sola pasada.

Donde el tamaño de la soldadura es de lados iguales , donde es la dimensión del cateto del triángulo rectángulo más grande de 45° que pueda inscribirse en la sección transversal de la soldadura , y según la norma AWS tiene que tener una garganta de 0.707 por la dimensión del patin, la cual es la siguiente



Garganta efectiva.

Calculando la garganta requerida por norma

$$\text{Garganta} = 0.707 \times (3 / 16 \text{ pulg.})$$

$$\text{Garganta requerida} = 0.132 \text{ Pulg. (3.36 mm)}$$

calculando la garganta efectiva que se tiene con un cordón de 3/16 pulg.

Considerando el cordón de soldadura como un triángulo rectángulo se tiene

Calculando la hipotenusa con el teorema de Pitágoras.

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Donde :

$$a = 3 / 16 \text{ pulg.}$$

$$b = 3 / 16 \text{ pulg.}$$

Despejando c y sustituyendo valores se tiene:

$$c = \text{SQRT} \left((3/16)^2 + (3/16)^2 \right)$$

$$C = 0.2651 \text{ PULG. (6.73 mm)}$$

Calculando el ángulo α con las funciones trigonométricas.

$$\text{Sen } \alpha = a/b$$

Despejando α y sustituyendo valores.

$$\alpha = \text{Sen}^{-1} (0.1875 / 0.2651)$$

$$\alpha = 45.01^\circ$$

Ahora se divide el triángulo nos queda otro triángulo rectángulo y nos queda un cateto adyacente de 0.1325 pulg., al cual le calcularemos el cateto opuesto, el cual representa la garganta efectiva y se tiene una hipotenusa de 0.1875 pulg.

$$\text{Cos } \alpha = b / c$$

Despejando b y sustituyendo valores.

$$b = \cos 45^\circ \times 0.1875 =$$

$$b = 0.1325 \text{ pulg.}$$

Se observa que este filete si cumple con lo que estipula la norma AWS.

III.5.4.2. CALCULO DE LOS ELECTRODOS REQUERIDOS.

Considerando el rendimiento del electrodo E-6010 de 3.96 mm (5 /32 pulg) de diámetro es de 1 cm. de cordón por 1 cm de electrodo sin considerar desperdicio y la longitud del electrodo es de 35.56 cm (14 pulg), teniendo la longitud que nos cubre un electrodo lo determinamos con la siguiente expresión.

1 cm. de electrodo \longrightarrow cm de deposito

35.56 cm de electrodo \longrightarrow X

$$X = (35.56 \times 1) / 1$$

$$X = 35.56 \text{ cm de cordón.}$$

Suponiendo un desperdicio del 15% nos queda un cordón de 30.226 cm

Conocemos las longitudes de las juntas verticales y horizontales de acuerdo al plano del plantileo del techo, las cuales son-

Juntas verticales = 82560 cm.

Juntas horizontales 25217.12 cm.

Teniendo una longitud total de 107777.12 cm (1077.77 m), calcularemos el número de electrodos requeridos , de la forma siguiente.

1 electrodo \longrightarrow 30.226 cm de depósito
 X \longrightarrow 107777.12 cm de longitud total

$$X = (107777.12 \times 1) / 30.226$$

$$X = 3565.70 \text{ Electrodos}$$

Por lo que se utilizaran para la unión de las placas del techo 3565.70 electrodos E - 6010.

III.5.4.3. CALCULO DEL PESO DEL MATERIAL DEPOSITADO

De acuerdo con la tabla de las especificaciones AHMSA nos indican el peso del metal depositado para filetes de donde se obtiene lo siguiente.

Filete de 5 /32 pulg. (5 mm) = 98.2 gr. / m lineal

El peso por metro lineal de soldadura en de 98.2 gr. y se tiene una longitud de 1077.77 m por lo que determinamos el peso de la siguiente manera.

1 m lineal \rightarrow 98.2 gr.
 1077.77 m \rightarrow X.

$$X = (1077.77 \times 98.2) / 1.$$

$$X = 105837.014 \text{ gr.} = 105.83 \text{ kg.}$$

El peso de la soldadura depositada es de 105.83 kg.:

III.5.4.4. CALCULO DEL PESO DE LOS ELECTRODOS.

Según la tabla de especificaciones AHMSA nos indica el número de electrodos por kilogramo

Electrodo

Clasificación	Diámetro	Elec. por kg.	Elec. requeridos	kg. requeridos.
E-6010	5 /32 pulg. (3.97 mm)	25	3565.70	142.62

1 kg. \rightarrow 25 Electrodos.

X \rightarrow 3565.70 Electrodos.

$$X = (3565.70 \times 1) / 25.$$

$$X = 142.62 \text{ kg.}$$

Se requieren 142.62 kg. de electrodos para efectuar las uniones del techo.

III.6. CALCULO DE LA ESTRUCTURA PARA SOPORTAR EL TECHO.

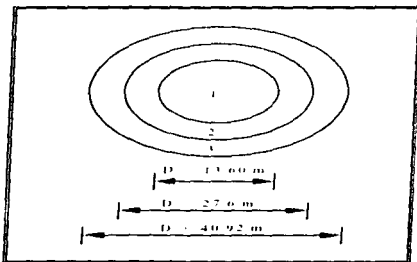
La estructura se requiere para que cargue uniformemente el peso que se genera en las placas que conforman el techo, la cual se conforma estructuralmente por largueros, través y columnas como se muestra en el plano N° 4 del arreglo general de la estructura y el calculo se desarrolla de la siguiente forma.

III.6.1. CALCULO DE LA LONGITUD DE LOS LARGUEROS.

Calcularemos primero la longitud de los largueros de acuerdo a nuestro plano, realizado a escala, donde obtenemos las dimensiones de longitud de las piezas que utilizaremos como largueros para soportar el techo.

De la longitud que nos arroja el dibujo realizado a escala, le aplicaremos un factor de seguridad de 1.05 para ajustes en el campo únicamente, realizaremos los cálculos con las dimensiones sin el factor de seguridad.

En el dibujo se secciona en tres áreas, donde la primer sección es el área ocupada por los largueros centrales, la segunda sección es el área ocupada por los largueros internos y la tercera sección es el área ocupada por los largueros externos.

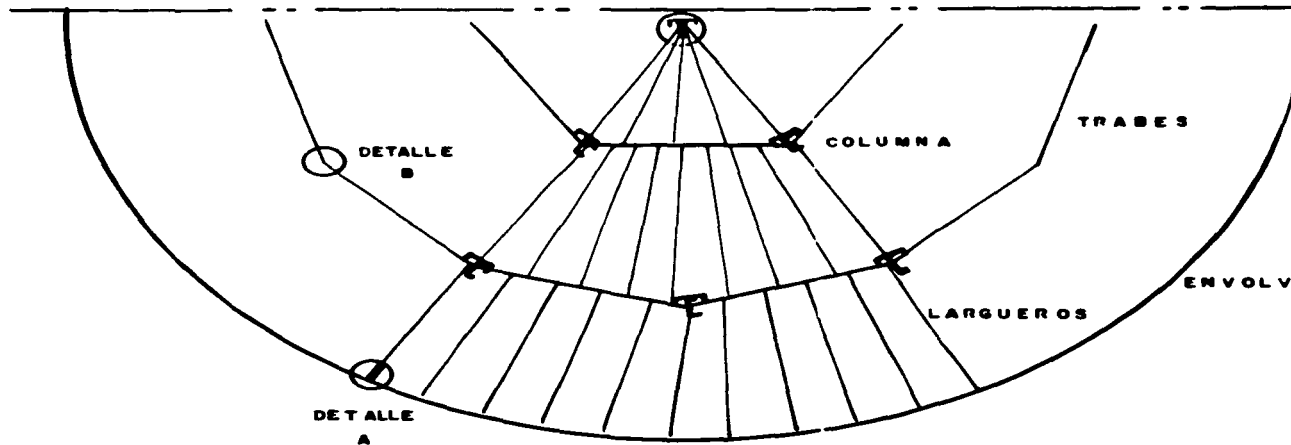


Secciones del techo

$$L_{\text{total}} = L_{\text{real}} \times F.S.$$

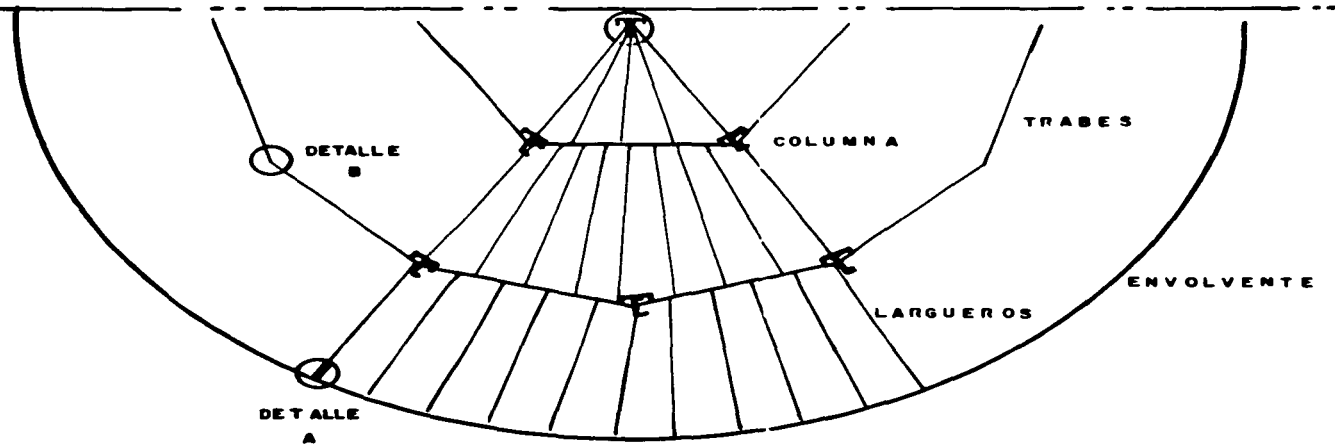
Donde:

L_{total} = Longitud con el factor de seguridad aplicado.

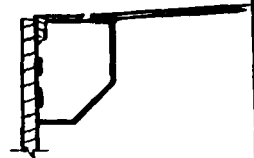


VISTA DE PLANTA

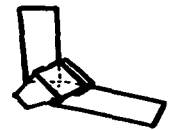
UNIV
ENEP
Acot. cm
Esc. 1:200
Calc. MAAI



VISTA DE PLANTA

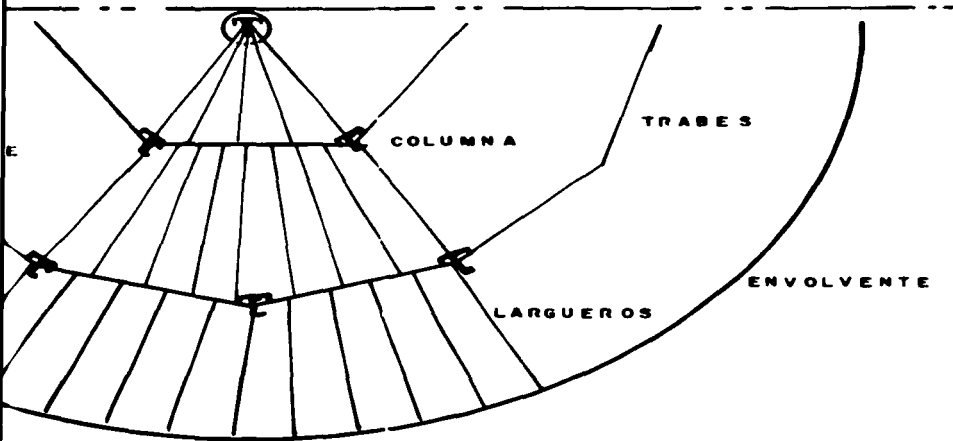


DETALLE A
UNION DE LOS
LANGUEROS A LA
PARED DEL TANQUE

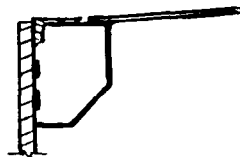


DETALLE B
UNION DE TRABES POR
MEDIO DE UNA PLACA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc. 1:200	ARREGLO GENERAL DE LA	Apro. Ing. NPJ
Calc. MAAI	SOPORTERIA DEL TECHO	Dib. N° 4



VISTA DE PLANTA



DETALLE A
UNION DE LOS
LARGUEROS A LA
PARED DEL TANQUE



DETALLE B
UNION DE TRABES POR
MEDIO DE UNA PLACA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL	
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.		Rev. Ing. VPB
Esc 1:200	ARREGLO GENERAL DE LA		Apro. Ing. NPJ
Calc. MAAI	SOPORTERIA DEL TECHO		Dib. N° 4

L_{real} = Longitud del larguero.

F.S = Factor de seguridad = 1.05

Aplicando valores para cada sección :

Sección 1.

$L_1 = 6.80 \text{ m} \times 1.05 = 7.14 \text{ m}$.

$L_2 = 6.20 \text{ m} \times 1.05 = 6.51 \text{ m}$.

$L_3 = 5.90 \text{ m} \times 1.05 = 6.19 \text{ m}$.

Sección 2.

$L_1 = 7.60 \text{ m} \times 1.05 = 7.98 \text{ m}$.

$L_2 = 7.20 \text{ m} \times 1.05 = 7.56 \text{ m}$.

$L_3 = 7.00 \text{ m} \times 1.05 = 7.35 \text{ m}$.

Sección 3.

$L_1 = 7.20 \text{ m} \times 1.05 = 7.14 \text{ m}$.

En la siguiente tabla se enmarcan las longitudes reales y con el factor de seguridad así como el número de piezas que se requieren.

LONGITUD DE LARGUEROS Y PIEZAS REQUERIDAS.

SECCION	LONG. REAL	LONG. DE SEG.	PIEZAS
	m	m	unidades
1	6.80	7.14	6
	6.20	6.51	12
	5.90	6.19	6
2	7.60	7.98	12
	7.20	7.56	24
	7.00	7.35	12
3	7.00	7.35	64

Ahora se calculará el área ocupada por cada sección de nuestro techo para obtener el peso de las cargas incluyendo las placas de la cubierta, y calcular en base a lo anterior, las dimensiones ó características de los largueros a emplear.

Para cada una de las secciones, calcularemos el área de esta y posteriormente se calcularán las cargas para cada área, como lo muestra la siguiente figura anterior.

Calculando el área de la sección 1.

$$A_1 = \pi \times r^2$$

Donde:

$$r^2 = \text{radio de la sección 1} = 6.80 \text{ m}$$

Sustituyendo valores:

$$A_1 = \pi \times 6.80^2 .$$

$$A_1 = 145.267 \text{ m}^2 .$$

Calculando el área de la sección 2

$$A_2 = \pi \times r^2 .$$

Donde:

$$r_2 = \text{radio de la sección 2} = 13.80 \text{ m}$$

Sustituyendo valores:

$$A = \pi \times 13.80^2 .$$

$$A_2 = 453.017 \text{ m}^2 .$$

Calculando el área de la sección 3.

$$A_3 = \pi \times r^2$$

Donde:

$$r = \text{radio de la sección 3} = 20.50 \text{ m}$$

Sustituyendo valores:

$$A_3 = \pi \times 20.50^2$$

$$A_3 = 721.970 \text{ m}^2$$

En la siguiente tabla se observan los valores de las área de cada sección.

SECCION	AREA (m ²)
1	145.267
2	453.017
3	721.970
TOTAL	1320.254

III.6.2. CALCULO DE LAS CARGAS PARA CADA SECCION.

Analizando todas las cargas posibles que soportan las placas del techo, conforme a las normas API 650 y AHMSA.

- a).- Carga de la cubierta.
- b).- carga viva.
- c).- Carga de viento.
- d).- Carga de nieve

Calculo para la sección 1.

a).- En la cubierta se tienen placas de 3/16 pulg de espesor con un peso de 37.4 kg./m². Especificado en el AHMSA y la sección 1 tiene una área de 145.267 m², de donde el peso se obtiene de la siguiente expresión.

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg. /m}^2 \times 145.267 \text{ m}^2$$

$$W = 5432.985 \text{ kg.}$$

b).- El peso por carga viva siempre es el mismo valor debido a que es una carga especificada constante y tiene el valor nominal de 122 kg.

c).- Para la carga por viento, se obtendrá considerando la mitad del área debido a que el 50 % de nuestro cuerpo no esta en contacto directo con la velocidad del aire, por lo que dividiremos nuestro carga de viento entre 2 y utilizaremos los mismos parámetros que el calculo anterior de carga por viento y de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$W = 0.00555 C A v^2 / 2.$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 145.26 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(145.26)(140)^2 / 2$$

$$W = 7901.072 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m² especificado por AHMSA, y tenemos un área de 145.267m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 145.267 \text{ m}^2$$

$$W = 7263.35 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 1 por cada carga.

CARGAS SECCION 1

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	5432.985
VIVA	122
VIENTO	7901.72
NIEVE	7263.35
TOTAL	20.719.407

Calculo para la sección 2.

a).- En la cubierta se tienen las mismas placas, y con una área de la sección 2 de 453.017m².

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg./m}^2 \times 453.017 \text{ m}^2.$$

$$W = 16,942.839 \text{ kg.}$$

c) Considerando los mismos factores que el cálculo anterior pero con un área de 453.017m².

$$W = 0.00555 \text{ CAV}^2/2$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 453.017\text{m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(453.017)(140)^2 / 2$$

$$W = 24,639.945 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m², y tenemos un área de 453.017m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 453.017 \text{ m}^2.$$

$$W = 22,650.85 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 2 por cada carga y.

CARGAS SECCION 2.

CARGA	PESO. { kg }
CUBIERTA	16.942.835
VIVA	122
VIENTO	24.639.594
NIEVE	22.650.85
TOTAL	64.355.279

Calculo para la sección 3.

Se tienen las mismas placas, y con una área de la sección 3 de 721.570m².

$$W = P \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg./m}^2 \times 721.970 \text{ m}^2.$$

$$W = 27,001.678 \text{ kg.}$$

b).- El peso por carga viva siempre es el mismo valor debido a que es una carga especificada constante y tiene el valor nominal de 122 kg.

c).- Para la carga por viento, se obtendrá considerando la mitad del área debido a que el 50 % de nuestro cuerpo no está en contacto directo con la velocidad del aire, por lo que dividiremos nuestro carga de viento entre 2 y utilizaremos los mismos parámetros que el calculo anterior de carga por viento y de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$W = 0.00555 \text{ CAv}^2/2$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 721.970 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(721.970)(140)^2 / 2$$

$$W = 39,267.948 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m² y se tiene un área de 721.970m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 721.970 \text{ m}^2$$

$$W = 36,098.50 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 3 por cada carga.

CARGAS SECCION 3.

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	27,001.678
VIVA	122
VIENTO	39,267.948
NIEVE	36,098.50
TOTAL	102,490.126

III.6.3. CALCULO DEL PESO QUE SOPORTARA CADA LARGUERO.

En cada sección se tiene determinados número de largueros, como lo muestra el dibujo los cuales dividiremos entre el peso de su sección para obtener el peso que carga cada larguero, y através del peso y el claro determinar las dimensiones y el tipo de perfil que soportara dicho peso sin tener una deflexión mayor de 2 mm, que especificado en el API Std. 650 y para determinar las dimensiones y el perfil nos auxiliaremos de las especificaciones de Altos Hornos de México AHMSA.

Calculando el peso que soporta cada larguero.

De la sección 1 se tiene lo siguiente .

$$W_{\text{larguero}} = W_1 / N_{\text{largueros}}$$

Donde.

W_{larguero} = Peso de cada larguero. (kg.).

W_1 = Peso de la sección 1 = 20,719.407 kg.

$N_{\text{largueros}}$ = Número de largueros de la sección 1 según dibujo de secciones de áreas y número de largueros = 24

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{larguero}} = 20,719.407 / 24$$

$$W_{\text{larguero}} = 863.308 \text{ kg. c/u}$$

De la sección 2 se tiene lo siguiente .

$$W_{\text{larguero}} = W_2 / N_{\text{largueros}}$$

Donde.

$$W_2 = 64,355.279 \text{ kg.}$$

$$N_{\text{Largueros}} = 48$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{largero}} = 64,355.279 / 48 = 1,340.734 \text{ kg. c/u}$$

De la sección 3 se tiene lo siguiente .

$$W_{\text{largero}} = W_3 / N_{\text{largueros}}$$

Donde.

$$W_3 = 102,490.126 \text{ kg.}$$

$$N_{\text{largueros}} = 64.$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{largero}} = 102,490.126 / 64$$

$$W_{\text{largero}} = 1,601.408 \text{ kg. c/u.}$$

Tenemos la siguiente tabla donde muestra el peso de cada sección, el numero de largueros y el peso que soporta cada uno.

PESO QUE SOPORTA CADA LARGUERO.

SECCION	PESO TOTAL Kg.	NUM. PERFILES piezas	W _{SOPOR} CADA PERFIL kg.
1	20,719.407	24	863.308
2	64,355.279	48	1340.734
3	102,490.126	64	1601.408
TOTAL	187,564.812		

BALANCE DE PESOS TOTALES.

Se realiza un balance de pesos, tomando como base el primer peso calculado en las cargas totales en el área del techo y el segundo peso calculado por secciones, en base a ello se elabora la siguiente tabla.

PESO 1 kg.	PESO 2 kg.
187,320.39	187,564.812

Se observa una diferencia de pesos pero es debido a que se consideraron 3 veces la carga viva de 122 kg. y en el primer calculo se considero solo una vez , si se restan dos veces la carga viva se tendrá el mismo peso.

III.6.4. SELECCIÓN DE MATERIAL.

