



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

---

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO

DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE QUEROSENO CON  
DIAMETRO DE 80FT X 40FT DE ALTURA. BAJO LA NORMA API 650.

TESIS CURRICULAR  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO

PRESENTAN  
CASTILLO ELIZARRARAS MARIA DEL ROSARIO  
OCHOA POZOS NAIREL



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO**

**TESIS CURRICULAR**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
DEBERÁ DESARROLLAR EL C.

INGENIERO MECÁNICO  
CASTILLO ELIZARRARÁS MARÍA DEL ROSARIO  
OCHOA POZOS NAIREL

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE QUEROSENO  
CON DIÁMETRO DE 80 ft x 40 ft DE ALTURA. BAJO LA NORMA API 650"**

El recipiente se diseñará para la mejor comprensión del tema y para buen uso de la norma bajo la cual se trabajará; además, de observar y analizar los pasos a seguir con el proceso de diseño.

Tomando en cuenta que este análisis no sólo aplica temas de todas las materias vistas; además de que echa mano de las innovaciones en materiales, construcción, etc. Utilizando así toda la ingeniería posible.

**EL TEMA COMPRENDERÁ LOS SIGUIENTES PUNTOS:**

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.
2. NORMATIVIDAD.
3. CÁLCULOS.
4. PLANOS Y ESPECIFICACIONES.

México, D.F. a 12 de agosto del 2008.

**ASESOR**

M. en C. JOSÉ LUIS MORA RODRÍGUEZ

**Vo.Bo.**  
**EL DIRECTOR**

**ING. JORGE GÓMEZ VILLARREAL**



**TITULACIÓN  
PROFESIONAL  
ESIME  
AZCAPOTZALCO**

NOTA: Se sugiere utilizar el Sistema Internacional de Unidades.  
AT-182/2008  
P. S. 04 - 08  
JGV/FVC/gec\*



## ÍNDICE

I.	OBJETIVO	8
II.	JUSTIFICACIÓN	8
III.	INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES		9
1.1	Recipiente a presión	10
1.1.1	Presión de operación ( $P_o$ )	10
1.1.2	Presión de diseño ( $P$ )	10
1.1.3	Tipos de recipientes	11
1.1.4	Definición de conceptos	14
1.2	Almacenamiento de líquidos	14
1.2.1	Tanques atmosféricos	15
1.2.2	American Petroleum Institute (API)	15
1.2.3	American Water Works Association (AWWA)	15
1.3	Concreto reforzado	16
1.4	Tanques elevados	16
1.5	Tanques abiertos	16
1.5.1	Techos flotantes	17
1.6	Tanques a presión	18
1.7	Materiales y seguridad de recipientes	18
1.7.1	Aislamiento de recipientes	18
1.7.2	Soportes de tanques	18
1.7.3	Estanques y almacenamiento subterráneo	20
1.8	Almacenamiento de gases	21
1.8.1	Recipientes para gases	21
1.8.2	Botella	22
1.8.3	Línea de tubería	22
1.8.4	Almacenamiento criogénico y a bajas temperaturas	22
1.8.5	Materiales	23
1.9	Transporte de fluidos no envasados (a granel)	23



1.9.1 Líneas de tuberías	23
1.9.2 Tanques	24
1.10 Recipientes a presión	26
1.10.1 Código ASME, Sección VIII, División 1	27
1.10.2 Código ASME, Sección VIII, División 2	29
1.11 Consideraciones adicionales sobre el código ASME	30
1.11.1 La seguridad en el diseño	30
1.11.2 La fatiga del metal	30
1.11.3 La fractura por fragilidad	30
1.11.4 Las pruebas no destructivas	31
1.11.5 El examen radiográfico	31
1.11.6 Las técnicas de ultrasonido	31
1.11.7 El examen de partículas magnéticas	32
1.11.8 El examen de penetración de líquido	32
1.11.9 La técnica de corrientes parásitas	32
1.11.10 El método de resistencia eléctrica	32
1.11.11 La prueba hidrostática	33
1.11.12 Otras regulaciones y normas	33
1.11.13 La American Bureau of Shipping	33
1.11.14 Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)	33
1.11.15 Los recipientes para servicios a altas temperaturas	34
CAPÍTULO 2. NORMATIVIDAD	36
2.1 Generalidades	37
2.2 Limitaciones	39
2.3. Diseño	40
2.3.1 Techo fijo	40
2.3.2 Techo flotante	40
2.4. Materiales a emplear en tanques de almacenamiento	40
2.5. Soldaduras en tanques de almacenamiento	42
2.5.1 Juntas verticales del cuerpo	45



2.5.2 Juntas horizontales	45
2.5.3 Soldadura del fondo	45
2.5.4 Junta del cuerpo-fondo	46
2.5.5 Juntas del techo y perfil de coronamiento	47
2.6 Requerimientos para escaleras. (Especificado por API 650)	48
2.7 Pruebas e inspección del tanque	49
2.8 Diseño del cuerpo y techo del recipiente	49
2.9 Boquillas en recipientes a presión	52
2.9.1 Espesores de los cuellos de las boquillas	53
2.9.2 Selección de bridas para boquillas	54
2.9.3 Brida de cuello soldable. (Welding Neck)	55
2.9.4 Brida deslizable (Slip-On)	55
2.9.5 Brida de traslape (Lap-Joint)	55
2.9.6 Bridas roscadas (Threaded)	55
2.9.7 Bridas de enchufe soldable (Socket Welding)	56
2.9.8 Bridas ciegas (Blind)	56
2.9.9 Bridas especiales	56
2.9.10 Tipos de caras de bridas	56
2.9.11 Registros de hombre	58
CAPÍTULO 3. CÁLCULOS	59
3.1 Introducción	60
3.1.1 Cálculo de la altura y el diámetro por volumen.	60
3.1.2 Definiendo placa y material a utilizar	61
3.2 Diseñando espesor de cada cinturón	61
3.3 Fondo del Tanque	62
3.4 Espesor del techo	62
3.5 Ángulo de sección del ángulo del soporte exterior usando un ángulo de 30°	62
3.6 Calculo de placas del cuerpo	62
3.6.1 Perímetro	62



3.6.2 Longitud real de placa	63
3.6.3 No. De Placas	63
3.6.4 Longitud de Soldadura	63
3.6.5 Ajuste de placa de cada cinturón	63
3.6.6 Definir el número real de placas	63
3.6.7 Cálculo del Peso	64
3.6.7.1 Primer cinturón	64
3.6.7.2 Segundo cinturón	64
3.6.7.3 Tercer cinturón	64
3.6.7.4 Cuarto cinturón	64
3.6.7.5 Peso del cuerpo	64
3.7 Calculo de placas de fondo y techo	64
3.7.1 Número de placas del fondo	64
3.7.1.1 Área del fondo	64
3.7.1.2 Área de placa	64
3.7.1.3 No. De Placas	65
3.7.1.4 Perímetro de soldadura	65
3.7.1.5 Especificaciones	65
3.7.2 Número de placas del techo tipo cono	65
3.7.2.1 Diámetro real	65
3.7.2.2 Dimensionar cono	66
3.7.2.3 Área de cono	66
3.7.2.4 No. De placas	66
3.7.2.5 Especificaciones	66
3.8 Calculo de Bridas	66
3.8.1 Cálculo de las diferentes presiones	67
3.8.2 Cálculo de cada brida	68
3.8.2.1 Brida No. 1 Registro pasa Hombre	69
3.8.2.2 Brida No. 2 Drenaje (Slip-On)	70
3.8.2.3 Brida No. 3 Ventila (Tubo)	73
3.8.2.4 Brida No.4 Entrada (Slip-On)	76



3.8.2.5 Brida No. 5 Entrada (Slip-On)	79
3.8.2.6 Brida No. 6 Entrada retorno (Slip-On)	82
3.8.2.7 Brida No. 7 Puerta de inspección (Slip-On)	83
3.8.2.8 Brida No. 8 Salida (Slip-On)	88
3.9 Cálculo estructura interior del tanque de almacenamiento	91
3.9.1 Cálculo del área de fondo y de placa	91
3.9.2 No. De placas del fondo	91
3.9.3 Calculo del área y placas del techo	91
3.9.4 Peso de las placas	91
3.9.5 Peso total	92
3.9.6 Presión generada	92
3.9.7 Proponer Viga soporte	92
3.9.8 Calculo del momento	93
3.9.9 Calculando el numero de cinturones totales del techo	93
3.9.10 Calculo de las columnas	94
3.10 Calculo de los tornillo del cartabón superior	95
3.10.1 Calculo del ancho del cartabón	96
3.10.2 Calculo del largo del cartabón	96
3.10.3 Calculando por Carga	97
3.10.4 Calculando por momento	97
3.10.5 Calculando las cargas totales	97
3.10.6 Calculando el diámetro del tornillo	98
3.11 Cálculo de la soldadura del cartabón superior	
3.11.1 Cálculo de $A_w$ y $S_w$	99
3.11.2 Cálculo de $W$ , $W_s$ y $W_b$ y $W_T$	99
3.11.3 Cálculo del espesor mínimo de soldadura	99
3.12 Dimensionamiento y análisis de las placas del cartabón inferior o de base	99
3.12.1 Calculo del dimensionamiento y momento de la placa 1	99
3.12.2 Verificación del diámetro de los tornillos en la placa 1	100
3.12.2.1 Calculando por carga	100



3.12.2.2	Calculando por momento	100
3.12.2.3	Calculando las cargas totales	101
3.12.3.4	Comprobando el diámetro de los tornillos	101
3.12.3	Cálculo del momento en la placa 2	101
3.13	Cálculo de las placas de choque	102
3.13.1	Entradas	102
3.13.2	Largueros	104
3.13.3	Entrada – Retorno	105
3.13.4	Largueros	105
3.14	Rompe Remolinos	107
3.15	Dique de Protección Y recuperación del Fluido	107
3.15.1	Selección del factor de acero y concreto	108
3.15.2	Calculo de la carga total	108
3.15.3	Calculo del área de cimentación	109
3.15.4	Calculo de la longitud	109
3.15.5	Calculo del Vuelo	109
3.15.6	Calculo del esfuerzo producido por el esfuerzo flexionante	109
3.15.7	Calculo del momento flexionante	109
3.15.8	Calculo del peralte de la Zapata	109
3.15.9	Calculo de la distancia $d'$	110
3.15.10	Calculo de cortante en la sección	110
3.15.11	Calculo del esfuerzo cortante lineal	110
3.15.12	Verificación con el esfuerzo admisible	110
3.15.13	Calculo del área de acero por esfuerzos flexionantes.	110
3.15.14	Calculo del numero de varillas	111
3.13.15	Calculo de la separación	111
3.13.16	Verificación por adherencia	111
3.15.17	Calculo del acero por temperatura	111
3.15.18	Calculo de la separación	111
3.16	Pintura	112
3.17	Instrumentación	113





CAPÍTULO 4. PLANOS Y ESPECIFICACIONES	115
A. LISTA DE PARTES	116
Plano B-1	118
Plano C-1	119
Plano F-1	120
Plano T-1	121
Plano T-2	122
Plano T-3	123
CONCLUSIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXOS	128
A. TABLAS DE SELECCIÓN DE BRIDAS SEGÚN CÁLCULOS PREVIOS	129
TABLA 1. Ø 36 in NOM MAN HOLE	129
TABLA 2. Ø 3 in NOM. BRIDA SLIP-ON	130
TABLA 3. Ø 4 in NOM BRIDA SLIP	131
TABLA 4. Ø 6 in NOM BRIDA SLIP	132
TABLA 5. Ø 12 in NOM BRIDA SLIP	133
B. ABREVIATURAS	134
C. TABLA DE MATERIALES EN ACERO AL CARBÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA	136



## **I. OBJETIVO.**

Diseño de un recipiente cilíndrico de almacenamiento de combustible según norma API 650 para almacenar 40 000 barriles de queroseno a 65° F.

## **II. JUSTIFICACIÓN.**

Este recipiente se diseñará no sólo para la mejor comprensión del tema, sino también para el buen uso de la norma bajo la cual trabajará; además, de observar y analizar los pasos a seguir en el proceso de diseño.

Tomando en cuenta que éste análisis no sólo aplica temas de todas las materias vistas; además de que echa mano de las innovaciones en materiales, construcción, etc. Utilizando así toda la ingeniería posible.

## **III. INTRODUCCIÓN.**

Los conocimientos y técnicas empleadas por los ingenieros de prospección y refinado proceden de casi todos los campos de la ciencia y la ingeniería.

Los ingenieros especializados son los responsables de la explotación de los yacimientos de petróleo descubiertos. Por lo general, son especialistas en una de las categorías de operaciones de producción: instalaciones de perforación y de superficie, análisis petrofísico y petroquímico del depósito, estimación de las reservas, especificación de las prácticas de explotación óptima y control, y seguimiento de la producción. El ingeniero de perforación determina y supervisa el programa concreto para perforar el pozo, el tipo de lodo de inyección empleado, la forma de fijación del revestimiento de acero que aísla los estratos productivos de los demás estratos subterráneos, y la forma de exponer los estratos productivos del pozo perforado.

Los especialistas en ingeniería de instalaciones (en este caso Ingenieros Mecánicos) especifican y diseñan los equipos de superficie que se deben instalar para la producción, las bombas de los pozos, los sistemas para medir el yacimiento, recoger los fluidos producidos y separar el gas, los tanques de almacenamiento, el sistema de deshidratación para eliminar el agua del petróleo obtenido y las instalaciones para sistemas de recuperación mejorada.

Aquí en México, la mayoría de esto se realiza en instalaciones alrededor del país, propiedad de PEMEX (Petróleos Mexicanos), donde el ingeniero mecánico se encarga, como ya se mencionó, del diseño de alguno de los elementos necesarios, como en este caso se plantea.



---

# **CAPÍTULO 1.**

# **GENERALIDADES.**

---



### 1.12 Recipiente a presión.

Se considera como un recipiente a presión cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones. Los recipientes cilíndricos a que nos referimos aquí, son calculados como cilindros de pared delgada. (Ver ilustración 1.1)



**Ilustración 1 Recipiente a Presión.**

#### 1.12.1 Presión de operación ( $P_o$ ).

Es identificada como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.

#### 1.12.2 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, dicho valor será el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Si } P_o > 300 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}; \quad P &= 1.1P_o \\ \text{Si } P_o \leq 300 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}; \quad P &= P_o + 30 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \end{aligned}$$

**Ecuación 1.1**

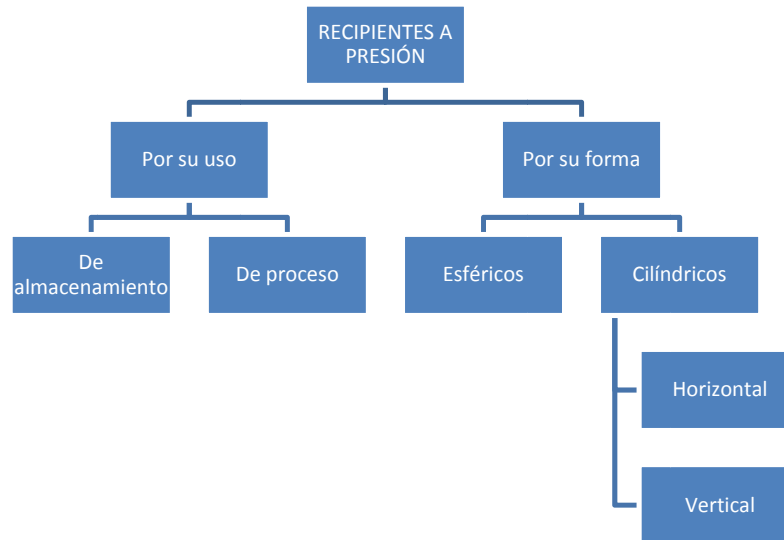
Donde **P** es la presión de diseño, y **P<sub>o</sub>** es la presión de operación.

Al determinar la presión de diseño (**P**), debe tomarse en consideración la presión hidrostática debida a la columna del fluido que estemos manejando.



### 1.12.3 Tipos de recipientes.

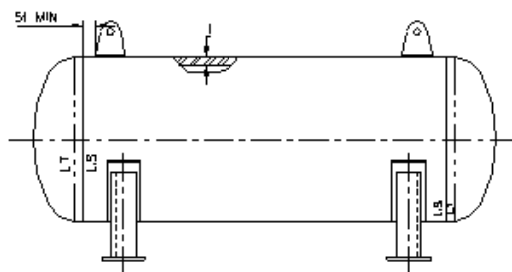
Los diferentes tipos de recipientes a presión que existen, se clasifican de la siguiente manera:



**Ilustración 1.2 Tipos de Tanques.**

A) Por su uso: Por su uso los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso. (Ver Ilustración 1.3 y 1.4)

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



**Ilustración 1.3 Recipiente de almacenamiento.**

Los recipientes a presión de proceso tienen múltiples y muy variados usos, entre ellos podemos citar los cambiadores de calor, reactores, torres fraccionadoras, torres de destilación, etc.

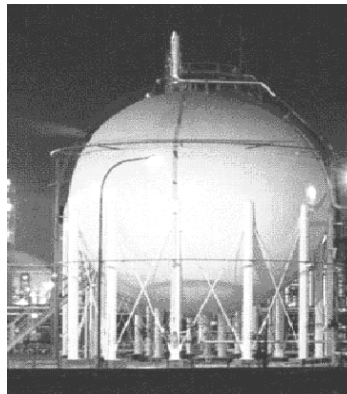


**Ilustración 1.4 Recipiente de proceso.**

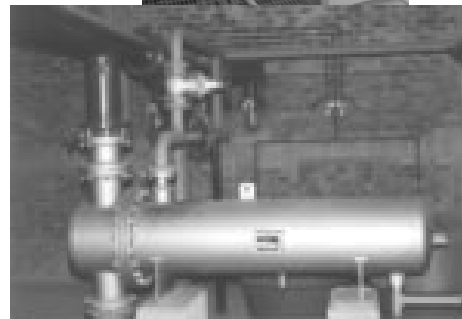
B) Por su forma: Los recipientes a presión, pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros pueden ser horizontales o verticales, y pueden tener, en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según el caso. (Ver ilustración 1.5)

Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a altas presiones.

Puesto que la forma esférica es la forma **“natural”** que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna, ésta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión, sin embargo, la fabricación de este tipo de recipientes es mucho más cara en comparación con los recipientes cilíndricos.



a) Recipientes Esféricos.



b) Recipiente Cilíndrico vertical

c) Recipiente Cilíndrico Horizontal.

**Ilustración 1.5 Recipiente según su forma.**

Los Tanques Cilíndricos Horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que sólo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Estos tipos de tanques se clasifican en:



- De techo fijo.
- De techo flotante.
- Sin techo.

#### 1.12.4 Definición de conceptos.

A continuación, definiremos los conceptos más empleados en el diseño de un recipiente a presión:

- BOQUILLA.- Orificio practicado en un tanque para la entrada y/o salida de un fluido o la instalación de un instrumento de medición, generalmente son bridadas o roscadas.
- BRIDA.- Accesorio para acoplamiento de tuberías, que facilita el armado y desarmado de las mismas.
- CARGA HIDROSTÁTICA.- La presión ejercida por un líquido en reposo.
- CARGA MUERTA.- La fuerza debida al peso propio de los elementos a considerar.
- CARGA VIVA.- La fuerza ejercida por cuerpos externos, tales como: nieve, lluvia, viento, personas y/o objetos en tránsito, etc.
- CORROSIÓN.- Desgaste no deseado, originado por la reacción química entre el fluido contenido y/o procesado y el material de construcción del equipo en contacto con el mismo.
- EFICIENCIA DE JUNTAS SOLDADAS.- Valor numérico dado por el Código o Estándar correspondiente (Grado de Confiabilidad).
- ESTÁNDAR.- Sugerencias para la fabricación y diseño, originadas por la experiencia.
- NORMA.- Conjunto de reglas para el dimensionamiento y cálculo de accesorios.

#### 1.13 ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS.

Para el almacenamiento de líquidos es necesario del conocimiento de conceptos básicos, así como del conocimiento de diferentes tipos de





recipientes. Aquí se muestran algunos de ellos; los cuáles en su mayoría son utilizados según las normas respectivas.

#### 1.13.1 TANQUES ATMOSFÉRICOS.

Se emplea el término de “tanque atmosférico” para cualquier depósito diseñado para su utilización dentro de más o menos varios centenares de Pascales (unas cuantas libras por pulgada cuadrada) de presión atmosférica. Pueden ser abiertos a la atmósfera o cerrados. Por lo común, se obtiene el costo mínimo en una forma cilíndrica vertical y un fondo relativamente plano al nivel del terreno.

#### 1.13.2 AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API).

El Instituto ha establecido una serie de normas y especificaciones para tanques atmosféricos. Las que siguen son algunas de las publicaciones por el API:

- Especificación API 12B, Bolted Production Tanks (tanques de producción con conchas remachadas.)
- Especificación API 12D, Large Welded Production Tanks (tanques de producción grandes soldados)
- Especificación API 12F, Small Welded Production Tanks (tanques de producción pequeños soldados).
- Norma API 650, Steel Tanks for Oil Storage (tanques de acero para almacenamiento de petróleo)

#### 1.13.3 AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA).

La Asociación tiene muchas normas relativas al almacenamiento y el manejo de agua. En el Manual AWWA (anual) aparece una lista de sus publicaciones. La norma AWWA D100 Standard for Steel Tanks, para tanques de acero, tubería auxiliares, depósitos y tanques elevados para almacenamiento de agua, contiene reglas para el diseño y fabricación.

No obstante que los tanques AWWA están indicados para agua, éstos podrían ser utilizados para el almacenamiento de otros líquidos.



Underwriters Laboratories Inc; ha publicado las siguientes normas para tanques:

- UL 58, Steel Underground Tanks for Flammable and Combustible Liquid (tanques subterráneos de acero para líquidos inflamables y combustibles).
- UL 142, Steel Aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids (tanques de acero sobre el terreno para líquido inflamables y combustibles).

UL 58, cubre tanques horizontales de acero de hasta 190 m<sup>3</sup> (50 000 galones), con un diámetro máximo de 3.66 m (12 ft) y una longitud máxima de 6 diámetros. Se dan los espesores y cierto número de detalles de diseño y fabricación. UL 142 cubre los tanques horizontales de acero de hasta 190 m<sup>3</sup> (50 000 galones) (al igual que el UL 58) y tanques verticales de hasta 10.7 m (35 ft) de altura. Se dan los espesores y otros detalles. No se especifica el diámetro máximo para un tanque vertical.

Las normas de Underwriters coinciden con las de API pero incluyen tanques que son demasiado pequeños para los normas del API. No obstante, las normas de Underwriters no son detalladas como las de API y, por consiguiente, hacen pesar una mayor responsabilidad sobre el diseñador. No especifican grados de acero, aparte de exigir que sean soldables. El diseñador debe establecer también sus propios límites sobre el diámetro (o espesor) de los tanques verticales. Pueden seguirse las directrices del API.

#### 1.14 CONCRETO REFORZADO.

Este material se utiliza con frecuencia para tanques hasta de 57 000 m<sup>3</sup> (15 x 10<sup>6</sup> gal), que comúnmente contienen agua. Su diseño se analiza detalladamente en la obra de Creasy Prestressed Concrete Cylindrical Tanks, Wiley, New York, 1961. Para el diseño más económico de tanques grandes y abiertos al nivel del terreno, recomienda que se limite la altura vertical a 6 m (20 ft). Las filtraciones pueden ser un problema si se utiliza concreto no recubierto, al emplear algunos líquidos (p.ej. gasolina).

#### 1.15 TANQUES ELEVADOS.

Éstos pueden proporcionar un flujo grande cuando se requiere, pero las capacidades de bombeo no tienen que ser de más del flujo promedio. En esa forma, es posible ahorrar en inversiones de bombas y tuberías. También proporcionan flujo después que fallan las bombas, lo que constituye una consideración importante en los sistemas contra incendios.



## 1.16 TANQUES ABIERTOS.

Éstos pueden utilizar para almacenar materiales que no se vean dañados por el agua, el clima o la contaminación atmosférica. De otro modo, se necesitará un tejado, ya sea fijo o flotante. Los tejados fijos suelen ser escalonados o de cúpula. Los tanques grandes tienen tejados escalonados con soportes intermedios. Puesto que las presiones son desdeñables, las principales cargas de diseño son la nieve y el viento.

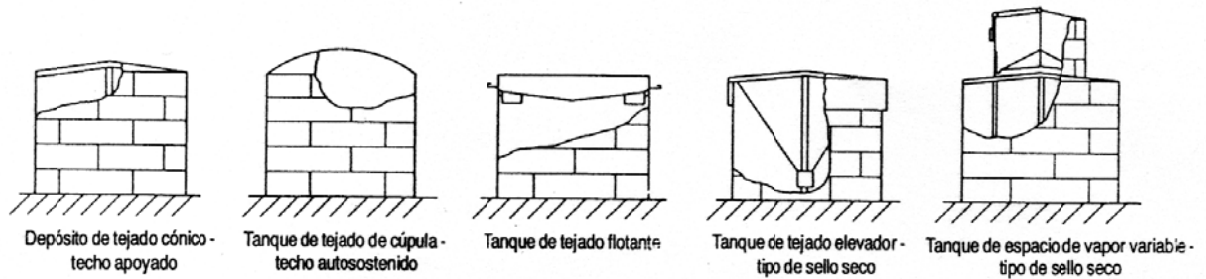
Con frecuencia se pueden encontrar los valores que se requieren en los códigos locales de construcción.

Los tanques atmosféricos de tejados fijos requieren ventilas para evitar los cambios de presión, que se producirían de otro modo debido a los cambios de temperatura y el retiro o a la adición de líquidos. En los tanques de tejado fijo, la utilización de ventilas abiertas pueden provocar pérdidas excesivas de líquidos volátiles, sobre todo los que tienen puntos de inflamación por debajo de 38 ° C (100° F). A veces, la ventilas son múltiples y conducen a un tanque de ventilación, o bien, se puede extraer el vapor mediante un sistema de recuperación.

Un medio eficiente de evitar las pérdidas de ventilación es el utilizar uno de los muchos tipos existentes de tanques de volumen variable. Se construyen según la norma API 650. Pueden tener tejados flotantes del tipo cubierta doble o simple. Son tipos de tejados elevados en los que la cubierta tiene un movimiento oscilante hacia arriba y hacia abajo en un sello líquido anular o se conecta al cuerpo del tanque mediante una membrana flexible. Una cámara de expansión de tela alojada en un compartimiento sobre la parte superior del tejado del tanque, permite también variaciones del volumen.

### 1.16.1 Techos flotantes.

Éstos deben tener un sello entre el tejado y el cuerpo del tanque. Si no se protegen mediante un tejado fijo, deben tener drenes para la eliminación del agua y el cuerpo del tanque debe tener una “viga contra el viento”, con el fin de evitar las distorsiones. (Ver Ilustración 1.6 para mayor información)



**Ilustración 1.6 Tipos de techos.**

### 1.17 TANQUES A PRESIÓN.

Se pueden construir tanques cilíndricos verticales con tejados escalonados o de cúpula, que funcionan a presiones por encima de varios cientos de Pascales; pero que se acercan todavía bastante a la presión atmosférica, según las especificaciones de la norma API 650. La fuerza de la presión que actúa contra el tejado se transmite al cuerpo del tanque, que puede tener un peso suficiente para resistirla. Si no es así, la fuerza ascendente actuará sobre el fondo del tanque. Sin embargo, la resistencia del fondo es limitada y si no es suficiente, será preciso utilizar un anillo de anclaje o una cimentación fuerte. En los tamaños mayores, las fuerzas ascendentes limitan este tipo de tanque a las presiones muy bajas. A medida que aumenta el tamaño o la presión se hace necesaria la curvatura en todas las superficies. Se pueden construir tanques de esta categoría hasta una presión de 103.4 KPa (15 lbf/in<sup>2</sup>), según las especificaciones de la norma API 620. Las formas utilizadas son esferas, elipsoides, estructuras toroidales y cilindros circulares con cabezas toriesféricas, elipsoides o hemisféricas.

### 1.18 MATERIALES Y SEGURIDAD DE RECIPIENTES.

Los tanques de almacenamiento se hacen de casi todos los materiales estructurales. Los que más se emplean son el acero y el concreto reforzado. Se utilizan materiales plásticos y plásticos con refuerzo de vidrio para tanques de hasta 230 m<sup>3</sup> (60 000 galones). Sus principales ventajas son la resistencia a la corrosión, su peso ligero y su costo más bajo. También se aplican recubrimientos de plástico y vidrio a tanques de acero.

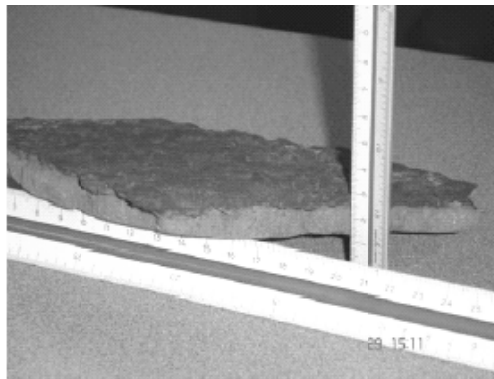


Algunos grados de acero dados en las normas API y AWWA son de calidad inferior a la que se utiliza habitualmente para los tanques a presión. Los tanques pequeños que contienen sustancias no tóxicas no son particularmente peligrosos y pueden tolerar un factor reducido de seguridad. Los tanques que contienen sustancias muy tóxicas y los tanques muy grandes que contengan cualquier sustancia, pueden resultar arriesgados.