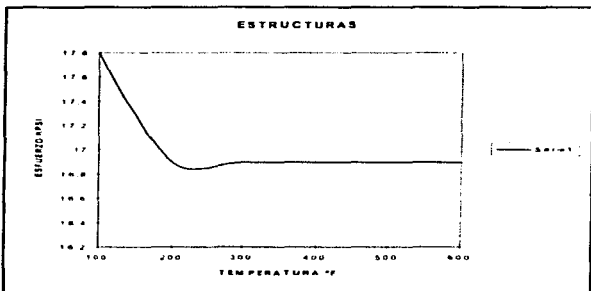
Para soportar las placas del techo se requiere de estructuras metálicas, expuestas a cargas impuestas por la presión o para la integridad del recipiente, de donde se selecciona un acero estructural, de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas con referencia al API std.650, en la parte 2 sección 5 de donde nos indica que se utilice un acero estructural ASTM A-36.

El cual se produce en Altos hornos de México, bajo las especificaciones AISI y tiene las siguientes características.

Designación	Mínimo esfuerzo a la tensión.	Mínimo esfuerzo a la cadencia.	Temperatura mínima.	Temperatura máxima.	Alargamiento min. en probeta de 20.32 cm.	Modulo de elasticidad
Acero al carbon ASTM-A 36.	3868.33 kg./cm ² (55,000 lb/pulg ²).	2529.86 kg./cm ² (36,000 lb/pulg ²).	28°C -20°F.	371.11°C 700°F.	20%.	2 083x10 ¹⁰ kg./cm ² .

Gráfica temperatura esfuerzo del acero ASTM A - 36

TEMPERATURA °F	ESFUERZO [SE] KPSI
100	17.8
200	16.9
300	16.9
400	16.9
500	16.9
600	16.9



Por lo que se utilizará el acero ASTM-A-36 para toda la estructura requerida para soportar el techo.

III .6.5. CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LOS LARGUEROS.

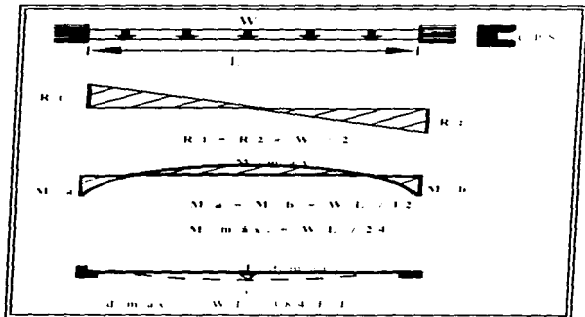
Los largueros los calcularemos su flexión aumentandoles el peso propio del perfil que se selecciono, y el calculo se realizara por el método de tanteos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

Se tomara como claro de la viga la longitud mayor real de cada sección del larguero requerido para tener un alto factor de seguridad en cada sección, tomando en cuenta que nuestros largueros en cada uno de sus extremos se encontraran unidos por soldadura de arco eléctrico, los consideraremos empotrados, y de acuerdo con las cargas aplicadas a la cubierta esta tendra la forma de carga uniformemente repartida.

Para la sección 1 .

Se selecciono un canal perfil estandar (CPS) despues de varios calculos efectuados, asta encontrar un perfil que al aplicarle el peso, en su claro no tuviese una deformacion o deflexión mayor de 2 mm , como no lo marcan las normas API y AHMSA.

El perfil seleccionado se acuerdo con sus propiedades mecanicas, es un CANAL PERFIL ESTANDAR (CPS) DE 10" LIVIANO, el cual se calcula con las siguientes expresiones



Formulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estática.

Donde:

$W =$ peso que soporta el larguero = 863.308 kg.

$W_{\text{canal}} = 22.76 \text{ Kg. / m.}$

Los datos son tomados de la especificación AHMSA en el capítulo VII.-1, en perfiles laminados, en la sección de Propiedades de diseño (ver tabla de valores en el anexo).

$L = 6.80\text{m.}$

Dato obtenido por del dibujo de secciones y largueros.

$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg./ m}^2.$

$I = 2.0805 \times 10^{05} \text{ m}^4 .$

Calcularemos primero el peso propio del CPS de 10" LIV , posteriormente se sumara al peso que soporta dicho perfil, para obtener el peso total. el cual lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{total}} = W + W_{\text{canal}} .$$

Donde:

$$W_{\text{canal}} = p \times L .$$

$$p = 22.76 \text{ kg./m.}$$

$$L = 6.80 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{canal}} = 22.76 \text{ kg./m} \times 6.80 \text{ m}$$

$$W_{\text{canal}} = 154.76 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula del peso total se tiene:

$$W_{\text{total}} = 863.308 \text{ kg.} \times 154.768 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 1,018.076 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en las fórmulas 1, 2, y 3..

De 1.

$$R_1 = R_2 = 1,018.076 / 2$$

De 2.

$$R_1 = R_2 = 509.038 \text{ kg.}$$

De 3.

$$M_{\text{max}} = (1,018.076 \times 6.80) / 24$$

$$M_{\text{max}} = 288.454 \text{ kg. -m}$$

$$d_{\text{max}} = 1018.076 \times 6.80^{0.3} / \{ (384) (2.083 \times 10^{-10}) (2.805 \times 10^{-05}) \}$$

$$d_{\text{max}} = 1.9194 \times 10^{03} \text{ m}$$

Realizando conversiones de m a mm

$$d_{\text{max}} = 1.9194 \times 10^{03} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m})$$

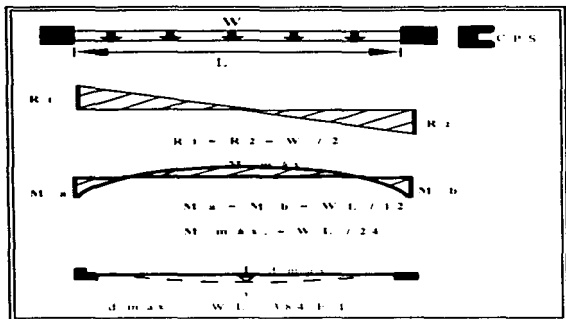
$$d_{\text{max}} = 1.919 \text{ mm}$$

Se observa que el perfil no tendrá una deflexión mayor de 2 mm , por lo que es altamente confiable por lo cual fue seleccionado y se requieren 24 canales con características iguales pero en diferentes longitudes.

Para la sección 2 .

Se selecciono un canal perfil estándar (CPS) de igual procedimiento que el anterior cálculo.

El perfil seleccionado se acuerdo con sus propiedades mecánicas, es un CANAL PERFIL ESTÁNDAR (CPS) DE 10" MEDIANO, el cual se calcula con las siguientes expresiones



Fórmulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estática

Donde:

$$W = 1,340.734 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{canal}} = 37.20 \text{ Kg. / m.}$$

$$L = 7.60 \text{ m.}$$

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg./ m}^2$$

$$I = 3.796 \times 10^{-05} \text{ m}^4$$

Calcularemos primero el peso propio del CPS de 10" MED, posteriormente se sumara al peso que soporta dicho perfil, para obtener el peso total, el cual lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{total}} = W + W_{\text{canal}}$$

Donde:

$$W_{\text{canal}} = p \times L$$

$$p = 37.20 \text{ kg./m.}$$

$$L = 7.60 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$W_{c,\text{perfil}} = 1,340.734 \text{ kg./m} \times 7.60 \text{ m.}$$

$$W_{c,\text{perfil}} = 282.72 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula del peso total se tiene:

$$W_{\text{total}} = 1623.454 \text{ kg.} \times 282.72 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 1,623.454 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en las fórmulas consecuentes.

$$R_1 = R_2 = 1,623.454 / 2.$$

$$R_1 = R_2 = 811.727 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{max}} = (1,623.454 \times 7.60) / 24.$$

$$M_{\text{max}} = 514.093 \text{ kg. - m.}$$

$$d_{\text{max}} = 1,623.454 \times 7.60^{0.3} / \{ (384) (2.083 \times 10^{10}) (3.796 \times 10^{-05}) \}.$$

$$d_{\text{max}} = 2.347 \times 10^{-03} \text{ m.}$$

realizando conversiones de m a mm.

$$d_{\text{max}} = 2.347 \times 10^{-03} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m}).$$

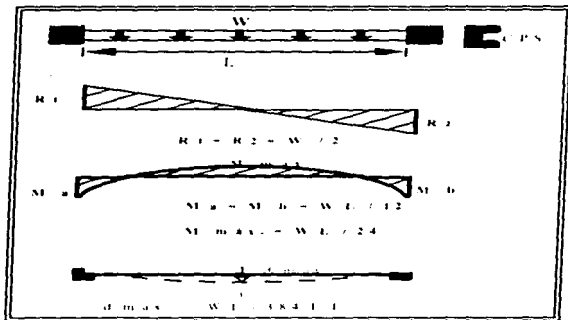
$$d_{\text{max}} = 2.347 \text{ mm.}$$

Se observa que el perfil tiene una deflexión mayor de 2 mm , pero es altamente confiable por lo cual fue seleccionado y se requieren 48 canales de características iguales y en diferentes longitudes

Para la sección 3.

Se selecciono un canal perfil estándar (CPS).

El perfil seleccionado se acuerdo con sus propiedades mecánicas, es un CANAL PERFIL ESTÁNDAR (CPS) DE 10" MEDIANO, el cual se calcula con las siguientes expresiones



Formulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estática

Donde:

$$W = 1,601.408 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{canal}} = 37.20 \text{ Kg. / m}$$

$$L = 7.00 \text{ m.}$$

Dato obtenido por del dibujo de secciones y largueros.

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg. / m}^2.$$

$$I = 3.796 \times 10^{-05} \text{ m}^4.$$

Calcularemos primero el peso propio del CPS de 10" MED, posteriormente se sumara al peso que soporta dicho perfil, para obtener el peso total, el cual lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{total}} = W + W_{\text{canal}}$$

Donde:

$$W_{\text{canal}} = p \times L .$$

$$p = 37.20 \text{ kg./m.}$$

$$L = 7.00 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{canal}} = 1,601.408 \text{ kg./m} \times 7.00 \text{ m.}$$

$$W_{\text{canal}} = 260.40 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula del peso total se tiene:

$$W_{\text{total}} = 1601.408 \text{ kg.} \times 260.40 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 1,861.808 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en las fórmulas consecuentes.

$$R_1 = R_2 = 1,861.808 / 2$$

$$R_1 = R_2 = 930.904 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{máx}} = (1.861.808 \times 7.00) / 24$$

$$M_{\text{máx}} = 543.02 \text{ kg. -m}$$

$$d_{\text{máx}} = 1,861.808 \times 7.00^{03} / \{ (384) (2.083 \times 10^{-10}) (3.796 \times 10^{-05}) \}$$

$$d_{\text{máx}} = 2.103 \times 10^{-03} \text{ m}$$

Realizando conversiones de m a mm.

$$d_{\text{máx}} = 2.103 \times 10^{-03} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m})$$

$$d_{\text{máx}} = 2.103 \text{ mm}$$

Se observa que el perfil tiene una deflexión mayor de 2 mm, pero es altamente confiable por lo cual fue seleccionado y se requieren 64 canales de características iguales y de diferentes longitudes.

En la siguiente tabla se muestra para cada sección, el tipo de perfil, el peso por metro lineal del perfil, longitud en que se requiere, peso del perfil ya con las

dimensiones necesarias así como las piezas requeridas, el peso total de la unidad y el peso total de los largueros por sección.

Se considero que se le instalaran completamente la longitud de los largueros requerido con el factor de seguridad, para estimar un peso critico.

Teniendo peso del perfil por unidad de longitud se multiplicara por la longitud del larguero, y este valor se multiplicara por el número de piezas para tener el peso de los largueros por sección .

SECCION	PERFIL	PESO	LARGO	W PERFIL	PIEZAS	W TOTAL Perfiles.	W TOT SECC.
		kg./m	m	kg.	unidad	kg.	kg.
1	CPS	22.76	7.14	162.50	6	975	
	10"		6.51	148.16	12	1,777.92	
	LIV		6.19	140.88	6	845.30	3,598.22
2	CPS	37.20	7.98	296.85	12	3,562.20	
	10"		7.56	281.23	24	6,749.52	
	MED		7.35	273.42	12	3,281.04	13,592.76
3	CPS	37.20	7	260.4	64	16,665.6	16,665.60
	10"						
	MED						
TOTAL							33,856.58

III .6.6. CALCULO DE LAS TRAVÉS.

Los largueros estarán apoyados en sus extremos, por apoyos horizontales denominados través horizontales, por lo que las través deben tener resistencia a la tensión y compresión para equilibrar las reacciones sin que tengan una deflexión mayor de 2 mm.

Las reacciones de los largueros como se observa en los cálculos anteriores que absorben la mitad del peso, el cual es soportado por su apoyo, por lo que seccionaremos el techo en 6 partes, aproximadamente a la mitad de cada sección para conocer el peso que cargarán las través.

En la siguiente tabla establezco los radios que tendrán cada área para seccionar el techo en 6 partes.

SECCION	NUEVA SECCION	RADIO DE LA SECCION m
1	1A	3.40
	1B	6.80
2	2A	10.20
	2B	13.80
3	3A	17.00
	3B	20.5

Se calcularán las áreas de cada sección en base a los radios establecidos.

Para la sección 1.

Área 1.

$$A. = \pi \times r^2.$$

Donde :

$$\pi = 3.1416.$$

$$r = 3.40 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 3.40^2.$$

$$A_{1A} = 36.316 \text{ m}^2.$$

Para la sección 1 B.

Área 1B.

$$A = \pi \times r^2.$$

Donde :

$$r = 6.80 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 6.80^2.$$

$$A = 145.267 \text{ m}^2.$$

Pero como se requiere el área de dicha sección mostrada en el dibujo se tiene que:

$$A_{1B} = A - A_{1A}.$$

Sustituyendo valores:

$$A_{1B} = 145.267 - 36.316.$$

$$A_{1B} = 108.943 \text{ m}^2.$$

Para la sección 2.

Área 2A.

$$A = \pi \times r^2 - A_1.$$

Donde :

$$A_1 = 145.26 \text{ m}^2.$$

$$r = 10.20 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 10.20^2 - 145.26.$$

$$A_{2A} = 326.85^2 - 145.26$$

$$A_{2A} = 181.59 \text{ m}^2$$

Para la sección 2 B

Área 2B.

$$A = \pi \times r^2 - A_1 - A_{2A}$$

Donde :

$$r = 13.80 \text{ m.}$$

$$A_1 = 145.26 \text{ m}^2.$$

$$A_{2A} = 181.59 \text{ m}^2.$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 13.80^2 - 145.26 - 181.59.$$

$$A = 598.28 - 145.26 - 181.59.$$

$$A_{2B} = 271.435 \text{ m}^2.$$

Para la sección 3 A

Área 3A

$$A = \pi \times r^2 - A_1 - A_{2A} - A_{2B}$$

Donde :

$$r = 17 \text{ m.}$$

$$A_1 = 145.26 \text{ m}^2.$$

$$A_{2A} = 181.59 \text{ m}^2.$$

$$A_{2B} = 271.435 \text{ m}^2.$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 17^2 - 145.26 - 181.59 - 271.435.$$

$$A = 907.92 - 145.26 - 181.59 - 271.435.$$

$$A_{3A} = 309.639 \text{ m}^2.$$

Para la sección 3 B.

Área 3B.

$$A = \pi \times r^2 - A_{1A} - A_{2A} - A_{2B} - A_{3A}$$

Donde :

$$r = 20.50 \text{ m.}$$

$$A_{1A} = 145.26 \text{ m}^2.$$

$$A_{2A} = 181.59 \text{ m}^2.$$

$$A_{2B} = 271.435 \text{ m}^2.$$

$$A_{3A} = 309.639 \text{ m}^2.$$

Sustituyendo valores.

$$A = \pi \times 20.50^2 - 145.26 - 181.59 - 271.435 - 309.639$$

$$A = 1320.254 - 145.26 - 181.59 - 271.435 - 309.639$$

$$A_{3B} = 412.33 \text{ m}^2$$

La tabla siguiente nos muestra las secciones (en que se dividió el techo) con sus áreas respectivas.

SECCION	AREA [m ²]	NVA. SECCION	AREA [m ²]
1	145.26	1 _A	36.316
		1 _B	108.943
2	435.808	2 _A	181.59
		2 _B	271.435
3	739.18	3 _A	309.639
		3 _B	412.33
TOTAL	1320.25		1320.25

III.6.6.1. CALCULO DE LAS CARGAS PARA CADA SECCION.

Considerando las siguientes cargas, tomando en cuenta la localización, y los agentes atmosféricos.

- a).- Carga de la cubierta.
- b).- carga viva.
- c).- Carga de viento.
- d).- Carga de nieve
- e).- Carga por largueros.

Se consideran las mismas cargas debido a que las traves funcionan como apoyos de los largueros, por lo que también deben soportar dichas cargas.

Calculo para la sección 1_A

a) Este cálculo siempre es la misma placa, 4.76 mm (3/16 pulg) de espesor con un peso de 37.4 kg/m², lo que difieren son las áreas, y en este caso el área es de 36.316m².

$$W = p \times A$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg./m}^2 \times 36.316 \text{ m}^2$$

$$W = 1,358.21 \text{ kg.}$$

c) Por este cálculo se considera el mismo criterio que los cálculos anteriores, con una área de 36.31m².

$$W = 0.00555 \text{ CA}v^2/2$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 36.316 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(36.316)(140)^2 / 2.$$

$$W = 1975 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m² tenemos un área de 36.316 m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 36.316 \text{ m}^2$$

$$W = 1,815.80 \text{ kg.}$$

e).- Para obtener este dato, tomaremos el peso que ejercen los largueros sobre las través el cual para este caso es la mitad del peso de o de su longitud solicitada para tener un peso crítico. los largueros, ya que las través absorben las reacciones de los largueros, y sobre las través soportarán 24 largueros.

$$W = p \times A \times n.$$

Donde :

$$p = \text{peso de largero} = 22.7 \text{ kg/m.}$$

$$L = \text{longitud de largero} = 3.4 \text{ m.}$$

$$n = \text{número de largeros} = 24.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 22.76 \text{ Kg./m} \times 3.5 \text{ m} \times 24.$$

$$W = 1911.84 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 1_A por cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	1,358.21
VIVA	122
VIENTO	1,975
NIEVE	1,815.80
LARGUEROS	1,911.84
TOTAL	7,182.85

Cálculo para la sección 1_{ii}

a).- En la cubierta se tienen placas de 3/16 pulg de espesor con un peso de 37.4 kg. / m² y una área de 108.94 m², de donde el peso se obtiene de la siguiente expresión.

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg. /m}^2 \times 108.94 \text{ m}^2.$$

$$W = 4,074.468 \text{ kg.}$$

c) La carga de viento se calcula con los mismos criterios anteriormente, y con una área de 108.943m².

$$W = 0.00555 C A v^2 / 2.$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 108.943 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(108.943)(140)^2 / 2.$$

$$W = 5925.40 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg. /m² tenemos un área de 108.943 m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 108.943 \text{ m}^2.$$

$$W = 5,447.15 \text{ kg.}$$

a) Para este cálculo del peso de los largueros es igual al anterior, debido que unas través absorben las reacciones de los largueros. ($R_1=R_2$), por lo que la través interior soporta la reacción uno y la trabe exterior soporta la reacción dos.

$$W = p \times L \times n.$$

Donde:

$$n = 24.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 22.76 \text{ Kg./m} \times 3.5 \text{ m} \times 24$$

$$W = 1911.84 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 1_B por cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO { KG. }
CUBIERTA	4,074.468
VIVA	122
VIENTO	5,925.40
NIEVE	5,447.15
LARGUEROS	1,911.84
TOTAL	17,480.868

Calculo para la sección 2_A.

a) Cálculo del peso de la placa de la cubierta, que cubre un área de 181.59m². de donde:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg./m}^2 \times 181.59 \text{ m}^2.$$

$$W = 6,791.466 \text{ kg.}$$

c) Cálculo de la carga del viento, la cuál es calculada con los mismos criterios anteriores, tiene una área de 181.59 m^2 .

$$W = 0.00555 C A v^2 / 2.$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 181.59 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(181.59)(140)^2 / 2.$$

$$W = 9,876.68 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg. /m^2 y tenemos un área de 181.59 m^2 , obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 181.59 \text{ m}^2.$$

$$W = 9,079.50 \text{ kg.}$$

e) Es igual a los cálculos de peso de los largueros pero en esta secc. se tienen CPS de 10 pulg, mediano y pesan 37.20 kg./m lineal. Y la mitad de su longitud es de 3.99 m. , y las través soportan 48 largueros, de lo cual se tiene.

$$W = p \times L \times n$$

Donde :

$$p = 37.20 \text{ kg/m.}$$

$$n = \text{Número de largueros} = 48.$$

$$L = 3.99.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 37.20 \text{ Kg./m} \times 3.99 \text{ m} \times 48.$$

$$W = 7,124.54 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 2_A por cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO { KG. }
CUBIERTA	6,791.466
VIVA	122
VIENTO	9,876.68
NIEVE	9,079.5
LARGÜEROS	7,124.54
TOTAL	32,994.19

Calculo para la sección 2_B.

a) Cálculo del peso de la cubierta que cubre una área de 271.435m².

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg. /m}^2 \times 271.435 \text{ m}^2.$$

$$W = 10,151.669 \text{ Kg.}$$

c) Calculo de carga del viento, la cual es calculada con los mismos criterios anteriores, y tiene una área de 271.435m².

$$W = 0.00555 \text{ CA}v^2/2.$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 271.435 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(271.435)(140)^2 / 2.$$

$$W = 14,763.35 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m² especificado y tenemos un área de 271.435 m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 271.475 \text{ m}^2.$$

$$W = 13,571.75 \text{ kg.}$$

e) El calculo del peso de los largueros es igual al anterior, porque este caso la trabe soporta el peso de la reacción 2.

$$W = p \times L \times n.$$

Donde :

$$p=37.20 \text{ kg./m.}$$

$$n = \text{Número de largueros} = 48$$

$$L=3.99.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 37.20 \text{ Kg./m} \times 3.99 \text{ m} \times 48.$$

$$W = 7,124.54 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 2_A por cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	10,151,669
VIVA	122
VIENTO	14,763.35
NIEVE	13,571.75
LARGUEROS	7,124.54
TOTAL	45,733,309

Calculo para la sección 3_A

a) Cálculo del peso de la placa de la cubierta, que cubre una área de 309.639m².

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg. /m}^2 \times 309.639 \text{ m}^2.$$

$$W = 11,580.349 \text{ kg.}$$

c) Cálculo del viento, la cual es calculada con los mismos criterios anteriores, y tiene en este caso una área de 309.639m².

$$W = 0.00555 \text{ CA}v^2/2$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 309.639 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(309.639)(140)^2 / 2.$$

$$W = 33,682.095 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg. /m² y tenemos un área de 309.639 m², obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg /m}^2 \times 309.639 \text{ m}^2.$$

$$W = 15,481.75 \text{ kg.}$$

e).- Para la carga de los largueros se tiene un peso de 37.20 kg. /m especificado por AHMSA, y tenemos una longitud de 3.50 m aproximadamente la mitad de la longitud del larguero, obteniendo el peso de los largueros con la siguiente expresión:

e) Cálculo del peso de los largueros, este es igual a los de las secc. 2A, y 2B, pero para esta sección tienen una longitud de 7.00m (3.50 la mitad).

$$W = p \times L \times n.$$

Donde :

$$p=37.20 \text{ kg./m.}$$

$$L=3.50 \text{ m.}$$

$$n = 64.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 37.20 \text{ Kg./m} \times 3.50 \text{ m} \times 64.$$

$$W = 8,332.8 \text{ kg.}$$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 3_A de cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	11,580.349
VIVA	122
VIENTO	16,841.048
NIEVE	15,481.75
LARGUEROS	8,332.80
TOTAL	52,357.947

Calculo para la sección 3_B.

a) Cálculo del peso de la placa de la cubierta, con una área de 412.33m².

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores:

$$W = 37.4 \text{ kg./m}^2 \times 412.33 \text{ m}^2.$$

$$W = 15,421.142 \text{ kg.}$$

c) Cálculo del viento, la cual es calculada con los mismo criterios anteriores, y tienen una área de 412.33m^2 .

$$W = 0.00555 CA_v^2/2$$

Donde :

$$C = 1.$$

$$A = 412.33 \text{ m}^2.$$

$$v = 140 \text{ km./hr.}$$

Sustituyendo valores.

$$W = 0.00555 (1)(412.33) (140)^2 / 2.$$

$$W = 44,853.257 \text{ kg.}$$

d).- Para la carga de nieve tiene un peso de 50 kg./m^2 especificado y tenemos un área de 412.33 m^2 , obteniendo el peso de la nieve con la siguiente expresión:

$$W = p \times A.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 50 \text{ Kg./m}^2 \times 412.33 \text{ m}^2.$$

$$W = 20,616.50 \text{ kg.}$$

e) Cálculo del peso de los largueros, este es igual al de la sección 3A.

$$W = p \times L \times n.$$

Donde :

$$p=47.20.$$

$$L=3.50.$$

$$n = 64.$$

Sustituyendo valores.

$$W = 37.20 \text{ Kg./m} \times 3.50 \text{ m} \times 64.$$

$W = 8,332.8 \text{ kg.}$

En la siguiente tabla tendremos los pesos de la sección 3_{II} de cada carga y el peso total de las cargas.

CARGA	PESO (KG.)
CUBIERTA	15,421.142
VIVA	122
VIENTO	22,426.629
NIEVE	20,616.50
LARGUEROS	8,332.80
TOTAL	66,918.571

La siguiente tabla muestra las áreas y los pesos de cada sección, incluyendo el peso de los largueros.

SECCION	AREA m²	PESO kg.
1A	36.31	7,182.85
1B	108.943	17,480.868
2A	181.59	32,994.19
2B	271.435	45,733.309
3A	309.639	52,357.947
3B	412.33	66,918.571
TOTAL	1,320.25	222,667.74

III.6.6.2. CALCULO DEL PESO QUE SOPORTA CADA TRABE.

Se determina el peso que soporta cada trabe para determinar sus dimensiones , para que la soporte y no tenga una deflexión mayor de 2 mm como lo marca la norma API 650 y AHMSA.

CÁLCULO DEL PESO QUE SOPORTA LA TRABE INTERNA.

En la periferia del área 1_{II} se tienen 6 través, que soportaran los pesos de las reacciones del las áreas 1_{II} y 2_A . sabiendo que la carga esta uniformemente repartida se divide el peso de la sección 1_{II} entre 6 través y el área 2_A la dividimos entre 12 ya que es el número de través que soportan los largueros de dicha área, de donde tenemos lo siguiente.

$$W_{TOTAL} = W_1 + W_2$$

$$W_1 = W_{1II}/6.$$

$$W = W_{2A} / 12.$$

sustituyendo valores de la tabla anterior

$$W_1 = 17,480.868 \text{ Kg.} / 6 = 2,913.478 \text{ Kg.}$$

$$W_{2A} = 32,994.19 \text{ Kg.} / 12 = 2,749.518 \text{ Kg.}$$

$$W_{TOTAL} = 2,913.478 + 2,749.515 = 5,662.993 \text{ Kg.}$$

CÁLCULO DEL PESO QUE SOPORTA LA TRABE EXTERNA.

Para la trabe externa se tendrá, que dividiremos el peso de la sección 2_B entre 12, y le sumaremos lo que resulte del peso del área 3_A dividido entre 64 largueros existentes en la sección dicha y el valor obtenido por 6 ya que son los largueros que soportan c/u de las través, el valor obtenido lo dividimos entre 2 porque las través soportan únicamente las reacciones de los largueros.

$$W_{TOTAL} = W_{2B} + W_{3A}.$$

$$W_{2B} = P_{2B} / 12.$$

$$W_{3A} = \{(P_{3A} / 64) \times 6\} / 2.$$

Sustituyendo valores

$$W_{2B} = 45,733.309 / 12 = 3,811.109 \text{ Kg.}$$

$$W_{DA} = \{ ((52,357.947 / 64) \times 6) / 2 \} = 2,454.278 \text{ Kg.}$$

$$W_{TOTAL} = 3,811.109 + 2,454.278 = 6,265.37 \text{ Kg.}$$

En la tabla siguiente muestra los pesos que soportara cada trabe.

TRABE	FIGURA	PESO A CARGAR c/u Kg.
INTERIOR	HEXAGONO	5,662.993
EXTERIOR	DODECAGONO	6,265.387

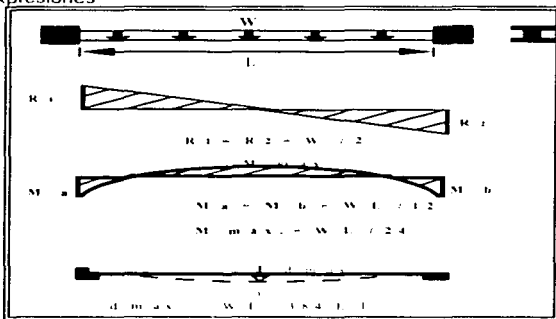
III.6.6.3. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LAS TRABES.

Se calcularán las través por el método de lanteos considerándola como una viga horizontal empotrada en sus extremos, con una carga uniformemente distribuida y un claro establecido, en el cálculo se le aumentará el peso del perfil seleccionado.

CÁLCULO DE LA TRABE INTERIOR.

Se seleccionó Perfil Rectangular Estándar (IPR) DE 12" x 6 1/2" Pesado después de varios cálculos efectuados. ($s=752 \text{ cm}^3$) para la trabe interior.

El perfil seleccionado de acuerdo con sus propiedades mecánicas, es un Perfil Rectangular Estándar (IPR) DE 12" x 6 1/2" Pesado, el cual se calcula con las siguientes expresiones



Formulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estática (ver anexo)

Donde:

W = peso que soporta la trabe = 5,662.938 kg.

W_{canal} = Peso del perfil 53.7 Kg. / m.

Este valor es tomado de la especificación AHMSA en el capítulo VII.-1, en perfiles laminados, en la sección de PERFILES RECTANGULARES IPR.

L = claro del larguero seleccionado, = 6.80 m.

Dato obtenido por del dibujo de secciones y largueros.

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg./m}^2.$$

$$I = 1.16807 \times 10^{14} \text{ m}^4$$

Calcularemos primero el peso propio del IPR de 12" x 6 1/2 MED, posteriormente se sumara al peso que soporta dicho perfil, para obtener el peso total, el cual lo calcularemos con las siguientes expresiones:

$$W_{\text{total}} = W + W_{\text{canal}}$$

Donde:

$$W_{\text{canal}} = p \times L.$$

$$p = 53.7 \text{ kg./m.}$$

$$L = 6.80 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{canal}} = 53.7 \text{ kg./m} \times 6.80 \text{ m.}$$

$$W_{\text{canal}} = 365.16 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula del peso total se tiene:

$$W_{\text{total}} = 5,662.99 \text{ kg.} + 365.16 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 6,028.15 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en las fórmulas consecuentes.

$$R_1 = R_2 = 6028.15 / 2.$$

$$R_1 = R_2 = 3014.075 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{max}} = (6,028.15 \times 6.80) / 24.$$

$$M_{\text{max}} = 1,707.97 \text{ kg. - m.}$$

$$d_{\text{max}} = 6028.15 \times 6.80^{03} / \{ (384) (2.083 \times 10^{10}) (1.168 \times 10^{-14}) \}.$$

$$d_{\text{max}} = 2.028 \times 10^{03} \text{ m.}$$

realizando conversiones m a mm.

$$d_{max} = 2.028 \cdot 10^{-03} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m}).$$

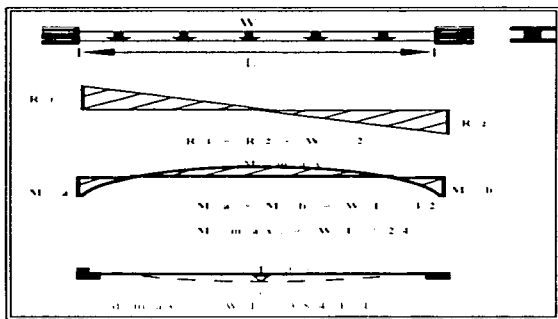
$$d_{max} = 2.028 \text{ mm}.$$

Se observa que el perfil tiene una deflexión mayor de 2 mm, pero es altamente confiable por lo cual fue seleccionado y se requieren 6 perfiles rectangulares estándar de 12 x 6 1/2 pesada de características iguales y de longitudes iguales.

CALCULO DE LA TRABE EXTERIOR.

Se selecciono Perfil Rectangular Estandar (IPR) DE 12" x 8" liviana ,después de varios calculos efectuados. Para la exterior.

El perfil seleccionado se acuerdo con sus propiedades mecánicas, es un Perfil Rectangular Estandar (IPR) DE 12" x 8" liviana, el cual se calcula con las siguientes expresiones



Formulas y diagramas de vigas para condiciones de carga estática (ver anexo)

Donde:

W = peso que soporta la trabe = 6265.387 kg..

W_{canal} = Peso del perfil 59.6 Kg. / m.

Este valor es tomado de la especificación AHMSA en el capítulo VII-1, en perfiles laminados, en la sección de PERFILES RECTANGULARES IPR (Propiedades de diseño pp. 169)

$$L = 6.80 \text{ m.}$$

Dato obtenido por del dibujo de secciones y largueros.

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ kg./m}^2.$$

$$I = 1.290 \times 10^{04} \text{ m}^4.$$

Calcularemos primero el peso propio del IPR de 12" x 8" LIVIANA, posteriormente se sumara al peso que soporta dicho perfil, para obtener el peso total, el cual lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{total}} = W + W_{\text{canal}}$$

Donde:

$$W_{\text{canal}} = p \times L.$$

$$p = 56.9 \text{ kg./m.}$$

$$L = 6.80 \text{ m.}$$

Sustituyendo valores:

$$W_{\text{canal}} = 56.9 \text{ kg./m} \times 6.80 \text{ m.}$$

$$W_{\text{canal}} = 405.28 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en la fórmula del peso total se tiene:

$$W_{\text{total}} = 6265.387 \text{ kg.} + 405.28 \text{ kg.}$$

$$W_{\text{total}} = 6,670.66 \text{ kg.}$$

Sustituyendo valores en las fórmulas consecuentes.

$$R_1 = R_2 = 6,670.33 / 2.$$

$$R_1 = R_2 = 3335.33 \text{ kg.}$$

$$M_{\text{max}} = (6,670.33 \times 6.80) / 24.$$

$$M_{\max} = 11890.02 \text{ kg.} \cdot \text{m.}$$

$$d_{\max} = 6670.66 \times 6.80^{03} / \{ (384) (2.083 \times 10^{-10}) (1.290 \times 10^{-4}) \}.$$

$$d_{\max} = 2.030 \times 10^{03} \text{ m.}$$

realizando conversiones de m a mm.

$$d_{\max} = 2.030 \times 10^{-03} \text{ m} \times (1000 \text{ mm} / 1 \text{ m}).$$

$$d_{\max} = 2.030 \text{ mm.}$$

Se observa que el perfil tiene una deflexión mayor de 2 mm , pero es altamente confiable por lo cual fue seleccionado y se requieren 12 perfiles rectangulares estándar de 12" x 8" LIVIANA de características iguales y de longitudes iguales.

En la siguiente tabla muestra las características de los PERFILES RECTANGULARES ESTANDAR seleccionados.

PERFIL IPR	PESO Kg/m	LONGITUD m	PESO kg.	PIEZAS	W TOTAL kg.
12"x6 1/2" PE	53.7	6.80	365.16	6	2190.96
12"x 8" LIV:	59.6	6.80	405.28	12	4863.36

III.6.7. CALCULO DE COLUMNAS.

La siguiente tabla muestra los pesos de todas las cargas en cada sección del techo.

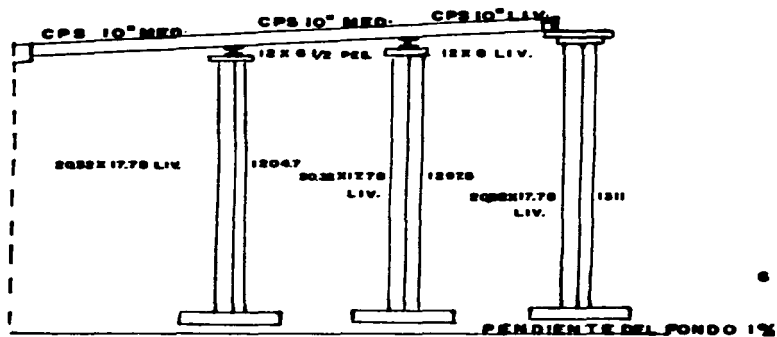
SECC	PLACA kg	VIVA kg	VIENTO kg	NIEVE kg	LARGUEROS kg	TRABES kg	W _{TOTAL} kg
1 _A	1359.21	122	1925.22	1815.18	1911.84		7182.85
1 _{II}	4074.41	122	5925.40	5447.15	1911.84	1095.48	18576.34
2 _A	6791.46	122	9876.68	9079.50	7124.54	1095.48	34089.67
2 _{II}	10151.66	122	14763.35	13571.7	7154.24	2431.36	48164.69
3 _A	11580.34	122	16841.04	15481.7	8332.80	2431.36	54759.30
3 _{II}	15421.14	122	22426.62	20616.5	8332.80		66918.57
Total	49377.2	122	71758.32	766011.8	34738.36	7054.32	229691.4 1

CALCULO DE LA ALTURA DE LAS COLUMNAS.

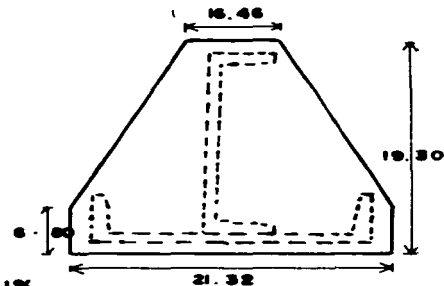
Identificaremos la columnas por su localización, como a continuación se menciona: a la columna del centro será central o capitel, las subsecuentes serán columnas interiores y a las siguientes serán columnas exteriores como lo muestra el plano N° 5

Los elementos que nos disminuirán la altura de la columna son los largueros, las través, y la placa de apoyo, los cuales tienen las siguientes dimensiones.

- A).- Alma de el larguero (CPS) = 10 pulg ó 0.0254 m.
- B).- Peralte de la trabe interior (IPR) = 303 mm ó 0.303 m.
- C).- peralte de la trabe exterior (IPR) = 311 mm ó 0.311 m.
- D).- Placa de apoyo = ¼ pulg ó 0.00635 m.

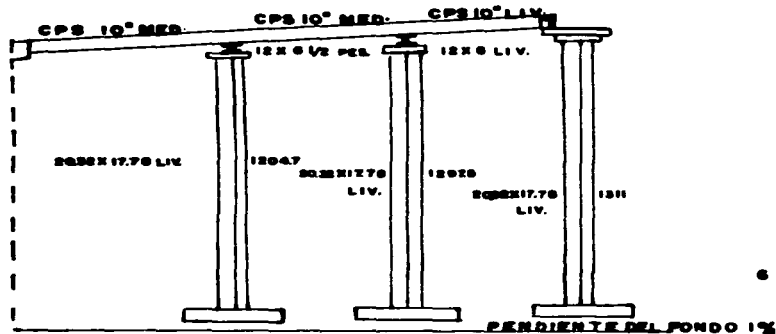


ELEVACION

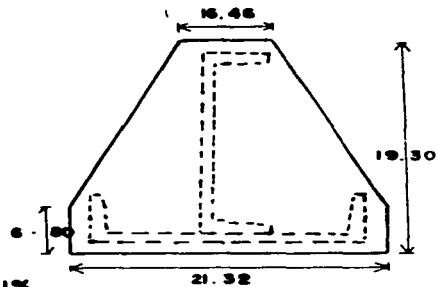


PLACA DE APOYO
ENTRE LAS TRABES
Y COLUMNAS

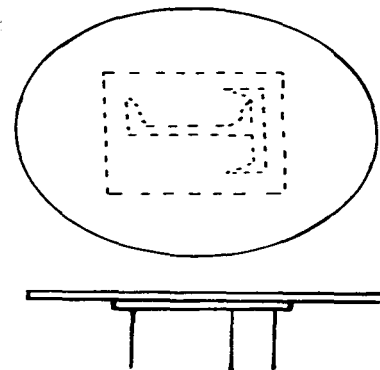
UNIVER	
ENEP CA	
Acot. cm	
Esc. Sin	
Calc. MAAI	



ELEVACION

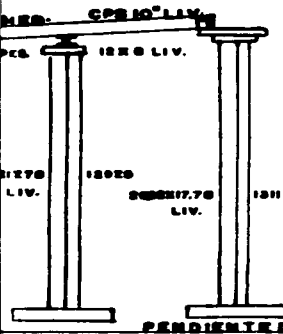


PLACA DE APOYO
ENTRE LAS TRASES
Y COLUMNAS

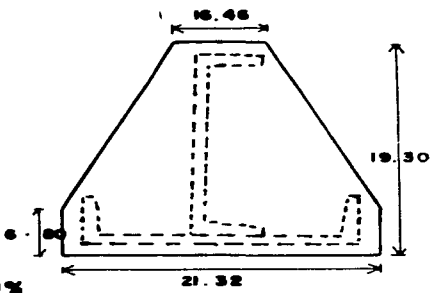


ARREGLO DEL CAPITEL

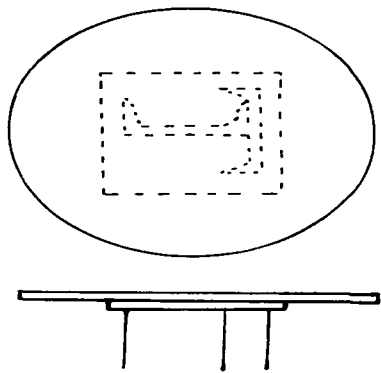
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. V
Esc. Sin	ARREGLO DE LAS COLUMNAS	Apro. Ing. N
Calc. MAAI	DEL TECHO	Dib. N° 5



ACION



PLACA DE APOYO
 ENTRE LAS TRABES
 Y COLUMNAS



ARREGLO DEL CAPITEL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc. Sin	ARREGLO DE LAS COLUMNAS	Apro. Ing. NPJ
Calc. MAAI	DEL TECHO	Dib. N° 5

COLUMNA CENTRAL.

Se tiene una altura de $h_1 = 12.192$ m en la parte superior de la envolvente, más la altura del techo en el centro es de $h_2 = 1.28$ m teniendo una altura total en el centro de $H = 13.472$ m. donde a dicha altura se calcularan las columnas.

$$h = h_1 + h_2 - (1A + 1C).$$

Sustituyendo valores.

$$h = 12.192 + 1.28 - (.0254 + 0.00635).$$

$$h = 13.211 \text{ m altura de la Columna Central, también llamada Capitel.}$$

Como se muestra en el plano N° 5 del arreglo general de las columnas.

COLUMNA INTERIOR.

La altura que se tendrá en esta sección se determina con la ayuda de un triángulo rectángulo debido a la pendiente del techo.

Sabemos que la columna se localizará a 6.80 m de la columna central, por lo que tiene una distancia de la columna a el envolvente de 13.60 m y utilizando esta distancia como cateto adyacente con el ángulo de la pendiente del techo de 3.6° calcularemos la altura en esta sección.

Utilizando la función trigonometría .

$$\text{Tan } \alpha = \text{cateto opuesto} / \text{cateto adyacente.}$$

Despejando el cateto opuesto A.

$$a = b \times \text{Tan } \alpha.$$

Sustituyendo valores.

$$a = 13.60 \times \tan 3.6^\circ.$$

$$a = 0.855 \text{ m.}$$

Calculando la altura:

$$h_{\text{TOTAL}} = h_1 + h_3 - (1A + 1B + 1c).$$

Donde :

$$h_3 = 0.855 \text{ m.}$$

sustituyendo valores.

$$h = 12.192 + 0.855 - (0.254 + 0.303 + 0.00635).$$

$$h_2 = 12.475 \text{ m Altura de las columnas interiores.}$$

COLUMNA EXTERIOR.