#### 1.18.1 Aislamiento de recipientes.

Los tanques que contienen materiales por encima de la temperatura atmosférica pueden requerir el aislamiento para reducir las pérdidas de calor. Se pueden emplear materiales aislantes como el silicato de calcio, la fibra de vidrio, la lana mineral, el vidrio celular y las espumas de plásticos. Los tanques expuestos al medio ambiente deben tener recubrimientos de protección o revestimientos, por lo común de asfalto, para mantener el agua fuera del aislamiento.

Los tanques con contenidos a temperaturas más bajas que la atmosférica pueden requerir el aislamiento para minimizar la absorción del calor. El aislamiento debe tener una barrera de vapor en la parte exterior para evitar la condensación de humedad atmosférica, de modo que se reduzca su eficiencia. Es preferible un aislamiento al que no dañe la humedad. (Ver Ilustración 1.7)



**Ilustración 1.7 Una muestra de la capa de aislamiento de un tanque.**

#### 1.18.2 Soportes de tanques.

Se pueden construir grandes tanques de acero verticales de acero atmosféricos sobre una base de aproximadamente 150 mm (6 in) de arena, grava o piedras trituradas, cuando el subsuelo tenga una resistencia de apoyo adecuada. Puede estar nivelada o ligeramente escalonada, dependiendo de la forma del fondo del tanque. La base porosa proporciona drenaje en el caso de que haya fugas. A unos



cuantos pies más allá del perímetro del tanque, la superficie debe caer alrededor de 1 m (3 ft) para asegurar el drenaje apropiado del subsuelo.

La presión de apoyo del tanque y el contenido no deben sobrepasar la resistencia de apoyo del suelo. Algunos de los valores de apoyo se muestran en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Resistencia de apoyo del suelo.**

	KPa	Ton/ft <sup>2</sup>
Arcilla blanda (que se puede desmenuzar entre los dedos)	100	1
Arena fina seca	200	2
Arena fina seca con arcilla	300	3
Arena gruesa	300	3
Arcilla dura y seca (se necesita un pico para excavarla)	350	3.5
Grava	400	4
Roca	1000-4000	10-40

Para los tanques altos y pesados se puede requerir un anillo de cimentación. Los tanques de concreto pre esforzado pueden ser suficientemente pesados para necesitar anillos de cimentación.

Las esferas, los esferoides y los toroides utilizan asientos de acero o concreto o se sostienen por medio de columnas. Los tanques cilíndricos horizontales deben tener dos asientos para evitar la distribución indeterminada de las cargas. Los tanques horizontales pequeños se sostienen a menudo por medio de patas. La mayor parte de los tanques se deben diseñar para resistir las reacciones de las patas o los asientos y pueden requerir refuerzos. No hacer caso de esta necesidad puede provocar un desplome. Un tanque de acero elevado puede tener ya sea un círculo de columnas de acero o un gran soporte central de acero.

### 1.18.3 Estanques y Almacenamiento subterráneo.

Los materiales líquidos de bajo costo, si no se dañan debido a las lluvias o la contaminación atmosférica, se pueden almacenar en estanques. (Ver Ilustración 1.8). Se puede formar uno de estos últimos mediante la excavación o la construcción de presas en una barranca. Para evitar las pérdidas por filtración, el suelo que estará sumergido puede requerir un tratamiento para hacerlo suficientemente impermeable. Esto se puede lograr también recubriendo el estanque con concreto, películas de plástico o alguna otra barrera.



**Ilustración 1.8 Estanque de almacenamiento.**

*Almacenamiento subterráneo:* Se pueden formar cavidades en lechos y cúpulas de sal mediante la disolución de esa última y su bombeo hacia el exterior. En muchos lugares se puede encontrar formaciones geológicas apropiadas para algunos de esos métodos.

Cuando existe un exceso de agua superficial durante parte del tiempo, se trata el exceso, en caso necesario, y se bombea al interior del terreno para su recuperación cuando se requiera. A veces, el bombeo es innecesario y el líquido se filtra al terreno.

El almacenamiento en tanques o túneles subterráneos es con frecuencia el medio más práctico de conservar materiales peligrosos o radioactivos. Una cubierta de 30 m (100 ft) de roca o tierra densa puede ejercer una presión de aproximadamente 690 KPa (100 lbf/in<sup>2</sup>).

#### 1.19 ALMACENAMIENTO DE GASES.

Ya que almacenar un gas es más difícil que un líquido, además de que si consideramos que estos gases en su mayoría son volátiles e inflamables, los recipientes que los contendrán deben cumplir con el estándar respectivo. Se enunciarán algunos de los casos más comunes para este tipo de almacenamiento.

##### 1.19.1 Recipientes para gases.



El gas se almacena a veces en recipientes dilatables ya sea el tipo de sello seco o sello líquido. Tienen un recipiente cilíndrico cerrado en la parte superior y un volumen que varía mediante su ascenso y descenso en un depósito anular, con sello lleno de agua. Los recipientes de sello seco tienen una parte superior rígida fija a las paredes laterales mediante un diafragma de tela flexible que le permite ascender y descender. No incluye el paso ni los costos de cimentación de los recipientes de sello líquido.

Solución de gases en líquidos. Algunos de los gases se disuelven con facilidad en líquidos. En algunos casos en los que las cantidades no son grandes, éste puede constituir un procedimiento práctico de almacenamiento. Algunos de los ejemplos de gases que se pueden manejar en esta forma son el amoníaco con agua, el acetileno en acetona y el cloruro de hidrógeno en agua. La presión puede ser atmosférica o elevada.

Almacenamiento en recipientes a presión, botellas y líneas de tuberías. La distinción entre recipientes a presión, botellas y tuberías es arbitraria. Todos ellos se pueden utilizar para el almacenamiento de gases a presión. El almacenamiento de gas a presión no sólo reduce su volumen, sino que, en muchos casos, lo licua a la temperatura

ambiente. Algunos de los gases que se encuentran en esta categoría son el dióxido de carbono, varios gases del petróleo, el cloro, el amoníaco, el dióxido de azufre y algunos tipos de freón. Los tanques a presión se instalan con frecuencia en forma subterránea.

#### 1.19.2 Botella.

El término botella se aplica por lo común a un recipiente a presión suficientemente pequeño para ser convenientemente portátil. Las botellas van de aproximadamente 57 litros (2 ft<sup>3</sup>) a las cápsulas de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 16.4 ml (1 in<sup>3</sup>). Las botellas son convenientes para cantidades pequeñas de muchos gases, incluyendo aire, hidrógeno, oxígeno, argón, acetileno, freón y gas de petróleo. Algunos son recipientes utilizables una sola vez.

#### 1.19.3 Línea de tubería.

Una línea de tuberías no es por lo común un dispositivo de almacenamiento (Ver Ilustración 1.9), sin embargo, se han enterrado tuberías en una serie de líneas paralelas conectadas y utilizadas para el almacenamiento. Esto evita la necesidad de proporcionar cimentaciones y la tierra protege a la tubería contra las temperaturas extremas. También se logra el almacenamiento mediante el incremento de la presión en líneas de tuberías operacionales y, en esa forma, se utiliza el volumen de tuberías como tanque.





**Ilustración 1.9 Tubería.**

#### 1.19.4 Almacenamiento criogénico y a bajas temperaturas.

Este tipo se emplea para gases que se licuan a presión, a la temperatura atmosférica. El término “criogénico” se refiere por lo común a temperaturas por debajo de  $-101\text{ °C}$  ( $-150\text{ °F}$ ). No obstante, algunos gases se licuan entre  $-101\text{ °C}$  ( $-150\text{ °F}$ ) y la temperatura ambiente. El principio es el mismo; pero las temperaturas criogénicas crean diferentes problemas con los materiales de construcción y aislamiento.

#### 1.19.5 Materiales.

Los materiales para recipientes de gas licuado deben ser apropiados para las temperaturas y no quebradizos. Se pueden utilizar algunos aceros al carbono hasta temperaturas de  $-59\text{ °C}$  ( $-75\text{ °F}$ ) y aceros de bajas aleaciones hasta  $-101\text{ °C}$  ( $-150\text{ °F}$ ) y, a veces,  $-129\text{ °C}$  ( $-200\text{ °F}$ ). Por debajo de estas temperaturas, los principales materiales que se emplean son los aceros inoxidable austeníticos (AISI serie 300) y el aluminio.

Los tanques para bajas temperaturas se pueden instalar subterráneamente para aprovechar el valor de aislamiento de la tierra. También se utiliza el almacenamiento en tierra congelada. Esta tierra congelada forma el tanque. Algunas instalaciones que utilizan esta técnica no han tenido éxito, debido a la absorción excesiva de calor.

### 1.20 TRANSPORTE DE FLUIDOS NO ENVASADOS (A GRANEL).

El transporte constituye con frecuencia una parte importante de los costos del producto. El transporte en bruto o a granel puede proporcionar ahorros importantes.

#### 1.20.1 Líneas de tuberías.



Las líneas de tuberías son uno de los medios de transporte de costo más bajo. Se han construido con diámetros hasta de 1.22 m (48 in) o más y de aproximadamente 3200 km (2000 millas) de longitud para petróleo, gas y otros productos. Por lo común, el agua no se transporta a distancias de más de 160 a 320 km (100 a 200 millas); pero los ductos pueden tener un diámetro mucho mayor que 48 in. También se utilizan canales abiertos para el transporte de agua. (Ver Ilustración 1.10).



**Ilustración 1.10 Línea de tubería.**

Las estaciones de bombeo de líneas de tuberías tienen por lo común un espaciamiento entre ellas de 16 a 160 km (10 a 100 millas), con presiones máximas de hasta 6900 KPa (1000 lbf/in<sup>2</sup>) y velocidades de hasta 3 m/s (10ft/s) para líquidos. Las líneas de tuberías para gas tienen velocidades superiores y pueden tener estaciones con espaciamientos mayores. (Ver Ilustración 1.11)



**Ilustración 1.11 Oleoducto.**



### 1.20.2 Tanques.

Los vagones cisterna (de tanque simple y múltiple). Los camiones cisterna, los tanques portátiles, los tambores, los barriles, los bidones y las latas se utilizan para el transporte de fluidos. Este transporte está regulado por el DOT (Department of Transportation).

*Vagones cisterna.* Éstos son de aproximadamente 7.6 a 182 m<sup>3</sup> (2000 a 48 000 gal), y un vagón puede ser simple o de unidades múltiples. En la actualidad, el DOT los limita a 130 m<sup>3</sup> (34500 gal) y 120 000 kg (263 000 lb) de peso bruto. Los vagones mayores dan por lo común como resultado inversiones más bajas por metro cúbico y tienen tarifas más bajas de embarque. Los vagones se pueden aislar para reducir el calentamiento o enfriamiento de su contenido. Algunos gases licuados se pueden transportar en vagones aislados; las temperaturas se mantienen por evaporación. Los vagones se pueden calentar mediante serpentines de vapor o por electricidad. Algunos productos se cargan calientes, se solidifican en el transporte y se funden para retirarlos.

Los vagones a presión tienen ajuste de válvulas de purga de 517 KPa (75 lbf/in<sup>2</sup>) y más. En la mayor parte de los casos, la válvulas de carga y descarga, las de seguridad y las de ventilación deben encontrarse también encerradas o en un cúpula.

*Camiones cisterna* (Ver Ilustración 1.12). Estos camiones pueden tener tanques simples, de compartimiento o múltiples. Los camiones que transportan materiales peligrosos deben apegarse a las regulaciones del DOT. El peso máximo, la carga axial y la longitud están regidas por las regulaciones estatales de carreteras. Muchos estados tienen límites en las cercanías de 31 750 kg (70 000 lb) de peso total, 14 500 kg (32 000 lb) para los ejes de remolques y 18.3 m (60 ft) o menos de longitud total.



**Ilustración 1.12 Camión cisterna.**

*Transportes marítimos* (Ver Ilustración 1.13). Los buques cisterna son para elevados tonelajes. Los buques cisterna tradicionales utilizan como tanque la estructura del bote. Los materiales venenosos se embarcan en tanques separados, construidos en el interior del barco. Esto evita que las fugas contaminen los puertos.



**Ilustración 1.13 Barco petrolero**

#### 1.21 RECIPIENTES A PRESIÓN.

Un recipiente a presión es un depósito cerrado de longitud limitada (en contraste con la longitud indefinida de las tuberías). Su dimensión menor es considerablemente mayor que el tamaño de la tubería de conexión y está sujeta a presiones por encima de 7 o 14 KPa (1 o 2 lbf/in<sup>2</sup>).

Código ASME La American Society of Mechanical Engineers, ASME, ha emitido el Código ASME Boiler and Pressure Vessel Code que contiene reglas para el diseño, fabricación e inspección de calderas y recipientes a presión.

El ASME Boiler and Pressure Vessel Code está integrado por 11 secciones, que son las siguientes:

- I. Calderas de potencia.
- II. Especificaciones de materiales (tres partes).
- III. Componentes de plantas de energía nuclear.
- IV. Calderas de calefacción.
- V. Exámenes no destructivos.
- VI. Reglas recomendadas para el cuidado y funcionamiento de calderas de calefacción.



- VII. Reglas recomendadas para el cuidado de calderas de potencia.
- VIII. Recipientes a presión, División 1.  
Recipientes a presión, División 2, reglas alternativas.
- IX. Condiciones de soldadura.
- X. Recipientes a presión de plástico reforzado con fibra de vidrio.
- XI. Reglas para la inspección en servicio de componentes de plantas nucleoelectricas.

#### 1.21.1 Código ASME, Sección VIII, División 1.

*Introducción* Aquí se definen los recipientes a presión como envases para la contención de la presión. Se excluyen en forma específica los recipientes que tienen una presión interna que no supera el valor de 103 KPa (15 lbf/in<sup>2</sup>).

*Subsección A* Contiene los requisitos generales aplicables a todos los materiales y métodos de construcción. Se definen la temperatura y presión de diseño y se especifican las cargas considerables en el diseño mismo. Para la falla por esfuerzo y elasticidad, esta sección del código aplica la teoría del esfuerzo máximo de falla como el criterio para esta determinación.

En el apéndice P se definen con detalle las bases para el establecimiento de estos esfuerzos permisibles; sin embargo, como es muy importante utilizar el factor de seguridad al establecer las diversas reglas de esta división, se hace Hincapié en que los factores de seguridad para cargas de presión interna son 4 para la fatiga de ruptura y de 1.6 o 1.5 para el límite elástico, dependiendo del material. Para las cargas de presión externa en cuerpos cilíndricos, se emplean factores de seguridad de 3 para el pandeo elástico y el colapso plástico.

Se proporcionan reglas y fórmulas de diseño de presión interna para cuerpos esféricos y cilíndricos y para tapas elipsoidales, toriesféricas, hemisféricas y cónicas.

Las tapas y cubiertas planas no reforzadas pueden ser diseñadas según las reglas y fórmulas específicas que aparecen en esta subsección. Los esfuerzos causados por la presión sobre estos miembros son esfuerzos de doblado y las fórmulas incluyen una tolerancia para los momentos inducidos cuando las tapas, cubiertas o bridas ciegas son sujetas por pernos.



En esta subsección se consideran las tolerancias de fabricación. Las tolerancias permitidas para la presión externa en los cuerpos son más estrechas que las de la presión interna, ya que la estabilidad de la estructura depende de la simetría.

La mayor parte de los recipientes requieren una prueba hidrostática (generalmente con agua) a un valor que sea 1.5 veces el valor de la presión de trabajo máxima permisible. En algunos recipientes esmaltados (recubiertos de vidrio) se permite que el valor de la presión hidrostática sea menor. Se permiten las pruebas neumáticas y se llevan a cabo a un valor al menos  $1 \frac{1}{4}$  veces el de la presión de trabajo máxima permisible, y se somete a una prueba de ensayo cuando el esfuerzo de cualquiera de las partes del recipiente no puede calcularse para que se pueda asegurar una exactitud en dichos cálculos. Rara vez se efectúan pruebas neumáticas o de ensayo.

*Subsección B.* Contiene reglas concernientes a los métodos de fabricación de recipientes a presión. Se definen las restricciones de servicio. El servicio letal es para “sustancias letales”, definidas como gases o líquidos venenosos, de naturaleza tal que una pequeña cantidad del gas o vapor del líquido, mezclado o no con aire, es peligroso para la vida cuando se inhala. Todos los recipientes para servicio letal tendrán juntas soldadas a tope completamente radiografiadas y, cuando sea práctico, las juntas serán soldadas a tope.

El servicio a baja temperatura se define como aquel donde la temperatura será menor de  $-29 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-20 \text{ }^{\circ}\text{F}$ ) y es necesario someter varios metales a una prueba de impacto.

Esta subsección incluye reglas que rigen el diseño de juntas soldadas especificadas como función de la calidad de la junta o unión.

Se proporcionan detalles para la soldadura tapa o cuerpo, hoja metálica cuerpo y boquilla (tobera) a cuerpo. Aquí se proporcionan formas aceptables de pernos y tapones soldados y soldaduras acanaladas para el soporte de placas reforzadas.

Las reglas para la fabricación de recipientes a presión soldados cubren los procesos de soldadura, registro histórico del fabricante sobre los procedimientos de soldadura, calificación de los soldadores, limpieza, tolerancias para el ajuste y reparación de defectos de soldadura.

*Subsección C.* Esta subsección contiene requisitos concernientes a la clase de materiales. Los aceros al carbono y baja aleación se rigen por la parte UCS, los materiales no ferrosos por la parte UNF, los de acero de alta aleación por la parte UHA y los aceros con propiedades de tensión mejoradas por tratamiento térmico, por la parte UHT.



Cada una de estas partes incluye tabla de valores de esfuerzos máximos permisibles para todos los materiales del código en un intervalo de temperaturas del metal. Estos valores de esfuerzos incluyen factores apropiados de seguridad. Las reglas que rigen la aplicación, fabricación y tratamiento térmico de los recipientes se incluyen en cada parte.

*Apéndices obligatorios.* Se proporcionan fórmulas para cuerpos gruesos y cubiertas cóncavas. Otro apéndice proporciona reglas específicas, fórmulas y gráficas para el diseño de conexiones de bridas con pernos. Otro apéndice se refiere al control de calidad y a la inspección.

#### 1.21.2 Código ASME, Sección VIII, División 2.

La mayor parte de los recipientes de la División 2 fabricados hasta ahora, han sido de dimensiones mayores o están destinados para altas presiones, además de ser muy caros cuando el ahorro en material y trabajo a consecuencia del empleo de factores de seguridad menores, ha sido mayor que los costos adicionales de ingeniería, administración e inspección.

*Parte A.* El usuario o su representante deben proporcionar los requisitos que debe cumplir el recipiente de acuerdo con las condiciones de operación a que será destinado, en una forma muy detallada para que sirvan como base a la adecuada selección de materiales y diseño, fabricación e inspección del recipiente.

*Parte AM.* En esta parte se listan los materiales individuales de construcción permitidos, especificaciones aplicables, requisitos especiales, valores de intensidad de esfuerzo de diseño y cualquier otra información especial. Entre las propiedades para las que se incluye la información, se encuentran la conductividad y difusividad térmica, el coeficiente de expansión térmica, el módulo de elasticidad y el límite elástico.

*Parte AD.* En esta parte se incluyen los requisitos para el diseño de recipientes. Se permiten esfuerzos mayores cuando se considera el efecto del viento o los terremotos.

*Condiciones Generales.* La mayor parte de los recipientes a presión para ser utilizados en la industria química continuarán siendo diseñados y construidos con base en las reglas de la Sección VIII, División 1, mientras que las reglas de la Sección VIII, División 2, serán frecuentemente para elementos más delgados, el costo del análisis de ingeniería, análisis de los esfuerzos y construcciones de la más alta calidad, control de materiales e inspección requerida por estas reglas, exceden frecuentemente los ahorros por el empleo de paredes delgadas en recipientes.





---

## 1.22 CONSIDERACIONES ADICIONALES SOBRE EL CÓDIGO ASME.

Existen muchas otras condiciones de diseño, que se deben tomar en cuenta; en las secciones anteriores, se enunciaron las más importantes; pero, también se deben tomar en cuenta algunas otras más como las que se enuncian a continuación.

### 1.22.1 La seguridad en el diseño.

Algunas de las condiciones a las que se puede enfrentar un recipiente son las siguientes: temperaturas anormalmente bajas, esfuerzos térmicos especiales, esfuerzos de retén causados por ciclos térmicos, vibración de los recipientes altos excitados por vórtices de von Kármán provocados por el viento, presiones muy elevadas, reacciones químicas desencadenadas, recalentamientos locales repetidos, explosivos, exposición al fuego, exposición a materiales que atacan con rapidez al metal, contenido de materiales extremadamente tóxicos y tamaños muy grandes de recipientes. Los recipientes grandes, aunque pueden contener materiales no peligrosos, podrían, por su tamaño mismo, crear un peligro grave si se rompiera.

### 1.22.2 La fatiga del metal.

El contenido del recipiente puede afectar a la resistencia a la fatiga del material. Se trata de la fatiga de corrosión. Aún cuando la mayor parte de los materiales del Código ASME no son particularmente sensibles a la fatiga por corrosión, pueden sufrir una pérdida de límite de resistencia de 50% en algunos ambientes. Por otra parte, los aceros de tratamiento térmico y alta resistencia son muy sensibles a la fatiga por corrosión.

### 1.22.3 La fractura por fragilidad.

Con la conducta de fragilidad, algunos recipientes han fallado muy por debajo de sus presiones de diseño (que son de aproximadamente un 25% de las presiones de rompimiento o estallamiento).

Las fallas quebradizas ocasionales demuestran que algunos recipientes funcionan por debajo de la temperatura de ductilidad nula, o sea, el límite inferior de la ductilidad. La División 2 resolvió este problema exigiendo prueba de impacto en ciertos casos.

---

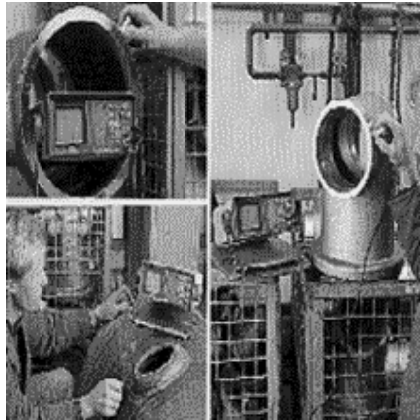


#### 1.22.4 Las pruebas no destructivas.

Estas pruebas tanto de las placas como de los recipientes acabados son importantes para la seguridad. En el análisis de riesgo de fractura, es importante conocer el tamaño de las fallas que se pueden presentar en el recipiente completo. Los cuatro métodos más utilizados de examen son el radiografiado, el de partículas magnéticas, el de penetración de líquido y el ultrasonido.

#### 1.22.5 El examen radiográfico.

(Ver Ilustración 1.14). Este se hace mediante rayos X o gamma. El primero tiene mayor poder de penetración, pero el equipo de los últimos es más portátil. Pocas máquinas de rayos X pueden penetrar más allá de un espesor de 300 mm (12 in).



**Ilustración 1.14 Radiografiado.**

#### 1.22.6 Las técnicas de ultrasonido.

Estas técnicas utilizan vibraciones con una frecuencia entre 0.5 y 20 MHz transmitidas al metal por medio de un transductor. El instrumento envía una serie de pulsaciones, que aparecen en una pantalla de rayos catódicos al salir y, nuevamente, cuando regresan después de reflejarse en la pared opuesta del miembro. Si hay alguna grieta o alguna inclusión en la trayectoria, reflejará parte del haz. El examen ultrasónico se puede utilizar casi para cualquier espesor del material, desde una fracción de pulgada a varios pies. Su uso depende de la forma del cuerpo, puesto que las superficies irregulares pueden dar reflejos confusos. (Ver Ilustración 1.15).



**Ilustración 1.15 Ultrasonido.**

#### 1.22.7 El examen de partículas magnéticas.

Este examen se utiliza sólo en los materiales magnéticos. Se hace pasar un flujo magnético por la pieza en una trayectoria paralela a la superficie. Las partículas magnéticas finas, cuando se espolvorean sobre la superficie, se concentran cerca de los bordes de una grieta. Para asegurarse de captar todas las grietas, es necesario sondear la zona en dos direcciones.

#### 1.22.8 El examen de penetración de líquido.

El examen de penetración de líquido implica mojar la superficie con un fluido que penetre en las grietas abiertas. Después de enjuagar el líquido en exceso, se recubre la superficie con un material que revela la presencia de cualquier cantidad de líquido que haya penetrado en las grietas. En algunos sistemas, un tinte de color saldrá de las grietas y manchará un lienzo blanco. Otro sistema utiliza un líquido penetrante que se hace fluorescente bajo la luz ultravioleta.

#### 1.22.9 La técnica de corrientes parásitas.

Implica pasar una bobina de CA. a lo largo de la superficie que se examina y cerca de ella. La impedancia eléctrica de la bobina se ve afectada por las fallas en las estructuras o los cambios de posición.

#### 1.22.10 El método de resistencia eléctrica.

Implica hacer pasar una corriente eléctrica por la estructura y explorar la superficie con sondas de voltaje. Las fallas, los agrietamientos o las inclusiones provocarán un trastorno en el gradiente de voltaje sobre la superficie.



---

#### 1.22.11 La prueba hidrostática.

En cierto sentido, la prueba hidrostática es un método de examen de un recipiente. Puede evaluar las fallas brutas, el diseño inadecuado y las fugas en las bridas. Un recipiente que ha pasado una prueba hidrostática es quizá más seguro que otro no probado.

Los códigos ASME recomiendan pruebas hidrostáticas a una temperatura que está por lo común por encima de la temperatura de ductilidad nula del material. Cuando se prueba en la condición relativamente dúctil, por encima de la temperatura de ductilidad nula, el material cederá en los extremos de las grietas y las fallas y en los puntos de esfuerzo residual elevado de soldadura.

#### 1.22.12 Otras regulaciones y normas.

Los recipientes a presión pueden encontrarse bajo muchos tipos de regulaciones, dependiendo de dónde se encuentren y qué es lo que contienen.

#### 1.22.13 La American Bureau of Shipping.

Tiene reglas, que exigen los agentes de seguros, para el diseño y la construcción de recipientes a presión que forman parte permanente de algún barco.

#### 1.22.14 Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA).

En Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA) dan recomendaciones para la construcción de intercambiadores tubulares de calor. El TEMA proporciona fórmulas sobre el espesor de las láminas tubulares.

Recipientes de construcción especial. Las presiones elevadas crean problemas de diseño. Las alternativas son las de hacer el recipiente de placa de alta resistencia, utilizar una forja sólida o una construcción en capas múltiples.

Los aceros de alta resistencia con resistencias a la tensión de más de 138 MPA (200 000 lbf/in<sup>2</sup>) se limitan en gran parte a aplicaciones en las que el peso es importante. Estos recipientes requieren técnicas más elaboradas de diseño, fabricación y funcionamiento.

---



Se utilizan con frecuencia piezas sólidas de forja en la construcción de recipientes a presión por encima de 20 670 KPa (300 lbf/in<sup>2</sup>). Aun cuando se pueda obtener cualquier espesor del cuerpo, la mayor parte de ellos se encuentran entre 50 y 300 mm (2 y 12 in). El Código ASME da una lista de materiales de forja con la resistencia a la tensión de 414 a 930 MPA (60 000 a 135 000 lbf/in<sup>2</sup>). La fractura por fragilidad es una probabilidad y el riesgo aumenta con el espesor.

Conforme aumenta el tamaño de un recipiente forjado, los tamaños de los lingotes y los equipos de manejo se hacen mayores. El costo puede aumentar con mayor rapidez que el peso.

#### 1.22.15 Los recipientes para servicios a altas temperaturas.

Estos pueden encontrarse fuera de los límites de temperatura de las tablas de esfuerzos de los Códigos de la ASME. En la Sección VIII, División 1, se prevé la construcción de recipientes a presión hasta 650°C (1200 °F) para acero al carbono y baja aleación y hasta 815 °C (1500 °F) para aceros inoxidables (de la serie 300). Si se necesita un recipiente para temperaturas superiores a esos valores y por encima de 103 KPa (15 lbf/in<sup>2</sup>) será necesario, en un estado que acepte el Código, obtener el permiso de las autoridades estatales para construirlo en forma especial. Por encima de 815 °C (1500 °F), incluso los aceros inoxidables de la serie 300 son débiles y aumentan con rapidez los índices de cedencia. Si el metal que resiste la presión funciona a esas temperaturas, se limitarán la presión y el tamaño del recipiente.

Uno de los métodos para eliminar el problema de baja resistencia de los metales es utilizar un recubrimiento interno del metal rodeado de material aislante, que a su vez esté confinado en un recipiente a presión. El recubrimiento, en algunos casos, puede tener perforaciones que permitirían que la presión pase por el aislamiento y actúe sobre la capa exterior que se mantiene fría, con el fin de obtener una resistencia normal.

En los recipientes del Código ASME se puede utilizar cualquier tipo de recubrimiento, a condición de que sea compatible con el metal del recipiente y el contenido. El recubrimiento se puede instalar por separado, o bien, si se emplea un metal, en forma de revestimiento en placas.



---

Un recubrimiento de cerámica, cuando se utiliza a temperaturas elevadas, actúa como aislante de tal modo que la capa exterior de acero esté a una temperatura moderada, mientras que en el interior del recubrimiento pueda ser muy alta. Los recubrimientos de cerámica pueden ser de ladrillo no esforzado, ladrillo pre esforzado o colado en el sitio.

Los recipientes a presión de concreto se pueden utilizar en aplicaciones que requieran tamaños grandes. Esos recipientes, si se hicieran de acero, serían demasiado grandes y pesados para su transporte. Mediante la utilización de concreto pre esforzado, se fabrica el recipiente en su lugar. En esta construcción, el acero de refuerzo se pone en tubos o cubiertas de plástico que se vacían en el concreto.