Se calcula con el mismo procedimiento que la columna interior, teniendo una distancia de 6.80 m de la columna al envolvente (cateto adyacente) y con el mismo ángulo se tiene:

Utilizando la función trigonometría.

Tan α = cateto opuesto / cateto adyacente.

Despejando el cateto opuesto a.

$$a = b \times (\tan \alpha).$$

Sustituyendo valores.

$$a = 6.80 \times \tan 3.6^\circ.$$

$$a = 0.4278 \text{ m.}$$

Calculando la altura:

$$h_{\text{TOTAL}} = h_1 + h_4 - (1A + 1C + 1D).$$

Donde :

$$h_4 = 0.4278 \text{ m.}$$

sustituyendo valores.

$$h = 12.192 + 0.4278 - (0.254 + 0.311 + 0.00635).$$

$$h_3 = 12.047 \text{ m Altura de las columnas exteriores.}$$

La siguiente tabla nos muestra las alturas que tienen las columnas.

COLUMNA	ALTURA { m }	PIEZAS
CENTRAL	13.211	1
INTERIOR	12.475	6
EXTERIOR	12.047	12

CALCULO DEL PESO QUE SOPORTARA CADA COLUMNA.

Se determinará el peso que soporta cada columna para su análisis matemático y determinar que columna lo soporta sin tener pandeo.

COLUMNA CENTRAL.

Esta columna como lo muestra el dibujo solo cargara el peso de la sección 1_A y es una sola columna , el peso de dicha sección es de $W = 7,182.85$ Kg.

COLUMNA INTERIOR.

Como lo muestra el dibujo estas 6 columnas soportaran el peso de las secciones 1_B y 2_A el cual se determina de la forma siguiente

$$W = W_{1B} + W_{2A} / 6.$$

Para obtener el peso que soporta cada columna.

Donde .

W = Peso que soportara la columna. Kg.

$$W_{1B} = 18,756.34 \text{ Kg.}$$

$$W_{2A} = 34,089.67 \text{ Kg.}$$

Sustituyendo valores:

$$W = 18,756.34 + 34,089.67 / 6$$

$$W = 8,777.66 \text{ Kg.}$$

COLUMNA EXTERIOR.

Como lo muestra el dibujo estas 12 columnas soportaran el peso de las secciones 2_B y 3_A el cual se determina de la forma siguiente

$$W = W_{2B} + W_{3A} / 6.$$

Para obtener el peso que soporta cada columna.

Donde .

W = Peso que soportara la columna. Kg.

$$W_{2B} = 48,164.669 \text{ Kg.}$$

$$W_{3A} = 54,459.307 \text{ Kg.}$$

Sustituyendo valores:

$$W = 48,164.669 + 54,459.307 / 12.$$

$$W = 8,551.998 \text{ Kg.}$$

La siguiente tabla nos muestra el peso que soporta cada columna.

COLUMNA	ALTURA	PESO (Kg.)
CENTRAL	13.211	7,182.85
INTERIOR	12.975	8,777.66
EXTERIOR	12.047	8,551.998

CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LAS COLUMNAS.

Las columnas se encontraran cargadas concéntricamente, las cuales están sometidas a un esfuerzo de compresión, por lo que se requiere conocer el perfil que no se pandee y soporte dicho esfuerzo, el perfil seleccionado debe de ser un acero estructural ASTM A 36 acero seleccionado anteriormente.

CALCULO DE LA COLUMNA CENTRAL.

La columna debe soportar un peso de 7,182.85 kg. y tienen una altura de 13.11 m .

De donde .

$$W = 7,182.85 \text{ Kg.}$$

$$h = 13.11 \text{ m.}$$

Material : Acero estructural : ASTM A 36

$$S_y = 36 \text{ ksi} = 25352113 \text{ Kg. / m}^2.$$

$$E = 2.083 \times 10^{10} \text{ Kg. / m}^2.$$

Se selecciona una sección compuesta de dos perfiles canales estándar (CPS) de 8" LIV. y 7" LIV: después de varios cálculos realizados.

Características (ver tabla de propiedades según AHMSA de los CPS. en el anexo).

$$p = 31.69 \text{ Kg. / m.}$$

A = área de la sección transversal de la sección compuesta: 40.07 cm².

$$I = 932.3 \text{ cm}^4.$$

$$s = 104.9 \text{ cm}^3$$

$$r = 4.82 \text{ cm.}$$

K = 0.65 (ver tabla en el anexo).

Todos estos datos son extraídos de las especificaciones AHMSA.

Calculando la columna:

Se le sumara el peso propio de la columna. de donde :

$$W_{COL} = p \times h.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{COL} = 31.69 \times 13.11 = 415.45 \text{ Kg.}$$

El peso total es de :

$$W_{Total} = W_{COL} + W.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{Total} = 415.45 + 7,182.15 .$$

$W_{Total} = 7,598.30 \text{ Kg.}$ Peso total que soporta la columna.

Calcularemos el esfuerzo de compresión al que esta sometida la columna.

$$S_y = W_{T \text{ total}} / A \text{ (secc. transversal del perfil).}$$

Sustituyendo valores:

$$S_y = 7,598.30 / 40.07.$$

$$S_y = 186.69 \text{ Kg. / cm}^2 \text{ Esfuerzo de compresión de la columna.}$$

Calcularemos la relación de Esbeltez.

$$k h / r.$$

Sustituyendo valores.

$$0.65 \times 1311 / 4.82 = \underline{176.794}$$

Calculando dentro de que tipo de columnas se encuentra :

$$C_c = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 E) / S_y \}.$$

$$C_c = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 2.083 \times 10^{10}) / 25352113 \}.$$

$$C_c = 127.35.$$

Como $176.794 > 127.35$ se determina que es una columna larga y procedemos a calcular el esfuerzo admisible que soporta el perfil seleccionado.

$$S_{ya} = 104929.58 / (KH / r)^2.$$

Sustituyendo valores.

$$S_{ya} = 10492.58 / (176.79)^2.$$

$$S_{ya} = 335.724 \text{ Kg. / cm}^2.$$

Se observa que S_{ya} (335.724) > S_y (186.69) que el esfuerzo admisible es mayor que al que se encuentra sometido el perfil seleccionado.

calculando el factor de seguridad.

$$F.S. = S_{ya} / S_y.$$

Sustituyendo valores.

$$F.S. = 339.724 / 186.69.$$

$$F. S. = 1.81.$$

Por lo que 100% confiable la columna seleccionada con un factor de seguridad de 1.81.

CALCULO DE LA COLUMNA INTERIOR.

La columna soportara un peso de 8,777.66 kg. y con una altura de 12.975 m.

De donde .

$$W = 8,777.66 \text{ Kg.}$$

$$h = 12.975 \text{ m.}$$

Se selecciona una sección compuesta de dos perfiles canales estándar (CPS) de 8" LIV. y 7" LIV: después de varios cálculos realizados.

Calculando la columna:

Se le sumara el peso propio de la columna. de donde :

$$W_{COL} = p \times h.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{COL} = 31.69 \times 12.975 = 411.17 \text{ Kg.}$$

El peso total es de :

$$W_{Total} = W_{COL} + W.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{Total} = 411.17 + 8,777.66 .$$

$$W_{Total} = 9188.83 \text{ Kg. Peso total que soporta la columna.}$$

Calcularemos el esfuerzo de compresión al que esta sometida la columna.

$$S_y = W_{Total} / A \text{ (secc. transversal del perfil).}$$

Sustituyendo valores:

$$S_y = 9,188.83 / 40.07.$$

$$S_y = 229.31 \text{ Kg. / cm}^2 \text{ Esfuerzo de compresión de la columna.}$$

calcularemos la relación de Esbeltez.

$$k h / r .$$

Sustituyendo valores.

$$0.65 \times 1297.5 / 4.82 = \underline{174.97}$$

Calculando dentro de que tipo de columnas se encuentra :

$$C_1 = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 E) / T_y \}.$$

$$C_1 = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 2.083 \times 10^{10}) / 25352113 \}.$$

$$C_1 = 127.35.$$

Como $174.97 > 127.35$ se determina que es una columna larga y procedemos a calcular el esfuerzo admisible que soporta.

$$S_{y,a} = 104929.58 / (k h / r)^2.$$

Sustituyendo valores.

$$S_{y,a} = 10492958 / (174.97)^2.$$

$$S_{y,a} = 342.74 \text{ Kg. / cm}^2.$$

Se observa que $S_{y,a}$ (342.74) > S_y (186.69) por lo que el perfil es adecuado.

calculando el factor de seguridad.

$$F.S. = S_{y,a} / S_y.$$

Sustituyendo valores.

$$F.S. = 342.74 / 229.31.$$

$$F. S. = 1.40.$$

Por lo que 100% confiable la columna seleccionada con un factor de seguridad de 1.40.

CALCULO DE LA COLUMNA EXTERIOR.

La columna soportara un peso de 8,551.998 kg. y tiene una altura de 12.047 m.

De donde.

$$W = 8,551.998 \text{ Kg.}$$

$$h = 12.047 \text{ m.}$$

Se selecciona una sección compuesta de dos perfiles canales estándar (CPS) de 8" LIV. y 7" LIV: despues de varios cálculos realizados.

Calculando la columna:

Se le sumara el peso propio de la columna. de donde :

$$w_{COL} = p \times h.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{COL} = 31.69 \times 12.047 = 381.76 \text{ Kg.}$$

El peso total es de :

$$W_{Total} = W_{COL} + W.$$

Sustituyendo valores.

$$W_{Total} = 381.76 + 8,551.998.$$

$$W_{Total} = 8,933.76 \text{ Kg. Peso total que soporta la columna.}$$

Calcularemos el esfuerzo de compresión al que esta sometida la columna.

$$S_y = W_{Total} / A \text{ (secc. transversal del perfil).}$$

Sustituyendo valores:

$$S_y = 8,933.767 / 40.07.$$

$$S_y = 222.954 \text{ Kg. / cm}^2 \text{ Esfuerzo de compresión de la columna.}$$

calcularemos la relación de Esbeltez.

$$k h / r.$$

Sustituyendo valores.

$$0.65 \times 12.047 / 4.82 = \underline{162.45}$$

Calculando dentro de que tipo de columnas se encuentra :

$$C_E = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 E) / S_y \}.$$

$$C_E = \text{SQR} \{ (2 \pi^2 \cdot 2.083 \times 10^{10}) / 25352113 \}.$$

$$C_E = 127.35.$$

Como $176.794 > 127.35$ se determina que es una columna larga y procedemos a calcular el esfuerzo admisible que soporta.

$$S_{y_a} = 104929.58 / (k h / r)^2.$$

Sustituyendo valores.

$$S_{y_a} = 104929.58 / (162.45)^2.$$

$$S_{y_a} = 397.61 \text{ Kg. / cm}^2.$$

Se observa que S_{y_a} (397.61) > S_y (222.954) por lo que el perfil es adecuado.

calculando el factor de seguridad.

$$F.S. = S_{y_a} / S_y.$$

Sustituyendo valores.

$$F.S. = 397.61 / 222.954.$$

$$F.S. = 1.76.$$

Por lo que 100% confiable la columna seleccionada con un factor de seguridad de 1.76

La siguiente tabla nos muestra los perfiles que utilizaremos para columnas, con el peso que generan en conjunto y posteriormente se muestra el plano de la distribución de las columnas.

COLUMNA	CPS LIV. mm.	PESO Kg. /m	LONGITUD m	PESO Kg..	PIEZA	W _{TOTAL} Kg.
CAPITEL	20.32 X 17.78.	31.69	13.11	415.45	1	415.45
INTERIOR	20.32 X 17.78.	31.69	12.975	411.17	6	2467.02
EXTERIOR	20.32 X 17.78.	31.69	12.047	381.76	12	4581.228
TOTAL						7,048.24

CALCULO DE LAS PLACAS DE SOPORTE ENTRE LAS TRABES Y COLUMNAS.

Estas placas están sometidas a un esfuerzo de compresión, y como observamos en el cálculo de las placas del fondo, el peso que soportan dichas placas que también tienen un esfuerzo de compresión, y observando que la mínima deformación que tiene, seleccionamos placas del mismo espesor para que nos den una mayor área de soporte de los largueros en la columna central y en las columnas internas y externas de los largueros en la columna central y en las columnas internas y externas una mayor área de soporte para las trabes, aparte de tener una mayor área de soporte y asentamiento de las trabes nos ayuda a distribuir los largueros uniformemente los esfuerzos de compresión a la que esta sometida muestra columna, la cual se encuentra cargada concéntricamente.

Placa de soporte.

Para las columnas interna y externa.

Tenemos como columnas una sección completa de dos canales (CPS) de 7LIV y 8 LIV.

Placa de soporte para el capitel.

Tenemos que en esta placa de soporte deberá tener el área suficiente para 24 largueros livianos que tiene un patín de 66.04 mm y tiene un ángulo de separación c/u de 7.5° con respecto del otro (ver plano N°5).

FALTA PAGINA

No. 145

III.7 CALCULO Y SELECCION DE ACCESORIOS

III.7.1. CALCULO DE ORIFICIO PARA EL CAUDAL REQUERIDO.

Se realiza este calculo considerando un estado critico en el que la producción generada de combustoleo por la refineria Miguel Hidalgo, fuera almacenada en dicho recipiente, y a si mismo seleccionar posteriormente las dimensiones que se requeriran para las conexiones en el envolvente.

Tenemos que la velocidad recomendada para un flujo en una linea es de 7 a 10 pies/seg. (especificada en el creen de fluidos) y se tiene una producción de combustoleo de 84,9449 barriles / dia.

Conversion de Bls. / dia a ft³/seg.

$$Q = 84,949 \text{ Bls} / \text{dia} * (159 \text{ l}/1 \text{ Bl}) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ l}) * (35.31 \text{ ft}^3 / 1 \text{ m}^3) * (1 \text{ dia}/86,4400 \text{ seg}) = 5.520 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

$$Q = 5.520 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

Teniendo la formula de caudal.

$$Q = V A.$$

Despejando el área y sustituyendo datos se tiene lo siguiente.

$$A = Q / V.$$

$$((A = 5.520 \text{ ft}^3 / \text{seg.}) / (8 \text{ ft}/\text{seg.})) / (A = 0.690 \text{ ft}^2).$$

Se tiene que el área de un orificio es:

$$A = (\pi/4) (D^2).$$

Despejaremos el diametro (D) para obtener el orificio requerido.

$$D = \text{SQR} (4A/\pi) (D^2).$$

$$D = \text{SQR} (4(0.690 \text{ ft}^2) / \pi).$$

$$D = 0.937 \text{ ft.}$$

Convirtiendo ft a m.

$$D = 0.937 \text{ ft} * (100 \text{ cm}/3.281 \text{ ft}) = 28.55 \text{ cm.}$$

Se requiere un orificio con un diámetro de 28.55 cm (11.24 pulg), pero para situaciones críticas, evitar caídas de presión y por norma API se utilizará un orificio de 76.20 cm (30 pulg) de diámetro.

III.7.2. CALCULO DEL VENTEO.

El siguiente procedimiento se basa en el código API Std. 2,000 para el calculo de venteo, el requerimiento de alivio depende de la capacidad que permita limitar la presión o el vacío que puedan ser aplicables regularmente en el que el recipiente sin provocarles daños físicos o deformaciones permanentes.

Donde la capacidad de alivio requerida por máximo movimiento del producto hacia el exterior del recipiente, es decir cuando este entregando y el requerimiento de alivio por presión positiva por movimiento de producto al recibir el recipiente.

Calculando para las condiciones críticas suponiendo que lo vacian en 24 hr. de su volumen total igual a 15,972.501 m³ se requerirá una cantidad igual d volumen de aire en el interior del recipiente y viceversa al llenado.

Por lo que se requiere un caudal de 15,972.501m³ de aire, y con este dato nos transferiremos a la tabla B-12A Del Creen (ver anexo) y nos indica que este flujo de aire a una temperatura de 15°C y una presión de 1.1013 Bar lo transporta una línea de 4" de diámetro de acero al carbón.

Por lo que se instalarán cuatro venteos, fabricados con tramos de tubo de 4" Ø y codos de 180° radio largo de 4" Ø.

III.7.3. SELECCIÓN DE ACCESORIOS PARA EL RECIPIENTE.

Los recipientes diseñados con las normas API Std. 650, los accesorios también se sujetaran a ellas, en la parte 6, en donde se emplean diseños que contengan resistencia, impermeabilidad y utilidad.

Para el registro hombre del envolverte se selecciono de 76.20 cm (30 pulg) de diametro de acuerdo al API y en base a las tablas No. 1, 2, 3, 4 y 5 de donde se obtiene las siguientes características (ver dibujo N° 1).

Para las conexiones en el envolverte se selecciona de 76 20 cm (30 pulg) de diametro de acuerdo con el calculo anterior del orificio que mantenga un caudal requerido y se selecciona en base a las tablas No. 6, 7 y 8 de donde se obtienen las siguientes características (ver dibujo N° 2).

El registro hombre en el techo se selecciono de acuerdo al API de 76 20 cm (30 pulg) de diametro de acuerdo a la tabla No. 10 de donde se obtienen las siguientes características (ver dibujo N° 3).

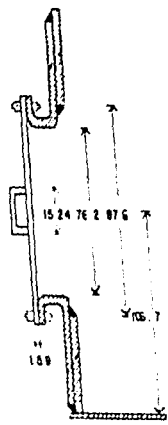
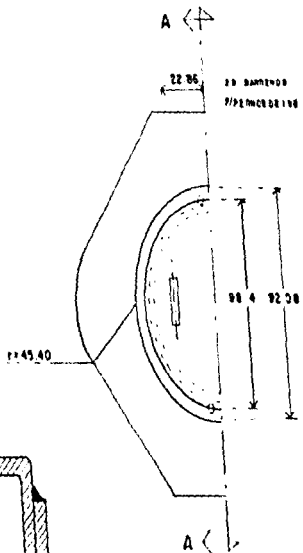
El codo para desagüe, se selecciona de acuerdo al API y a la tabla N0. 8 de donde se obtienen la siguientes características (ver dibujo N° 4)

La puerta rectangular el nivel del fondo para limpieza, se selecciona de acuerdo al API y a las tablas no. 16 A, 17 A, y 18, de donde se obtiene las siguientes características (ver dibujo N° 5).

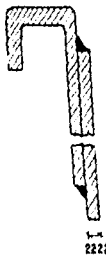
El sumidero es seleccionado de acuerdo al API y a la fig. 11 que la observaremos en el dibujo N° 6.

III.7.4. INTEGRACION DE LOS ACCESORIOS AL RECIPIENTE.

Esta integración se lleva a cabo como lo muestra el plano N° 6.



SECCION A-A



UNION CON
LA PLACA DEL
ENVOLVENTE

2222

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acto. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc. Sm	REGISTRO HOMBRE DEL	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI	ENVOLVENTE	Dib. N° 1

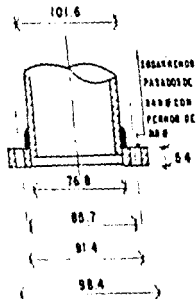
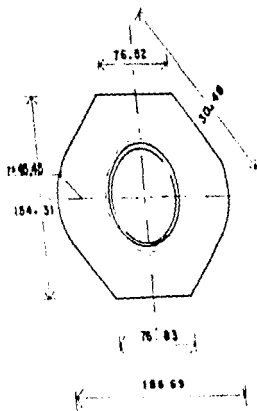
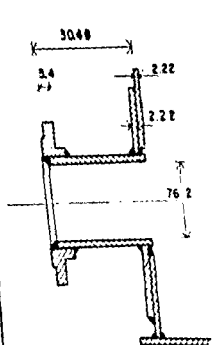
BRIDA DE ANILLO CON

TUDO SOLDADA A

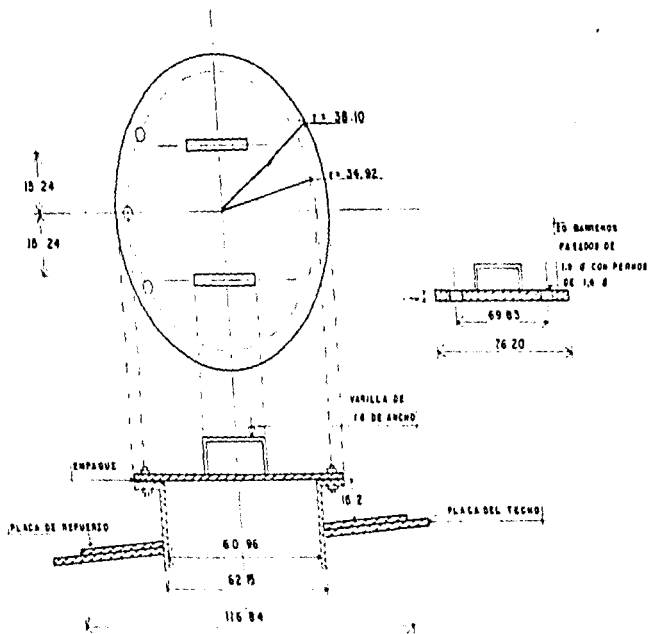
TRABLAPE

BRIDA
BENCILLA

PLACA DE REFUERZO 1508

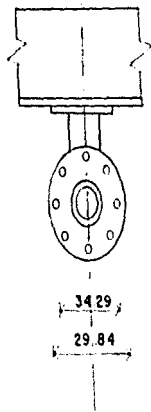
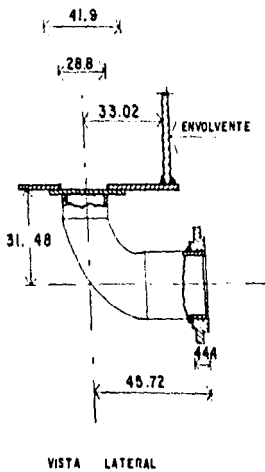


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acol. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc. Sn	CONEXIONES EN EL	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI	ENVOLVENTE	Dib. N° 2

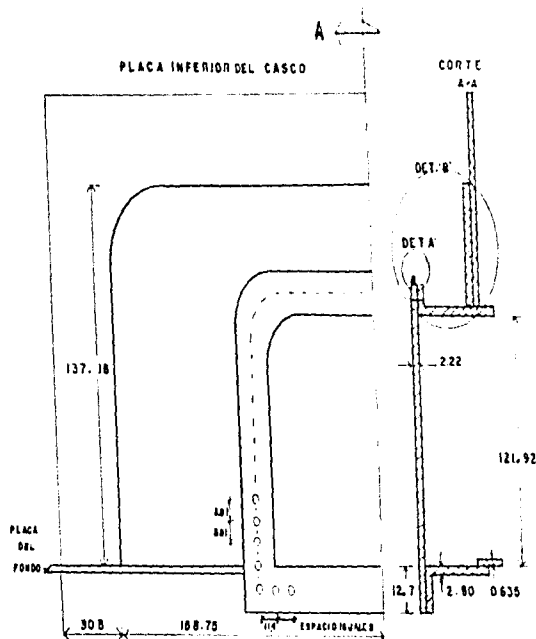


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acol. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VFB
Exc. Sin	REGISTRO HOMBRE	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI	DEL TECHO	Dib. N° 3

TUDO EXTRA FUERTE API
 ESTANDA 8L DE 8PULG 8
 CEDULA 40

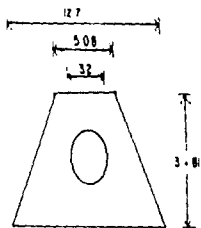


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100.000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc. Sin	CODO SOLDADO PARA	Apro Ing J.P.P
Calc. MAAI	DESAGUE	Db N° 4

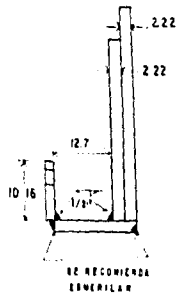


DETALLE A

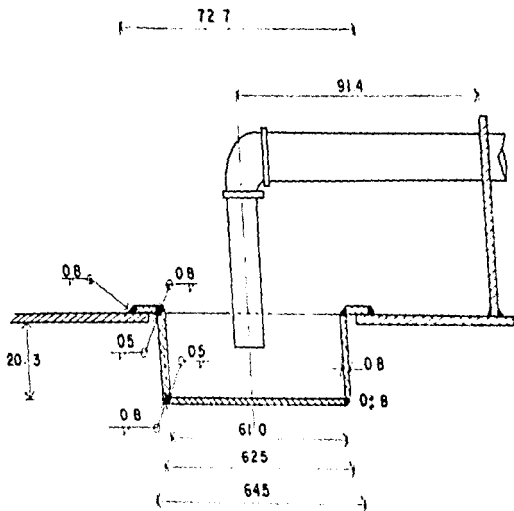
TAPA DE LA PLANCHA



DETALLE B



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acol. cm	TANQUE DE 100,000 BLS	Rev. Ing VPB
Esc. Sm	REGISTRO DE LIMPIEZA	Apro. Ing JJP
Calc. MAAI	AL NIVEL DEL FONDO	Dib. N° 5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100 000 BLS.	Rev. Ing VFB
Esc. 5:m	SUMIDERO	Apro. Ing JAP
Calc. M&A1		Dib. N° 6

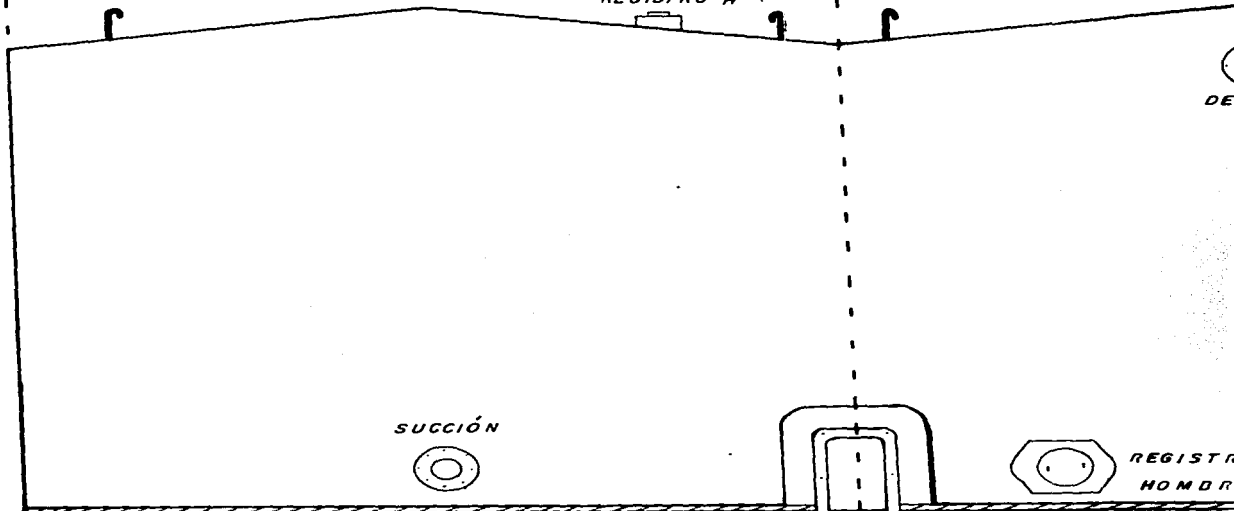


00

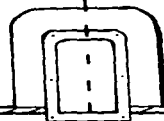
VENTEO

REGISTRO H

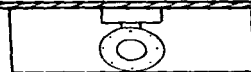
1800



SUCCIÓN



REGISTRO HOMBRE



CODO PARA DESAGUE

REGISTRO DE LIMPIEZA

UN
ENE
Acot. cm
Esc. SIN
Calc. MAAI



00

180°

360°

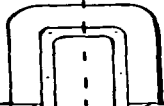
VENTEO

REGISTRO H



DESCARGA

SUCCIÓN



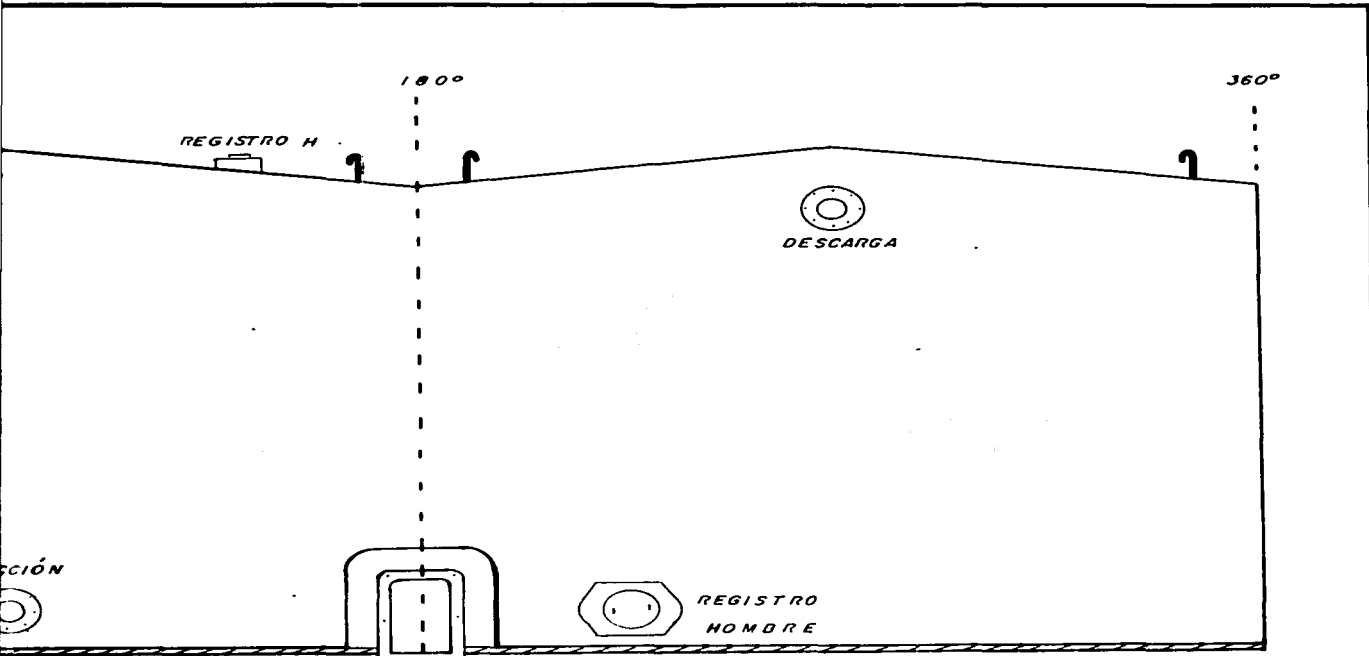
REGISTRO HOMBRE

CODO PARA DESAGUE



REGISTRO DE LIMPIEZA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc SIN	INTEGRACION DE	Apro. Ing. JNF
Calc. MAAI	ACCESORIOS	Dib. N° 6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL	
Acot. cm	TANQUE DE 100,000 BLS.		Rev. Ing. VPB
Esc. SIN	INTEGRACION DE		Apro. Ing. JNP
Calc. MAAI	ACCESORIOS		Dib. N° 6

CAPITULO IV
ANÁLISIS ECONÓMICO

IV.1 ASPECTOS GENERALES.

El presente estudio está dirigido fundamentalmente a la evaluación de costos del recipiente atmosférico, para la determinación de la inversión que se requiere para la realización del proyecto.

La clasificación de los gastos originados en todo trabajo de construcción para determinar una cotización suele hacerse de la siguiente forma.

- a).- Materiales: Dentro de esta clasificación se encuentran aquellos gastos que se efectúan por compras de materia prima para la construcción del recipiente.
- b).- Mano de obra: Se entiende por mano de obra en general a la retribución que se otorga al personal por algún trabajo efectuado, este comprende salarios, Seguro Social, etc.
- c).- Equipo requerido: Es necesario contar con herramienta y maquinaria adecuada para la realización del proyecto.
- d).- Libre a bordo de planta: Es el gasto originado para tener la materia prima disponible en la ubicación que el proyecto lo especifica.
- e).- Indirectos: Son los gastos y servicios originados por administración, supervisión, utilidades, material de oficina, etc.

En términos generales, tratándose de cotizaciones de equipo para industrias petroleras, suelen efectuarse concursos internacionales de fabricantes, los cuales presentan un precio global de fabricación al cliente, quien únicamente se limita a aceptar o rechazar dicha cotización, puesto que el fabricante presenta su costo libre a bordo de planta, gastos de armado y construcción, gastos de supervisión para la obra, etc..

IV. 2 COSTO DE MATERIALES

Es un análisis económico requiendo para determinar el presupuesto necesario para la construcción del recipiente.

IV .2.1 LISTA DE MATERIALES.

se enumera el material necesario para la construcción del recipiente.

Partida	Cantidad	Unidad	Clasificación	Descripción
1	133	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	Placas de acero al carbon rectangulares de 1.82 m de ancho por 6.097 m de largo por 6.35 mm de espesor.
2	23	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	Placas de acero al carbon rectangulares de 2.43 m de ancho por 6.097 m de largo por 22.22 mm de espesor.
3	20	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	IDEM pero de 17.46 mm
4	20	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 14.28 mm
5	20	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 9.52 mm
6	20	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 6.35 mm
7	134	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 4.76 mm
8	1	Pzas	ASTM A 285 Gr. C	Placas de acero al carbon rectangulares de 2.43 m de ancho por 9.14 m de largo por 22.22 mm de espesor.
9	1	Pzas.	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 17.46 mm
10	1	Pzas.	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 14.28 mm
11	1	Pzas.	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 9.52 mm
12	1	Pzas.	ASTM A 285 Gr. C	IDEM. pero de 6.35 mm

Partida	Cantidad	Unidad	Clasificación	Descripción
1	1	Pza.	ASTM A 53 Gr. B	Tubo sin costura, tramo corto, biselado en sus extremos, de 762 mm de diámetro y cédula 40
2	1	Pza.	ASTM A 53 Gr. B	IDEM pero de 203.2 mm de diámetro
3	1	Pza.	ASTM A 53 Gr. B	IDEM. pero de 101.6 mm de diámetro.
4	2	Pzas.	ASTM A 234 WPB	Codo de 90 °, de 203.2 mm de diámetro, radio largo, extremos biselados y cédula 40
5	4	Pzas.	ASTM A 234 WPB	IDEM. pero de 101.6 mm de diámetro.
6	4	Pzas.	ASTM A 181 Gr. I	Brida R. F., Weldin Nek, de 762 mm de diámetro y # 150
7	1	Pzas.	ASTM A 181 Gr. I	IDEM. pero de 203.2 mm de diámetro
8	112	Pzas.	ASTM A 193 B7 ASTM A 194 2H	Espárrago de 317 mm de diámetro por 158.75 mm de largo con dos tuercas hexagonales cada uno
9	8	Pzas.	ASTM A 193 B7 ASTM A 194 2H	IDEM. pero de 19.02 mm por 88.9 mm de largo.

Partida	Cantidad	Unidad	Clasificación	Descripción
1	14	Pzas.	ASTM A 36	Canal Perfil Estándar (CPS) de 254 mm liviano, en tramos largos.
2	70	Pzas	ASTM A 36	IDEM., pero de 254 mm mediano.
3	21	Pzas	ASTM A 36	IDEM. pero de 203.2 mm liviana.
4	21	Pzas	ASTM A 36	IDEM. pero de 177.8 mm liviana
5	4	Pzas	ASTM A 36	Viga I Perfil Estándar (IPR) de 304.8 mm por 165.1 mm pesada
6	7	Pzas	ASTM A 36	IDEM., pero de 304.88 mm por 203.2 mm liviana.

Partida	Cantidad	Unidad	Clasificación	Descripción
1	72	Kg.	E - 6010	Electrodo recubierto de 2.38 mm de diámetro
2	39	Kg.	E - 6010	IDEM., Pero de 3.17 mm. de diámetro
3	143	Kg.	E - 6010	IDEM., Pero de 3.97 mm. de diámetro
4	24	Kg.	E - 6010	IDEM., Pero de 4.76 mm. de diámetro
5	356	Kg.	E - 6027	IDEM., Pero de 3.97 mm. de diámetro
6	1038	Kg.	E - 6027	IDEM., Pero de 6.35 mm. de diámetro

IV. 2.2. COSTO DEL MATERIAL

Se determina por medio del siguiente estudio el presupuesto requerido, para la construcción del recipiente, el cual se desarrolla de la siguiente forma.

IV. 2.2.1. COSTO DEL FONDO.

El fondo se conformara de 133 placas de 1.82 m * 6.096 m * 6.35 mm (6 ft * 20 ft * 1/4 pulg.) , donde cada placa tiene un área de 11.14 m² y segun AHMSA (ver tabla en anexo) cada una pesa 49.8 kg/m² por lo que se requieren 73,784.676 kg. de acero, de donde el kg. de dicho acero vale según cotización realizada (ver anexo) \$ 4.95 + IVA de donde:

1 kg. de placa -----> \$ 4.95 + IVA

73,784.676 kg. -----> X

X = \$ 365,234.15 + 15% IVA

X = \$ 420,019.20

Para la unión de estas placas se requieren 356.55 kg. de soldadura, donde el kg. vale \$14.50 + IVA de donde :

1 kg. de Electroodos. -----> \$ 14.50 + IVA

356.55 kg. -----> X

X = \$ 5,170.062 + IVA

X= \$ 5,945.57

Por lo tanto el fondo en material tiene un costo de \$ 425,964.84

IV. 2.2.2. COSTO DEL ENVOLVENTE.

El envoltente se formara de 100 placas de 2.43m x 6.096m. y 5 de 2.43m x 9.14m en diversos espesores, por lo que en cada anillo se obtienen diversos pesos

Nº de Anillo	Espesor. [mm]	Area [m ²]	Peso por placa [Kg/m ²]	Peso total por anillo [Kg.]	Precio por Kilogramo [\$]	Precio por anillo [\$]
1	22.22 (7/8 pulg.)	318.41	174.3	55,498.86	4.95	274,719.37
2	17.46 (11/16 pulg.)	318.41	137	43,622.17	4.95	215,929.74
3	14.28 (9/16 pulg.)	318.41	112	35,661.92	4.95	176,526.50
4	9.52 (3/8 pulg.)	318.41	74.7	23,785.22	4.90	116,547.61
5	6.35 (1/4 pulg.)	318.41	49.8	15,856.81	4.90	77,698.40
TOTAL				174,424.99		861,151.63
IVA						129,172.74
TOTAL						990,324.37

Para darle la forma al envoltente se requiere que las placas sean roladas, por lo cual dicho monto requerido, aumenta al doble, debido a que el kilogramo de placa ya trabajada (rolada) es de \$ 9.90 y 9.80 respectivamente, lo cual equivale a un monto de \$ 1,980,648.70

Para la unión de las placas del envoltente se requieren 1835.73 kg.. de electrodos en diversos diámetros donde el kg. equivale a \$ 14.50 + IVA , lo que nos arroja un monto por soldadura de:

$$1 \text{ kg.. de electrodos} \longrightarrow \$ 14.50 + \text{IVA}$$

$$1835.73 \text{ Kg..} \longrightarrow \quad \quad \quad \times$$

$$X = \$ 26,618.08 + \text{IVA.}$$

$$X = \$ 30,610.79.$$

Por lo que el envoltente tiene un costo de \$2,011,259.49.

IV 2.2.3. COSTO DEL TECHO.

El techo se conformara de 133 placas de 1.82 m x 6.096 m x 4.76mm (6 ft x 20 ft x 3/16 pulg.), las cuales tienen una área de 11.14 m² cada una, y según AHMSA estas tienen un peso de 37.4 kg./ m² , de donde se requirieron 55,412.58 kg. de acero, el kilogramo de acero vale según cotización realizada \$ 4.90 + IVA.

1 kg. de acero -----> \$ 4.90 + IVA

55,412.58 Kg. -----> X

X = \$ 271,521.68 + IVA

X = \$ 312,249.93

Para la unión de estas placas se requirieron 142.62 kg. de diversos diámetros, el kilogramo de electrodos equivale a \$14.50 +IVA, de donde:

1 kg. de electrodos -----> \$ 14.50 + IVA.

142.62 Kg. -----> X

X = \$ 2,067.99 +IVA

X = \$ 2,378.18

Por lo tanto la superficie del techo tiene un costo de \$ 314,628.12

IV.2.2 4. COSTO DE LA ESTRUCTURA.

La estructura se conforma de largueros, través y columnas, las cuales en conjunto se encargan de soportar el techo.

Para conformar los largueros se requieren 14 CPS de 254 mm LIV. , 70 CPS de 254 mm MED., en tramos largos.

De los 14 CPS sumando sus longitudes se tienen 168 m. y según AHMSA pesan 22.76 kg/m (ver tabla en el anexo), y el kilogramo cuesta según cotización \$ 5.28 + IVA de donde:

$$168 \text{ m} \times 22.76 \text{ kg/m} = 3,823.68 \text{ kg.}$$

$$1 \text{ kg. de CPS} \longrightarrow \$ 5.28 + \text{IVA}$$

$$3,823.68 \text{ Kg.} \longrightarrow X$$

$$X = \$ 20,189.03 + \text{IVA}$$

$$X = \$ 23,217.38$$

De los 70 CPS sumando sus longitudes se tienen 840 m. y según AHMSA pesan 37.20 kg/m (ver tabla en el anexo), y el kilogramo cuesta según cotización \$ 5.28 + IVA de donde:

$$840 \text{ kg.} \times 37.20 \text{ kg/m} = 31,248 \text{ kg.}$$

$$1 \text{ kg. de CPS} \longrightarrow \$ 5.28 + \text{IVA}$$

$$31,248 \text{ Kg.} \longrightarrow X$$

$$X = \$ 164,989.44 + \text{IVA}$$

$$X = \$ 189,737.86$$

Para conformar las través se requieren 4 pieza de IPR de 304.8 mm x 165.1 mm PES., y 7 piezas de IPR de 304.88 mm x 203.2 mm LIV., en tramos largos

De los 4 IPR, sumando sus longitudes se tienen 48 m y según AHMSA pesan 53.7 kg./m , y el kilogramo cuesta \$ 5.11 + IVA de donde:
 $48 \text{ m} \times 53.7 \text{ kg/m} = 2,577.60 \text{ kg.}$

$$1 \text{ kg. de IPR} \longrightarrow \$ 5.11 + \text{IVA}$$

2,577.60 Kg. → X

$$X = \$ 13,171.53 + \text{IVA}$$

$$X = \$ 15,147.26$$

De los 7 IPR, sumando sus longitudes se tienen 84 m y según AHMSA pesan 59.6 kg./m , y el kilogramo cuesta \$ 5.11 + IVA de donde:

$$54 \text{ m} \times 59.6 \text{ kg/m} = 5006.4 \text{ kg.}$$

1 kg. de IPR → \$ 5.11 + IVA

5006.4 Kg → X

$$X = \$ 25,582.70 + \text{IVA}$$

$$X = \$ 29,420.11$$

Para conformar las columnas se utilizan secciones compuestas de dos canales en T, de lo cual se requieren 21 CPS de 203 mm LIV. y 21 CPS 177.8 mm LIV., en tramos largos, los cuales nos arrojan una longitud de 252 m y los cuales ya unidos en T pesan según AHMSA 31.69 Kg. /m , por lo que se requieren 7,985.88 kg., y el precio de los perfiles es de \$3.87 + IVA.