Los recipientes a presión de plástico tienen las ventajas de resistencia química y el peso ligero. Por encima de 103 KPa (15 lbf/in<sup>2</sup>) con ciertas excepciones. Los plásticos sólidos, por su cedencia y su baja resistencia, se pueden utilizar para tamaños y presiones bajos. Un esfuerzo de unos cuantos centenares de libras fuerza por pulgada cuadrada es el máximo para la mayor parte de los plásticos.

---



---

# **CAPÍTULO 2**

# **NORMATIVIDAD.**

---



### 3.1 GENERALIDADES.

Este estándar sobre materiales, diseño, fabricación, construcción, y requisitos de pruebas para tanques verticales, cilíndricos, colocados sobre el suelo, de techo cerrado y abierto, tanques soldados de almacenamiento en varios tamaños y capacidades para presión interna aproximada a la presión atmosférica (la presión interna no excede el peso de las placas del techo), pero una presión interna alta, es permitida cuando los requisitos adicionales son conocidos. Estas aplicaciones del estándar son únicamente para tanques de fondo completo, es uniformemente soportada y tanques en servicio auto refrigerado con una temperatura máxima de operación de 90 °C (200°F).

- 2.1.1. Este estándar está diseñado para proporcionar a la industria del petróleo con tanques muy seguros y económicos para su uso en el almacenamiento de petróleo, productos del petróleo y otros productos líquidos comúnmente manejados y almacenados por varias ramas de la industria. Este estándar no presenta o establece series fijas o variables tamaños de tanques; en lugar de esto, se permite al comprador seleccionar cualquier tamaño de tanque que pueda ser el mejor para sus necesidades. Este estándar está intentando ayudar a los compradores y fabricantes a ordenarlo, fabricarlo, y construirlo; no se está intentando prohibir a los compradores y fabricantes de comprar y fabricar tanques de otras especificaciones que no estén contenidas en este estándar.
- 2.1.2. El Apéndice A, proporciona alternativas de requerimientos simples de diseño para tanques donde los componentes están bajo esfuerzos, tales como la placa del cuerpo y placa reforzada, son limitados a un espesor nominal máximo de 12.5 mm (½ in), incluyendo cualquier consideración de corrosión, y el mínimo para el diseño con las temperaturas de los metales que se encuentran en el apéndice.
- 2.1.3. El Apéndice B, proporciona recomendaciones para el diseño y construcción de cimientos para el fondo de tanques de almacenamiento de aceite.
- 2.1.4. El Apéndice C, proporciona los requisitos mínimos para recipientes alargados, de decantación y de doble plataforma de techos flotantes externos.
- 2.1.5. El Apéndice D, proporciona requerimientos para proponer técnicas de investigación en este estándar.





- 2.1.6. El Apéndice E, proporciona los requisitos mínimos para tanques sujetos a carga sísmica. Una alternativa o diseño suplementario que podría estar mutuamente de acuerdo con el fabricante y el consumidor.
- 2.1.7. El Apéndice F, proporciona los requerimientos para el diseño de tanques sujetos a pequeñas presiones internas.
- 2.1.8. El Apéndice G, proporciona los requerimientos para un techo cúpula de aluminio.
- 2.1.9. El Apéndice H, proporciona los requisitos mínimos que se aplican a techos flotantes internos en un tanque con techo fijo en lo alto del cuerpo del tanque.
- 2.1.10. El Apéndice I, proporciona detalles de construcción aceptables que podrían ser especificados por el comprador para el diseño y construcción del tanque y sistemas de cimentación que proporcione la detección de fugas y protección de bajo grado en la prueba de fugas en el fondo del tanque, y proporcionar para los tanques soportes por emparrillados.
- 2.1.11. El Apéndice J, proporciona los requerimientos para cubrir el montaje completo para la venta de tanques que no excedan los 6 metros (20ft) en su diámetro.
- 2.1.12. El Apéndice K, proporciona una muestra de la aplicación del método de los puntos de diseño variable para determinar el espesor de la placa del cuerpo.
- 2.1.13. El Apéndice L, proporciona hojas de datos guía de información necesaria para ser usada por el comprador para ordenar un tanque de almacenamiento y para el fabricante en términos de construcción del tanque.
- 2.1.14. El Apéndice M, proporciona los requerimientos para tanques especificados y diseñados para operar a temperaturas excedentes a 90 °C (200 °F) pero que no excedan los 260 °C (500 °F).
- 2.1.15. El Apéndice N, proporciona los requerimientos para el uso de nuevos o inusuales materiales de placas y tuberías que no están completamente identificadas en su cumplimiento con ninguna de las especificaciones listadas para usarse de acuerdo con éste estándar.



- 2.1.16. El Apéndice O, proporciona los requerimientos para el diseño y construcción de las conexiones por debajo del fondo del recipiente de almacenamiento.
- 2.1.17. El Apéndice P, proporciona las recomendaciones mínimas de diseño de las aberturas del cuerpo que conforman la Tabla 3-6 que están sujetas a tuberías con cargas externas. Una alternativa o diseño suplemental que está de acuerdo con el comprador o el fabricante.
- 2.1.18. El Apéndice S, proporciona los requerimientos para tanques de acero inoxidable.
- 2.1.19. El Apéndice T, resume los requerimientos para la inspección por el método de examinación y la sección de referencia dentro del estándar. Los estándares de aceptación, examinadores calificados, y requerimientos del procedimiento también son proporcionados. Este apéndice no intenta ser usado solo para determinar los requisitos de la inspección dentro del estándar. Los requisitos específicos listados dentro cada sección serán seguidos y aplicados en todos los casos.
- 2.1.20. El Apéndice U, proporciona reglas detalladas para usarse en la examinación ultrasónica (UT). Método para la examinación de las costuras del tanque.

## 2.2 LIMITACIONES.

Las reglas de este estándar no son aplicables más allá de los límites siguientes en tuberías conectadas internamente o externamente en el techo, cuerpo, o fondos de los tanques construidos de acuerdo a este estándar:

- a. La cara de la primera brida está en conexión deslizante. A menos que sean bridas ciegas estarán previstas y permitirán su uso de manera estándar.
- b. El primer sellado en la superficie será en conexión de seguridad.
- c. La primera junta de paso en la tubería estará unida con una conexión a la pared del tanque.
- d. La primera junta circunferencial en la soldadura final de conexiones del tubo es permisible si no está soldada a una brida.



## 2.6. DISEÑO.

De acuerdo al estándar API 650, clasificaremos los tanques de acuerdo al tipo de techo, lo que nos proporcionará el servicio recomendable para éstos.

### 2.3.3 Techo Fijo.

Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Los techos fijos se clasifican en:

- Techos auto soportados.
- Techos soportados.

### 2.3.4 Techo Flotante.

Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general.

Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

## 2.7. MATERIALES A EMPLEAR EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación:



En el ESTÁNDAR A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

#### 2.4.1 A-36.- ACERO ESTRUCTURAL.

Sólo para espesores iguales o menores de 38 mm (1½ in). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.

#### 2.4.2 A-131.- ACERO ESTRUCTURAL.

GRADO A para espesor menor o igual a 12.7 mm (½ in).

GRADO B para espesor menor o igual a 25.4 mm (1 in).

GRADO C para espesores iguales o menores a 38 mm (1½ in).

GRADO EH36 para espesores iguales o menores a 44.5 mm (1¾ in).

#### 2.4.3 A-283.- PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C Para espesores iguales o menores a 25 mm (1 in). Este material es el más socorrido, porque se puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.

#### 2.4.4 A-285.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C Para espesores iguales o menores de 25.4 mm (1 in). Es el material recomendable para la construcción del tanque (cuerpo, fondo, techo y accesorios principales), el cual no es recomendable para elementos estructurales debido a que tiene un costo relativamente alto comparado con los anteriores.

#### 2.4.5 A-516.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN PARA TEMPERATURAS DE SERVICIO MODERADO

GRADOS 55, 60, 65 y 70. Para espesores iguales o menores a 38mm (1½ in). Este material es de alta calidad y, consecuentemente, de un costo elevado, por lo que se recomienda su uso en casos en que se requiera de un esfuerzo a la tensión alta, que justifique el costo.



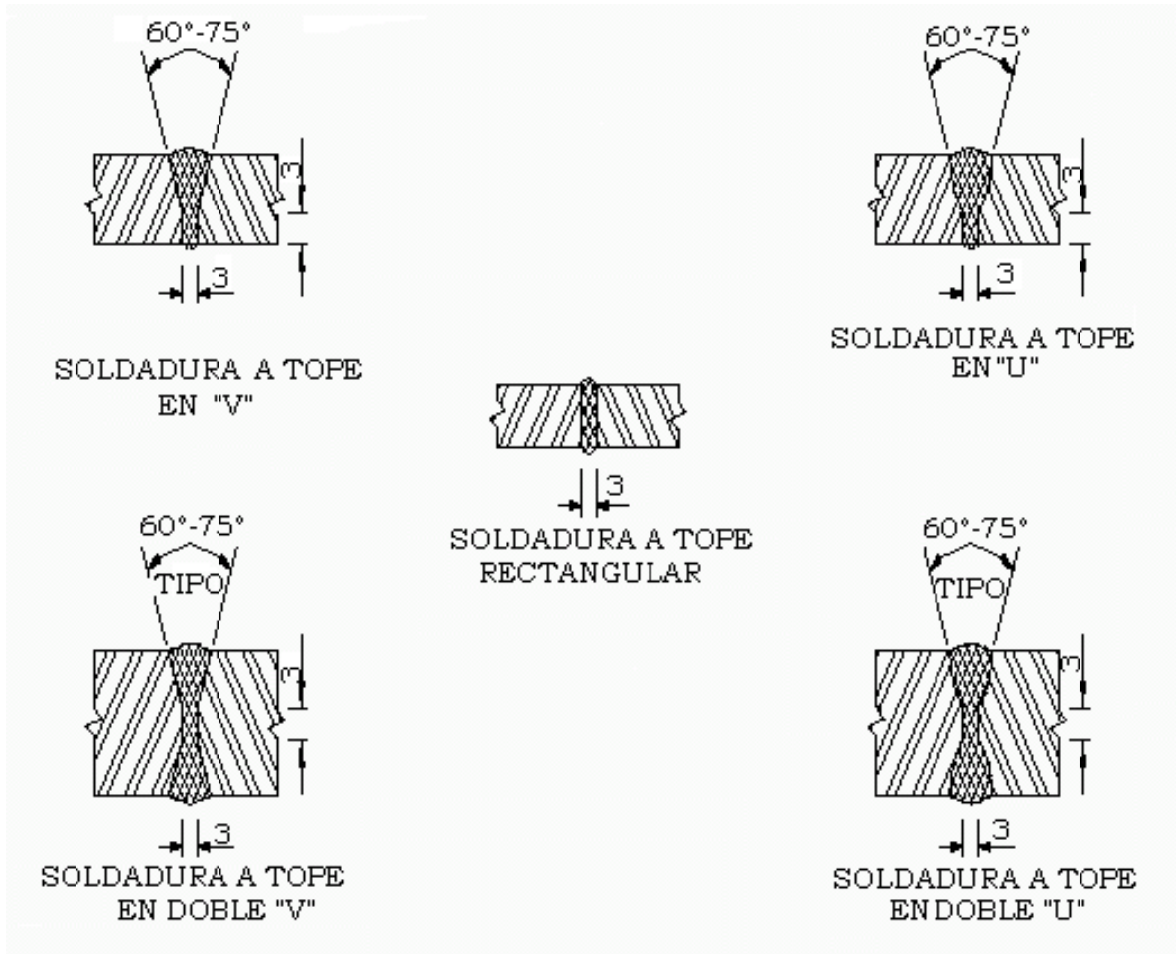
## 2.8. SOLDADURAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

El Código ASME sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos a soldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir.

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

Las soldaduras típicas entre elementos, se muestran en las Ilustraciones 2.1 y 2.2. La cara ancha de las juntas en "V" y en "U" podrán estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radiales y/o circunferenciales.



**Ilustración 2.1 Juntas verticales.**

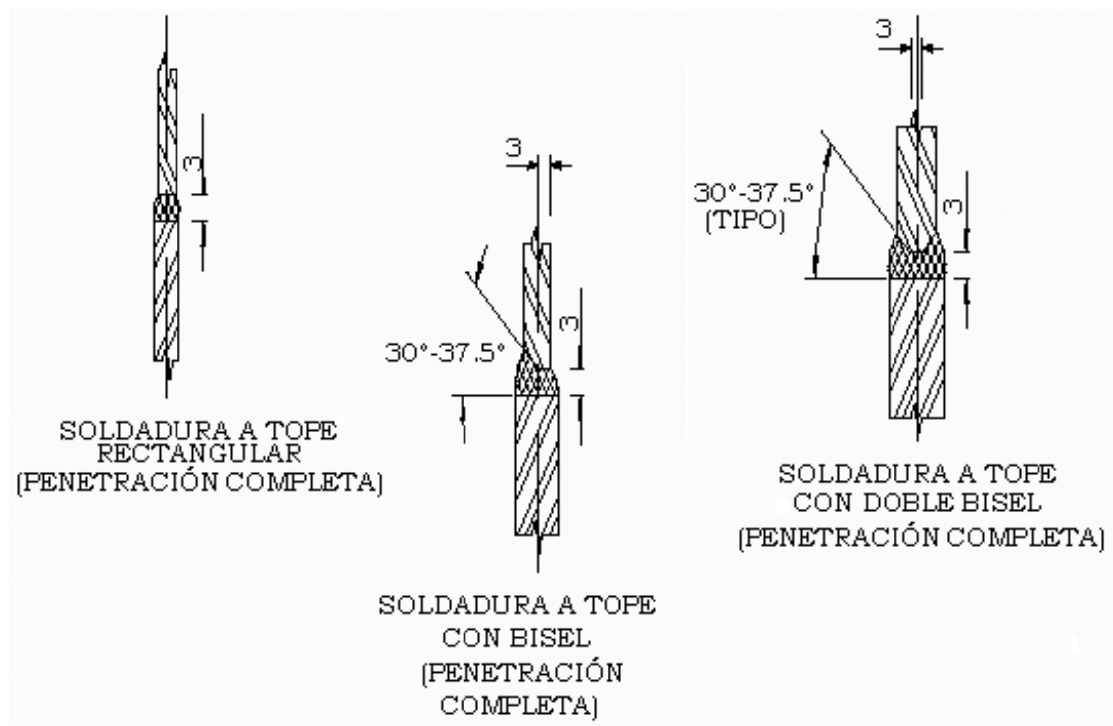
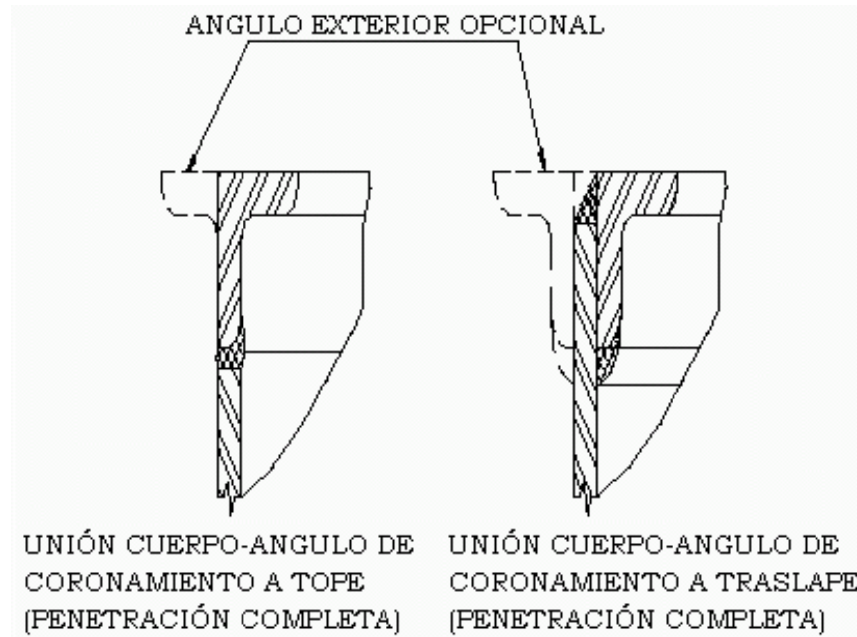


Ilustración 2.2 Juntas horizontales.



### 2.5.1 Juntas verticales del cuerpo.

A) Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras.

B) Las juntas verticales no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t).

### 2.5.2 Juntas horizontales.

A) Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa, excepto la que se realiza entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo, la cual puede ser unida por doble soldadura a traslape, cumplimiento con el procedimiento de soldadura.

B) A menos que otra cosa sea especificada, la junta a tope con o sin bisel entre las placas del cuerpo, deberán tener una línea de centros o fibra media común.

### 2.5.3 Soldadura del fondo.

A) SOLDADURAS A TRASLAPE.- Las placas del fondo deberán ser rectangulares y estar escuadradas. El traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 32mm (1 ¼ in) para todas las juntas: las uniones de dos o tres placas, como máximo que estén soldadas, guardarán una distancia mínima de 305mm (1 ft) con respecto a cualquier otra junta y/o a la pared del tanque. Cuando se use placa anular, la distancia mínima a cualquier cordón de soldadura del interior del tanque o del fondo, será de 610mm (2 ft).

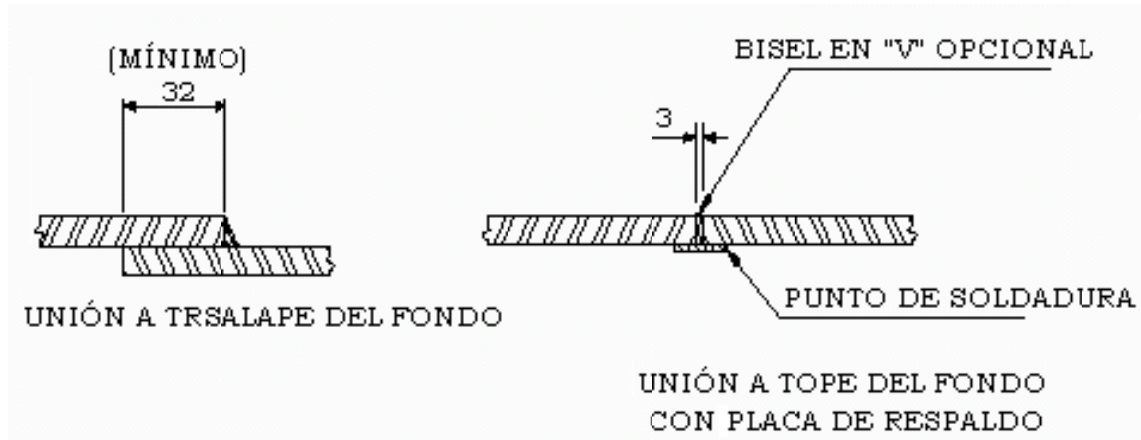
Las placas del fondo serán soldadas con un filete continuo a lo largo de toda la unión. A menos que se use un anillo anular, las placas del fondo llevarán bayonetas para un mejor asiento de la placa del cuerpo que son apoyadas sobre el fondo de acuerdo a la Ilustración 2.3.

B) SOLDADURAS A TOPE.- Las placas del fondo deberán tener sus cantos preparados para recibir el cordón de soldadura, ya sea escuadrando éstas o con biseles en "V". Si se utilizan biseles en "V", la raíz de la abertura no deberá ser mayor a 6.3 mm (¼ in). Las placas del fondo deberán tener punteada una placa de respaldo de 3.2mm (1/8 in) de espesor o mayor que la abertura entre placas, pudiéndose usar un separador para conservar el espacio entre las placas.





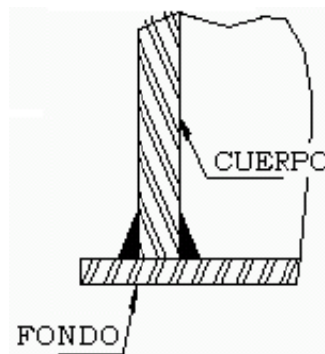
Cuando se realicen juntas entre tres placas en el fondo del tanque, éstas deberán conservar una distancia mínima de 305 mm (1 ft) entre sí y/o con respecto a la pared del tanque.



**Ilustración 2.3 Soldadura del fondo.**

#### 2.5.4 Junta del cuerpo-fondo.

A) Para espesores de placa del fondo o de placas anulares que sean de 12.7mm (½ in) o menores son incluir corrosión, la unión entre el fondo y el canto de las placas del cuerpo tendrá que ser hecha con un filete continuo de soldadura que descansa de ambos lados de la placa del cuerpo (Ver Ilustración 2.4).



**Ilustración 2.4 Junta cuerpo-fondo.**



El tamaño de cada cordón, sin tomar en cuenta la corrosión permisible, no será mayor que 12.7mm ( $\frac{1}{2}$  in) y no menor que el espesor nominal de la más delgada de las placas a unir, o menor que los valores que se muestran en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Relación del espesor de placa del tanque con sus filetes de soldadura.**

MÁXIMO ESPESOR DEL TANQUE (mm)	DIMENSIÓN MÍNIMA DEL FILETE (mm)
4.76	4.76
> 4.76 – 19.05	6.35
> 19.05 – 31.75	7.93
> 31.75 – 44.45	9.52

B) Para placas anulares de un espesor mayor de 12.7 mm ( $\frac{1}{2}$  in), la junta soldada deberá ser de una dimensión tal que la pierna del filete o la profundidad del bisel más la pierna del filete de una soldadura combinada sean del mismo espesor que la placa anular.

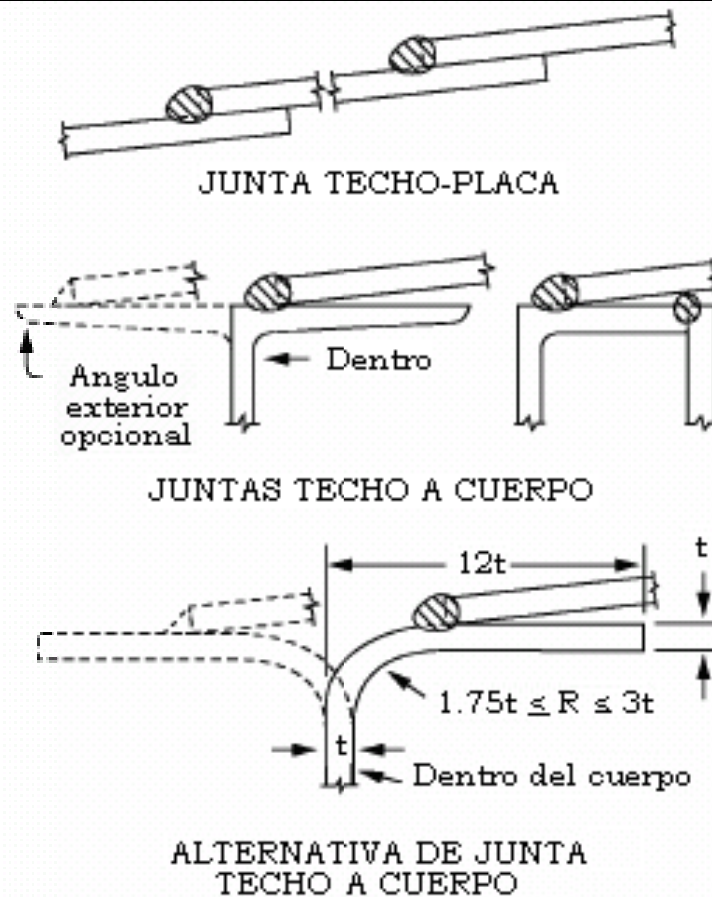
#### 2.5.5 Juntas del techo y perfil de coronamiento.

A) Las placas del techo deberán soldarse a traslape por el lado superior con un filete continuo igual al espesor de las mismas (Ver Ilustración 2.5).

B) Las placas del techo serán soldadas al perfil de coronamiento del tanque con un filete continuo por el lado superior únicamente y el tamaño del filete será igual al espesor más delgado (Ver Ilustración 2.5).

C) Las secciones que conformen el perfil de coronamiento para techos auto soportados estarán unidas por cordones de soldadura que tengan penetración y fusión completa.

D) Como una opción del fabricante para techos auto soportados, del tipo domo y sombrilla, las placas perimetrales del techo podrán tener un doblez horizontal, a fin de que descansen las placas en el perfil de coronamiento.



**Ilustración 2.5 Juntas del techo.**

## 2.9. REQUERIMIENTOS PARA ESCALERAS. (ESPECIFICADO POR API 650).

En la construcción de escaleras para este tipo de recipientes se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- 2.- El ancho mínimo de las escaleras será de 610mm (24 in).
- 3.- El ángulo máximo entre las escaleras y una línea horizontal será de 50°.
- 4.- El ancho mínimo de los peldaños será de 203mm (8 in). La elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.



- 5.- Los peldaños deberán estar hechos de rejilla o material antiderrapante.
- 6.- La superior de la reja deberá estar unida a los pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 762 a 864 mm (30 in a 34 in).
- 7.- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación de 2,438mm (96 in).
- 8.- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), y la estructura del pasamanos deberá ser capaz de soportar una carga de 90Kg. (200 lb), aplicada en cualquier dirección y punto del barandal.
- 9.- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas; éstos serán colocados también en ambos lados de las escaleras circulares cuando el claro entre cuerpo-tanque y los largueros de la escalera excedan 203mm (8 in).
- 10.- Las escaleras circunferenciales estarán completamente soportadas en el cuerpo del tanque y los finales de los largueros apoyados en el piso.

#### 2.10. PRUEBAS E INSPECCIÓN DEL TANQUE.

Los tanques, previamente desconectados y cerrados herméticamente de todas sus boquillas, se les colocarán refuerzos temporales en la parte baja de éste, con el fin de evitar deformaciones permanentes, durante la prueba neumática, aplicando una presión interna del orden de 0.14 a 0.21 Kg/cm<sup>2</sup> (2-3 lb/in<sup>2</sup>) en tanques con diámetro mayor de 3,658 mm (12 ft), y de 0.35 Kg/cm<sup>2</sup> (5 lb/in<sup>2</sup>) en diámetros menores. Hecho esto se le colocará jabonadura, aceite de linaza o cualquier fluido susceptible a la detección de fugas, en cordones de soldadura del techo, cuerpo, fondo, boquillas, etc., para observar la posible filtración que pudiese presentar, las cuales podrán ser reparadas para efectuar la prueba nuevamente.

La prueba neumática tendrá que llegar a un acuerdo entre el usuario y el fabricante. El usuario podrá sugerir otro método como, ensayos no destructivos, radiografiado, cámara de vacío o podrá optar por una prueba hidrostática.

#### 2.11. DISEÑO DEL CUERPO Y TECHO DEL RECIPIENTE.

Para los espesores del cuerpo y el techo, se ha considerado el sistema inglés



2.8.1 Para el espesor de las placas a utilizar en el recipiente, según norma API 650, para cada cinturón, se tiene que:

$$t = \frac{2.6DG(H-1)}{21000E} + C.A.$$

**Ecuación 2.1**

t: espesor de placa (Ver tabla 2.3)

D: diámetro

G: gravedad específica del líquido a almacenar

H: altura del recipiente

E: eficiencia de soldadura (Ver tabla 2.2)

C.A: sobre espesor por corrosión (1/16 por cada 12 años de trabajo)

**Tabla 2.2 Eficiencia de soldadura.**

EFICIENCIA DE SOLDADURA	
Radiografiado 100%	1
Radiografiado por puntos (15cm radiografiado x 15m de longitud)	0.85
Sin radiografiar	0.70

**Tabla 2.3 Relación del diámetro nominal con su espesor de placa.**

DIÁMETRO NOMINAL		ESPESOR NOMINAL DE PLACA	
(m)	(Ft)	(mm)	(in)
< 15	< 50	5	3/16
15 - <36	50 - < 120	6	1/4
36 a 60	120 a 200	8	5/16
> 60	>200	10	3/8

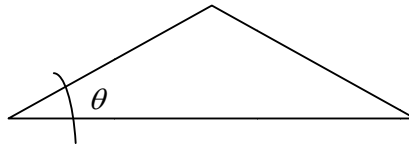


2.8.2 El cálculo para los techos es conveniente realizarlo de la siguiente manera, dependiendo del tipo de techo; el cual va relacionado con la capacidad del tanque y el líquido a almacenar.

A) CÓNICO: Para diámetros mayores a 50 ft.

Su espesor será:

$$t = \frac{D}{400 \operatorname{sen} \theta}$$
$$t \text{ NO } < \frac{3}{16} \text{ in}$$
$$t_{\text{MAX}} = \frac{1}{2} \text{ in}$$
$$\theta_{\text{MAX}} = 37^\circ$$
$$\theta_{\text{MIN}} = 9^\circ 28'$$



**Ecuación 2.2**

Su área de sección será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{D^2}{3000 \operatorname{sen} \theta}$$

**Ecuación 2.3**

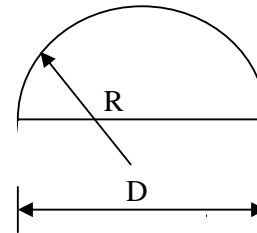
B) DOMO: Para diámetros menores a 50 ft.

Su espesor se calcula de la siguiente manera:

$$t = \frac{R}{200}$$
$$t \text{ NO } < \frac{3}{16} \text{ in}$$
$$t_{\text{MAX}} = \frac{1}{2} \text{ in}$$

Radio de curvatura :

$$R_{\text{MIN}} = 0.8D$$
$$R_{\text{MAX}} = 1.2D$$



**Ecuación 2.4**



Para este caso, su área de sección será:

$$A = \frac{DR}{1500}$$

**Ecuación 2.5**

### 2.8.3 Fondo.

El espesor del fondo, normalmente será el mismo que el espesor de la placa pegada al fondo, pero siendo mayor a  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

## 2.9 BOQUILLAS EN RECIPIENTES A PRESIÓN.

Todos los recipientes a presión deberán estar provistos de boquillas y conexiones de entrada y salida del producto, válvula de seguridad, entrada de hombre, venteo, etc.; A continuación se enlistan algunas de las boquillas que se deben instalar en los recipientes a presión:

- A.- Entrada (s) de producto.
- B.- Salida (s) de producto.
- C.- Drene.
- D.- Venteo.
- E.- Entrada (s) de hombre.
- F.- Conexión para válvula de seguridad.
- G.- Conexión para manómetro.
- H.- Conexión para termómetro (termo pozo).
- I.- Conexiones para indicadores de nivel.
- J.- Conexiones para control de nivel, etc.