1 kg. de perfil en T → \$ 3.87 + IVA

7,985.88 Kg → X

$$X = \$ 30,905.35 + \text{IVA}$$

$$X = \$ 35,541.15$$

Por lo tanto el costo de la estructura en materiales es de:

Concepto	Cantidad [\$]
Largueros	212,955.24
Traves	44,567.37
Columnas	35,541.15
Total	293,063.77

IV .2.2 5. COSTO DE LOS ACCESORIOS.

De acuerdo con la lista de materiales de los accesorios enumeraremos las partidas y su cotización es la siguiente:

Partida	Cantidad. [\$]
1	16.392
2	2,182.92
3	903.66
4	874.10
5	375.44
6	16,388
7	300
8	3,382.40
9	196
Total	40,994.52
IVA	6,149.18
Total	47,143.69

Realizando un resumen de los costos se obtiene la cantidad requerida para la adquisición de material para la construcción del recipiente diseñado.

Material	Cantidad [\$]
Fondo	425,964.84
Envolvente	2,011,259.50
Techo	314,628.12
Estructura	293,063.77
Accesorios	47,143.69
total	3,092,059.92

IV .3 COSTO DEL TRASLADO DE LOS MATERIALES

Considerando que el equipo se fabrica en la Cd. de México y se requiere en Tula de Allende, Hidalgo, son 357,768.75 kg. de material por lo que se necesitan 9 fletes de trailer con 40,000 kg. cada uno, el cual cobra por kilometro \$ 30 + IVA y la distancia que se recorrerá es de 82 km., por lo que el costo de un flete \$ 2460 + IVA igual a \$ 2829 + 10% de maniobras, lo cual asciende a un monto de \$ 3111.9 por flete , por lo que el monto total de transporte asciende a **\$ 28,007.10**

IV .4 EQUIPO Y HERRAMIENTA REQUERIDA DE MONTAJE.

A continuación se recomienda las cantidades básicas de equipo y herramienta que se requiere para el montaje de recipiente de 100,000 Blas.

- A).- 5 Maquinas de soldar, rotatorias o de rectificador para soldadura manual , con capacidad de 300 Amp.
- B).- 2 Maquinas automaticas de arco sumergido.
- C).- 2 Plantas generadoras de 400 K V.A. , con motor de combustion interna.
5 Cables de tierra de 20 m de longitud.
250 m de cable de cobre flexible, calibre 2 / 0 para porta electrodos.
- D).- 2 Compresoras de 300 PCM y una presión de 7 kg/cm² .
35 m de manguera flexible para presión de 10 kg/cm² y 51 mm de diámetro.
200 m de manguera, IDEM pero de 10 mm de diámetro.
- E).- 2 Grúas para armar fondo y envolvente con capacidad 20 Ton. , con llantas neumáticas y pluma de 20 m.
- F).- Un montacarga con llantas neumáticas y capacidad de 8 Ton.
- G).- Una camioneta de reditas con capacidad de 3.5 Ton.
- H).- 5 Tirdords de 2 Ton de capacidad y 25 m de cable.
- I).- 2 equipos de corte para oxi-acetileno, con mangares de 30 m.
- J).- 6 Equipos de arco-aire.
5 Esmeriles neumáticos o eléctricos.
5 cinceles neumáticos.
- K).- Herramienta diversa para montaje y soldadura: martillos de bola, marros macetas , barretas , grifas, llaves, discos abrasivos, mangas, caretas, lonas, sombrillas, goggles, etc.

- L).- Tablones para andamios en número suficiente de 50.8 mm x 254 mm x 3048mm
- Ménsulas para andamios en número suficiente.
- Andamios tubulares desmontables o del tipo góndola corredizos.

IV. 4.1. CONSIDERACIÓN DE INDIRECTOS.

Para obtener este costo consideran gastos de materiales no cotizados, como lo son tornillos, gastos de oficina, imprevistos menores, etc., por lo que considerando exclusivamente el presupuesto del material que se trabajara (\$3,092,059.92), por lo que tomo un 6 % del monto total, lo cual equivale a **\$185,523.59**, este monto también se utiliza para el mantenimiento del equipo y reparación del mismo y pequeños imprevistos antes mencionados..

IV.5. GASTOS DE CONSTRUCCIÓN (MANO DE OBRA).

Dentro de estos gastos se encuentran las retribuciones dadas al personal encargado de la construcción del recipiente, para lo cual se requiere del personal calificado, tomando en cuenta que el proyecto tendrá una duración de 54 días según lo muestra las barras de Gantt, que en seguida se muestran.

Nota: La retribución al personal es tomada en base a encuestas y apoyados en lo que se estipula en la Comisión Nacional de Salarios Mínimos.

CONCEPTO	CANTIDA D	SALARIO POR 8 HRS. [\$]	IMPORTE SEMANAL [\$]	IMPORTE GLOBAL SEMANAL [\$]
Ing. Director de la obra	1	228.57	1,600	1,600
Ing. Supervisor.	1	178.57	1,250	1,250
Cabo de Soldadura	1	114.28	800	800
Cabo de Maniobras	1	107.14	750	750
Cabo de Obreros	1	100	700	700
Operarios de 1 ^{era} Soldadores	9	100	700	6,300
Operarios de 1 ^{era} Grueros	2	92.85	650	1,300
Operario de 1 ^{era} de Montacarga	1	85.71	600	600
Herrageros	4	31.75	222.25	889
Chofer para F-350	1	32.70	228.90	228.9
Ayudantes de Operador Soldador	9	33.15	232.05	2,088.45
Bodeguero	1	29.70	207.90	207.90
Cuadrilla de Obreros	1 (5 per)	22.60	158.20	949.20
TOTAL	33			17,663.4

Considerando que se pagaran 9 semanas el monto por Mano de Obra es de **\$158,971.05**

Pero le sumaremos por concepto de Administración, utilidades, Seguro Social, etc. consideraremos un 35% del monto de mano de mano de obra, equivalente a $(\$158,971.05 \times .35\%)$ \$55,639.86, por lo que nos arroja un monto total de **\$214,610.91**

IV.5.1 RUTA CRITICA (BARRAS DE GANTT.)

Este estudio esta realizado para conocer el tiempo que dura la construcción del recipiente, como lo muestra el siguiente diagrama.

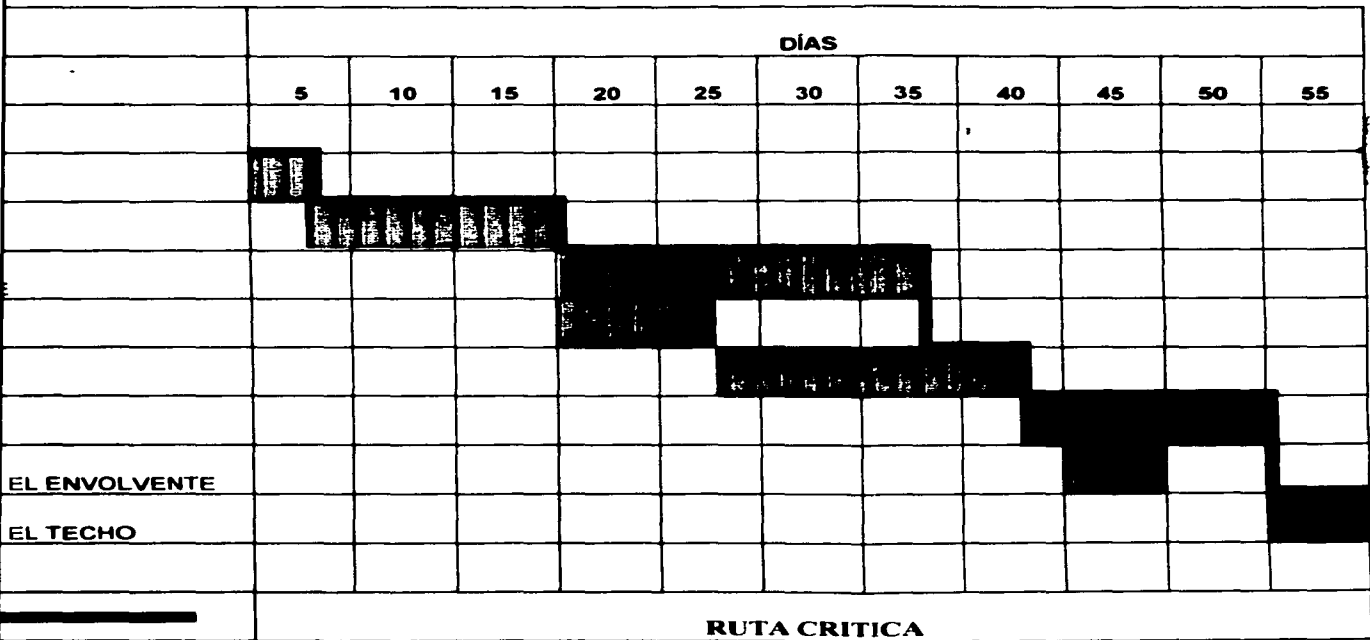
BARRAS DE GANT

	ACTIVIDADES	5	10	15	20	25
1	REVISAR CIMENTACIÓN	[Barra]				
2	CONSTRUCCIÓN DEL FONDO	[Barra]				
3	CONSTRUCCIÓN DEL ENVOLVENTE				[Barra]	
4	MONTAR COLUMNAS				[Barra]	
5	MONTAR TRABES Y LARGUEROS					[Barra]
6	CONSTRUCCIÓN DEL TECHO					
7	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS EN EL ENVOLVENTE					
8	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS EN EL TECHO					
	[Barra]					
						RUT.

BARRAS DE GANT

	DÍAS											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
ACTIVIDADES												
1 REVISAR CIMENTACIÓN												
2 CONSTRUCCIÓN DEL FONDO												
3 CONSTRUCCIÓN DEL ENVOLVENTE												
4 MONTAR COLUMNAS												
5 MONTAR TRABES Y LARGUEROS												
6 CONSTRUCCIÓN DEL TECHO												
7 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS EN EL ENVOLVENTE												
8 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS EN EL TECHO												
—————	RUTA CRITICA											

BARRAS DE GANT



IV.6 EVALUACIÓN GLOBAL DE COSTOS.

Esto es el resumen de todos los costos para tener el monto global que se requiere para la construcción del recipiente , lo cual muestra la tabulación siguiente.

CONCEPTO	CANTIDAD [\$]
Material	3,092,059.92
Transporte	28,007.10
Mano de Obra	214,610.92
Consideración de indirectos.	185,523.59
TOTAL	3,520,201.53

CAPITULO V
CONCLUSIONES

En las décadas de los 70' surge un gran crecimiento Industrial y demográfico, por lo que se hace presente en el país una demanda mayor de energéticos derivados del Petróleo, por lo que se diseñan nuevas refinerías para satisfacer dicha demanda (Refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, Ing. Antonio Dovali Jaime y Miguel Hidalgo).

Pero dado que el crecimiento Industrial y demográfico en los últimos años, a provocado el incremento de la contaminación Atmosférica, por lo que las Instituciones Gubernamentales encargadas de vigilar los niveles de contaminación, emitan leyes para la protección y preservación del Ecosistema, recomendando, cambiando y mejorando el uso de los energéticos para la realización de los procesos, con el propósito de mantener un volumen estable de contaminantes atmosféricos dentro de las zonas urbanas principalmente.

Lo cual trae como consecuencia, que los diseños que se realizaron para la construcción de las Industrias, en la actualidad no cumplan con los objetivos vigentes, por lo que ahora se requiere rediseñar en las Industrias para dar solución a las nuevas problemáticas.

Con este estudio se contribuye a dar solución al problema de "ALMACENAMIENTO DE COMBUSTÓLEO EXCEDENTE" existente en la Refinería "Miguel Hidalgo",

Para dar solución a esta problema se realiza un estudio de factibilidad de planta , el cual nos arroja la necesidad de un recipiente de gran capacidad, del cual se diseña con las necesidades requeridas y que además conforme parte en un futuro de la Planta de Reproceso de Combustóleo propuesta en este mismo estudio.

Este estudio también determina las características necesarias para la construcción del recipiente , tanto Ingenieriles, económicas y humanas, para que sea tomado en cuenta en el momento de la evaluación económica en el diseño de la Planta de Reproceso de Combustóleo.

Un apunte importante que se realiza en esta investigación, es enmarcar las normas de seguridad que deben de ser consideradas al diseñar un recipiente, para evitar en gran parte un lamentable accidente o desastre.

Es conveniente tener presente las características de los materiales requeridos , con el objeto de certificar que se construyan los diseños realizados con las especificaciones de Diseño e Ingeniería, que se estipula y rigen su construcción.

En medida que la Ingeniería se incrementa en nuestro país, los recipientes forman una de las especialidades más importantes, tomando en cuenta que los recipientes tienen múltiples aplicaciones y que intervienen en todo tipo de procesos, con la realización de este estudio también se contribuye a dar una nueva visión para el cálculo y diseño de recipientes, ya que en México no existe un código propio de diseño, ya que toda la información en cuanto a diseño y materiales son códigos extranjeros.

Por último hago hincapié a las personas involucradas en el diseño, construcción, servicio y mantenimiento de las plantas de proceso, sean conscientes de que en todo momento y en cualquier lugar el prevenir cualquier tipo de falla, favorece a preservar nuestras vidas y el Medio Ambiente.

APÉNDICE

MEDIDAS DE SEGURIDAD EN RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.

RECOMENDACIONES GENERALES

COMBATE DE INCENDIOS EN RECIPIENTES QUE ALMACENAN PRODUCTOS PESADOS.

Las siguientes recomendaciones generales son editadas por NFPA, para incendios en recipientes que almacenan líquidos inflamables y combustibles, así como productos pesados cuya temperatura de combustión es muy alta.

El combustible pesado, los aceites lubricantes, el asfalto y otros productos del petróleo de alto punto de inflamación, producen vapores en cantidades apreciables, sólo cuando se calientan.

Cuando estos productos se prenden, el calor del fuego causa suficiente vaporización para prolongar su combustión y la temperatura de superficie alcanza los valores superiores a los 100° C, formando una zona caliente. Si el agua en forma de niebla se aplica a la superficie del producto prendido el enfriamiento puede, teóricamente, disminuir la velocidad de vaporización lo suficiente para acabar el fuego.

Debido a dicha posibilidad de un "slop-over", se ha llegado a considerar que el uso de espuma suministrada superficialmente no es recomendable y se ha sugerido el empleo de vapor de baja presión (3.5 a kg/cm²) para extinción del fuego por ahogamiento.

PREVENCIÓN DEL SOBRELLENADOS DE RECIPIENTES.

Para prevenir accidentes mayores derivados de derrames e incendio por sobrellenado de los recipientes de almacenamiento, se deberá utilizar cuando menos uno de los siguientes métodos de prevención:

1).-Medir del nivel del recipiente a intervalos frecuentes durante el llenado, mantenimiento comunicación confirmada en forma continua con el personal de operación responsable del envío del producto, de tal manera que el flujo se pueda suspender de inmediato o desviar a otro recipiente.

2.-Instalación de una alarma de alto nivel que será independiente de cualquier sistema de medición del recipiente. Esta alarma deberá estar localizada donde se encuentra el personal en servicio durante la recepción, para que éste pueda rápidamente efectuar maniobras para cortar o desviar el flujo.

3.-Instalación de un sistema de alto nivel, independiente, que automáticamente corte o desvíe el flujo.

SISTEMAS DE CONEXIONES A TIERRA Y PROTECCIÓN CONTRA RAYOS EN ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.

Las cargas estáticas y los eléctricos producidos por los rayos son un riesgo común como fuerza e ignición en las áreas donde se almacenan productos inflamables.

La electricidad estática puede aparecer como resultado de movimientos que involucren cambios en las posiciones relativas de las superficies de contacto, usualmente de materiales diferentes, ya sean líquidos o sólidos, uno de los cuales (o ambos) es mal conductor de la electricidad.

Por lo que se refiere a los rayos, estos son una causa frecuente de incendio en recipientes de almacenamiento y en algunos lugares donde las tormentas eléctricas son frecuentes, los rayos son la causa principal de siniestros.

PREVENCIÓN DE DANOS. - Deben evitarse lo más que sea posible acumulaciones de mezclas inflamables de aire-vapores de hidrocarburos en el exterior de los recipientes.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN. - Los recipientes de almacenamiento de hidrocarburos deben estar cementados a un sistema de conexiones a tierra, para conducir la corriente de las descargas eléctricas atmosféricas o la carga estática hacia tierra y eliminar la formación del potencial que puede causar chispas.

Se entiende por **RED DE TIERRA** o **SISTEMA DE CONEXIONES A TIERRA**, el conjunto de elementos enterrados como barras, placas o cables conductores, que se usan para establecer un potencial uniforme en y alrededor de alguna estructura. Como parte de este conjunto se cuenta con los electrodos de tierra, los cuales son los elementos de íntimo contacto con el suelo, que descargan directamente a tierra las corrientes eléctricas, minimizando el potencial de todos los conductores conectados a él.

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS. - Se entiende por sistema de protección contra rayos el conjunto de elementos como terminales aéreas, cables conductores, terminales de aterrizaje, conductores de interconexión, mástiles y otros conectores o accesorios para interceptar y canalizar a tierra las descargas eléctricas atmosféricas.

CONEXIÓN A TIERRA DE PARARRAYOS. - Los pararrayos deberán colocarse en las estructuras de mayor altura. El cable de conexión a tierra se llevará por la estructura hasta llegar al nivel de piso terminado. Si el cable cruza por piso terminado de concreto, deberá protegerse en ese cruce con tubo galvanizado de 19 mm. de diámetro y con la longitud necesaria.

Las especificaciones de seguridad para las áreas de almacenamiento y las especificaciones contra incendio para proteger los recipientes atmosféricos de tipo cilíndrico vertical y a presión (esferas y "salchichas"), cuyo contenido sea de productos inflamables o combustibles.

Las especificaciones serán íntegramente aplicables a las áreas de almacenamiento y recipientes en construcción. En las áreas de almacenamiento y en los recipientes ya existentes serán aplicables en todos los aspectos factibles.

INSTALACIONES PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIO.

Todos los recipientes atmosféricos contarán con instalaciones para extinción de incendios, de acuerdo con las especificaciones de NFPA (National fire protection association).

1.- Se usará líquido espumante tipo "alcohol" o universal, con cámaras mezcladoras de espuma NFPA tipo II, con un tobogán fijo a la pared interna del recipiente (dib. 1)

La relación de aplicación de líquido espumante para cámaras mezcladoras tipo NFPA II será de acuerdo a la tabla No. VI DE LAS ESPECIFICACIONES NFPA.

b. Se usarán línea independiente de solución para cada cámara.

Para la inyección de sub-superficial únicamente se usarán formadores de espuma de alta contrapresión.

Dichas entradas deberán estar cuando menos a la misma altura de la línea de succión del recipiente.

Las entradas mencionadas en el inciso anterior, serán proyecciones de la tubería de 6 metros de longitud hacia el centro del recipiente (dib 2)

INSTALACIONES PARA ENFRIAMIENTO.

Los recipientes de almacenamiento atmosférico que por el producto que contengan o por su ubicación lo requieran, se protegerán individualmente con anillos para la aplicación de agua de enfriamiento (dib.3)

Los cuales tendrán una doble función que justifica su instalación:

- a) Enfriamiento de la lámina para evitar el colapso de las paredes del recipiente cuando esté incendiado.
- b) Enfriamiento para protección de los recipientes situados en la primera línea alrededor del recipiente incendiado, cuyo contenido sea de productos inflamables.

RED DE AGUA CONTRA INCENDIO.

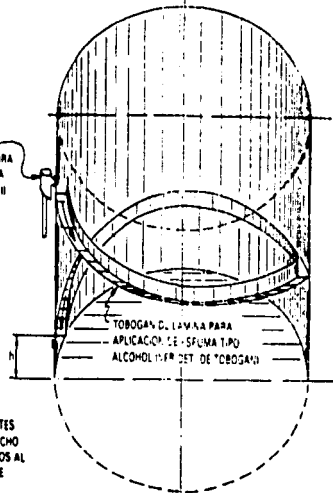
La red de agua contra incendio será diseñada para mejorar un gasto total consistente en los siguientes conceptos:

- Gasto de agua para la generación de espuma (extinción).
- Gasto de agua para enfriamiento.

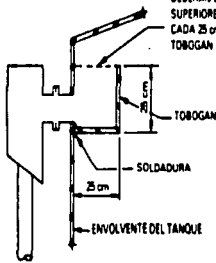
INSTALACION DE TOBOGAN FIJO PARA LA APLICACION DE ESPUMA TIPO ALCOHOL PARA PROTECCION C.I. EN TANQUES VERTICALES DE TECHO FIJO QUE ALMACENAN LIQUIDOS POLARES

PARA LA FABRICACION DEL TOBOGAN SE UTILIZARA LAMINA DE LA MISMA ESPECIFICACION DE LA QUE ESTE FABRICADO EL TANQUE, DE 1/16" MINIMO DE ESPESOR EN CADA CASO DEBERA CALCULARSE LA LONGITUD DEL TOBOGAN SE RECOMIENDA USAR UNA PENDIENTE DE 0.9 PARA LA INSTALACION DEL TOBOGAN

CAMARA MEZCLADORA DE ESPUMA NFFA-TIPO II



DEBERAN COLOCARSE SOPORTES SUPERIORES DE 25 cm DE ANCHO CADA 25 cm APPROX. SOLDADOS AL TOBOGAN Y A LA ENVOLVENTE

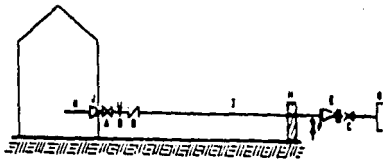


DETALLE DEL TOBOGAN

h = ALTURA DE LA PARTE SUPERIOR DE LA TUBERIA DE SUCCION DE PRODUCTO = 30 cm

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot.	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing VFB
Esc. Sin	INSTALACION DEL TOBOGAN FIJO	Apro. Ing JNP
Calc. MAAI	PARA APLICACION DE ESPUMA	Dib. N°

DIB. N°.- ARREGLO TÍPICO DE LA LÍNEA DE SOLUCIÓN DE
LÍQUIDO ESPUMANTE PARA INYECCIÓN SUB-SUPERFICIAL.