En concordancia con el Código A.S.M.E., Sección VIII División 1, todas las boquillas mayores de 3 pulgadas de diámetro, instaladas en recipientes a presión, deberán tener una placa de refuerzo en la unión del cuello de la boquilla con el recipiente. En México, se ha hecho una costumbre reforzar también las boquillas de 3 pulgadas, lo cual es aconsejable.



Todas las placas de refuerzo de boquillas de 12 pulgadas de diámetro y menores, deberán llevar un barreno de prueba de  $\frac{1}{4}$  pulgada de diámetro con cuerda NPT, las placas de refuerzo de boquillas de 14 pulgadas de diámetro y mayores, deberán tener dos barrenos de prueba.

#### 2.9.1 Espesores de los cuellos de las boquillas.

Los espesores de los cuellos de las boquillas (cédulas) deberán ser determinados en base a:

##### a) Presión interna:

Generalmente el espesor del cuello de una boquilla calculado para soportar presión interna, resulta muy pequeño debido al diámetro tan reducido que ellas tienen en comparación con el diámetro del recipiente.

##### b) Tolerancia por corrosión:

La corrosión es uno de los factores decisivos para seleccionar las cédulas de los cuellos de las boquillas, ya que los espesores de los cuellos de tubos de diámetro pequeño son muy reducidos y únicamente la corrosión puede acabar con ellos.

##### c) Fuerzas y momentos:

Debido a dilataciones térmicas en tuberías, fuerzas transmitidas por otros equipos y acciones debidas al peso propio de las tuberías. Es muy importante, al diseñar recipientes a presión, analizar los arreglos de tuberías para hacer recomendaciones a los responsables de este departamento respecto a que las tuberías no deberán transmitir grandes fuerzas y momentos a nuestros recipientes.

#### 2.9.2 Selección de bridas para boquillas.

Se recomienda que las boquillas de  $1\frac{1}{4}$  pulgadas de diámetro y menores sean instaladas por medio de coples roscados de 3,000 y 6,000 libras/pulgada<sup>2</sup>. Las boquillas de  $1\frac{1}{2}$  pulgadas y mayores deberán ser bridadas.

De acuerdo a la forma de unir las bridas a los cuellos de las boquillas, existen diferentes tipos de bridas como los que se enlistan a continuación. (Ver ilustración 2.6).



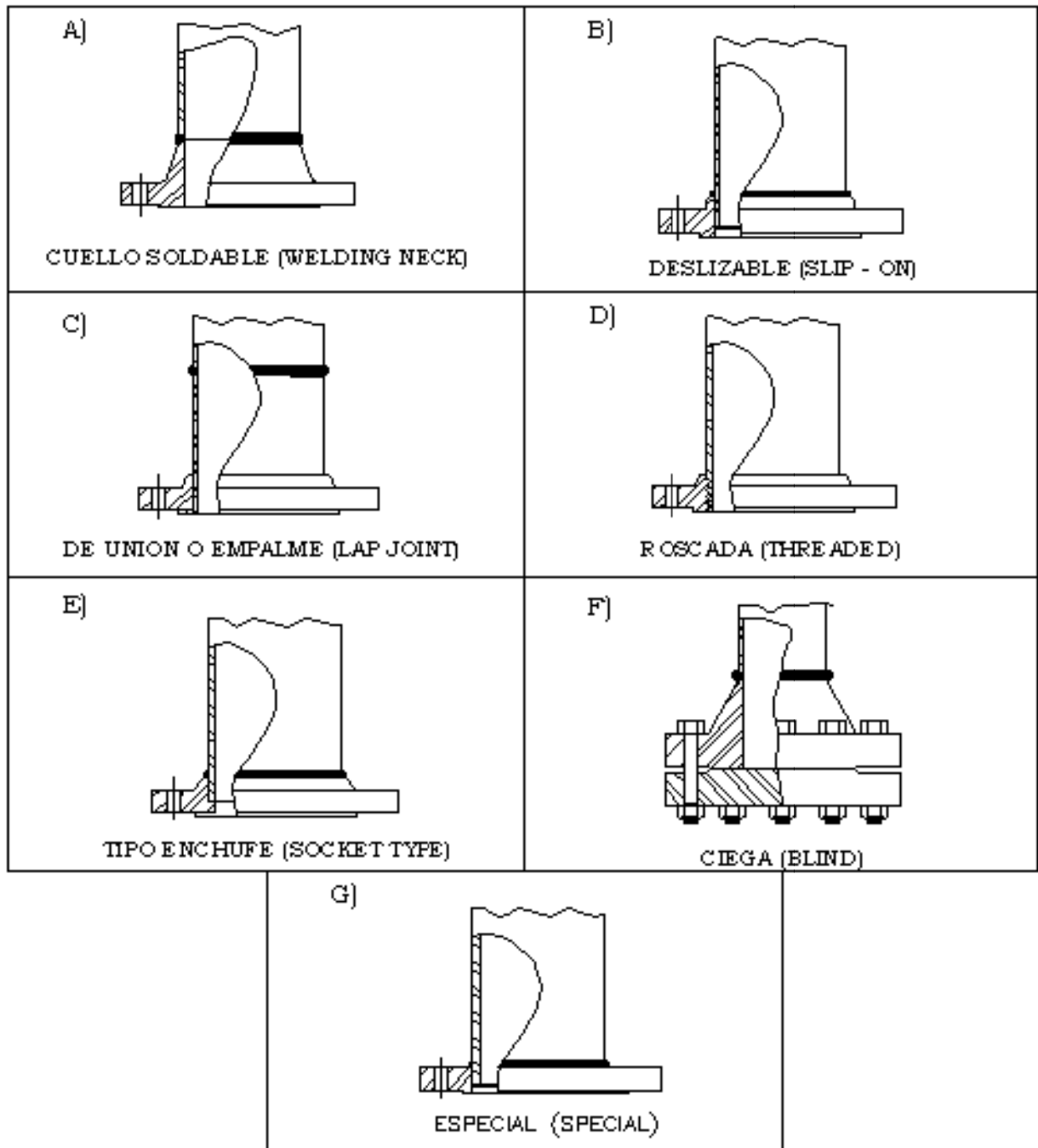


Ilustración 2.6 Tipos de bridas.



### 2.9.3 Brida de cuello soldable. (Welding Neck).

Por lo anterior, este tipo de brida se prefiere para todas las condiciones severas de trabajo, ya sea que esto resulte de altas presiones o de temperaturas elevadas o menores de cero, ya sea también para condiciones de carga que sean sustancialmente constantes o que fluctúen entre límites amplios. Las bridas de cuello soldable se recomiendan para el manejo de fluidos explosivos, inflamables o costosos, donde una falla puede ser acompañada de desastrosas consecuencias. (Ver Ilustración 2.6-A).

### 2.9.4 Brida deslizable (Slip-On).

Estas bridas se prefieren sobre las de cuello soldable, debido a su costo más bajo, a la menor precisión requerida al cortar los tubos a la medida, a la mayor facilidad de alineamiento en el ensamble ya que su costo de instalación final es menor que las bridas de cuello soldable. Su resistencia calculada bajo presión interna, es del orden de  $2/3$  de las anteriores y su vida bajo condiciones de fatiga es aproximadamente  $1/3$  de las últimas. (Ver Ilustración 2.6-B).

Por estas razones, las bridas deslizables en presiones de 1,500 libras/pulgada<sup>2</sup> existen solamente en diámetros de  $1/2$  a  $2 1/2$  pulgadas, y no existen en presiones de 2,500 libras /pulgada<sup>2</sup>. El manual de construcción de calderas A.S.M.E, limita su uso a 4 pulgadas de diámetro.

### 2.9.5 Brida de traslape (Lap-Joint).

Generalmente se instalan en tuberías de acero inoxidable o aleaciones especiales. Siempre que utilicemos este tipo de brida, debemos acompañarla de un extremo adaptador (stub-end). También usamos este tipo de bridas traslapadas cuando las tuberías no son paralelas a los ejes de los recipientes. (Ver Ilustración 2.6-C).

### 2.9.6 Bridas roscadas (Threaded).

Se usan para unir tuberías difíciles de soldar, como aluminio, PVC, etc.; se recomienda usarlas en diámetros menores de 6 pulgadas. Las bridas roscadas son inconvenientes para condiciones que involucren temperaturas o esfuerzos de flexión de cualquier magnitud, particularmente bajo condiciones cíclicas donde puede haber fugas a través de las cuerdas en pocos ciclos de esfuerzos o calentamiento. (Ver Ilustración 2.6-D).



### 2.9.7 Bridas de enchufe soldable (Socket Welding).

Cuando se manejan fluidos tóxicos, altamente explosivos, muy corrosivos o aquellos que al existir fugas provocarían gran riesgo, debemos usar bridas de este tipo. También es recomendable usarlas en tuberías que trabajan a muy altas presiones. (Ver Ilustración 2.6-E).

### 2.9.8 Bridas ciegas (Blind).

Se usan para cerrar los extremos de boquillas, tuberías y válvulas. Desde el punto de vista de presión interna y fuerzas ejercidas sobre los pernos, estas bridas, principalmente en tamaños grandes, son las que están sujetas a esfuerzos mayores. Al instalar las bridas ciegas debe tomarse en consideración la temperatura y el golpe de ariete, si existiera. (Ver Ilustración 2.6-F).

### 2.9.9 Bridas especiales.

Cuando una brida no corresponde a los tipos antes mencionados, le llamamos brida especial. Su uso es muy común en cambiadores de calor, cuyos diámetros no corresponden generalmente a los estandarizados de bridas. (Ver Ilustración 2.6-G).

### 2.9.10 Tipos de caras de bridas.

De acuerdo con la presión y fluido que se maneje, debemos seleccionar el tipo de cara que tendrán las bridas que instalaremos en recipientes a presión. Los tipos de cara de bridas más comunes se muestran en la tabla 2.4. y en la Ilustración 2.7

**Tabla 2.4 Tipos de caras de bridas.**

Brida	Uso
Cara plana (Flat Face).	Se usan generalmente para bajas presiones y cuando la brida será recubierta con algún material como hule, vidrio, etc.
Cara realzada (Raised Face).	Son las de uso más común, en recipientes a presión, ya que el realce nos ayuda a tener un buen sello entre caras.
Cara macho y hembra (Male and Female).	Las bridas de cara macho y hembra, ranura y lengüeta y junta de anillo, las usamos en recipientes y tuberías que manejan fluidos tóxicos, explosivos y peligrosos en general, donde las fugas del fluido manejado representan grandes riesgos. Al instalar estos tipos de bridas en recipientes a presión, se recomienda unir la brida <b>“hembra”</b> al recipiente y la <b>“macho”</b> a la tubería.
Cara de Ranura y Lengüeta (Tongue and Groove).	
Cara de junta de anillo (Raing Joint).	



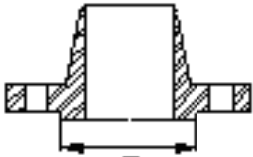
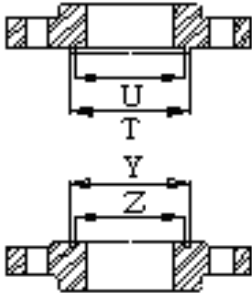
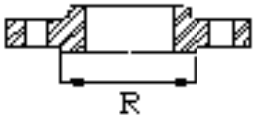
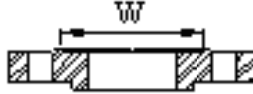
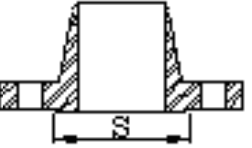
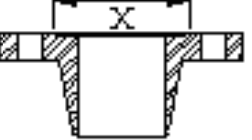
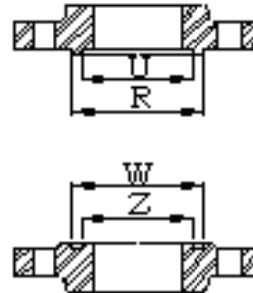
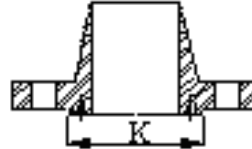
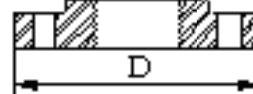
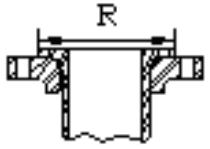
 <p>R CARA REALZADA</p>	 <p>U T Y Z</p> <p>RANURA Y LENGUETA PEQUEÑA</p>
 <p>R</p>  <p>W</p> <p>MACHO HEMBRA GRANDE</p>	 <p>S</p>  <p>X</p> <p>MACHO Y HEMBRA PEQUEÑO</p>
 <p>U R W Z</p> <p>RANURA Y LENGUETA GRANDE</p>	 <p>K</p> <p>JUNTA ANILLO</p>
 <p>D</p> <p>CARA PLANA</p>	 <p>R</p> <p>BRIDA TRASLAPE</p>

Ilustración 2.7 Cara de bridas estándar.



### 2.9.11 Registros de hombre.

Cuando se requiere tener acceso al interior de un recipiente a presión, ya sea para mantenimiento, carga o descarga de sólidos, etc., es necesario instalar en él un registro de hombre. El diámetro mínimo para este tipo de registros es de 16 pulgadas, aunque éste no es muy recomendable por que dificulta el rápido acceso al interior del equipo, lo usual es instalar registros de 18 ó 20 pulgadas de diámetro.

Los cuellos para los registros de hombre, deben ser calculados como los cilindros de pared delgada. La tapa será una brida ciega comercial, del mismo material y rango que las usadas en las demás boquillas del recipiente en cuestión.

Las placas de refuerzo, en los registros de hombre, serán calculadas con el mismo criterio como si se tratase de una boquilla cualquiera.



**Ilustración 2.8 Registro pasa hombre.**



---

# **CAPÍTULO 3.**

# **CÁLCULOS.**

---



### 3.1 INTRODUCCIÓN.

El tanque a diseñar almacenara Queroseno a 65°F, y estará localizado en Ciudad del Carmen, Campeche. Considerando que la gravedad Especifica del Queroseno es de  $G= 0.85$ .

#### 3.1.1 Cálculo de la altura y el diámetro por volumen.

Considerando que el volumen del tanque es de 40 000 barriles, se procede a realizar la conversión a  $ft^3$ , para poder obtener la altura (H) y el diámetro (D) en unidades lineales.

Capacidad 40,000 barriles.

$$1 \text{ barril} = 158.9 \text{ L} \therefore 6356000 \text{ L}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} \therefore 6356 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.315 \text{ ft}^3 \therefore 224462.14 \text{ ft}^3$$

Tomando en cuenta que  $H = \frac{D}{2}$ , de la formula general de volumen obtenemos:

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

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \left( \frac{D}{2} \right); \quad V = \frac{\pi D^3}{4(2)}$$

Despejando D :

$$D = \sqrt[3]{\frac{V(8)}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{224462.14(8)}{\pi}}$$

$$D = 82.99 \text{ ft} \cong 80 \text{ ft} = 960 \text{ in} \quad [24384 \text{ mm}]$$

$$H = \frac{D}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ ft} = 480 \text{ in} \quad [12192 \text{ m m}]$$

$$\therefore \frac{D}{H} = \frac{80}{40} = 2$$

Ver plano B-1, para dimensiones del tanque.



### 3.1.2 Definiendo placa y material a utilizar.

Utilizando placa de 10ft x 12ft (medida comercial), por lo tanto se utilizarán 4 cinturones ya que la altura es de 40ft. Ayudándonos además a optimizar la utilización del material para cada cinturón.

Considerando que el material de las placas es SA-285-C, utilizado en la construcción de estos tanques y cuyo esfuerzo es  $S=15700$  PSI.

Tomando en cuenta que para la construcción de este tanque vamos a ocupar un radiografiado de soldadura por puntos, cuya eficiencia es de  $E= 0.85$  y su costo menor que un radiografiado al 100%.

### 3.2 DEFINIENDO ESPESOR DE CADA CINTURÓN.

Utilizando la ecuación 2.1 y tomando en cuenta los siguientes criterios:

H: Se debe considerar la altura de arriba hacia abajo, restando la altura de cada cinturón anterior, excepto el primer cinturón donde la altura debe ser la total del tanque.

G: Se debe considerar  $G=1$ , por ser esta menor a la unidad, de ser mayor se utiliza ese valor.

$$t = \frac{2.6(H-1)GD}{21000E} + C.A.$$

$$t_{A1} = \frac{2.6(40-1)(1)(80)}{21000(0.85)} + \frac{1}{16} = 0.4544 + 0.0625 = 0.5169 \cong \frac{9}{16} \text{ in} \quad [14 \text{ mm}]$$

$$t_{A2} = \frac{2.6(30-1)(1)(80)}{21000(0.85)} + \frac{1}{16} = 0.3379 + 0.0625 = 0.4004 \cong \frac{7}{16} \text{ in} \quad [11 \text{ mm}]$$

$$t_{A3} = \frac{2.6(20-1)(1)(80)}{21000(0.85)} + \frac{1}{16} = 0.2214 + 0.0625 = 0.2839 \cong \frac{5}{16} \text{ in} \quad [7.93 \text{ mm}]$$

$$t_{A4} = \frac{2.6(10-1)(1)(80)}{21000(0.85)} + \frac{1}{16} = 0.1048 + 0.0625 = 0.1673 \cong \frac{3}{16} \text{ in} \cong \frac{1}{4} \text{ in} \quad [6.35 \text{ mm}]$$

Ver plano C-1, para dimensionamiento del cuerpo. Y lista de partes marca 2, 3, 4 y 5.





### 3.3 FONDO DEL TANQUE.

Siguiendo la recomendación del punto 2.8.3, se tiene:

$$t_{FONDO} = t_{A1}$$
$$\therefore t_{FONDO} = \frac{9}{16} in \quad [14 \text{ mm}]$$

### 3.4 ESPESOR DEL TECHO.

\*Techo Cónico, por ser nuestro diámetro de 40 ft y según el punto 2.8.2.

$$t = \frac{D}{400 \text{sen} \theta} = \frac{80}{400 \text{sen} 30} = 0.4 \cong \frac{7}{16} in \quad [11 \text{ mm}]$$

### 3.5 ÁNGULO DE SECCIÓN DEL ÁNGULO DEL SOPORTE EXTERIOR USANDO UN ÁNGULO DE 30°.

$$A = \frac{D^2}{3000 \text{sen} \theta} = \frac{(80)^2}{3000 \text{sen} 30}$$
$$A = 4.26 in^2 = 27.52 cm^2$$

Del manual de construcción de acero (IMCA)

Ángulo de patas iguales, pág. 47

$$102 mm \times 16 mm$$
$$4 \times \frac{5}{8} in$$
$$A = 29.74 cm^2$$

**Nota:** Se escogieron lados iguales para evitar problemas de carga.

Ver plano T-2 y lista de partes marca 1.

### 3.6 CÁLCULO DE PLACAS DEL CUERPO.

Tomando el cuerpo como un rectángulo, necesitamos conocer la base y la altura, siendo la base el perímetro del círculo y la altura el ancho de la placa.

#### 3.6.1 Perímetro.

$$P = \pi D = \pi(80) = 251.32 ft \quad [76.6 \text{ m}]$$



### 3.6.2 Longitud real de placa.

\* Se va a tomar una cercha de 5in [128 mm], por ser esta el desperdicio al momento de rolar las placas.

$$L_{R_{PLACA}} = L_{ORIGINAL} - L_{SERCHA}$$
$$L_{R_{PLACA}} = 12.ft - \left(\frac{5}{12}\right) = 11.58.ft \quad [3.53 \text{ m}]$$

### 3.6.3 No. de placas.

$$\text{No. de placas} = \frac{\text{Perímetro}}{L_{R_{PLACA}}} = \frac{251.32.ft}{11.58.ft} = 21.70.ft \quad [6.61 \text{ m}]$$
$$0.70(12) = 8.4in \quad [213.36 \text{ mm}]$$

### 3.6.4 Longitud de soldadura.

$$\text{Long. de soldadura} = \text{No. de placas} \left(\frac{1}{16}\right)$$
$$\text{Long. de soldadura} = 21 \left(\frac{1}{16}\right) = 1.3125 \text{ in} \quad [33.33 \text{ mm}]$$

### 3.6.5 Ajuste de placas de cada cinturón.

$$1.3125 - 8.4 = -7.08in \quad [-179.8 \text{ mm}]$$

**Nota:** Como la longitud de soldadura no cubre nuestro excedente de placa se van a tener que tomar 22 placas completas.

### 3.6.6 Definir el número de placas reales.

- a) 22 Placas  $10.ft \times 12.ft \times \frac{9}{16}in$
- b) 22 Placas  $10.ft \times 12.ft \times \frac{7}{16}in$
- c) 22 Placas  $10.ft \times 12.ft \times \frac{5}{16}in$
- d) 22 Placas  $10.ft \times 12.ft \times \frac{1}{4}in$

Ver plano C-1 y lista de partes marca 2, 3, 4 y 5.



### 3.6.7 Cálculo del peso.

Ancho (in)	Esp. $\frac{9}{16}$ in	Esp. $\frac{7}{16}$ in	Esp. $\frac{5}{16}$ in	Esp. $\frac{1}{4}$ in
120	230 $\frac{lb}{ft}$	179 $\frac{lb}{ft}$	128 $\frac{lb}{ft}$	102 $\frac{lb}{ft}$

#### 3.6.7.1 Primer Cinturón.

$$22 \times 230 \times 12 = 60720lb \quad [27600 \text{ Kg}]$$

#### 3.6.7.2 Segundo cinturón.

$$22 \times 179 \times 12 = 47256lb \quad [21480 \text{ Kg}]$$

#### 3.6.7.3 Tercer cinturón.

$$22 \times 128 \times 12 = 33792lb \quad [15360 \text{ Kg}]$$

#### 3.6.7.4 Cuarto cinturón.

$$22 \times 102 \times 12 = 26928lb \quad [12240 \text{ Kg}]$$

#### 3.6.7.5 Peso del cuerpo.

$$W_T = 60720 + 47256 + 33792 + 26928 = 168696lb \quad [76680 \text{ Kg}]$$

### 3.7 CÁLCULO DE PLACAS DE FONDO Y TECHO.

Para no perforar con la soldadura la placa más pequeña, se toma esta como base para el cálculo.

$$\text{Soldadura} = t_{\text{placa}} - \frac{1}{16} = \frac{9}{16} - \frac{1}{16} = \frac{1}{2} \text{ in} \quad [12.7 \text{ mm}]$$

#### 3.7.1 Número de placas del fondo.

Para conocer el número de placas del fondo es necesaria saber el área del mismo y el área de una placa.

##### 3.7.1.1 Área de Fondo.

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (80.26)^2}{4} = 5059.27 \text{ ft}^2 \quad [470 \text{ m}^2]$$



### 3.7.1.2 Área de placa.

$$\text{Area de placa} = bh = 12(10) = 120 \text{ ft}^2 \quad [11.15 \text{ m}^2]$$

### 3.7.1.3 No. de placas.

$$\text{No. de placas} = \frac{\text{Area de fondo}}{\text{Area placa}} = \frac{5059.27}{120} = 42.16 \text{ placas}$$

### 3.7.1.4 Perímetro de soldadura.

El perímetro de la soldadura se va considerar igual al perímetro de una placa.

$$P = 2(12) + 2(10) = 44 \text{ ft} \quad [13.4 \text{ m}]$$

**Nota:** Las placas por línea se calculan por dibujo. Ver plano F-1 y lista de partes marca 6.

### 3.7.1.5 Especificaciones:

$$42 \text{ Placas } 10 \text{ ft} \times 12 \text{ ft} \times \frac{7}{16} \text{ in} \left( \begin{array}{l} \text{Soldadura entre placas de } \frac{1}{2} \text{ in de espesor,} \\ \text{penetración completa.} \end{array} \right)$$

### 3.7.2 Número de placas del techo tipo cono.

Es necesario conocer las dimensiones reales del techo; es decir, diámetro real, dimensiones del cono y su área.

#### 3.7.2.1 Diámetro real.

$$D_R = D_i + 2(\text{Long. de angulo} + t \text{ última placa})$$

$$D_R = 80 + \frac{2\left(6 + \frac{1}{4}\right)}{12} = 81.04 \text{ ft} \quad [24.7 \text{ m}]$$



### 3.7.2.2 Dimensionar cono.

X: Base

Y: Altura

l: Hipotenusa

$$x = \frac{D_R}{2} = \frac{81.04}{2} = 40.52 \text{ ft} \quad [13 \text{ m}]$$

$$y = x \tan 30^\circ = 40.52 \tan 30^\circ = 23.4 \text{ ft} \quad [7.7 \text{ m}]$$

$$l = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(40.52)^2 + (23.4)^2} = 46.79 \text{ ft} \quad [15.5 \text{ m}]$$

### 3.7.2.3 Área de cono.

$$\text{Area lateral} = \pi l = \pi(40.52)(46.79) = 5956.2 \text{ ft}^2 \quad [661.5 \text{ m}^2]$$

### 3.7.2.4 No. de placas.

$$\text{No. de placas} = \frac{\text{Area lateral}}{\text{Area de placa}} = \frac{5956.2}{120} = 49.6 \text{ placas} \cong 50 \text{ placas}$$

**Nota:** Las placas por línea se definen por dibujo. Ver plano T-1 y lista de partes marca 7.

### 3.7.2.5 Especificaciones:

$$50 \text{ placas } 10 \text{ ft} \times 12 \text{ ft} \times \frac{7}{16} \text{ in} \left( \begin{array}{l} \text{Soldadura entre placas de } \frac{3}{8} \text{ in de espesor,} \\ \text{penetración completa.} \end{array} \right)$$

## 3.8 CÁLCULO DE LAS BRIDAS.

Por norma el recipiente de almacenamiento y por su misma constitución debe llevar un mínimo de bridas para su óptimo funcionamiento.

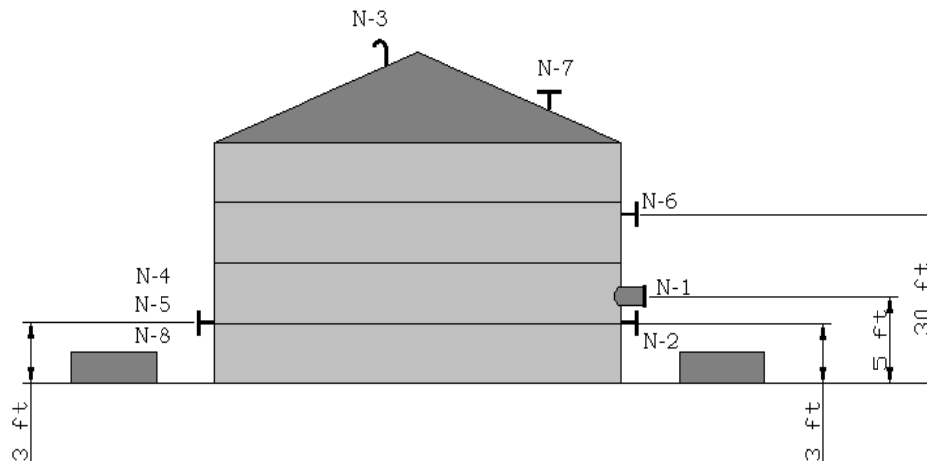


### 3.8.1 Cálculo de las diferentes presiones

Ya que el tanque trabaja bajo presión hidrostática se calculan las presiones en las diferentes distancias donde se encuentran localizadas las bridas (Tabla e ilustración 3.1), recordando que se instalará en Cd. Del Carmen, Campeche. Tomando  $51.2 \frac{lb}{ft^3}$  como densidad del queroseno y 0.8 de gravedad específica:

**Tabla 3.1 Lista de conexiones y aperturas.**

MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	SERVICIO
N-1	1	Ø 36 in NOM MAN HOLE	REGISTRO DE HOMBRE
N-2	1	Ø 3 in NOM BRIDA SLIP-ON	DRENAJE
N-3	1	Ø 6 in NOM TUBO	VENTILA
N-4	1	Ø 4 in NOM BRIDA SLIP-ON	ENTRADA
N-5	1	Ø 4 in NOM BRIDA SLIP-ON	ENTRADA
N-6	1	Ø 6 in NOM BRIDA SLIP-ON	ENTRADA RETORNO
N-7	1	Ø 12 in NOM BRIDA SLIP-ON	PUERTA DE INSPECCIÓN
N-8	1	Ø 6 in NOM BRIDA SLIP-ON	SALIDA



**Ilustración 3.1 Altura de bridas.**



$$P = \rho gh$$

$$P_1 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(5 ft) = 128 \frac{lb}{ft^2} = 0.88 Psi \quad [6129 Pa]$$

$$P_2 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(3 ft) = 122.88 \frac{lb}{ft^2} = 0.85 Psi \quad [5880 Pa]$$

$$P_3 = 14.7 Psi \quad [101351 Pa]$$

$$P_4 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(3 ft) = 122.88 \frac{lb}{ft^2} = 0.85 Psi \quad [5880 Pa]$$

$$P_5 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(3 ft) = 122.88 \frac{lb}{ft^2} = 0.85 Psi \quad [5880 Pa]$$

$$P_6 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(30 ft) = 1228.8 \frac{lb}{ft^2} = 8.53 Psi \quad [58835 Pa]$$

$$P_7 = 14.7 Psi \quad [101351 Pa]$$

$$P_8 = \left( 51.2 \frac{lb}{ft^3} \right) (0.8)(3 ft) = 122.88 \frac{lb}{ft^2} = 0.85 Psi \quad [5880 Pa]$$

**NOTA:** Para la presiones 3 y 7 se toma para los cálculos posteriores la presión atmosférica [101351 Pa], esto debido a que la presión de vapor del Queroseno es menor [66.878 Pa].

### 3.8.2 Cálculo de cada brida.

Se van a calcular las bridas, tomando en cuenta las diferentes presiones y alturas a las que se encuentran.

El cálculo mostrado puede ser tomado como un cálculo estándar, siguiendo los pasos y condiciones que estos indican.

El cálculo de cada brida también depende del tamaño nominal de cada una. Se utilizara para el cálculo un material SA-181- I y para el tubo de esta SA- 53 - B.

Tomando en cuenta el punto 2.9 todas las boquillas mayores o iguales a 3 in de diámetro deberán tener una placa de refuerzo en la unión del cuello de la boquilla con el recipiente.



3.8.2.1 Brida No. 1 Registro pasa hombre.

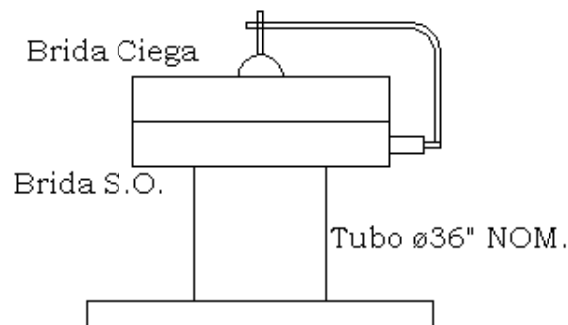
Tipo David, 150# Ver ilustración 3.2

Material: SA-181-I  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$

Tubo 36 in nominal.

De tablas<sup>1</sup>, los datos de esta brida son:

Espesor mínimo del cuello del registro y placa de refuerzo t y T	Radio aproximado R	Placa de refuerzo		Diámetro interior de armado del registro		Espesor mínimo del cuello ensamblado	Unidades
		Longitud diámetro L=Do	Ancho W	Diámetro constante del anillo hembra IDr	Diámetro constante de ancho del anillo macho IDP		
9.52	9.52	1975	2369	972	914	9.52	mm
0.374	0.374	77.75	93.26	38.26	35.98	0.374	in



**Ilustración 3.2 Brida N-1 Registro pasa Hombre (DAVIT).**

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 1.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 8 a 19.

3.8.2.2 Brida No. 2 Drenaje (Slip-On).

<sup>1</sup> Tabla 1.5.5 Dimensiones de entrada hombre de 914mm (36 in). Diseño y calculo de tanques de almacenamiento. Inglesa.





Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_R = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 3 \text{ ft}$   
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_2 = 10.52 \text{ Psi}$

Tubo 3 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 0.88 + 30 = 30.88 \text{ Psi} \quad [212908 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.88(480)}{15700(1) - 0.6(30.88)} = 0.945 \text{ in} \quad [24 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 0.945 + 0.0625 = 1.0075 \cong 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_2 = 3 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.216$$

$$\phi_{\text{ext}} = 3.500 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 3.068 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{3.068 \text{ in}}{2} = 1.534 \text{ in} \quad [38.96 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.88(1.534)}{17100(1) - 0.6(30.88)} = 0.0027 \text{ in} \quad [0.070 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.0027 + 0.0625 = 0.065 \text{ in} \quad [1.66 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.216 \text{ in} \quad [5.48 \text{ mm}]$

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 3.068(0.945) = 2.9 \text{ in}^2 \quad [1870.48 \text{ mm}^2]$$



#### 4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 3.068(1 \frac{1}{16} - 0.945) = 0.36 \text{ in}^2 \quad [232.57 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2(1 \frac{1}{16} - 0.945)(0.216 + 1 \frac{1}{16}) = 0.30 \text{ in}^2 \quad [193.54 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5(1 \frac{1}{16})(0.216 - 0.003) = 1.13 \text{ in}^2 \quad [729 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.216)(0.216 - 0.003) = 0.23 \text{ in}^2 \quad [148.38 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con la h menor).

$$h = 2t = 2(1 \frac{1}{16}) = 2.125 \text{ in} \quad [54 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.216) = 0.432 \text{ in} \quad [10.97 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.216(2 \times 0.432) = 0.186 \text{ in}^2 \quad [119.99 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.216 \text{ in} \quad [5.486 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.1535)^2 = 0.023 \text{ in}^2 \quad [14.83 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.216 - 0.0625 = 0.1535 \text{ in} \quad [3.89 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.216 \text{ in} \quad [5.486 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.1535)^2 = 0.023 \text{ in}^2 \quad [14.83 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.216 - 0.0625 = 0.1535 \text{ in} \quad [3.89 \text{ mm}]$$

#### 5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.36 + 0.23 + 0.186 + 0.023 + 0.023 = 0.822 \text{ in}^2 \quad [530.32 \text{ mm}^2]$$



6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 2.9 - 0.822 = 2.078 \text{ in}^2 \quad [1341 \text{ mm}^2]$$

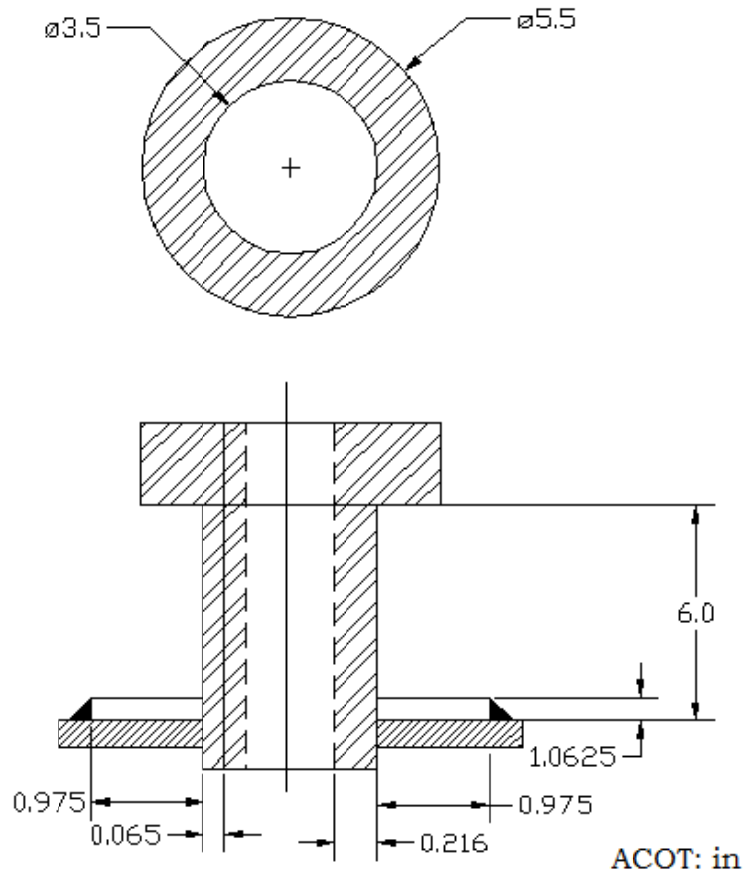
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{2.078}{1\frac{1}{16}} = 1.95 \text{ in} \quad [49.53 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{1.95}{2} = 0.975 \text{ in} \quad [24.765 \text{ mm}]$$

$$D_{ext_{REF}} = \phi_{EXT} + b = 3.5 + 1.95 = 5.45 \text{ in} \cong 5\frac{1}{2} \text{ in} \quad [139.7 \text{ mm}]$$

Ver Ilustración 3.3.



**Ilustración 3.3 Brida N-2 Drenaje (Slip On).**

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 2.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 23 y 24.



### 3.8.2.3 Brida No. 3 Ventila (Tubo).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I      h=techo  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_3 = 14.7 \text{ Psi}$

Tubo 6 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 14.7 + 30 = 44.7 \text{ Psi} \quad [308191 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{44.7(480)}{15700(1) - 0.6(44.7)} = 1.369 \text{ in} \quad [34.77 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 1.369 + 0.0625 = 1.431 \cong 1 \frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.51 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_3 = 6 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.280$$

$$\phi_{\text{ext}} = 6.625 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 6.065 \text{ in}$$

$$r = \frac{6.065}{2} = 3.0325 \text{ in} \quad [77.02 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{44.7(3.0325)}{17100(1) - 0.6(44.7)} = 0.008 \text{ in} \quad [0.20 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.008 + 0.0625 = 0.070 \text{ in} \quad [1.77 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.280 \text{ in} \quad [7.11 \text{ mm}]$ .

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 6.065(1.369) = 8.302 \text{ in}^2 \quad [5356 \text{ mm}^2]$$



#### 4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 6.065 \left( 1\frac{7}{16} - 1.369 \right) = 0.415 \text{ in}^2 \quad [267.74 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2 \left( 1\frac{7}{16} - 1.369 \right) (0.280 + 1\frac{7}{16}) = 0.235 \text{ in}^2 \quad [151.61 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5 \left( 1\frac{7}{16} \right) (0.280 - 0.008) = 1.955 \text{ in}^2 \quad [1261.28 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.280)(0.280 - 0.008) = 0.380 \text{ in}^2 \quad [245.16 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con la h menor).

$$h = 2t = 2 \left( 1\frac{7}{16} \right) = 2.875 \text{ in} \quad [73.025 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.280) = 0.560 \text{ in} \quad [14.2 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.280(2)(0.560) = 0.313 \text{ in}^2 \quad [202 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1\frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.512 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.217)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.217 \text{ in} \quad [5.51 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1\frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.512 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.217)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.217 \text{ in} \quad [5.51 \text{ mm}]$$

#### 5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.415 + 0.380 + 0.313 + 0.047 + 0.047 = 1.202 \text{ plg}^2 \quad [775.5 \text{ mm}^2]$$



6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 8.302 - 1.202 = 7.1 \text{ in}^2 \quad [4580.6 \text{ mm}^2]$$

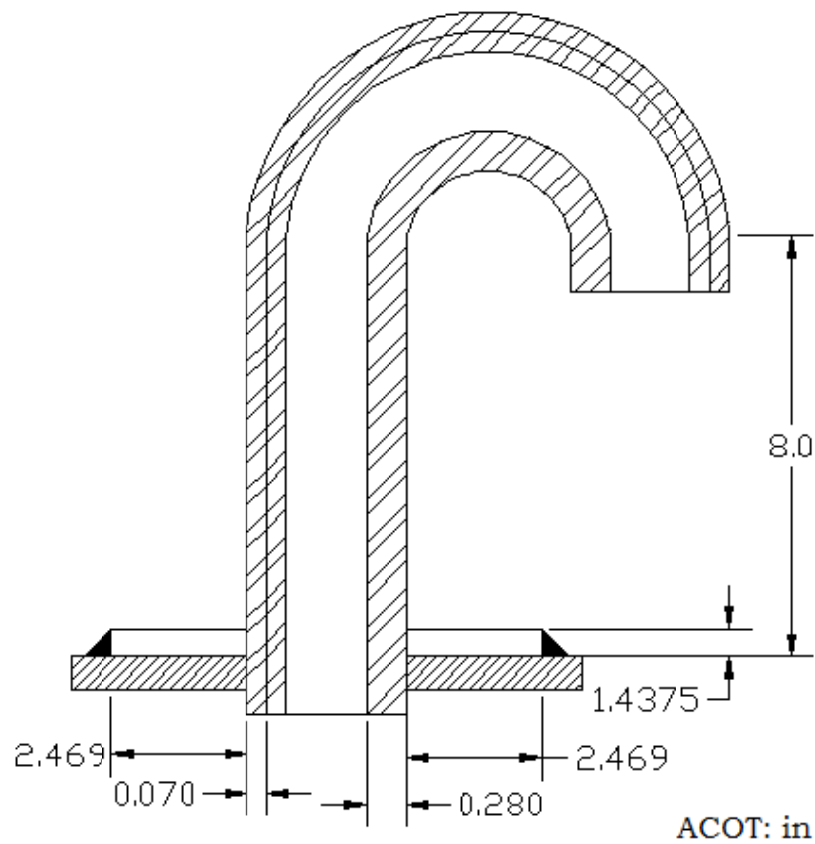
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{7.1}{1\frac{7}{16}} = 4.939 \text{ in} \quad [125.45 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{4.939}{2} = 2.469 \text{ in} \quad [62.71 \text{ mm}]$$

$$D_{ext\_REF} = \phi_{EXT} + b = 6.625 + 4.939 = 11.56 \text{ in} \cong 11\frac{9}{16} \text{ in} \quad [293.7 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.4.



**Ilustración 3.4 Brida N-3 Ventila (Tubo).**

Ver plano B-1 y lista de partes marca 22.



### 3.8.2.4 Brida No. 4 Entrada (Slip-On).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 3 \text{ ft}$   
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_4 = 10.52 \text{ Psi}$

Tubo 4 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_0 + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 0.85 + 30 = 30.85 \text{ Psi} \quad [212701 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(480)}{15700(1) - 0.6(30.85)} = 0.944 \text{ in} \quad [23.98 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 0.944 + 0.0625 = 1.0065 \cong 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_4 = 4 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.237$$

$$\phi_{\text{ext}} = 4.500 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 4.026 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{4.026}{2} = 2.013 \text{ in} \quad [51.13 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(2.013)}{17100(1) - 0.6(30.85)} = 0.0036 \text{ in} \quad [0.092 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.0036 + 0.0625 = 0.0661 \text{ in} \quad [1.67 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{n\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.237 \text{ in} \quad [6.01 \text{ mm}]$ .

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 4.026(0.944) = 3.8 \text{ in}^2 \quad [2452 \text{ mm}^2]$$



4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 4.026 \left(1 \frac{1}{16} - 0.944\right) = 0.47 \text{ in}^2 \quad [308 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2 \left(1 \frac{1}{16} - 0.944\right) \left(0.237 + 1 \frac{1}{16}\right) = 0.30 \text{ in}^2 \quad [198.69 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5 \left(1 \frac{1}{16}\right) (0.237 - 0.004) = 1.23 \text{ in}^2 \quad [798.58 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.237)(0.237 - 0.004) = 0.27 \text{ in}^2 \quad [178.13 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con h menor).

$$h = 2t = 2 \left(1 \frac{1}{16}\right) = 2.125 \text{ in} \quad [53.7 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.237) = 0.474 \text{ in} \quad [12 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.237(2)(0.474) = 0.0224 \text{ in}^2 \quad [14.47 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.237 \text{ in} \quad [6.019 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.174)^2 = 0.0304 \text{ in}^2 \quad [19.64 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.237 - 0.0625 = 0.174 \text{ in} \quad [4.42 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.237 \text{ in} \quad [6.019 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.174)^2 = 0.0304 \text{ in}^2 \quad [19.64 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.237 - 0.0625 = 0.174 \text{ in} \quad [4.42 \text{ mm}]$$

5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.42 + 0.27 + 0.0224 + 0.0304 + 0.0304 = 0.7732 \text{ in}^2 \quad [498.83 \text{ mm}^2]$$





6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 3.8 - 0.7732 = 3.02 \text{ in}^2 \quad [1952.77 \text{ mm}^2]$$

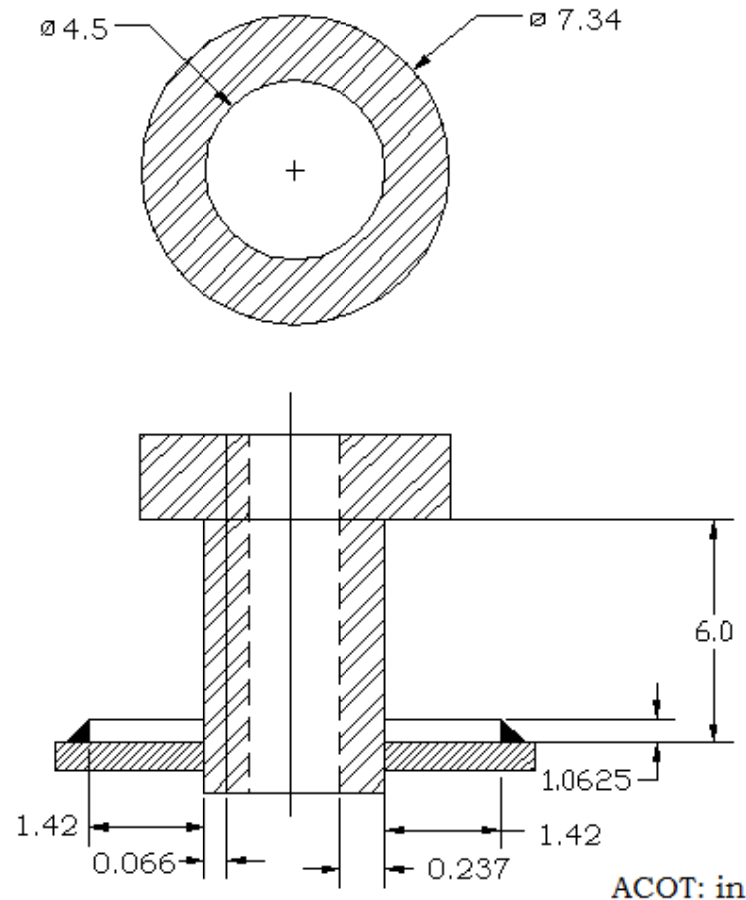
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{3.02}{1\frac{1}{16}} = 2.84 \text{ in} \quad [72.13 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{2.84}{2} = 1.42 \text{ in} \quad [36.06 \text{ mm}]$$

$$D_{ext_{REF}} = \phi_{EXT} + b = 4.5 + 2.84 = 7.34 = 7\frac{3}{8} \text{ in} \quad [187.32 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.5.



**Ilustración 3.5 Brida N-4 Entrada (Slip-On).**

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 3.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 23 y 24.



### 3.8.2.5 Brida No. 5 Entrada (Slip-On).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 3 \text{ ft}$   
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_5 = 10.52 \text{ Psi}$

Tubo 4 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 0.85 + 30 = 30.85 \text{ Psi} \quad [212701 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(480)}{15700(1) - 0.6(30.85)} = 0.944 \text{ in} \quad [23.98 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 0.944 + 0.0625 = 1.0065 \cong 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_4 = 4 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.237$$

$$\phi_{\text{ext}} = 4.500 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 4.026 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{4.026}{2} = 2.013 \text{ in} \quad [51.13 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(2.013)}{17100(1) - 0.6(30.85)} = 0.0036 \text{ in} \quad [0.092 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.0036 + 0.0625 = 0.0661 \text{ in} \quad [1.67 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.237 \text{ in} \quad [6.01 \text{ mm}]$ .

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 4.026(0.944) = 3.8 \text{ in}^2 \quad [2452 \text{ mm}^2]$$



#### 4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 4.026(1 \frac{1}{16} - 0.944) = 0.47 \text{ in}^2 \quad [308 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2(1 \frac{1}{16} - 0.944)(0.237 + 1 \frac{1}{16}) = 0.30 \text{ in}^2 \quad [198.69 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5(1 \frac{1}{16})(0.237 - 0.004) = 1.23 \text{ in}^2 \quad [798.58 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.237)(0.237 - 0.004) = 0.27 \text{ in}^2 \quad [178.13 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con h menor).

$$h = 2t = 2(1 \frac{1}{16}) = 2.125 \text{ in} \quad [53.7 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.237) = 0.474 \text{ in} \quad [12 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.237(2)(0.474) = 0.0224 \text{ in}^2 \quad [14.47 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.237 \text{ in} \quad [6.019 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.174)^2 = 0.0304 \text{ in}^2 \quad [19.64 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.237 - 0.0625 = 0.174 \text{ in} \quad [4.42 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.237 \text{ in} \quad [6.019 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.174)^2 = 0.0304 \text{ in}^2 \quad [19.64 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.237 - 0.0625 = 0.174 \text{ in} \quad [4.42 \text{ mm}]$$

#### 5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.42 + 0.27 + 0.0224 + 0.0304 + 0.0304 = 0.7732 \text{ in}^2 \quad [498.83 \text{ mm}^2]$$



6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 3.8 - 0.7732 = 3.02 \text{ in}^2 \quad [1952.77 \text{ mm}^2]$$

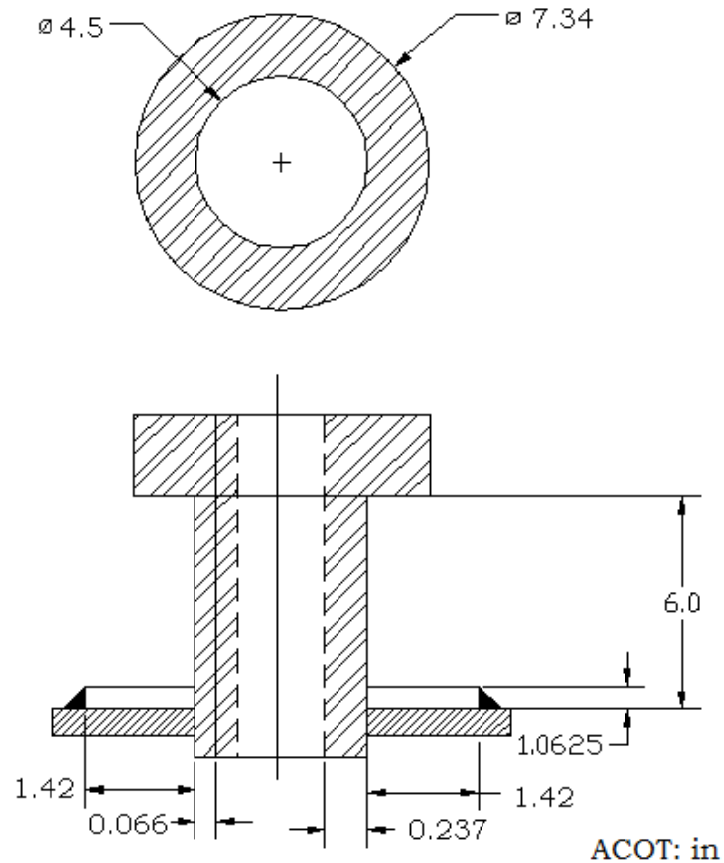
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{3.02}{1\frac{1}{16}} = 2.84 \text{ in} \quad [72.13 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{2.84}{2} = 1.42 \text{ in} \quad [36.06 \text{ mm}]$$

$$D_{ext_{REF}} = \phi_{EXT} + b = 4.5 + 2.84 = 7.34 = 7\frac{3}{8} \text{ in} \quad [187.32 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.6.



**Ilustración 3.6 Brida N-5 Entrada (Slip-On).**

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 3.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 25 y 26.



### 3.8.2.6 Brida No. 6 Entrada retorno (Slip -On).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 30 \text{ ft}$   
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_6 = 2.84 \text{ Psi}$

Tubo 6 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 8.53 + 30 = 38.53 \text{ Psi} \quad [265653 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{38.53(480)}{15700(1) - 0.6(38.53)} = 1.18 \text{ in} \quad [30 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 1.18 + 0.0625 = 1.24 \cong 1\frac{1}{4} \text{ in} \quad [31.75 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_6 = 6 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.280$$

$$\phi_{\text{ext}} = 6.625 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 6.065 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{6.065}{2} = 3.0325 \text{ in} \quad [77.02 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{38.53(3.0325)}{17100(1) - 0.6(38.53)} = 0.0068 \text{ in} \quad [0.17 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.0068 + 0.0625 = 0.0693 \text{ in} \quad [1.76 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.280 \text{ in} \quad [7.11 \text{ mm}]$ .

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 6.065(1.18) = 7.15 \text{ in}^2 \quad [4612.9 \text{ mm}^2]$$



#### 4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 6.065(1 \frac{1}{4} - 1.18) = 0.424 \text{ in}^2 \quad [273.54 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2(1 \frac{1}{4} - 1.18)(0.280 - 1 \frac{1}{4}) = 0.214 \text{ in}^2 \quad [138.06 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5(1 \frac{1}{4})(0.280 - 0.007) = 1.70 \text{ in}^2 \quad [1096.77 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.280)(0.280 - 0.007) = 0.38 \text{ in}^2 \quad [245.16 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con la h menor).

$$h = 2t = 2(1 \frac{1}{4}) = 2.5 \text{ in} \quad [63.5 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.280) = 0.56 \text{ in} \quad [14.22 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.280(2)(0.56) = 0.313 \text{ in}^2 \quad [202 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} \quad [31.75 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.2175)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.2175 \text{ in} \quad [5.52 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} \quad [31.75 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.2175)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.2175 \text{ in} \quad [5.52 \text{ mm}]$$

#### 5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.424 + 0.38 + 0.313 + 0.047 + 0.047 = 1.21 \text{ in}^2 \quad [800 \text{ mm}^2]$$





3.8.2.7 Brida No. 7 Puerta de inspección (Slip - On).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I      h= techo  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_7 = 14.7 \text{ Psi}$

Tubo 12 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 14.7 + 30 = 44.7 \text{ Psi} \quad [308191 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{44.7(480)}{15700(1) - 0.6(44.7)} = 1.369 \text{ in} \quad [34.77 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 1.369 + 0.0625 = 1.43 \cong 1\frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.51 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_8 = 12 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.406 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{ext}} = 12.750 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 11.938 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{11.938}{2} = 5.969 \text{ in} \quad [151.6 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{44.7(5.969)}{17100(1) - 0.6(44.7)} = 0.015 \text{ in} \quad [0.39 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.017 + 0.0625 = 0.078 \text{ in} \quad [1.98 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{n\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.406 \text{ in} \quad [10.31 \text{ mm}]$ .

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 11.938(1.369) = 16.343 \text{ in}^2 \quad [10544 \text{ mm}^2]$$





4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 11.938(1\frac{7}{16} - 1.369) = 0.817 \text{ in}^2 \quad [527.1 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2(1\frac{7}{16} - 1.369)(0.406 + 1\frac{7}{16}) = 0.252 \text{ in}^2 \quad [162.6 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5(1\frac{7}{16})(0.406 - 0.016) = 2.813 \text{ in}^2 \quad [1814.8 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.406)(0.406 - 0.016) = 0.791 \text{ in}^2 \quad [510.32 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con la h menor).

$$h = 2t = 2(1\frac{7}{16}) = 2.875 \text{ in} \quad [73.02 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.406) = 0.812 \text{ in} \quad [20.62 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.406(2)(0.812) = 0.659 \text{ in}^2 \quad [425.16 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1\frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.512 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.406 \text{ in} \quad [10.312 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.343)^2 = 0.118 \text{ in}^2 \quad [76.12 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.406 - 0.0625 = 0.343 \text{ in} \quad [8.71 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1\frac{7}{16} \text{ in} \quad [36.512 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.406 \text{ in} \quad [10.312 \text{ mm}]$$

$$A_5 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.343)^2 = 0.118 \text{ in}^2 \quad [76.12 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.406 - 0.0625 = 0.343 \text{ in} \quad [8.71 \text{ mm}]$$

5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.817 + 0.791 + 0.659 + 0.343 + 0.343 = 2.953 \text{ in}^2 \quad [1905.16 \text{ mm}^2]$$



6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 16.343 - 2.953 = 13.39 \text{ in}^2 \quad [8638.7 \text{ mm}^2]$$

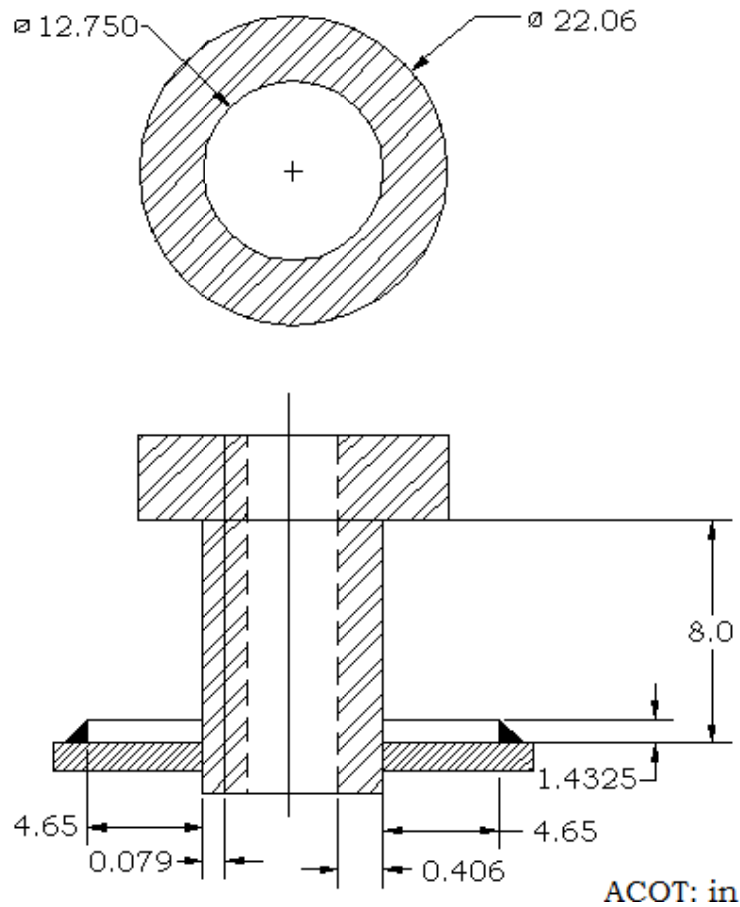
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{13.39}{1\frac{7}{16}} = 9.31 \text{ in} \quad [236.5 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{9.31}{2} = 4.65 \text{ in} \quad [118.11 \text{ mm}]$$

$$D_{ext_{REF}} = \phi_{EXT} + b = 12.750 + 9.31 = 22.06 \approx 22\frac{1}{16} \text{ in} \quad [560.38 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.8.