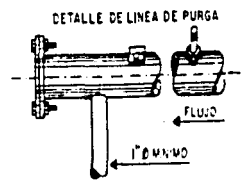
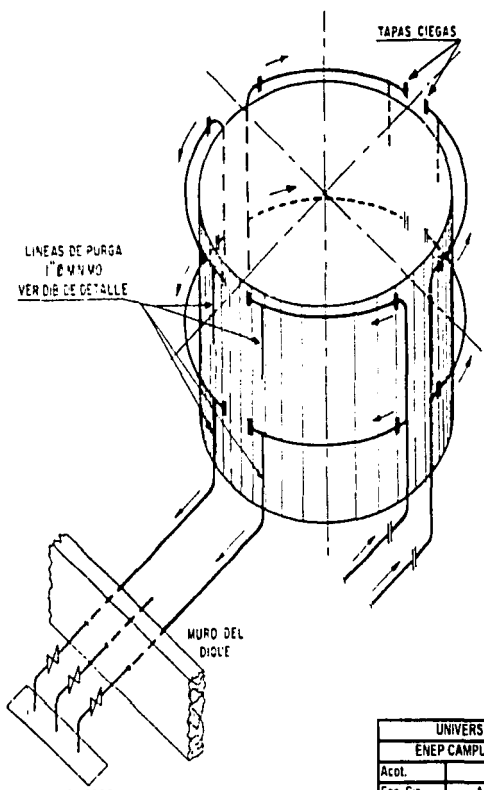
- A-VALVULA DE COMPUERTA (ABERTA)
- B-VALVULA DE RETENCION
- C-VALVULA DE COMPUERTA (CERRADA)
- D-DISCO DE RUPTURA
- E-PROPORCIONADOR
- F-PURBA
- G-TOMAS PARA CAMBIO
- H-DEQUE
- I-TUBERIA NORMAL CON VELOCIDAD MAYOR DE 3m /Seg
- J-AMPLIACION DE TUBERIA
- K-TUBERIA AMPLIADA CON VELOCIDAD DE 3m /Seg

NOTAS

LA PRESION DE CALIBRACION DEL DISCO SERA LA EJERCIDA POR EL PRODUCTO ALMACENADO EN EL TANQUE A SU MAXIMO NIVEL MAS EL 25% DE TOLERANCIA

EL NUMERO DE TOMAS PARA CAMBIO SERA DE ACUERDO AL BASTO MANEJADO POR EL PROPORCIONADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot.	TANQUE DE 100 000 BLS.	Rev. Ing VPB
Esc. Sin	ARREGLO TÍPICO DE LA LÍNEA DE	Apro. Ing JNP
Calc. MAJAJ	SOLUCION DE LIQUIDO ESPUMANTE	Dib. N°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
ENEP CAMPUS ARAGON		TESIS PROFESIONAL
Acot.	TANQUE DE 100,000 BLS.	Rev. Ing. VPB
Esc. Sn	ANILLOS DE ENFRIAMIENTO	Apro. Ing. JNP
Calc. MAAI		Dib. N°

- Gasto para consumo de adicionales (monitores portátiles, líneas suplementarias de espuma, agua para proteger al personal, etc.

Con tubería que tenga una presión mínima de 7 kg./cm^2 en el punto más alejado de la red.

EQUIPO DE BOMBEO.

La capacidad para manejar el máximo gasto total previsto, para garantizar la operación de la red.

DRENAJES.

Se observará lo establecido en la norma pemex A VIII-7 y además las recomendaciones siguientes:

En las áreas dentro de los diques de los recipientes de almacenamiento atmosférico, deberá existir drenaje aceitoso (o químico para productos petroquímicos) y drenaje pluvial independientes.

DRENAJE ACEITOSO.- A este drenaje irán las purgas de los recipientes y se dimensionará de acuerdo al volumen de las mismas, pero la tubería de drenaje nunca deberá ser menor de 6" 0. Además deberá estar provisto de sardinales para reducir al mínimo la captación de agua deberá provisto de sardinales para reducir al mínimo la captación de agua de lluvia.

DRENAJE PLUVIAL. Este drenaje contará con atarjeas para captación de agua pluvial y se dimensional tomando la aportación de volumen de agua que resulta mayor.

Se deberá contar con válvula de bloqueo a la salida del dique de contención, la cual será operable desde el nivel del piso y tendrá una clara indicación de "abierto-cerrado".

DISTANCIAS Y MUROS DE CONTENCIÓN.**DISTANCIA MÍNIMA ENTRE RECIPIENTES.**

El próximo recipiente que se instale cercano a dicho recipiente tendrá una distancia mínima de 40:84 mts.

SECCIONAMIENTO DE PATIOS.

Contará con dique de seguridad individual. Localizados dentro de la misma área limitada por muros de contención (diques), hasta una capacidad colectiva de 120,000 bls.

Los pisos e los patios dentro de los diques podrán ser de grava en los nuevos proyectos en sustitución de los pisos de concreto hidráulica.

DIQUES.

La altura de los diques de contención será como mínimo de 1.2 metros con respecto a la calle y en relación al patio interior no deberá ser mayor de 1.8 metros, en terrenos totalmente horizontales. En los casos en que esto sea posible, se someterán a la consideración de las gerencias de seguridad e higiene industrial institucional, de protección ecológica e industrial y operativa correspondiente.

Los muros e contención serán herméticos, de tierra, concreto o mampostería, debiendo sellarse alrededor de los puntos en los cuales pasen líneas de tubería.

CAPACIDAD DE CONTENCIÓN.

La capacidad volumétrica mínima del patio limitado por los diques, será la necesaria para contener la capacidad real del recipiente.

ACCESOS VEHICULARES, VÍAS DE ACCESO Y VÍAS DE ESCAPE

Se tendrá un acceso vehicular por calle pavimentada, y un acceso peatonal al interior del patio (escaleras).

VÍAS DE ACCESO.

En todos los diques se deberán tener accesos peatonales al interior del patio (escaleras) en número igual a los accesos vehiculares.

VÍAS DE ESCAPE.

En todos los diques, además de las escaleras normales de acceso al patio de los recipientes, se dispondrá de vías de escape para abandono rápido como escalones para salto empotrados en el muro y escaleras verticales (de gato), independientemente de las rampas que para fines de mantenimiento existan o se construyan.

Para estacionar adecuadamente los vehículos contraincendio cerca e las tomas de espuma de los recipientes, la calle en esta zona se diseñara de manera que no interrumpa el tránsito vehicular por la misma.

ÁMBITO DE APLICACIÓN.

Será de aplicación obligatoria en todas las instalaciones en donde existan, se construyan o se reparen recipientes de almacenamiento de productos inflamables y combustibles.

GLOSARIO

CONCEPTOS PRINCIPALES.

Accesos.- Se consideran como accesos, las escaleras que estratégicamente se deben instalar en los diques de seguridad de los tanques para entrar a los patios interiores de los mismos diques o abandonarlos.

Acero bajo contenido de carbón (acero al carbón): Contiene generalmente no más del 1% de carbón y uno o más de los siguientes de aleación: < (menos que) 2% manganeso, < 4% de níquel, < 2% de cromo, < 0.6% d molibdeno y < 0.2% de vanadio.

Carga: Es el resultado de la aplicación de distintas fuerzas. Las cargas que deben considerarse al diseñar un recipiente son, presión interna o externa, cargas de impacto, peso del recipiente, cargas superpuestas, cargas de viento o sismo, carga local y efectos de los gradientes de temperatura.

Carga estática: La presión de líquidos en reposo contra la pared del recipiente se debe únicamente a la "carga estática", o sea a la altura del líquidos.

Corrosión: Erosión química causada por agentes con o sin movimiento. Es la destrucción gradual de un metal debido a procesos químicos como la oxidación o la acción de un agente químico.

Deformación: Cambio de la forma o de las dimensiones de un cuerpo producido por esfuerzo.

Deformación unitaria: Deformación unitaria por tensión es la elongación por unidad de longitud; deformación unitaria por esfuerzo cortante es el cambio de ángulos rectos entre sí.

Densidad Relativa: Relación de la densidad de un material a la densidad de algún material tomado como patrón, como el agua a una temperatura especificada, como por ejemplo, 4°C o 60°F, ó, para los gases, la relación a la densidad del aire a las condiciones normales de presión y temperatura.

Dimensión de la soldadura: En la soldadura de ranura: La profundidad de penetración. Soldadura de filete de lados desiguales: La longitud del lado del triángulo rectángulo isósceles más grande que puede inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura.

Dique de seguridad.- Muro de contención de tercera, concreto o mampostería sólida, debidamente impermeabilizado que limita a uno o más tanques para evitar la extensión de derrames de producto hacia otras áreas y poder hacer la recuperación del mismo cuando el derrame es considerable.

CONCEPTOS PRINCIPALES.

Accesos.- Se consideran como accesos, las escaleras que estratégicamente se deben instalar en los diques de seguridad de los tanques para entrar a los patios interiores de los mismos diques o abandonarlos.

Acero bajo contenido de carbón (acero al carbón): Contiene generalmente no más del 1% de carbón y uno o más de los siguientes de aleación: < (menos que) 2% manganeso, < 4% de níquel, <2% de cromo, < 0.6% d molibdeno y < 0.2% de vanadio.

Carga: Es el resultado de la aplicación de distintas fuerzas. Las cargas que deben considerarse al diseñar un recipiente son, presión interna o externa, cargas de impacto, peso del recipiente, cargas superpuestas, cargas de viento o sismo, carga local y efectos de los gradientes de temperatura.

Carga estática: La presión de líquidos en reposo contra la pared del recipiente se debe únicamente a la "carga estática", o sea a la altura del líquidos.

Corrosión: Erosión química causada por agentes con o sin movimiento. Es la destrucción gradual de un metal debido a procesos químicos como la oxidación o la acción de un agente químico.

Deformación: Cambio de la forma o de las dimensiones de un cuerpo producido por esfuerzo.

Deformación unitaria: Deformación unitaria por tensión es la elongación por unidad de longitud; deformación unitaria por esfuerzo cortante es el cambio de ángulos rectos entre sí.

Densidad Relativa: Relación de la densidad de una material a la densidad de algún material tomado como patrón, como el agua a una temperatura especificada, como por ejemplo, 4°C ó 60°F, ó, para los gases, la relación a la densidad del aire a las condiciones normales de presión y temperatura.

Dimensión de la soldadura: En la soldadura de ranura: La profundidad de penetración. Soldadura de filete de lados desiguales: La longitud del lado del triángulo rectángulo isósceles más grande que puede inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura.

Dique de seguridad.- Muro de contención de tercería, concreto o mampostería sólida, debidamente impermeabilizado que limita a uno o más tanques para evitar la extensión de derrames de producto hacia otras áreas y poder hacer la recuperación del mismo cuando el derrame es considerable.

Eficiencia de la junta: Valor numérico expresado como la relación de la resistencia expresada como una cantidad numérica, y se usa en el diseño de una junta como un multiplicador del valor de un esfuerzo permitido y apropiado.

Esfuerzo: Fuerza interna ejercido por cualquiera de las dos partes adyacentes de un cuerpo sobre la otra a través de un plano de separación imaginario.

Esfuerzo a la tensión: Esfuerzo desarrollado por un material que soporta carga a la tensión.

Esfuerzo cortante: La componen del esfuerzo que es tangente al plano de referencia.

Esfuerzo de diseño a la tensión.

Es el valor máximo a que podemos someter un material que forma parte de un recipiente a presión en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material en cuestión.

Esfuerzo unitario: El esfuerzo por unidad del área.

Envolvente: Elemento estructural hecho para circundar un espacio. En la terminología de este libro, casco es la parte cilíndrica de un recipiente.

Factor de seguridad: La relación de la carga que ocasionaría la falla de un miembro o estructura a la carga que se le impone al servicio.

Fusión completa: Fusión que se presenta en todas las superficies del metal base expuestas para soldarse.

Límite elástico: El esfuerzo mínimo que causa una deformación permanente.

Metal de aporte: Material que se agrega al hacer una soldadura.

Metal de soldadura: El metal resultante de la fusión del metal de base y el metal de aporte.

Modulo de elasticidad: (Modulo de Young) Razón de cambio del esfuerzo unitario de tensión o compresión respecto a la deformación unitaria por tensión o compresión para las condiciones de esfuerzo dentro de un límite de proporcionalidad.

Operador de soldadura: Uno que opera equipo de máquinas soldaduras o equipo de soldadura automática.

Pasada: El metal de soldadura depositado por una progresión a lo largo del eje de un cordón.

Prueba hidrostática: El recipiente terminado, una vez lleno con agua, debe someterse a una presión de prueba igual a 1 ½ veces la presión máxima de trabajo permitida.

Prueba neumática: El recipiente terminado puede probarse con aire comprimido en vez de aplicarle la prueba hidrostática, la prueba de presión neumática debe hacerse a 1.25 veces la presión máxima de operación permitida.

Punto de cadencia: El esfuerzo mínimo al que aumenta la deformación sin aumentar el esfuerzo.

Presión de diseño (P).

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, su valor será el resulte mayor de:

$$P = 1.1 P_o \quad \text{ó} \quad P = P_o + 30 \text{ lb-in}^2$$

Al determinar la presión de diseño, debe tomarse en consideración la presión hidrostática debido a la columna del producto que estamos manejando, sobre todo recipiente cilindricos verticales.

Punto de ebullición.- Temperatura a la cual la presión de vapor de un liquido iguala la presión atmosférica.

Punto de inflamación.- Es la más baja temperatura a la cual, bajo condiciones específicas definidas, un producto del petroleo se vaporiza rapidamente, en cantidad suficiente para formar sobre su superficie una mezcla de aire vapor, la cual produce un "flasheo" o explosión suave, cuando se incendia por un flama pequeña.

Presión de operación (Po).

Ésta es la presión de trabajo, y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.

Presión de prueba (Pp).

Se entenderá por presión hidrostática es de prueba y se cuantificará por medio de la siguiente ecuación.

$$P_p = P (1.5) \frac{S_{tu}}{S_{ut}}$$

Donde:

P= Presión de diseño

S_{10} = Esfuerzo del material a la temperatura ambiente.

S_d = Esfuerzo del material a la temperatura de diseño.

Radiografiado: El proceso de pasar radiaciones electrónicas a través de un objeto y obtener un registro de su estado interno sobre una película sensibilizada.

Radio de giro: El radio de un área respecto a un eje dado es la raíz cuadrada de la cantidad obtenida al dividir el momento de inercia del área respecto al mismo eje entre el área.

Relación de esbeltez: La relación de la longitud de una columna uniforme al radio de giro mínimo de la sección transversal.

Recipientes a presión.

Se considera como un recipiente a presión a cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar o contener un fluido a presión manométrica ya sea presión interna o de vacío independientemente de su forma y dimensiones.

Soldador: Uno que es capaz de efectuar una operación de soldadura manual o semiautomática.

Soldadura: Unión localizada del metal producida por fusión o sin uso del metal de aporte, y con o sin aplicación de presión.

Soldadura automática (soldadura a máquina): Soldadura con equipo que efectúa la operación de soldadura bajo la observación y control de un operador.

Soldadura de arco metálico protegido (SMAW): Un proceso de soldadura por arco en el que la fusión se produce mediante el calentamiento con un arco entre un electrodo metálico revestido y el trabajo. La protección se obtiene con la descomposición del revestimiento del electrodo. No se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene el electrodo.

Soldadura al arco con núcleo de fundente (FCAW): Un proceso de soldadura por arco en donde la fusión se produce mediante el calentamiento con un arco entre un electrodo (consumible) continuo de metal de aporte y el trabajo. La protección se obtiene de un fundente contenido en el electrodo. Puede o no obtenerse protección adicional de un gas o mezcla de gases suministrados exteriormente.

Soldadura al arco metálico con protección gaseosa (GMAW): Un proceso de soldadura por arco en donde la fusión se produce mediante el calentamiento con un arco entre un electrodo (consumible) continuo de metal de aporte y el trabajo. La protección se obtiene totalmente de un gas o mezcla de gases suministrados

exteriormente. Algunos metodos de este proceso son llamados soldadura MIG o soldadura con CO₂.

Soldadura al arco sumergido (SAW): Un proceso de soldadura por arco en el que la fusión se produce mediante el calentamiento con un arco o arcos entre un electrodo o electrodos metalico(s) desnudo(s) y el trabajo. El arco es protegido por un manto de material granular fusible sobre el trabajo. No se utiliza y el metal de aporte se obtiene del electrodo y a veces de una varilla de soldadura auxiliar.

Soldadura de arco semiautomática: Soldadura con arco con equipo que solo controla la alimentacion del metal de aporte. El avance de la soldadura se controla a mano.

Soldadura de filete de lados desiguales: La longitud del lado del triángulo rectángulo mas grande que puede inscribirse dentro de la seccion transversal de la soldadura.

Soldadura de electroescoria: Un proceso de soldadura en el que la fusión es producida por la escoria derretida que funde el metal de aporte y las superficies del trabajo que va a soldarse. El charco de soldadura es protegido por esta escoria que se mueve a lo largo de toda la seccion transversal de la unión a medida que avanza la soldadura. La escoria conductiva es mantenida derretida por su resistencia a la corriente eléctrica que pasa entre el electrodo y el charco.

Soldadura electrogas: Un metodo de soldadura al arco o metalico con proteccion gaseosa o de soldadura al arco con núcleo de fundente en el que zapatas moldeadoras confirman al metal de aporte fundido para la soldadura en posicion vertical.

Soldadura manual: Soldadura en la que toda la operacion de soldadura se hace y controla se hace y controla a mano.

Tanque atmosférico.- Es un tanque de almacenamiento de tipo vertical cilindrico, diseñado para operar a presiones internas máximas de aproximadamente la atmosférica (API-650).

Vías de acceso para vehiculos.- Caminos o calles aledañas a los tanques de almacenamiento, a través de las cuales se puede llegar a ellos con vehiculos automotrices.

Vías de escape.- Se consideran como tales los medios adicionales que se construyan en los diques para facilitar la salida rápida de los mismo en caso de emergencia, tales como escalones empotrados en el muro del dique y las rampas que se construyen para fines de mantenimiento.

ANEXO

DIMENSIONES DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES

CAPACIDAD			DIAMETRO		ALTURA		PESO VACIO	
NOMINAL BLS.	R E A L		PIES	METROS	PIES	METROS	LBS	TON
	BLS.	METS CUBS						
500	502	79.89	15' 0"	4.572	16' 0"	4.877	13228	6
1000	1011	160.80	20' 0"	6.096	18' 0"	5.486	15342	9
2000	2019	321.09	24' 6"	7.468	24' 0"	7.315	28560	13
3000	3028	481.48	30' 0"	9.144	24' 0"	7.315	35274	16
5000	5043	801.88	31' 8"	9.652	36' 0"	10.973	48502	22
10000	10105	1606.78	42' 6"	12.954	40' 0"	12.192	85980	39
15000	15036	2356.70	58' 0"	17.678	32' 0"	9.754	127868	58
20000	20359	3237.03	60' 0"	18.288	40' 0"	12.192	171961	78
30000	30083	4783.17	73' 4"	22.352	40' 0"	12.192	244713	111
40000	39930	6348.91	85' 0"	25.906	40' 0"	12.192	37465	144
55000	55940	8894.54	100' 0"	30.480	40' 0"	12.192	46679	190
80000	80560	12808.98	120' 0"	36.576	40' 0"	12.192	60405	274
100000	100438	15969.66	134' 3"	40.843	40' 0"	12.192	760535	345
150000	145111	23708.63	150' 0"	45.720	48' 0"	14.630	1005304	456
200000	214713	34139.43	180' 0"	54.864	48' 0"	14.630	1593942	723
△500000	525625	83574.38	280' 0"	85.344	48' 0"	14.630	3300000	1500

CONVERSIONES 1 BARRIL = 159 LTS CALC 100 BRV

REV ING 2 JL

274

Table 3-2—Permissible Plate Material¹ and Allowable Stresses (in pounds per square inch)

Steel Plate Specification	Grade	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Product Design Stress ²		Hydrostatic Test Stress ³	
				1st Course	Upper Course	1st Course	Upper Course
ASTM							
A285	C	30,000	55,000	20,000	20,000	22,000	22,500
A285	C	30,000	55,000	20,000	20,000	22,000	22,500
A131	A, D, CS	34,000	58,000	21,000	21,700	23,700	24,000
A131	E11.30	51,000	71,000	26,000	26,400	28,400	30,400
A36		36,000	58,000	21,000	23,200	23,200	24,000
A442	55	30,000	55,000	20,000	20,000	22,000	22,500
A442	60	32,000	60,000	21,000	21,000	24,000	24,000
A573	58	32,000	58,000	21,000	21,000	23,200	24,000
A573	65	35,000	65,000	23,000	23,000	26,000	26,000
A573	70	42,000	70,000	26,000	26,000	28,000	30,000
A516	55	30,000	55,000	20,000	20,000	22,000	22,500
A516	60	32,000	60,000	21,000	21,000	24,000	24,000
A516	65	35,000	65,000	23,000	23,000	26,000	26,000
A516	70	38,000	70,000	25,000	25,000	28,000	28,500
A662	B	40,000	65,000	24,000	26,000	26,000	27,000
A662	C	43,000	70,000	26,000	26,000	26,000	30,000
A537	1	50,000	70,000	26,000	28,000	30,000	30,000
A537	2	60,000	80,000	30,000	32,000	32,000	34,000
A633	C, D	50,000	70,000	26,000	28,000	30,000	30,000
A678	A	50,000	70,000	26,000	28,000	28,000	30,000
A678	B	60,000	80,000	30,000	32,000	32,000	34,000
A737	B	50,000	70,000	26,000	28,000	28,000	30,000
CSA Standards							
G40 21	38	38,000	60,000	22,500	24,000	24,000	25,700
G40 21	44	44,000	65,000	24,400	26,000	26,000	27,700
G40 21	50	50,000	70,000	26,300	28,000	28,000	30,000
National Standards							
	37	30,000	52,000	19,700	20,000	21,000	22,500
	41	34,000	58,000	21,900	22,700	23,000	25,000
	44	36,000	62,000	23,500	24,000	25,000	26,000
ISO R630 Standards							
Fe 42	B, C	34,000	60,000	22,500	22,700	24,000	25,500
Fe 44	B, C	35,000	62,500	23,400	23,700	25,000	26,000
Fe 52	C, D	46,500	71,000	26,600	28,400	28,400	30,400

Note

1. In agreement between purchaser and manufacturer, the tensile strength of these materials may be increased up to 75,000 psi minimum and 90,000 psi maximum (and to 85,000 psi minimum and 100,000 psi maximum for ASTM A 517, Class 2 and A678, grade B). When this is done the allowable stresses shall be determined as stated in Par. 3.6.2.1 and 3.6.2.2.

shell stresses being relatively close to the allowable stress. This method may be used only when the purchaser has not specified use of the One-Foot Method and the ratio of L/H is equal to or less than 2.