**Ilustración 3.8** Brida N-7 Puerta de Inspección (Slip-On).

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 5.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 29 y 30.



### 3.8.2.8 Brida No. 8 Salida (Slip-On).

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 3 \text{ ft}$   
 $S_T = 17100 \text{ Psi}$        $P_8 = 10.52 \text{ Psi}$

Tubo 6 in nominal.

Como  $S_R < S_T$

Presión de diseño.

Como  $P < 300 \text{ PSI}$ .

$$\therefore P = P_o + 30 \text{ Psi}$$

$$P = 0.85 + 30 = 30.85 \text{ Psi} \quad [212701 \text{ Pa}]$$

1. Espesor del recipiente base.

$$t_r = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(480)}{15700(1) - 0.6(30.85)} = 0.944 \text{ in} \quad [24 \text{ mm}]$$

$$t = t_r + Cc = 0.944 + 0.0625 = 1.0065 \cong 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

2. Espesor del tubo base.

$$N_g = 6 \text{ in NOM}$$

$$t = 0.280 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{ext}} = 6.625 \text{ in}$$

$$\phi_{\text{int}} = 6.065 \text{ in}$$

$$r = \frac{\phi_{\text{int}}}{2} = \frac{6.065}{2} = 3.0325 \text{ in} \quad [77.02 \text{ mm}]$$

$$t_m = \frac{PR}{SE - 0.6P} = \frac{30.85(3.0325)}{17100(1) - 0.6(30.85)} = 0.005 \text{ in} \quad [0.14 \text{ mm}]$$

$$t_n = t_m + Cc = 0.005 + 0.0625 = 0.067 \text{ in} \quad [1.72 \text{ mm}]$$

Como  $t_n < t_{\text{real}}$  Por lo tanto  $t_n = 0.280 \text{ in} \quad [7.11 \text{ mm}]$

3. Área de refuerzo requerido.

$$A = dtr = 6.065(0.944) = 5.725 \text{ in}^2 \quad [3694 \text{ mm}^2]$$



#### 4. Áreas de refuerzo evaluadas.

- Área de exceso en el recipiente (La mayor).

$$A_1 = d(t - tr) = 6.065(1 \frac{1}{16} - 0.944) = 0.718 \text{ in}^2 \quad [463.67 \text{ mm}^2]$$

$$A_1 = 2(t - tr)(tn + t) = 2(1 \frac{1}{16} - 0.944)(0.280 + 1 \frac{1}{16}) = 0.318 \text{ in}^2 \quad [205.27 \text{ mm}^2]$$

- Área de exceso en la boquilla (La menor).

$$A_2 = 5t(tn - trn) = 5(1 \frac{1}{16})(0.280 - 0.006) = 1.45 \text{ in}^2 \quad [939.11 \text{ mm}^2]$$

$$A_2 = 5tn(tn - trn) = 5(0.280)(0.280 - 0.006) = 0.383 \text{ in}^2 \quad [247.48 \text{ mm}^2]$$

- Proyección al interior (Con la h menor).

$$h = 2t = 2(1 \frac{1}{16}) = 2.125 \text{ in} \quad [53.97 \text{ mm}]$$

$$h = 2tn = 2(0.280) = 0.56 \text{ in} \quad [14.22 \text{ mm}]$$

$$A_3 = tn(2h) = 0.280(2)(0.56) = 0.313 \text{ in}^2 \quad [5.51 \text{ mm}^2]$$

- Área de soldadura exterior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.217)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.217 \text{ in} \quad [5.51 \text{ mm}]$$

- Área de soldadura interior.

$$\text{Espesor de la placa} = 1 \frac{1}{16} \text{ in} \quad [27 \text{ mm}]$$

$$\text{Espesor del tubo} = 0.280 \text{ in} \quad [7.112 \text{ mm}]$$

$$A_4 = (\text{Base mínima de soldadura})^2 = (0.217)^2 = 0.047 \text{ in}^2 \quad [30.32 \text{ mm}^2]$$

$$\text{Base mínima de soldadura} = tn - \frac{1}{16} = 0.280 - 0.0625 = 0.217 \text{ in} \quad [5.51 \text{ mm}]$$

#### 5. Área de refuerzos evaluada.

$$\text{Area} = \sum A_1 + A_2 + \dots + A_5$$

$$\text{Area}_{REQ} = 0.718 + 0.383 + 0.313 + 0.047 + 0.047 = 1.508 \text{ in}^2 \quad [973 \text{ mm}^2]$$



6. Área de refuerzo real.

$$A_{Real} = A_{REQ} - A_{RE} = 5.725 - 1.508 = 4.217 \text{ in}^2 \quad [2720.63 \text{ mm}^2]$$

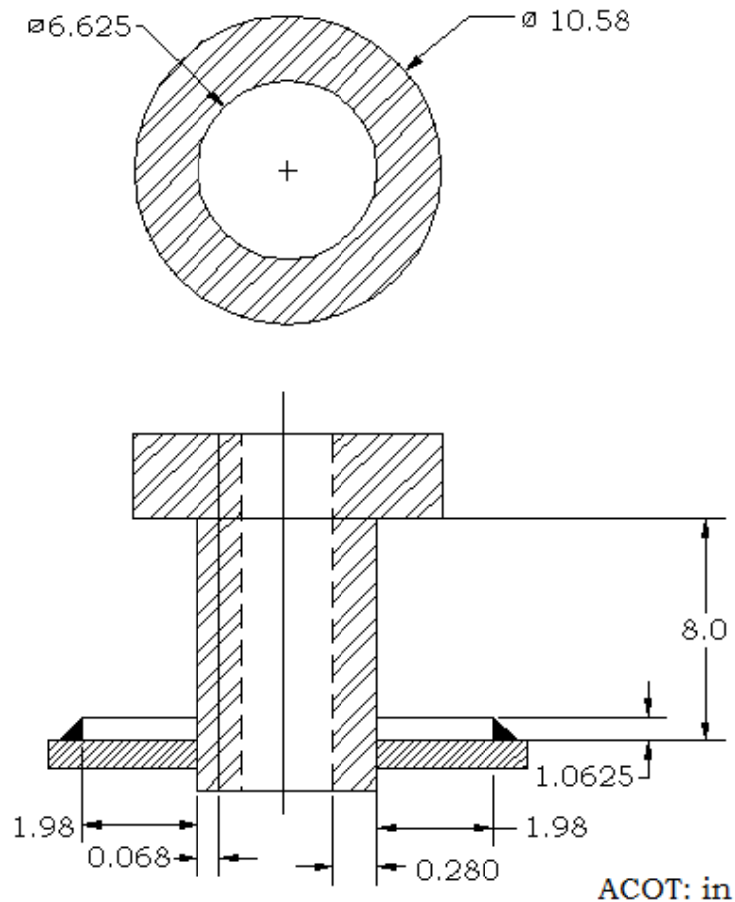
$$A = bh$$

$$b = \frac{A}{h} = \frac{4.217}{1\frac{1}{6}} = 3.96 \text{ in} \quad [100.6 \text{ mm}]$$

$$\frac{b}{2} = \frac{3.96}{2} = 1.98 \text{ in} \quad [50.3 \text{ mm}]$$

$$D_{ext_{REF}} = \phi_{EXT} + b = 6.625 + 3.96 = 10.58 \approx 10\frac{5}{8} \text{ in} \quad [270 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.9.



**Ilustración 3.9** Brida N-8 Salida (Slip-On).

Para la brida seleccionada ver Anexo A. Tabla 6.

Ver plano B-1 y lista de partes marcas 31 y 32.



### 3.9 CÁLCULO ESTRUCTURA INTERIOR DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

El tanque a diseñar almacenara Queroseno a 65°F, y estará localizado en Ciudad del Carmen, Campeche. Considerando que la gravedad Especifica del Queroseno es de  $G = 0.85$ .

Este tendrá un diámetro de 80 ft y una altura de 40 ft según cálculos anteriores, así como un espesor de placa para el techo igual a  $\frac{7}{16}$  in de 10ft x 12ft. El material de la estructura del techo va ser de material SA-285-C

#### 3.9.1 Calculando el área del fondo y de la placa.

$$A_F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(80)^2}{4} = 5026.54 \text{ ft}^2 \quad [54104 \text{ m}^2]$$

$$A_{PL} = 10 \times 12 = 120 \text{ ft}^2 \quad [393.7 \text{ m}^2]$$

#### 3.9.2 No. de placas de fondo.

$$\text{No. de Placas} = \frac{A_F}{A_{PL}} = \frac{5026.54}{120} = 41.88 \cong 42 \text{ Placas}$$

#### 3.9.3 Calculo del área y placas del techo.

$$\theta = 30^\circ$$

$$A_F = 5026.54 \text{ ft}^2 \quad [54104 \text{ m}^2]$$

$$A_{TECHO} = \frac{A_F}{\cos 30} = \frac{5026.54}{\cos 30} = 5804.14 \text{ ft}^2 \quad [539.36 \text{ m}^2]$$

$$A_{PL} = \frac{5804.14}{120} = 48.36 \cong 49 \text{ Placas}$$

#### 3.9.4 Peso de las placas: Del punto 3.6.6.

Con  $\frac{7}{16}$  in de espesor y 12 ft de longitud

$$W = 179 \text{ lb/ft}$$

$$W_{PL} = \left(179 \text{ lb/ft}\right)(12) = 2148 \text{ lb} \quad [976.36 \text{ Kg}]$$



### 3.9.5 Peso total.

$$W_{Techo} = W_{PL} \times \text{No. de Placas}$$

$$W_{Techo} = 2148lb(42) = 90216Lb \quad [41007.3 \text{ Kg}]$$

### 3.9.6 Presión generada.

$$P_G = \frac{W_{Techo}}{A_{Techo}} = \frac{90216}{5804.14} = 15.54 \cong 16 \text{ lb/ft}^2 \quad [776.06 \text{ Pa}]$$

$$P_G < 25 \text{ lb/ft}^2$$

### 3.9.7 Proponer Viga soporte.

Para proponer la viga soporte esta no debe tener un alma menor a 0.17 in según el punto 3.10.2.4 del API 650, la distancia entre cada viga soporte sobre el anillo no puede ser mayor a 6.28 ft y el espacio entre anillos no podrá exceder de 5.5 ft.

Del manual IMCA Pag. 60 perfil IR rectangular:

$$IR \ 10 \text{ in} \times 12 \text{ lb/ft} \left( 254 \text{ mm} \times 17.9 \text{ kg/m} \right)$$

$$t_w = 0.1891 \text{ in} \ (4.8 \text{ mm})$$

$$I_{xx} = 53.79 \text{ in}^4 \ (22.39 \times 10^6 \text{ mm}^4)$$

$$r_{xx} = 3.892 \text{ in} \ (99 \text{ mm})$$

$$I_{yy} = 2.186 \text{ in}^4 \ (9.9 \times 10^4 \text{ mm}^4)$$

$$r_{yy} = 0.7874 \text{ in} \ (20 \text{ mm})$$



**Ilustración 3.10 Viga IR**



### 3.9.8 Calculo de momento, con ayuda del software MD SOLIDS 3.4. y el esfuerzo de la viga.

$W_1$  = Peso de la viga por ft

$$W_1 = 12 \text{ lb/ft}$$

$q_2$  = Peso de una placa (W)

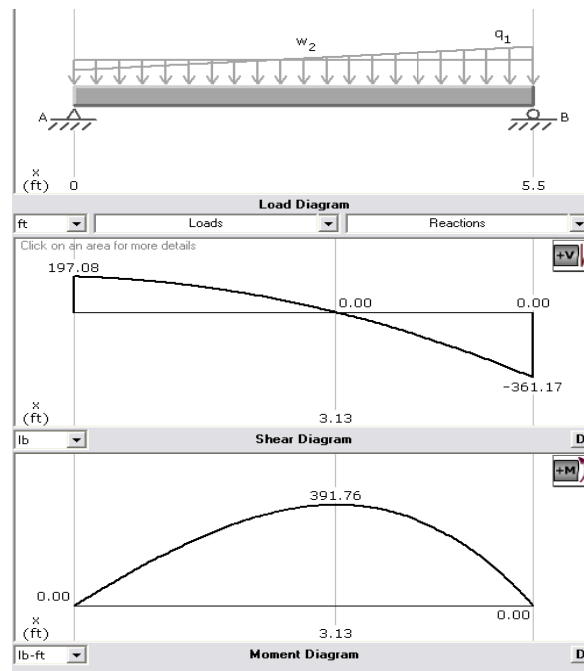
$$q_2 = 179 \text{ lb/ft}$$

$$l = 5.5 \text{ ft}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{392(12)(5)}{53.79} = 437.25 \text{ Psi} \quad [3.01 \text{ MPa}]$$

$$\sigma_{Dis} = 0.6S_y = 0.6(36000) = 21600 \text{ Psi} \quad [148.92 \text{ MPa}]$$

$$\sigma < \sigma_{Dis}$$



**Ilustración 3.11 Diagramas Cortante y Momento.**

### 3.9.9 Calculando el numero de cinturones totales del techo.

$$\text{Número de Cinturones} = \frac{\text{Diámetro del tanque}}{\text{Distancia entre vigas}}$$

$$\text{No. de Cinturones} = \frac{80}{6.28} = 12.7 \cong 12 \text{ Cinturones}$$





### 3.9.10 Calculo de las Columnas.

Se realiza el cálculo estándar para cualquier columna con doble empotramiento con un  $k=0.65$ .

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 (29 \times 10^6)}{36000}} = 126.1$$

$$S_R = \frac{KL}{r_{yy}} = \frac{0.65(40)(12)}{0.7874} = 396.24$$

$C_c < S_R$  Por lo Tanto por columna larga :

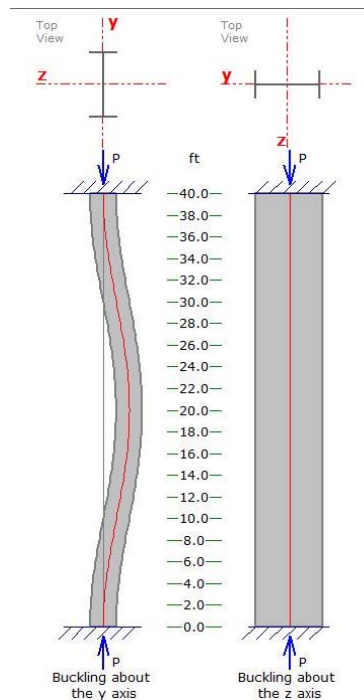
$$F_a = \frac{\left[ \frac{12\pi^2 E}{23 S_R^2} \right]}{\left[ 1.6 - \frac{l}{200r} \right]} = \frac{\left[ \frac{12\pi^2 (29 \times 10^6)}{23 (396.24)^2} \right]}{\left[ 1.6 - \frac{(40)(12)}{200(0.7874)} \right]} = -656.84 Lb$$

$$F_a = 656.84 Lb \quad [298.56 Kg]$$

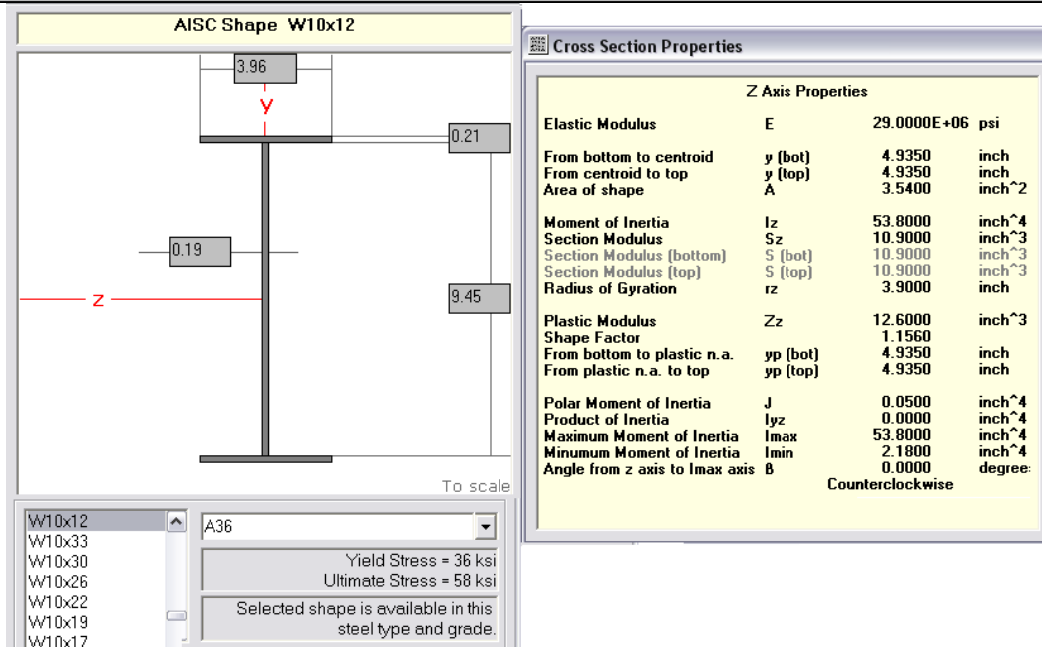
$$F_{REQ} = 361.17 Lb \quad [164.16 Kg]$$

$\therefore F_a > F_{REQ}$  Es satisfactoria la Carga

IR 10"×12 lb/ft



**Ilustración 3.12 Columna.**

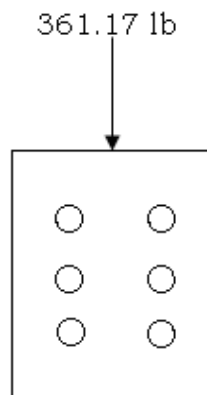


**Ilustración 3.13 Sección.**

Ver plano T-3 y lista de partes marca 33.

### 3.10 CÁLCULO DE LOS TORNILLOS DEL CARTABÓN SUPERIOR.

Considerando una carga de 361.17 lb, por ser esta la mayor en nuestro diagrama de cortantes, se toma en cuenta para los tornillos la distribución mostrada en la ilustración 3.14. Proponiendo tornillos de ¼ de diámetro.



**Ilustración 3.14 Distribución de los tornillos del cartabón.**



Para el dimensionamiento del cartabón se toman en cuenta los datos de la viga IR seleccionada anteriormente:

$$IR \ 10 \text{ in} \times 12 \text{ lb/ft} \left( 254 \text{ mm} \times 17.9 \text{ kg/m} \right)$$

$$t_w = 0.1891 \text{ in} \ (4.8 \text{ mm})$$

$$b_{fr} = 3.97 \text{ in} \ (101 \text{ mm})$$

$$T = 8.62 \text{ in} \ (219 \text{ mm})$$

Su construcción será de placa sobrante del techo que es de  $\frac{7}{16} \text{ in}$  (11 mm).

Por norma la distancia entre centros de los barrenos al igual que la distancia entre centro de barreno y orillas no debe ser menor a 2 veces el diámetro del tornillo.

Por lo tanto las distancias que ocuparemos serán iguales a  $2 \left( \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{2} \text{ in}$  (13 mm).

### 3.10.1 Cálculo del ancho del cartabón.

$$b = \frac{b_f - t_w}{2}$$

$$b = \frac{3.97 - 0.1891}{2} = 1.89 \text{ in} \ (48 \text{ mm})$$

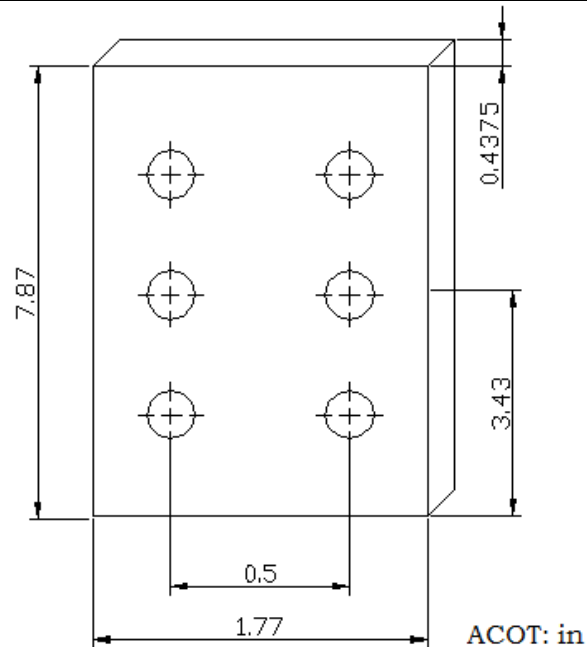
Nota: Por facilidad de corte en mm y considerando que el ancho debe ser menor a la distancia calculada, este será igual a 1.77 in (45mm).

### 3.10.2 Cálculo del largo del cartabón.

El largo del cartabón debe ser menor a T:

Se proponen  $d = 7.87 \text{ in}$  (200mm), que es menor a 8.62 in (219mm)

Ver ilustración 3.15 y lista de partes marca 34.



**Ilustración 3.15 Dimensiones del cartabón.**

3.10.3 Calculando por carga.

$$R_y = \frac{Fy}{\text{No. de tronillos}} = \frac{361.17}{6} = 60.195lb \quad [37.36 \text{ Kg}]$$

$$\sum r^2 = \sum(x^2 + y^2) = 6(0.25)^2 + 4(3.43)^2 = 47.43 \text{ in}^2 \quad [30600 \text{ mm}^2]$$

3.10.4 Calculando por momento.

$$M = Fd = 361.17(6.262) = 2261.64 \text{ lb} / \text{plg} \quad \left[ 40.473 \times 10^3 \text{ Kg} / \text{m} \right]$$

$$R_x = \frac{My}{\sum r^2} = \frac{2261.64(3.73)}{47.43} = 177.86lb \quad [80.84 \text{ Kg}]$$

$$R_y = \frac{Mx}{\sum r^2} = \frac{2261.64(0.25)}{47.43} = 11.92lb \quad [5.41 \text{ Kg}]$$

3.10.5 Calculando las cargas totales.

$$R_{x_T} = 177.86b \quad [80.84\text{Kg}]$$

$$R_{y_T} = 60.195 + 11.92 = 72.115lb \quad [32.78 \text{ Kg}]$$

$$R_T = \sqrt{(177.86)^2 + (62.115)^2} = 191.92lb \quad [87.23 \text{ Kg}]$$



3.10.6 Comprobando el diámetro de los tornillos.

$$D = \sqrt{\frac{2P}{\pi\tau}} = \sqrt{\frac{2(191.92)}{\pi(17500)}} = 0.083 \text{ in} \cong \frac{1}{16} \text{ in} \quad [1.587 \text{ mm}]$$

Por lo tanto es suficiente el diámetro del tornillo que se propuso.

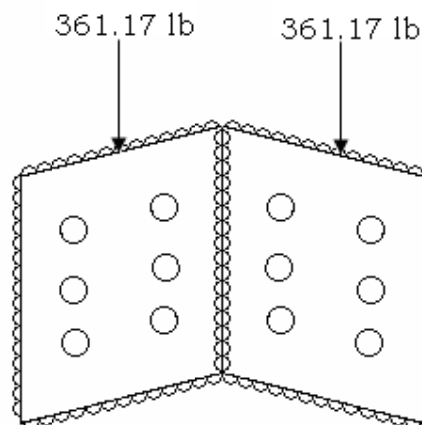
Ver lista de partes marcas 36 y 37.

### 3.11 CÁLCULO DE LA SOLDADURA DEL CARTABÓN SUPERIOR.

En el cálculo de la soldadura es necesario tomar  $\phi_{\text{Tornillo}} = \frac{1}{4} \text{ in}$  y el diámetro del barreno:  $\phi_{\text{Barreno}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{5}{16} \text{ in}$ .

Y de cálculos anteriores:  $V = 361.17 \text{ lb}$ ,  $M = 2261.64 \frac{\text{lb}}{\text{plg}}$ ,  $b = 1.77 \text{ in}$  y  $d = 7.87 \text{ in}$ .

Ver ilustración 3.16, para detalles de la soldadura.



**Ilustración 3.16 Detalle de soldadura.**

3.11.1 Cálculo de  $A_w$  y  $S_w$ .

$$A_w = 2(1.77) + 2(7.87) = 19.78 \text{ in} \quad [502.4 \text{ mm}]$$

$$S_{w_{SUP}} = bd + \frac{d^2}{3} = 1.77(7.87) + \frac{(7.87)^2}{3} = 34.57 \text{ in}^2 \quad [22303 \text{ mm}^2]$$



3.11.2 Cálculo de  $W$ ,  $W_s$  y  $W_b$  y  $W_T$ , respectivamente.

$$W_b = \frac{V}{A_w} = \frac{361.17}{19.78} = 18.25 \text{ lb}\cdot\text{in} \quad [0.21 \text{ Kg}\cdot\text{m}]$$

$$W_s = \frac{M}{S_w} = \frac{2261.64}{34.57} = 65.42 \text{ lb}\cdot\text{in} \quad [0.75 \text{ Kg}\cdot\text{m}]$$

$$W_T = \sqrt{(18.25)^2 + (65.42)^2} = 67.91 \text{ lb}\cdot\text{in} \quad [0.78 \text{ Kg}\cdot\text{m}]$$

3.11.3 Cálculo del espesor mínimo de soldadura.

$$w = b = \frac{W_T}{\tau} = \frac{67.91}{9600} = 7.07 \times 10^{-3} \text{ in} \cong \frac{1}{16} \text{ in} \quad [1.58 \text{ mm}]$$

$$\text{Como Tenemos un } t_{\text{PLACA}} = \frac{7}{16} \text{ in} \quad [11.11 \text{ mm}]$$

$$\text{Entonces el Filete Mínimo de Soldadura} = \frac{3}{16} \text{ in} \quad [4.76 \text{ mm}]$$

### 3.12 DIMENSIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS PLACAS DEL CARTABÓN INFERIOR O DE BASE.

3.12.1 Cálculo del dimensionamiento y momento de la placa 1.

$$r = b_f - \frac{1}{8} \text{ in}$$

$$r = 3.97 - 0.125 = 3.85 \text{ in} \quad (98\text{mm})$$

$$h = 1.25r$$

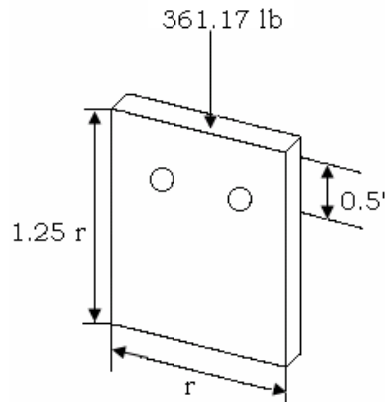
$$h = 1.25(3.85) = 4.81 \text{ in} \quad (122\text{mm})$$

Por norma la distancia entre centros de los barrenos al igual que la distancia entre centro de barreno y orillas no debe ser menor a 2 veces el diámetro del tornillo.

Se utilizara placa  $\frac{7}{16} \text{ in}$  (11 mm).

$$M = Fd = 361.17 \left( 4.94 + \frac{0.4375}{2} \right) = 1863.18 \text{ lb}\cdot\text{in} \quad [21.51 \text{ Kg}\cdot\text{m}]$$

Ver ilustración 3.17 y lista de partes marca 35.



**Ilustración 3.17 Placa 1.**

### 3.12.2 Verificación del diámetro de los tornillos en la placa 1.

El diámetro de los tornillos se tiene que hacer por carga y por momento como se muestra en los cálculos posteriores.

#### 3.12.2.1 Calculando por carga.

$$R_y = \frac{F_y}{\text{No. de tornillos}} = \frac{361.17}{2} = 180.58 \text{ lb} \quad [82.08 \text{ Kg}]$$

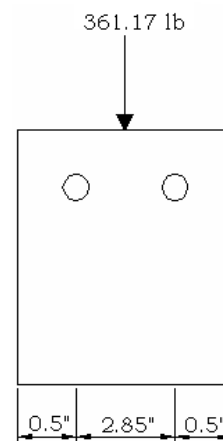
$$\sum r^2 = \sum (x^2 + y^2) = 2(1.145")^2 = 4.06 \text{ in}^2 \quad [2619.3 \text{ mm}^2]$$

#### 3.12.2.2 Calculando por momento.

Para distancias del cálculo, tomar como referencia la ilustración 3.18.

$$R_x = \frac{M_y}{\sum r^2} = 0 \text{ lb}$$

$$R_y = \frac{M_x}{\sum r^2} = \frac{1863.18(1.425)}{4.06} = 653.94 \text{ lb} \quad [297.24 \text{ Kg}]$$



**Ilustración 3.18 Distancias para momento.**



### 3.12.2.3 Calculando las cargas totales.

$$R_{x_T} = 0lb$$

$$R_{y_T} = 180.58 + 653.94 = 834.52lb \quad [379.32 \text{ Kg}]$$

$$R_T = \sqrt{(834.52)^2} = 834.52lb \quad [379.32 \text{ Kg}]$$

### 3.12.2.4 Comprobando el diámetro de los tornillos.

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi\tau}} = \sqrt{\frac{4(834.52)}{\pi(17500)}} = 0.2464 \text{ plg} \cong \frac{1}{4} \text{ in} \quad [6.35 \text{ mm}]$$

Por lo tanto es suficiente el diámetro del tornillo que se propuso.

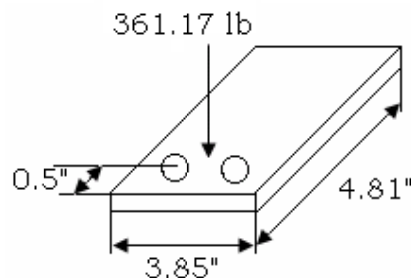
Ver lista de partes marca 36 y 37.