Where:

$L = \sqrt{6 D t}$, in inches.

H = tank height, in feet

D = tank diameter, in feet

t = tank bottom course shell thickness, in inches

3.6.4.2 The minimum plate thicknesses for both design and hydrostatic test conditions shall be determined as outlined. Independent calculations shall be carried completely through for all courses for the design condition, exclusive of corrosion allowance, and for the hydrostatic test condition. The required shell thickness for each course shall be the greater of design shell thickness plus corrosion allowance or hydrostatic test shell thickness, but in no case shall the total shell thickness be less than that required by 3.6.1.1, 3.6.1.6, and 3.6.1.7.

LISTA GENERAL DE PRODUCTOS LAMINADOS

DIMENSIONES Y PESOS



PLACA		
ESPEZOR	PESO	
mm	kg/m ²	kg = 2
5	316	374
6	374	449
8	578	622
10	374	727
11	276	871
13	172	866
14	879	1120
16	574	1245
17	1176	1370
18	374	1494
22	779	1743
24	1	1882
28	1176	2241
32	1176	2490
35	1176	2740
38	1176	2989
44	1176	3438
51	2	3887

LAMINA		
ESPEZOR	PESO	
mm	kg/m ²	kg = 2
7	435	288
8	474	318
5	281	367

LAMINA		
ESPEZOR	PESO	
mm	kg/m ²	kg = 2
12	242	275
15	204	242
12	268	274
13	237	193
14	192	162
15	154	127
16	192	122
17	157	110
18	127	88
19	106	85
2	081	73
21	074	67
22	079	67
23	067	55
24	067	48
25	053	47
26	048	37

IV - CARACTERISTICAS Y AREAS

ACIPO CUADRADO
 ACIPO REDONDO
 ACIPO OCTAGONAL
 VAINILLA CONSUCADA
 SOSTA MUEBLE PLANA
 MANEPE COMERCIAL

**FORMULAS Y DIAGRAMAS DE VIGAS
PARA DIVERSAS CONDICIONES DE CARGA ESTÁTICA**

REACTIVACION EN LOS EXTREMOS

CARGA



$$M_1 = \frac{qL^3}{60}, M_2 = \frac{qL^3}{20}$$

CORTE



$$R_1 = \frac{qL}{3}, R_2 = \frac{2qL}{3}$$

DEFLEXION



$$y_1 = \frac{qL^4}{360}, y_2 = \frac{qL^4}{120}$$



$$M_1 = \frac{qL^2}{2}, M_2 = \frac{qL^2}{2}$$



$$R_1 = qL, R_2 = qL$$



$$y_1 = \frac{qL^4}{24}, y_2 = \frac{qL^4}{24}$$

CARGA



$$M_1 = \frac{qL^3}{60}, M_2 = \frac{qL^3}{20}$$

CORTE



$$R_1 = \frac{2qL}{3}, R_2 = \frac{qL}{3}$$

DEFLEXION



$$y_1 = \frac{qL^4}{360}, y_2 = \frac{qL^4}{120}$$



$$M_1 = \frac{qL^2}{2}, M_2 = \frac{qL^2}{2}$$



$$R_1 = qL, R_2 = qL$$



$$y_1 = \frac{qL^4}{24}, y_2 = \frac{qL^4}{24}$$

**FORMULAS Y DIAGRAMAS DE VIGAS
PARA DIVERSAS CONDICIONES DE CARGA ESTÁTICA**

REACTIVACION EN LOS EXTREMOS

11.3 ESFUERZOS ADMISIBLES EN kg/cm^2 PARA MIEMBROS DE COMPRESION

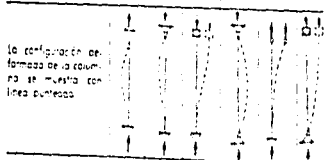
VALORES DEL FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA K

Los esfuerzos admisibles dependen de las condiciones de apoyo de la columna que determinan el valor del factor K .

A continuación se dan valores de K , para condiciones ideales de sujeción.

TABLA 1

Valores de factor de longitud efectiva K para condiciones ideales de apoyo



La configuración de forma de la columna se muestra con líneas punteadas.

Valor teórico de K	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0
----------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Valor recomendado para diseño K	0.65	1.00	1.2	2.1	2.0
-----------------------------------	------	------	-----	-----	-----

Condiciones de los apoyos

- 1 Rotación y traslación restringidas
- 2 Rotación libre, traslación restringida
- 3 Rotación restringida, traslación libre
- 4 Rotación y traslación libres



TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION EN kg/cm^2 , EN FUNCION DE SU RELACION DE ESBELTEZ

ESFUERZOS ADMISIBLES EN MIEMBROS DE COMPRESION

Valores de esfuerzo admisible en kg/cm^2

RELACION DE ESBELTEZ λ	ESFUERZO ADMISIBLE F_c EN kg/cm^2	ESFUERZO ADMISIBLE F_c EN kg/cm^2	ESFUERZO ADMISIBLE F_c EN kg/cm^2
0	1000	1000	1000
10	990	990	990
20	970	970	970
30	940	940	940
40	890	890	890
50	820	820	820
60	730	730	730
70	620	620	620
80	500	500	500
90	370	370	370
100	240	240	240
110	110	110	110
120	0	0	0

B-12a. Flujo de aire en tuberías de acero de calidad 40

Aire libre ft ³ Aire en tubería por minuto a 15°C y 1.011 bar abs.	Aire gramos/m ³ Nómina estándar por pie cúbico 15°C y 1.011 bar abs.	Producto de presión en bar por pie cúbico en tubería de calidad 40		Para aire a 15°C (temperatura de 15°C)		10"		12"	
		ft ³	g/m ³	ft ³	g/m ³	ft ³	g/m ³	ft ³	g/m ³
0.01	0.0015	0.0015	0.21	0.0015	0.21				
0.02	0.0030	0.0030	0.42	0.0030	0.42				
0.03	0.0045	0.0045	0.63	0.0045	0.63				
0.04	0.0060	0.0060	0.84	0.0060	0.84				
0.05	0.0075	0.0075	1.05	0.0075	1.05				
0.06	0.0090	0.0090	1.26	0.0090	1.26				
0.07	0.0105	0.0105	1.47	0.0105	1.47				
0.08	0.0120	0.0120	1.68	0.0120	1.68				
0.09	0.0135	0.0135	1.89	0.0135	1.89				
0.10	0.0150	0.0150	2.10	0.0150	2.10				
0.12	0.0180	0.0180	2.52	0.0180	2.52				
0.14	0.0210	0.0210	2.94	0.0210	2.94				
0.16	0.0240	0.0240	3.36	0.0240	3.36				
0.18	0.0270	0.0270	3.78	0.0270	3.78				
0.20	0.0300	0.0300	4.20	0.0300	4.20				
0.22	0.0330	0.0330	4.62	0.0330	4.62				
0.24	0.0360	0.0360	5.04	0.0360	5.04				
0.26	0.0390	0.0390	5.46	0.0390	5.46				
0.28	0.0420	0.0420	5.88	0.0420	5.88				
0.30	0.0450	0.0450	6.30	0.0450	6.30				
0.32	0.0480	0.0480	6.72	0.0480	6.72				
0.34	0.0510	0.0510	7.14	0.0510	7.14				
0.36	0.0540	0.0540	7.56	0.0540	7.56				
0.38	0.0570	0.0570	7.98	0.0570	7.98				
0.40	0.0600	0.0600	8.40	0.0600	8.40				
0.42	0.0630	0.0630	8.82	0.0630	8.82				
0.44	0.0660	0.0660	9.24	0.0660	9.24				
0.46	0.0690	0.0690	9.66	0.0690	9.66				
0.48	0.0720	0.0720	10.08	0.0720	10.08				
0.50	0.0750	0.0750	10.50	0.0750	10.50				
0.52	0.0780	0.0780	10.92	0.0780	10.92				
0.54	0.0810	0.0810	11.34	0.0810	11.34				
0.56	0.0840	0.0840	11.76	0.0840	11.76				
0.58	0.0870	0.0870	12.18	0.0870	12.18				
0.60	0.0900	0.0900	12.60	0.0900	12.60				
0.62	0.0930	0.0930	13.02	0.0930	13.02				
0.64	0.0960	0.0960	13.44	0.0960	13.44				
0.66	0.0990	0.0990	13.86	0.0990	13.86				
0.68	0.1020	0.1020	14.28	0.1020	14.28				
0.70	0.1050	0.1050	14.70	0.1050	14.70				
0.72	0.1080	0.1080	15.12	0.1080	15.12				
0.74	0.1110	0.1110	15.54	0.1110	15.54				
0.76	0.1140	0.1140	15.96	0.1140	15.96				
0.78	0.1170	0.1170	16.38	0.1170	16.38				
0.80	0.1200	0.1200	16.80	0.1200	16.80				
0.82	0.1230	0.1230	17.22	0.1230	17.22				
0.84	0.1260	0.1260	17.64	0.1260	17.64				
0.86	0.1290	0.1290	18.06	0.1290	18.06				
0.88	0.1320	0.1320	18.48	0.1320	18.48				
0.90	0.1350	0.1350	18.90	0.1350	18.90				
0.92	0.1380	0.1380	19.32	0.1380	19.32				
0.94	0.1410	0.1410	19.74	0.1410	19.74				
0.96	0.1440	0.1440	20.16	0.1440	20.16				
0.98	0.1470	0.1470	20.58	0.1470	20.58				
1.00	0.1500	0.1500	21.00	0.1500	21.00				
1.02	0.1530	0.1530	21.42	0.1530	21.42				
1.04	0.1560	0.1560	21.84	0.1560	21.84				
1.06	0.1590	0.1590	22.26	0.1590	22.26				
1.08	0.1620	0.1620	22.68	0.1620	22.68				
1.10	0.1650	0.1650	23.10	0.1650	23.10				
1.12	0.1680	0.1680	23.52	0.1680	23.52				
1.14	0.1710	0.1710	23.94	0.1710	23.94				
1.16	0.1740	0.1740	24.36	0.1740	24.36				
1.18	0.1770	0.1770	24.78	0.1770	24.78				
1.20	0.1800	0.1800	25.20	0.1800	25.20				
1.22	0.1830	0.1830	25.62	0.1830	25.62				
1.24	0.1860	0.1860	26.04	0.1860	26.04				
1.26	0.1890	0.1890	26.46	0.1890	26.46				
1.28	0.1920	0.1920	26.88	0.1920	26.88				
1.30	0.1950	0.1950	27.30	0.1950	27.30				
1.32	0.1980	0.1980	27.72	0.1980	27.72				
1.34	0.2010	0.2010	28.14	0.2010	28.14				
1.36	0.2040	0.2040	28.56	0.2040	28.56				
1.38	0.2070	0.2070	28.98	0.2070	28.98				
1.40	0.2100	0.2100	29.40	0.2100	29.40				
1.42	0.2130	0.2130	29.82	0.2130	29.82				
1.44	0.2160	0.2160	30.24	0.2160	30.24				
1.46	0.2190	0.2190	30.66	0.2190	30.66				
1.48	0.2220	0.2220	31.08	0.2220	31.08				
1.50	0.2250	0.2250	31.50	0.2250	31.50				
1.52	0.2280	0.2280	31.92	0.2280	31.92				
1.54	0.2310	0.2310	32.34	0.2310	32.34				
1.56	0.2340	0.2340	32.76	0.2340	32.76				
1.58	0.2370	0.2370	33.18	0.2370	33.18				
1.60	0.2400	0.2400	33.60	0.2400	33.60				
1.62	0.2430	0.2430	34.02	0.2430	34.02				
1.64	0.2460	0.2460	34.44	0.2460	34.44				
1.66	0.2490	0.2490	34.86	0.2490	34.86				
1.68	0.2520	0.2520	35.28	0.2520	35.28				
1.70	0.2550	0.2550	35.70	0.2550	35.70				
1.72	0.2580	0.2580	36.12	0.2580	36.12				
1.74	0.2610	0.2610	36.54	0.2610	36.54				
1.76	0.2640	0.2640	36.96	0.2640	36.96				
1.78	0.2670	0.2670	37.38	0.2670	37.38				
1.80	0.2700	0.2700	37.80	0.2700	37.80				
1.82	0.2730	0.2730	38.22	0.2730	38.22				
1.84	0.2760	0.2760	38.64	0.2760	38.64				
1.86	0.2790	0.2790	39.06	0.2790	39.06				
1.88	0.2820	0.2820	39.48	0.2820	39.48				
1.90	0.2850	0.2850	39.90	0.2850	39.90				
1.92	0.2880	0.2880	40.32	0.2880	40.32				
1.94	0.2910	0.2910	40.74	0.2910	40.74				
1.96	0.2940	0.2940	41.16	0.2940	41.16				
1.98	0.2970	0.2970	41.58	0.2970	41.58				
2.00	0.3000	0.3000	42.00	0.3000	42.00				
2.02	0.3030	0.3030	42.42	0.3030	42.42				
2.04	0.3060	0.3060	42.84	0.3060	42.84				
2.06	0.3090	0.3090	43.26	0.3090	43.26				
2.08	0.3120	0.3120	43.68	0.3120	43.68				
2.10	0.3150	0.3150	44.10	0.3150	44.10				
2.12	0.3180	0.3180	44.52	0.3180	44.52				
2.14	0.3210	0.3210	44.94	0.3210	44.94				
2.16	0.3240	0.3240	45.36	0.3240	45.36				
2.18	0.3270	0.3270	45.78	0.3270	45.78				
2.20	0.3300	0.3300	46.20	0.3300	46.20				
2.22	0.3330	0.3330	46.62	0.3330	46.62				
2.24	0.3360	0.3360	47.04	0.3360	47.04				
2.26	0.3390	0.3390	47.46	0.3390	47.46				
2.28	0.3420	0.3420	47.88	0.3420	47.88				
2.30	0.3450	0.3450	48.30	0.3450	48.30				
2.32	0.3480	0.3480	48.72	0.3480	48.72				
2.34	0.3510	0.3510	49.14	0.3510	49.14				
2.36	0.3540	0.3540	49.56	0.3540	49.56				
2.38	0.3570	0.3570	49.98	0.3570	49.98				
2.40	0.3600	0.3600	50.40	0.3600	50.40				
2.42	0.3630	0.3630	50.82	0.3630	50.82				
2.44	0.3660	0.3660	51.24	0.3660	51.24				
2.46	0.3690	0.3690	51.66	0.3690	51.66				
2.48	0.3720	0.3720	52.08	0.3720	52.08				
2.50	0.3750	0.3750	52.50	0.3750	52.50				
2.52	0.3780	0.3780	52.92	0.3780	52.92				
2.54	0.3810	0.3810	53.34	0.3810	53.34				
2.56	0.3840	0.3840	53.76	0.3840	53.76				
2.58	0.3870	0.3870	54.18	0.3870	54.18				
2.60	0.3900	0.3900	54.60	0.3900	54.60				
2.62	0.3930	0.3930	55.02	0.3930	55.02				
2.64	0.3960	0.3960	55.44	0.3960	55.44				
2.66	0.3990	0.3990	55.86	0.3990	55.86				
2.68	0.4020	0.4020	56.28	0.4020	56.28				
2.70	0.4050	0.4050	56.70	0.4050	56.70				
2.72	0.4080	0.4080	57.12	0.4080	57.12				
2.74	0.4110	0.4110	57.54	0.4110	57.54				
2.76	0.4140	0.4140	57.96	0.4140	57.96				
2.78	0.4170	0.4170	58.38	0.4170	58.38				

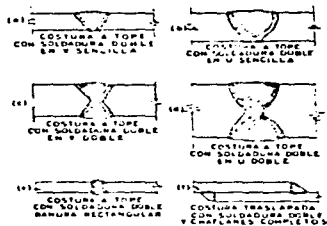


FIG. 2
COSTURAS VERTICALES TÍPICAS EN EL CASCO

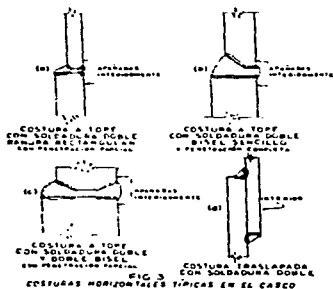


FIG. 3
COSTURAS HORIZONTALES TÍPICAS EN EL CASCO

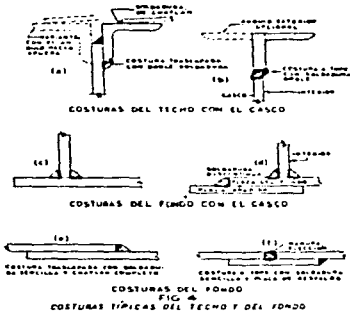
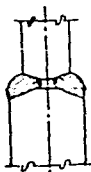


FIG. 4
COSTURAS TÍPICAS DEL TECNO Y DEL FDNDO



PERMISIBLE



FILIAL DE.



PLYMOUTH TUBE CO

12/1/96

TUBO DE ACERO INOXIDABLE

MAYAG No. 12 COL. STA. CRUZ ACALLAN NAUCALPAN, EDO MEX. 51150

FAX NUMBER 363-34-24

De: SACINTO JESUS MARTINEZ

Numero de paginas (Incluyendo esta hoja)
Number of pages (Including this sheet)

JJA

A: Sr. MIGUEL A. ALVARADO LOPEZ

Compañia: DINAMICAS CONEXIONALES S.A. DE C.V.

Referencia: JU FOX 19 SEP 96

COMENTARIOS: Por medio del presente me permito cotizar su
COMMENTS: ATENCION SOLICITUD

1. - 1 TUBO TUBO A/C ALTA MANT 60 G. SIN COSTURA
EXT. DIAMETRO DE 762 mm. L=40' / 2732.- MEXI
* NOTIZO CON COSTURA (750")
2. - 1 TUBO TUBO A/C ALTA MANT 30 G. SIN COSTURA
EXT. DIAMETRO DE 762 mm. L=6' / 36389 MEXI
3. - 1 TUBO TUBO A/C ALTA MANT 57 G. G. SIN COSTURA
EXT. DIAMETRO DE 1166 mm. L=8' / 150.61 MEXI
4. - 2 Pcs. TUBO 90' DE 762 mm. R.L.C.40
ASTM A 234 / 457.05 G
5. - 4 Pcs. TUBO 90' DE 1166 mm. R.L.C.90 / 93.86 G
6. 7 y 8 - - - - - NO COTIZO

L.A.B

MEXICO D.F.

PRECIOS

NETO SIN IVA

COND. DE PAGO:

50% ANTICIP. 50% PAGO COMPLETO

T. DE ENTREGA:

1^a Posición UVA Ojalada Besta Lustrada

NOTA: Si algunas de estas copias no son legibles, o si no reciben el mismo número de páginas que las mencionadas arriba favor de comunicarnos con nosotros inmediatamente al tel. 360-63-72

NOTE: If any of these fax copies are illegible, or you do not receive the same number of pages as stated above, please contact us immediately at 360-63-72 363-3424 363-3941 360-4757

BIBLIOGRAFÍA

1

Especificaciones API 650
Instituto Americano del Petróleo
Editado por Instituto Americano del Petróleo
Séptima edición, 1980

2

Ingeniería de Proyectos para Plantas de Procesos
H. I. Rase y M. H. Barrow
Editorial CECSA
Décima Impresión, México 1988
Primera Edición en Español.

3

Procesos de Transferencia de Calor
Donald Q. Kern
Editorial CECSA
Decimoquinta edición, México 1981

4

Process Equipment Design
E. Brownell
Edit. Wiley
April 1989

5

Manual de Recipientes a Presión
Diseño y Cálculo.
Eugene F. Megyesy.
Editorial Limusa Noriega
Primera edición, México 1993

6

Diseño Básico de Estructuras de Acero
Bruce g. Johnston
Edit. Prentice Hall
Tercera edición, México, 1988

7

Dibujo y diseño de Ingeniería
C. H. Jensen
Editorial Mc. Graw Hill
Octava impresión, México 1991

8

Flujo de Fluidos
Crane
Editorial Mc Graw Hill
Primera Impresión, México 1993

9

AHMSA Ingeniería, S.A.
Ing. Francisco Campos Domínguez
Editado por Grupo AHMSA.
Segunda Impresión, México 1990

10

CHEMICAL PLANT AND PETROLEUM REFINERY PIPING
ASME CODE
ANSI/ASME B 31.3
Edition 1984

11

Especificaciones Generales para construcción de Obras.
Petróleos Mexicanos
Editado por Petróleos Mexicanos
Reproducción de 1983

12

Fire Protection
Handbook
Angos Fire Armour
16 th, edición, 1992