### 3.12.3 Cálculo del momento en la placa 2.

Tomando en cuenta el dimensionamiento de la placa 1, al ser estas iguales pero con un posicionamiento de carga diferente (ver ilustración 3.19), el momento será:

$$M = Fd = 361.17(4.81 - 0.5 + 4.94 + 0.4375)$$

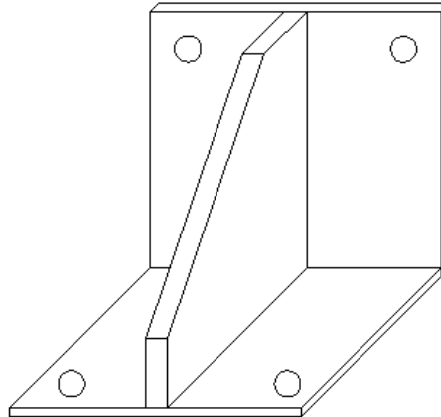
$$M = 3498.83lb \cdot in \quad [40.39 \text{ Kg} \cdot \text{m}]$$



**Ilustración 3.19 Dimensiones de placa 2.**

Para su construcción el cartabón debe ser habilitado en taller y quedar como se muestra en la ilustración 3.20.





**Ilustración 3.20 Cartabón.**

### 3.13 CÁLCULO DE LA PLACA DE CHOQUE.

De los siguientes criterios se tomó la opción más adecuada; es decir, el caso (3):

- 1.-  $\rho v^2 \geq 1500 \text{ lb/ft}^2$  para fluidos no corrosivos, no abrasivos y de una fase.
- 2.-  $\rho v^2 \geq 500 \text{ lb/ft}^2$  para fluidos de dos fases.
- 3.-  $\rho v^2 \leq 4000 \text{ lb/ft}^2$  para gases, vapores y mezclas.

#### 3.13.1 Entradas

El primer cálculo se refiere a dos placas de choque localizadas en las entradas al tanque, es decir en N-4 y N-5. de  $\phi 4$  NOM.

DATOS:

-Brida

$$\phi_{NOM} = 4 \text{ in}$$

$$\phi_{INT} = 4.026 \text{ in}$$

$$\phi_{EXT} = 4.5 \text{ in}$$

$$t = 0.237 \text{ in}$$

-Recipiente

$$\phi_{INT\_REC} = 80 \text{ in}$$



Para el dimensionamiento de la placa se necesita conocer:

$$H_{pp} = \frac{\phi_{INT}}{4} = \frac{4.026}{4} = 1 \text{ in} \quad [25.4 \text{ mm}]$$

$$D_{PL\_CHOQUE} = 1.25\phi_{INT}$$

$$D_{PL\_CHOQUE} = 1.25(4.026) = 5.032 \cong 5 \text{ in} \quad [127 \text{ mm}]$$

$$4000 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 27.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad \left[ 0.019 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$$A_{INT} = \frac{\pi\phi_{INT}^2}{4} = \frac{\pi(4.026)^2}{4} = 12.73 \text{ in}^2 \quad [8212.88 \text{ mm}^2]$$

$$F = PA = 27.7(12.73) = 352.62 \text{ lb} \quad [160.28 \text{ Kg}]$$

$$M = F\ell = 352.62(16) = 5642.05 \text{ lb} \cdot \text{in} \quad [65.14 \text{ Kg} \cdot \text{m}]$$

Utilizando para su construcción el mismo material que el cuerpo, utilizaremos SA – 285 – C con S = 15700 Psi.

De la ecuación  $\sigma = \frac{MC}{I}$ , sustituimos I y despejamos el espesor (t).

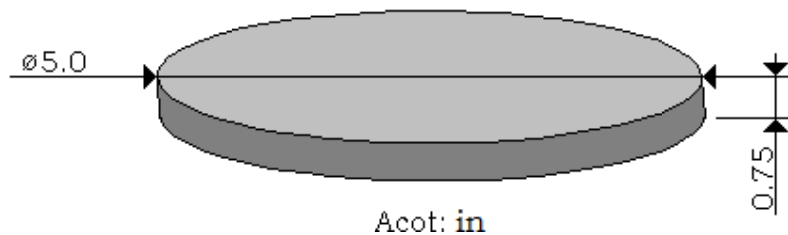
$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$15700 = \frac{5642.05 \left( \frac{t}{2} \right)}{\frac{5t^3}{12}}$$

$$15700 = \frac{5642.05(12)}{10t^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{12(5642.05)}{15700(10)}} = 0.65 \cong \frac{3}{4} \text{ in} \quad [19.05 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.21 y lista de partes marca 38.



**Ilustración 3.21 Placa de Choque.**



### 3.13.2 Largueros.

Para la construcción de los largueros se utilizará redondo de material SA - 36 con  $S = 18000$  Psi.

#### 3.13.2.1 Calculando el diámetro de la sección.

$$F = \frac{352.62}{4} = 88.155 lb$$

$$A = \frac{P}{S_t} = \frac{88.155}{18000} = 4.89 \times 10^{-3} \text{ in}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(4.89 \times 10^{-3})}{\pi}}$$

$$D = 0.078 \text{ in} \cong \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$\phi_{LARGERO} = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_{BRIDA} = 0.237 \text{ in}$$

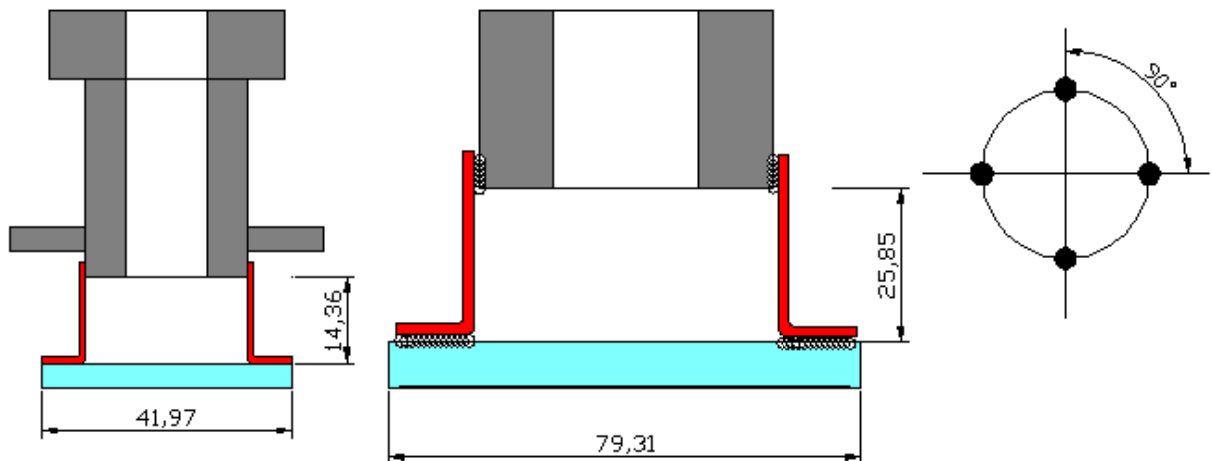
#### 3.13.2.2 Calculando el diámetro de la soldadura.

$$\phi_{SOLDADURA} = \phi_{LARGERO} - \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$\phi_{SOLDADURA} = \frac{3}{16} \text{ in} - \frac{1}{16} \text{ in} = \frac{1}{8} \text{ in} \quad [3.17 \text{ mm}]$$

$$d_L = \frac{PL}{AE} = \frac{88.155(1)}{4.89 \times 10^{-3}(30 \times 10^6)} = 6 \times 10^{-4} \text{ in} \quad [0.01 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.22 y lista de partes marca 39.



**Ilustración 3.22 Largueros y Placa de choque.**



### 3.13.3 Entrada-retorno

Este segundo cálculo se refiere a la placa de choque localizada en la entrada-retorno al tanque, es decir en N-6 de ø6 NOM. Se tomara como referencia el cálculo de la placa de choque anterior.

DATOS:

-Brida

$$\phi_{NOM} = 6 \text{ in}$$

$$\phi_{INT} = 6.065 \text{ in}$$

$$\phi_{EXT} = 6.625 \text{ in}$$

$$t = 0.280 \text{ in}$$

-Recipiente

$$\phi_{INT\_REC} = 80 \text{ in}$$

$$H_{pp} = \frac{\phi_{INT}}{4} = \frac{6.065}{4} = 1.5 \text{ in} \quad [38.1 \text{ mm}]$$

$$D_{PL\_CHOQUE} = 1.25\phi_{INT}$$

$$D_{PL\_CHOQUE} = 1.25(6.065) = 7.58 \cong 8 \text{ in} \quad [203.2 \text{ mm}]$$

$$4000 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 27.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad \left[ 0.019 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$$A_{INT} = \frac{\pi\phi_{INT}^2}{4} = \frac{\pi(6.065)^2}{4} = 28.9 \text{ in}^2 \quad [18645.12 \text{ mm}^2]$$

$$F = PA = 27.7(28.9) = 800.53 \text{ lb} \quad [363.87 \text{ Kg}]$$

$$M = F\ell = 800.53(16) = 12808.5 \text{ lb} \cdot \text{in} \quad [147.87 \text{ Kg} \cdot \text{m}]$$

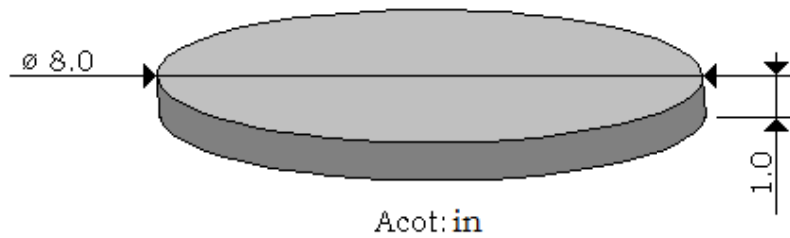
$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$15700 = \frac{12808.5 \left( \frac{t}{2} \right)}{\frac{5t^3}{12}}$$

$$15700 = \frac{12808.5(12)}{10t^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{12(12808.5)}{15700(10)}} = 0.98 \cong 1 \text{ in} \quad [25.4 \text{ mm}]$$

Ver ilustración 3.23 y lista de partes marca 40.



**Ilustración 3.23 Placa de Choque.**

### 3.13.4 Largueros.

Tomando como referencia el cálculo anterior de los largueros se tiene:

$$F = \frac{800.53}{4} = 200.13lb$$

$$A = \frac{P}{S_t} = \frac{200.13}{18000} = 0.011in^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.011)}{\pi}}$$

$$D = 0.11in \cong \frac{3}{16}in$$

$$\phi_{LARGERO} = \frac{3}{16}''$$

$$t_{BRIDA} = 0.280''$$

Diámetro de la soldadura.

$$\phi_{SOLDADURA} = \phi_{LARGERO} - \frac{1}{16}''$$

$$\phi_{SOLDADURA} = \frac{3}{16}'' - \frac{1}{16}'' = \frac{1}{8}'' \quad [3.17 \text{ mm}]$$

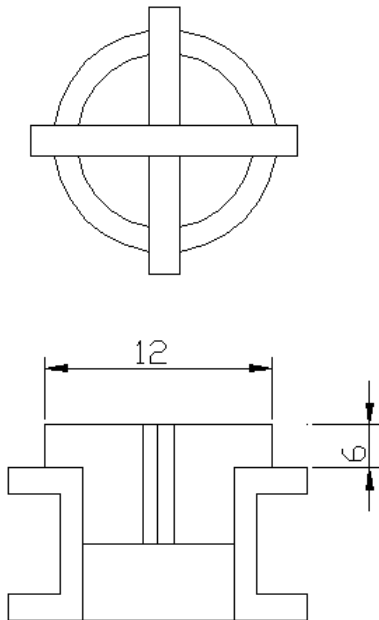
$$d_L = \frac{PL}{AE} = \frac{200.13(1)}{0.011(30 \times 10^6)} = 6 \times 10^{-4} \text{ plg} \quad [0.01 \text{ mm}]$$

Ver lista de partes marca 41.

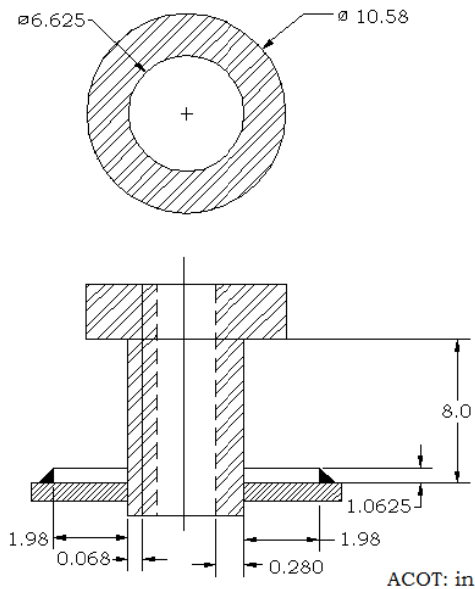


### 3.14 ROMPE REMOLINOS.

Se colocará en la salida del líquido ( $N-8$ ) mostrada en la ilustración 3.25 y en el drenaje ( $N-2$ ), según las opciones revisadas la que mejor conviene es la mostrada en la ilustración 3.24:



**Ilustración 3.24 Rompe remolinos.  
 Salida (Slip-On).**



**Ilustración 3.25 Brida N-8**

Material del tubo de la brida: SA-53-B      Material del recipiente: SA-285-C  
 $S_T = 16100 \text{ Psi}$        $S_T = 15700 \text{ Psi}$   
 Material de la brida SO: SA-181-I       $h = 37 \text{ ft}$   
 $S_T = 60000 \text{ Psi}$        $P_8 = 10.52 \text{ Psi}$

Por lo tanto se fabricarán de desperdicio del cuerpo (PL 10"×12"× $\frac{1}{16}$ " del último cinturón) con las dimensiones siguientes (habilitar en el lugar).

No. De PLS	Dimensiones
4	6 in X 1.5 in X 1/4 in
2	12 in X 1.5 in X 1/4 in

### 3.15 DIQUE DE PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE FLUIDO.

Para este cálculo el diámetro exterior del dique se baso en un 10% del volumen del recipiente, proponiendo el diámetro y calculando la altura.



Tomando como datos el volumen del recipiente igual a 224462.14 ft<sup>3</sup>, el diámetro del recipiente de 80 ft y teniendo un diámetro propuesto de 120 ft. Ver ilustración 3.26.

Calculando el 10% del volumen total y la altura del dique tenemos:

$$V = 224462.14(0.1) = 22446.214 \text{ ft}^3$$

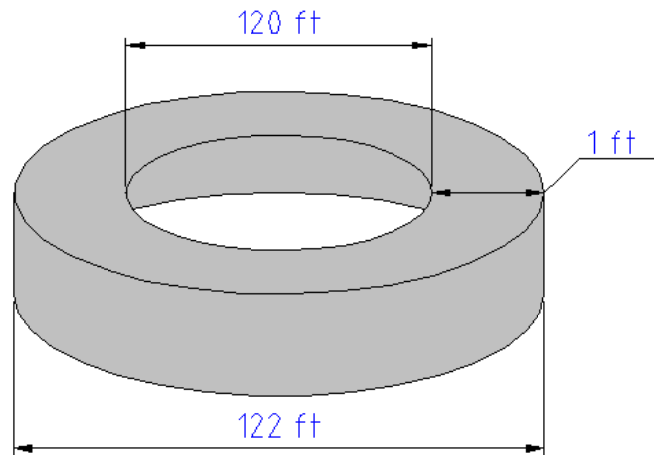
$$V = A.h$$

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$V = \left[ \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \right] h$$

$$h = \frac{4V}{\pi(D^2 - d^2)}$$

$$h = \frac{4(22446.214)}{\pi(120^2 - 80^2)} = 3.57 \cong 4 \text{ ft}$$



**Ilustración 3.26 Dique**

### de Protección.

Calculando el dique como una zapata corrida y tomando para el análisis solo una porción del total de la longitud de la zapata (1m=100cm) debido a que el radio de curvatura es muy amplio, se considera como un segmento lineal.

Datos.

Corona o ancho= 30 cm

P= 26.455 Ton/m<sup>2</sup>

Resistencia del terreno.

Rt= 14 Ton/m<sup>2</sup>

3.15.1 Se escogerá previamente el factor de acero y concreto, en la tabla Constantes de Flexión para Vigas Rectangulares.

$$f_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$j = 0.874$$

$$R = 15.486 \text{ Kg/cm}^2$$

3.15.2 Cálculo la carga total.

$$P_T = P + 10\%P = 26455 \text{ kg} + 0.10(26455 \text{ kg}) = 29100.5 \text{ kg}.$$



3.15.3 Calculo el área de cimentación.

$$A_r = \frac{P_r}{R_r} = \frac{29100.5kg}{14000kg} = 2.07m^2$$

3.15.4 Calculo de la longitud.

De la nota anterior sólo se toma una porción o sea 1 m.

$$L = \frac{A}{1.00m} = \frac{2.07m^2}{1.00m} = 2.07m$$

3.15.5 Calculo del Vuelo.

$$V = \frac{L - C}{2} = \frac{2.07m - 0.30m}{2} = 0.88m$$

3.15.6 Calculo de la carga producida por el esfuerzo flexionante (El peso de la zapata no contribuye a la flexión por lo tanto no se toma en cuenta.)

$$W = \frac{P}{A} = \frac{26455kg}{2.07m} = 12780.19 \frac{kg}{m^2}$$

3.15.7 Cálculo del momento flexionante.

$$M = \frac{W(V^2)}{2} = \frac{12780.19 \frac{kg}{m^2} (0.88^2 m)}{2} = 5032.75Kg - m$$

$$M = 503275.08Kg - cm$$

3.15.8 Calculo del peralte de la Zapata.

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{503275.08Kg - cm}{15.486 \frac{kg}{cm^2} (100cm)}} = 18.87cm \approx 19cm$$

Con fines de cubrir los esfuerzos que se presentan en el cálculo de zapatas se toma el doble del peralte de "d" y tomando que el recubrimiento en zapatas es de 5 cm como mínimo.

$$d'' = 2d = 2(19) = 38cm$$





Peralte total (5 cm de recubrimiento).

$$h = d'' + 5cm = 38cm + 5cm = 43cm$$

3.15.9 Calcula la distancia  $d'$ .

$$d' = V - dt = 0.88m - \frac{43}{100}m = 0.45m$$

3.15.10 Cálculo de cortante en la sección a una distancia  $d'$ .

$$V' = d'W = 0.45m \left( 12780.19 \frac{kg}{m^2} \right) = 5751.08kg$$

3.15.11 Calcula del esfuerzo cortante lineal.

$$v = \frac{V'}{bh} = \frac{5751.08kg}{100cm(43cm)} = 1.337 \frac{kg}{cm^2}$$

3.15.12 Verificación con el esfuerzo admisible

$$v_{adm} = 0.29\sqrt{f'c} = 0.29\sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}} = 4.202499 \frac{kg}{cm^2}$$

❖ Condición importante.

Si:

$$v_{adm} > v$$

$$4.2024 \frac{kg}{cm^2} > 1.6969 \frac{kg}{cm^2}$$

3.15.13 Cálculo del área de acero por esfuerzos flexionantes.

$$A_s = \frac{M}{f' s j d''} = \frac{503275.08kg - cm}{1400 \frac{kg}{cm^2} (0.874)(38cm)} = 11.97cm^2$$

❖ Se propone una varilla del No 6 con las siguientes características.

No de Varilla.	Diámetro nominal (cm)	Área Nominal. (cm <sup>2</sup> )	Perímetro Nominal (cm).
3	0.95	0.71	2.98



3.15.14 Cálculo del número de varillas.

$$No\theta = \frac{As}{as} = \frac{11.97cm^2}{0.71cm^2} = 16.87 \approx 18 \text{ varillas.}$$

Ver lista de parte marca 42.

3.15.15 Cálculo de la separación.

$$S = \frac{100}{No\theta} = \frac{100}{18 \text{ varillas}} = 5.5 \approx 6cm$$

3.15.16 Verificación por adherencia.

$$V'' = VW = 0.88m \left( 12727.27 \frac{kg}{m^2} \right) = 11199.99kg$$

$$\Sigma o = No\theta Perimetro$$

$$\Sigma o = 18 \text{ varillas} (2.98cm) = 53.64cm$$

$$\mu = \frac{V''}{\Sigma ojh} = \frac{11199.99kg}{53.64cm(0.874)(43cm)} = 5.55 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\mu_{adm} = \frac{3.2\sqrt{f'c}}{D} = \frac{3.2\sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}}}{0.95cm^2} = 48.81 \frac{kg}{cm^2}$$

❖ Condición importante sí y sólo sí:

$$\mu_{adm} > \mu$$

3.15.17 Cálculo del área de acero por temperatura.

$$At = 0.002Lh = 0.002(2.07 \times 100cm)(38cm) = 15.79cm^2$$

❖ Se propone una varilla del No 3.

$$No\theta = \frac{At}{as} = \frac{15.78cm^2}{0.71cm^2} = 22.24 \approx 23 \text{ varillas.}$$

3.15.18 Cálculo de la separación.

$$S = \frac{L}{No\theta} = \frac{(2.07 \times 100)cm}{23 \text{ varillas}} = 9 \approx 10cm$$

Ver lista de partes marca 43.



### 3.16 PINTURA.

La Tabla I nos muestra la condición a la que el tanque estará sometido, la preparación recomendada; además, de los espesores y tipos de pintura para cada mano.

De la tabla III se escogió la preparación de la superficie con el número 8, por ser tratamiento químico, cuyas características se encuentran en la misma junto a su número de especificación.

Por último, de la tabla IV, se revisan las características de las pinturas recomendadas en la tabla I, para su aplicación en el tanque con los espesores señalados.

**TABLA I, SISTEMAS DE PINTURA.**

NÚMERO DE SISTEMA SSPC-PS	CONDICIÓN	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE. TABLA III	ESPESOR DE LA PINTURA SECA, MILÉSIMAS				
			1ª mano	2ª mano	3ª mano	4ª mano	Espesor total.
2.01	Superficies de acero expuestas a la intemperie, alta humedad, inmersión poco frecuente en agua fresca o salada o a atmósferas químicas benignas.	6	C (1.5)	C (1.5)	104	104	5.0
2.02				D (1.5)	104 (1.5)	104 (1.0)	4.0
2.03		0		B (1.5)	104 (1.5)	104 (1.0)	4.0
2.04		8		E (1.5)	104	104	3.5

**TABLA III, ESPECIFICACIONES PARA LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.**

REFERENCIA A LA TABLA I	TÍTULO Y OBJETIVO	NÚMERO DE ESPECIFICACIÓN
6	<p><b>LIMPIEZA COMERCIAL CON CHORRO A PRESIÓN</b></p> <p>Eliminación completa de las escamas de laminación, herrumbre, escamas de oxidación, pintura o materia extraña, excepto las sombras, ralladuras o decoloraciones ligeras ocasionadas por la oxidación, el manchado, los óxidos de escamas de laminación y los residuos de pinturas recubrimientos que pueden quedar.</p>	SSPC-SP 6-63
8	<p><b>LIMPIEZA QUÍMICA</b></p> <p>Eliminación completa de las escamas de laminación, herrumbre y escamas de oxidación por reacción química, electrólisis, o por ambos procesos. La superficie debe quedar sin restos de ácido, álcali y lodos que no hayan reaccionado o sean perjudiciales.</p>	SSPC-SP 8-63



TABLA IV PINTURAS.

REFERENCIA A LA TABLA I	MATERIAL	NÚMERO
104	Pintura alquídica blanca o con tinte, tipos I, II, III, IV	104-64 No. 104
B	Tipo II, plomo rojo, óxido de hierro, aceite de linaza mezclado con pigmento y alquídico.	TT-P-86c
C	Tipo III alquídico y plomo rojo.	TT-P-86c
D	Primario; pintura; cromato de zinc, tipo alquídico.	TT-P-645
E	Pintura; base de amarillo de zinc-óxido de hierro premezclado, Tipo II-amarilla, alquídica	MIL-P-15929B

Por lo tanto se pintará el tanque con una preparación de la superficie con SSPC-SP 8-63, para después pintar con:

- SSPC -PS-2.01
- SSPC-PS-2.02
- SSPC-PS-2.03
- SSPC-PS-2.04

Según las características de la tabla I de Sistemas de Pintura mencionada anteriormente.

### 3.17 INSTRUMENTACIÓN.

Después de analizar equipo de instrumentación del catálogo de la empresa MAGNETROL, se propone como equipo de instrumentación un flotador tipo PULSAR de las siguientes características.



**Pulsar™**  
Modelo R95  
Transmisor tipo Radar

El transmisor de nivel por destello de pulsos Pulsar™ es la última generación de transmisores de nivel de líquidos alimentados por corriente de lazo de 24 VDC. Tiene un menor consumo de potencia, tiempo de respuesta más rápido y es más fácil de utilizar que la mayoría de los transmisores tipo radar alimentados por lazo.

El Pulsar está basado en la tecnología de radar por destello de pulsos junto con circuitos de muestreo por tiempo equivalente. Destellos cortos de energía de microonda entre 5,8 y 6,3 GHz son emitidos y reflejados de la superficie del nivel de líquido.



#### PRINCIPIO DE MEDICIÓN:

Funcionamiento no dependiente de variables del proceso (cambios en densidad o dieléctricos no tienen ningún efecto). Frecuencias de operación de 5,8/6,3 GHz ofrecen mejores resultados en aplicaciones difíciles con presencia de vapores densos, espuma y turbulencia. Diseños de antenas con rangos hasta de 20 metros y temperaturas máximas de +204°C). Acople rápido entre electrónica y antena permite mantener el sello del recipiente en todo momento (patente pendiente). Nivel de seguridad SIL -1.

#### Características:

- Funcionamiento no dependiente de variables del proceso (cambios en densidad o dieléctricos no tienen ningún efecto).
- Frecuencias de operación de 5,8/6,3 GHz ofrecen mejores resultados en aplicaciones difíciles con presencia de vapores densos, espuma y turbulencia.
- Diseños de antenas con rangos hasta de 20 metros y temperaturas máximas de +204°C).
- Acople rápido entre electrónica y antena permite mantener el sello del recipiente en todo momento (patente pendiente).
- Nivel de seguridad SIL-1

#### Usos:

- Líquidos y lechadas
- Hidrocarburos y fluidos acuosos (dieléctricos de 1.7 a 100).
- Tanques de almacenamiento y proceso
- Fosas de drenaje y bombeo
- Tanques no-metálicos como de plástico, concreto o forrados de fibra de vidrio

#### Opciones:

- Comunicación digital HART®
- Carcaza eléctrica en 316SS
- Antenas tipo cono de 3", 4" y 6"
- Antenas tipo dieléctrico de polipropileno y Teflón®
- Extensiones de antenas para instalación en boquillas
- Compatible con PACTware™



---

# **CAPÍTULO 4.**

## **PLANOS Y**

# **ESPECIFICACIONES**

---



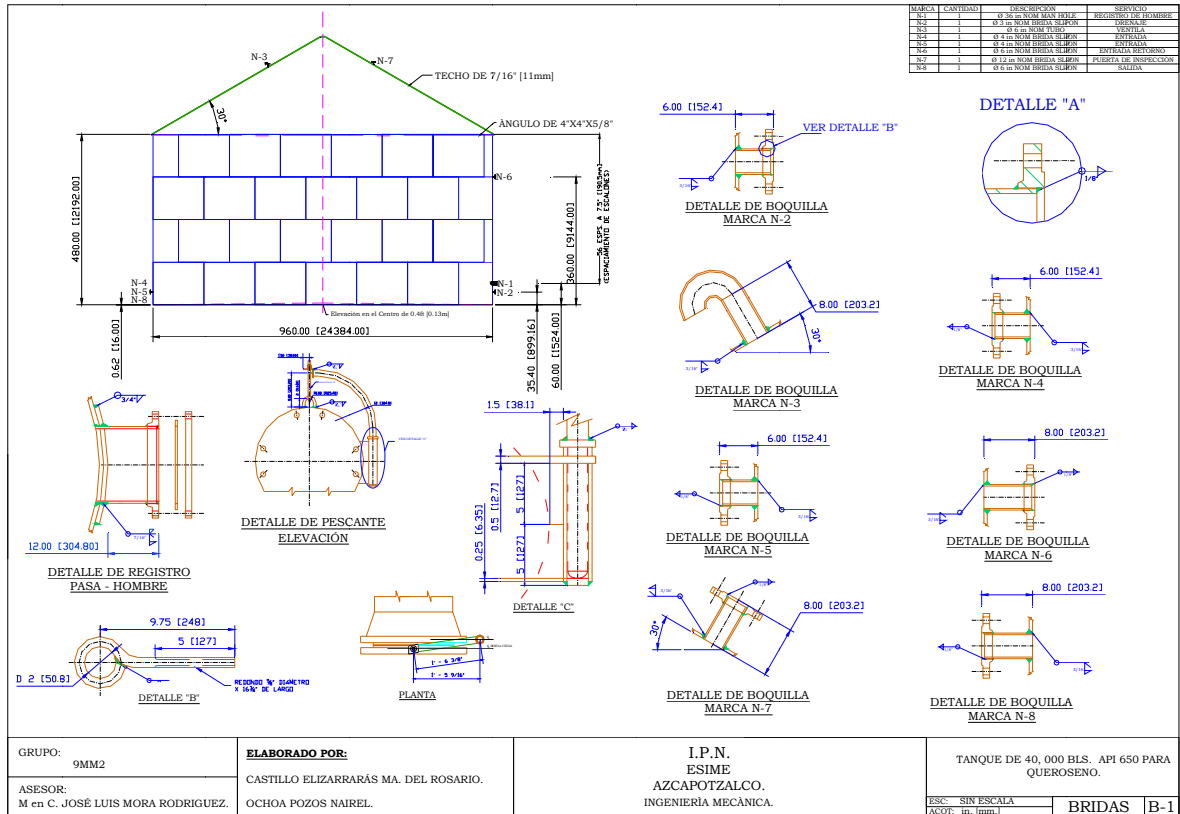
A. LISTA DE PARTES.

MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PORTE	MATERIAL
1	4825	ÁNGULO DE 4 in × 4 in × 5/8 in"	TECHO	SA-36
2	22	PLACA 9/16 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO ROLAR A 80 ft φ <sub>INT</sub>	CUERPO	SA-285 GR. C
3	22	PLACA 7/16 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO ROLAR A 80 ft φ <sub>INT</sub>	CUERPO	SA-285 GR. C
4	22	PLACA 5/16 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO ROLAR A 80 ft φ <sub>INT</sub>	CUERPO	SA-285 GR. C
5	22	PLACA 1/4 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO ROLAR A 80 ft φ <sub>INT</sub>	CUERPO	SA-285 GR. C
6	42	PLACA 9/16 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO	FONDO	SA-285 GR. C
7	49	PLACA 7/16 in ESP. x 10 ft ANCHO x 12 ft LARGO	TECHO	SA-285 GR. C
8	1	BRIDA 36 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	DAVIT N-1	SA-181-I
9	1	BRIDA 36 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.CIEGA	DAVIT N-1	SA-181-I
10	1	TUBO STD. 36 in φ <sub>N</sub> - REF × 12 in	DAVIT N-1	SA- 53 - B
11	1	TUBO STD. 1 - 1/2 in φ <sub>N</sub> REF	DAVIT (BRAZO)	SA - 36
12	1	TUBO STD. 2 in φ <sub>N</sub> REF	DAVIT (CASQUILLO)	SA - 36
13	1	PERNO DE OJO 5/8 in φ VER DETALLE	DAVIT	SAE - 1018
14	1	TUERCA HEXAGONAL 5/8 in φ CUERDA STD.	DAVIT	SA - 194- 2H
15	1	BARRA EN U 5/8 in φ VER DETALLE	DAVIT	SA - 36
16	1	ANILLO 5/8 in VER DETALLE	DAVIT	SA - 36
17	1	PLACA 5/8 in ESP. VER DETALLE	DAVIT	SA - 36
18	1	MANIJA 5/8 in φ VER DETALLE	DAVIT	SA - 36
19	1	TIRANTE VER DETALLE	DAVIT	SA - 36
20	1	BRIDA 3 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	TECHO N-2	SA -181 - I
21	1	TUBO 3 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 6 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	CUELLO N-2	SA- 53 - B
22	1	TUBO 3 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 8 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	TECHO N-3	SA- 53 - B
23	1	BRIDA 4 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	CUERPO N-4	SA -181 - I
24	1	TUBO 4 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 6 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	CUERPO N-4	SA- 53 - B
25	1	BRIDA 4 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	CUERPO N-5	SA -181 - I
26	1	TUBO 4 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 6 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	CUERPO N-5	SA- 53 - B
27	1	BRIDA 6 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	CUERPO N-6	SA -181 - I
28	1	TUBO 6 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 8 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	CUERPO N-6	SA- 53 - B
29	1	BRIDA 12 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	TECHO N-7	SA -181 - I
30	1	TUBO 12 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 8 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	TECHO N-12	SA- 53 - B
31	1	BRIDA 6 in φ <sub>N</sub> - 150 # R.F.S.O	CUERPO N-8	SA -181 - I
32	1	TUBO 6 in φ <sub>N</sub> - CED. 40 x 8 in LARGO AJUSTAR EN TALLER	CUERPO N-8	SA- 53 - B
33	180	IR 10 in × 12 lb/ft	TECHO (COLUMNAS)	SA - 36



MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PARTE	MATERIAL
34	1590	PLACA $\frac{7}{16}$ in ESP. x 1.77 in ANCHO x 7.87 in HABILITAR EN TALLER	TECHO (CARTABÓN)	SA-285 GR. C
35	183	PLACA $\frac{7}{16}$ in ESP. x 3.85 in ANCHO x 4.81 in HABILITAR EN TALLER	FONDO (CARTABÓN)	SA-285 GR. C
36	3668	TORNILLO $\frac{1}{4}$ in $\phi$	TORNILLO CARTABÓN	SAE - 1018
37	3668	TUERCA HEXAGONAL $\frac{1}{4}$ in $\phi$ CUERDA STD.	TORNILLO CARTABÓN	SA - 194- 2H
38	2	PLACA $\frac{3}{4}$ in ESP. x 6 in ANCHO x 18.5 in HABILITAR EN TALLER	PLACA DE CHOQUE N-4 Y N-5	SA-285 GR. C
39	8	REDONDO $\frac{3}{16}$ in $\phi$ X 2 - $\frac{1}{16}$ in LARGO VER DETALLE	PLACA DE CHOQUE N-4 Y N-5	SA - 36
40	1	PLACA 1 in ESP. x 8 in ANCHO x 20 in HABILITAR EN TALLER	PLACA DE CHOQUE N-6	SA-285 GR. C
41	4	REDONDO $\frac{3}{16}$ in $\phi$ X 4 in LARGO VER DETALLE	PLACA DE CHOQUE N-6	SA - 36
42	18	VARILLAS DEL No. 3	DIQUE	SA - 36
43	23	VARILLAS DEL No. 3	DIQUE	SA - 36

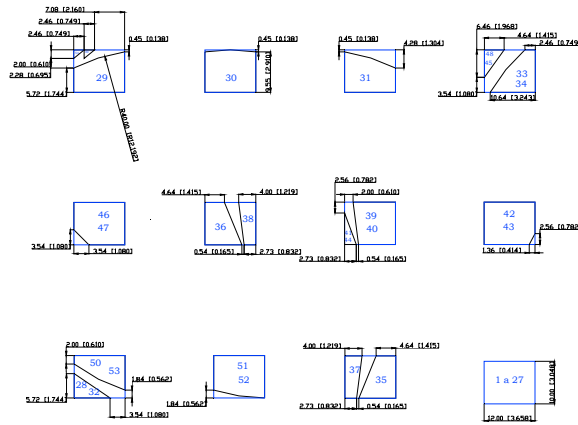
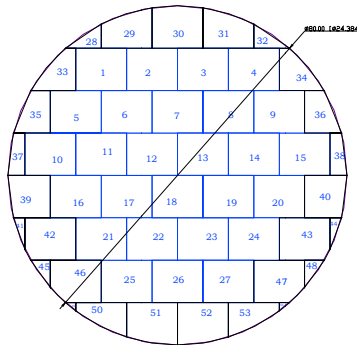




GRUPO: 9MM2	ELABORADO POR: CASTILLO ELIZARRARÁS MA. DEL ROSARIO.	I.P.N. ESIME AZCAPOTZALCO.	TANQUE DE 40,000 BLS. API 650 PARA QUEROSENO.
ASESOR: M en C. JOSÉ LUIS MORA RODRIGUEZ.	OCHOA POZOS NAIREL.	INGENIERIA MECANICA.	ESQ: SIN ESCALA ACOT: in. [mm]

BRIDAS B-1

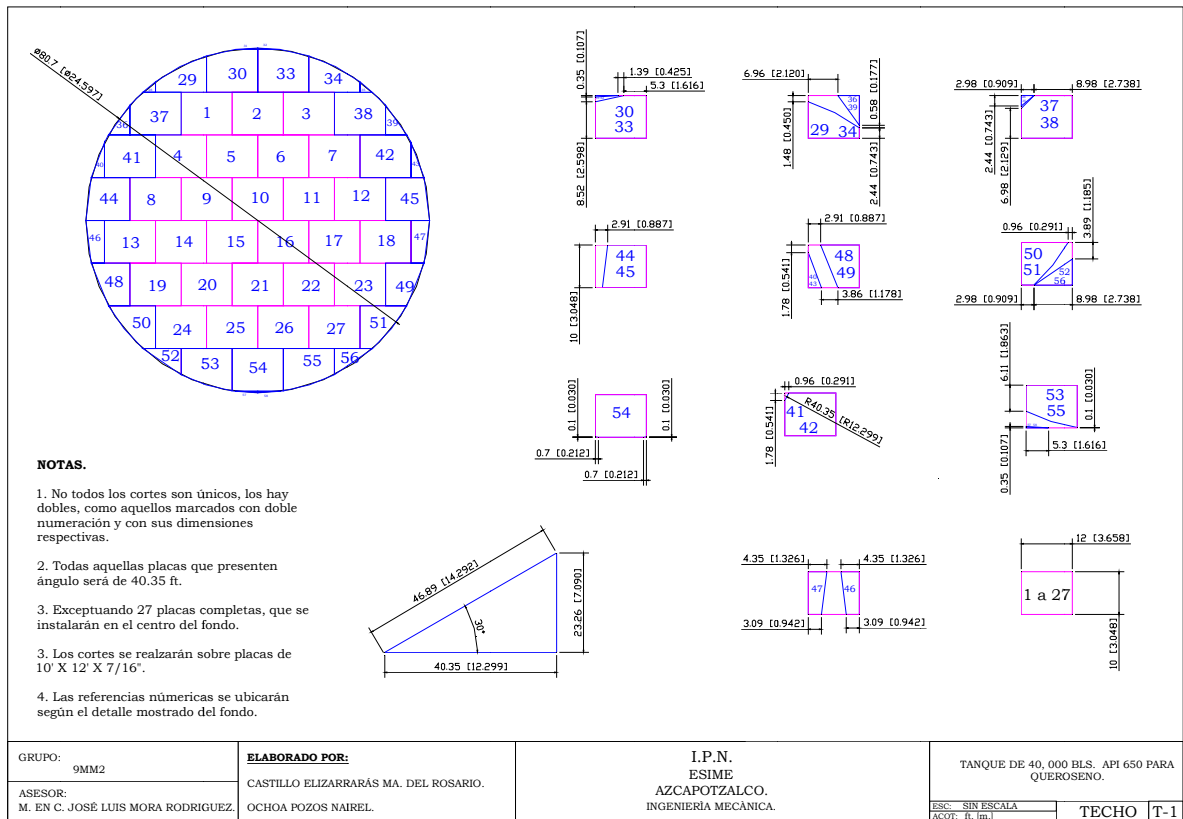


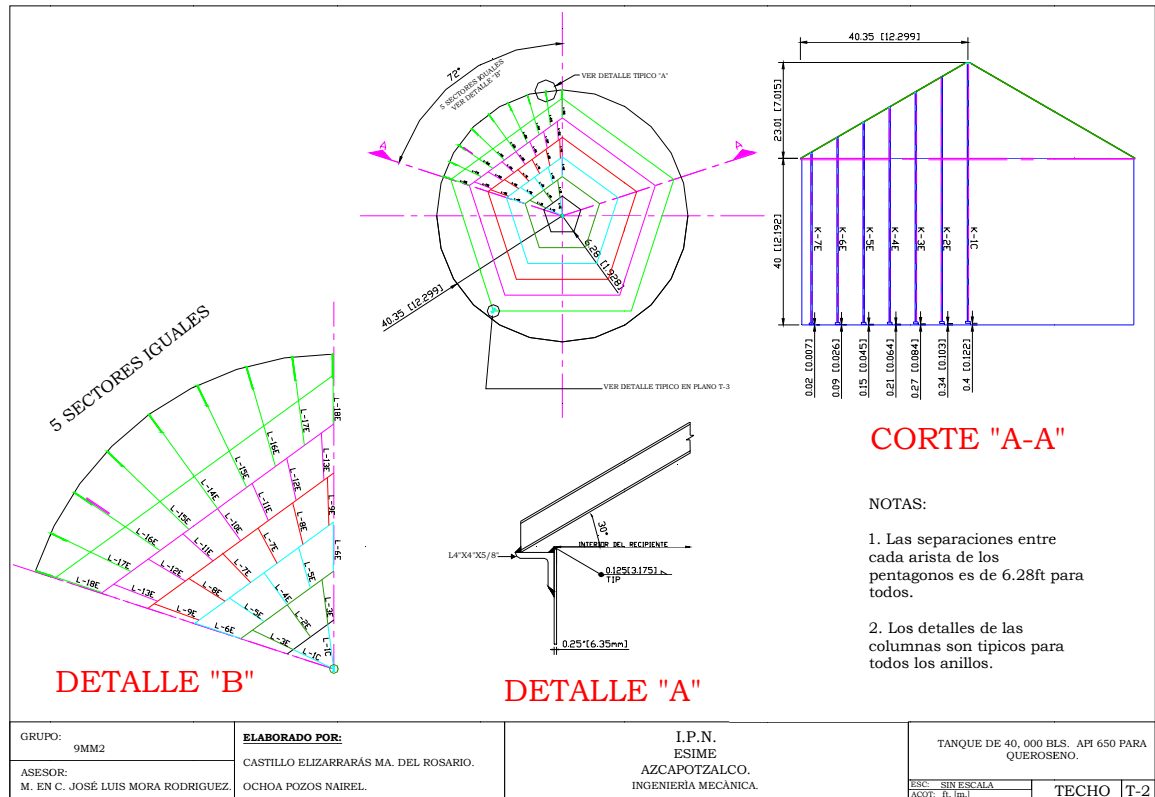


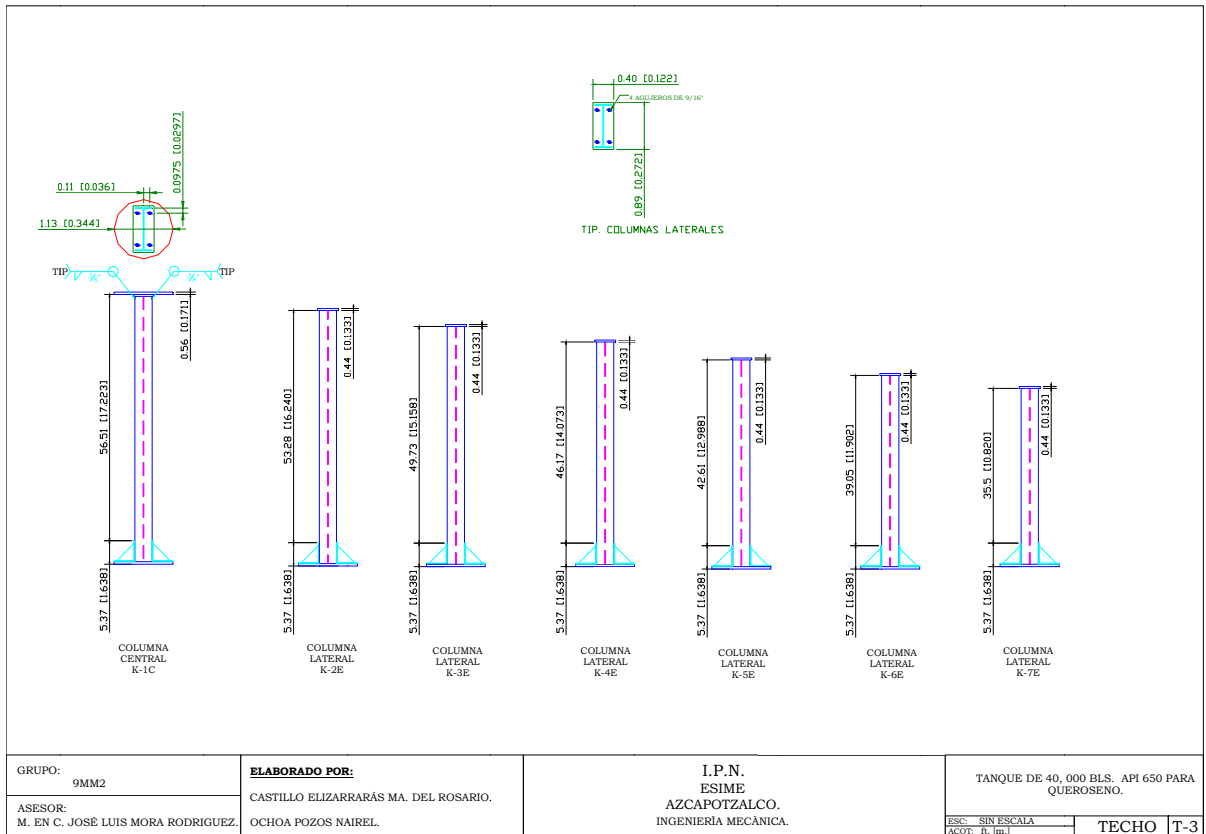
**NOTAS.**

1. No todos los cortes son únicos, los hay dobles, como aquellos marcados con doble numeración y con sus dimensiones respectivas.
2. Todas aquellas placas que presenten ángulo será de 40 ft.
3. Exceptuando 27 placas completas, que se instalarán en el centro del fondo.
3. Los cortes se realizarán sobre placas de 10' X 12' X 9/16".
4. Las referencias numéricas se ubicarán según el detalle mostrado del fondo.

GRUPO: 9MM2	<b>ELABORADO POR:</b> CASTILLO ELIZARRARÁS MA. DEL ROSARIO. OCHOA POZOS NAIREL.	I.P.N. ESIME AZCAPOTZALCO. INGENIERÍA MECÁNICA.	TANQUE DE 40, 000 BLS. API 650 PARA QUEROSENO. ESC: SIN ESCALA ACOF: B. [m.]
ASESOR: M. EN C. JOSÉ LUIS MORA RODRIGUEZ.			FONDO F-1









# CONCLUSIONES.



El tanque diseñado en la presente tesis cumple con las necesidades planteadas al inicio; capacidad para 40, 000 barriles; trabajando bajo los rangos de temperatura especificados sin ningún problema y cumpliendo con las normas bajo las cuales se rigen los tanques de almacenamiento.

Un tanque de almacenamiento siempre será necesario, en nuestro caso, este tanque es totalmente factible, es decir, su construcción puede ser totalmente llevada a cabo en un plano físico por los resultados mostrados en los cálculos.

Al trabajar el diseño del tanque bajo normas utilizadas en el país y en el extranjero, unificamos los resultados, colocando el tanque en competencia con cualquier otro diseño que compañías ya establecidas pudieran diseñar.

En comparación se encontró en Internet diversas páginas que diseñan este tipo de tanques, encontrando que nuestro diseño es aún más completo, pues considera el lugar de localización, pintura y dique de protección en sus cálculos; además de la estructura interna necesaria para su mejor funcionamiento.

Como propuesta de instrumentación se menciona un flotador de base sencilla en su medición. Con la posibilidad de ampliarse hasta flotadores que trabajan en compañía de software especializados. En este caso la compañía MAGNETROL presenta diferentes flotadores en su catálogo en línea. Presentando nosotros para un gasto menor pero de buen funcionamiento el flotador presentado anteriormente.

La optimización del material fue uno de los principales aspectos que se cuidaron en este diseño, mostrando en la lista de materiales las placas a utilizar, pero recordando en este momento, que se pudo utilizar sobrante de cuerpo, fondo y techo para la construcción de placas de choque, rompe remolinos y cartabones.





# BIBLIOGRAFÍA.



- MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN: DISEÑO Y CÁLCULO.  
Maguesy Eugene F.  
Edit. LIMUSA.
  
- MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO.  
Robert H. Perry, Don. W. Green., Jame O. Maloney.  
Edit. Mc. Graw-Hill.
  
- DISEÑO Y CÁLCULO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.  
DYCTA.  
[www.leon.com.mx](http://www.leon.com.mx)
  
- DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN.  
[www.leon.com.mx](http://www.leon.com.mx)
  
- NORMA A.P.I.
  
- CÓDIGO A.S.M.E.



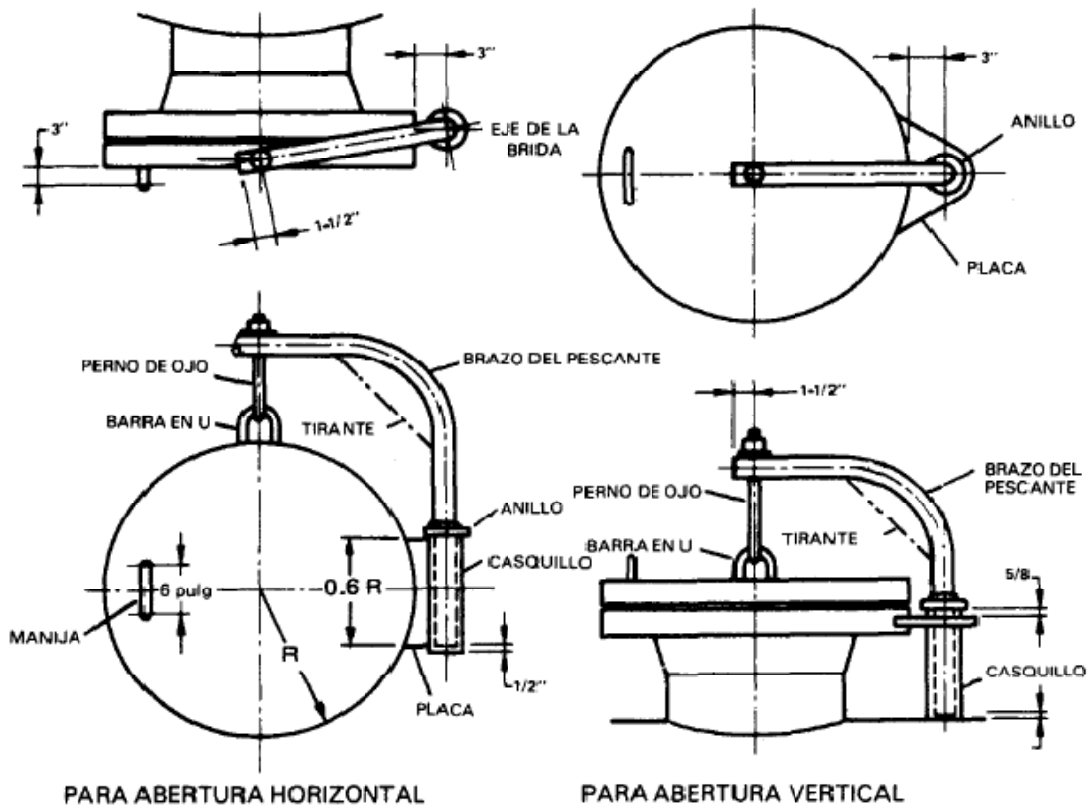
# ANEXOS.



B. TABLAS DE SELECCIÓN DE BRIDAS SEGÚN CÁLCULOS PREVIOS.

TABLA 1. Ø 36 in NOM MAN HOLE.

RANGO DE LA BRIDA	150#
BRAZO	TUBO DE 1/2 in REF.
CASQUILLO	TUBO DE 2 in REF.
PERNO DE OJO	5/8 ø
BARRA EN U	5/8 ø
ANILLO	5/8
PLACA	5/8
MANIJA	5/8 ø
TIRANTE	-----



- NOTAS:
1. Todo el material es acero al carbono
  2. Todas las soldaduras son de filete continuo de 3/8"
  3. Se ha probado el pescante contra deformación excesiva

Ilustración 4.1 Pasa Hombre.



TABLA 2. Ø 3 in NOM. BRIDA SLIP-ON.

<b>Tamaño Nominal del tubo</b>	3	
<b>Ø de perforación</b>	3.57	
<b>Longitud de la campana</b>	1-3/16	
<b>Ø de la campana en la base</b>	4-1/4	
<b>Ø exterior de la brida</b>	7-1/2	
<b>Espesor de la brida</b>	15/16	
<b>Ø exterior de la cara elevada</b>	5	
<b>No de barrenos</b>	4	
<b>Ø de los pernos</b>	5/8	
<b>Círculo de los pernos</b>	6	
<b>Longitud de los pernos</b>	<b>Cara elevada de 1/16</b>	3-3/4
	<b>Junta de anillo</b>	4 -1/4

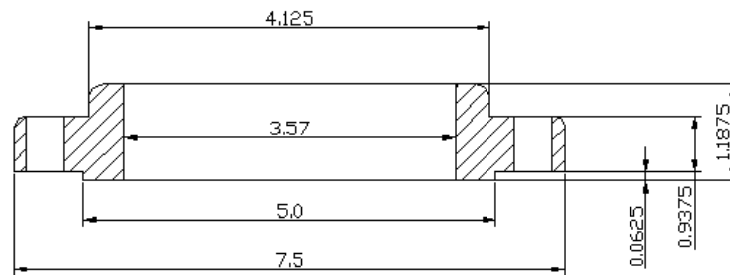


Ilustración 4.2 Brida Ø 3" NOM. Slip-On.



TABLA 3. Ø 4 in NOM BRIDA SLIP-ON.

<b>Tamaño Nominal del tubo</b>	4	
<b>Ø de perforación</b>	4.57	
<b>Longitud de la campana</b>	1-5/16	
<b>Ø de la campana en la base</b>	5-5/16	
<b>Ø exterior de la brida</b>	9	
<b>Espesor de la brida</b>	15/16	
<b>Ø exterior de la cara elevada</b>	6-3/16	
<b>No de barrenos</b>	8	
<b>Ø de los pernos</b>	3/8	
<b>Círculo de los pernos</b>	7-1/2	
<b>Longitud de los pernos</b>	<b>Cara elevada de 1/16</b>	3-3/4
	<b>Junta de anillo</b>	4-1/4

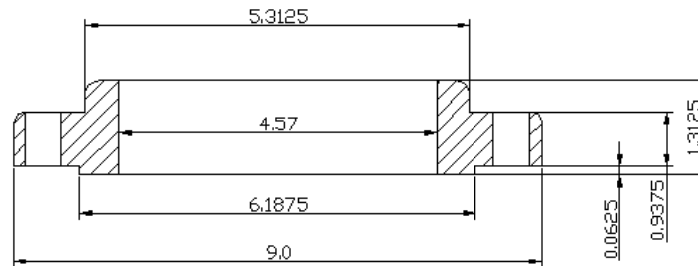


Ilustración 4.3 Brida Ø 4" NOM. Slip-On.



TABLA 4. Ø 6 in NOM BRIDA SLIP-ON.

<b>Tamaño Nominal del tubo</b>	6	
<b>Ø de perforación</b>	6.72	
<b>Longitud de la campana</b>	1-9/16	
<b>Ø de la campana en la base</b>	7-9/16	
<b>Ø exterior de la brida</b>	11	
<b>Espesor de la brida</b>	1	
<b>Ø exterior de la cara elevada</b>	8.5	
<b>No de barrenos</b>	8	
<b>Ø de los pernos</b>	3 / 4	
<b>Círculo de los pernos</b>	9-1/2	
<b>Longitud de los pernos</b>	<b>Cara elevada de 1/16</b>	4
	<b>Junta de anillo</b>	4-1/2

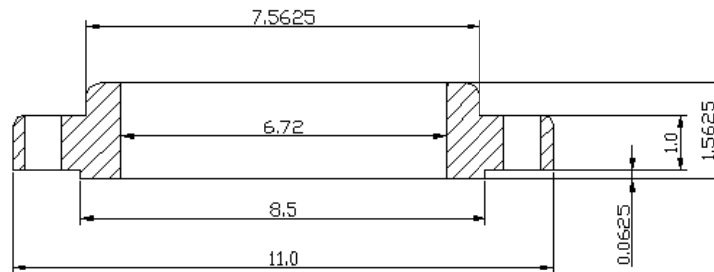


Ilustración 4.4 Brida Ø 6" NOM. Slip-On.



TABLA 5. Ø 12 in NOM BRIDA SLIP-ON.

<b>Tamaño Nominal del tubo</b>	12	
<b>Ø de perforación</b>	12.88	
<b>Longitud de la campana</b>	2-3/16	
<b>Ø de la campana en la base</b>	14-3/8	
<b>Ø exterior de la brida</b>	19	
<b>Espesor de la brida</b>	1-1/4	
<b>Ø exterior de la cara elevada</b>	15	
<b>No de barrenos</b>	12	
<b>Ø de los pernos</b>	7/8	
<b>Círculo de los pernos</b>	17	
<b>Longitud de los pernos</b>	<b>Cara elevada de 1/16</b>	4-3/4
	<b>Junta de anillo</b>	5-1/4

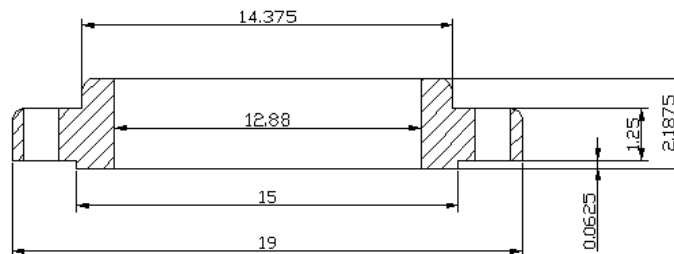


Ilustración 4.5 Brida Ø 12" NOM. Slip-On.





### C. ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
A	Área
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWWA	American Water Works Association
$b_f$	Ancho de Patín
CA	Sobre Espesor por corrosión
Cc	Constante de Columna
cm	Centímetros
CO <sup>2</sup>	Bióxido de Carbono
D	Diámetro del Tanque
DOT	Deapartament of Transpotation
E	Eficiencia de soldadura o Modulo de Elasticidad
F	Fuerza
Fa	Carga Admisible
ft	Pies
ft <sup>3</sup>	Pies cúbicos
ft/s	Pies sobre segundo
G	Gravedad Especifica
gal	Galones
H	Altura del Tanque
I	Momento de Inercia
IMCA	Instituto Mexicano de la Construcción
in	Pulgadas
In <sup>3</sup>	Pulgadas cubicas
km	Kilómetros
KPa	Kilo Pascales
L	Longitud
lb	Libras
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
M	Momento
m/s	Metros sobre segundo
mm	Milímetros
P	Presión de Diseño
PL	Placa
Po	Presión de Operación
Psi	Libras sobre Pulgada cuadrada



---

$r$	Radio
$R_t$	Reacción total, Resistencia del terreno
$R_x$	Reacción en x
$R_y$	Reacción en y
$S$	Esfuerzo
$SR$	Relación de Esbeltez
$t$	Espesor
$T$	Distancia entre curvas de transición
$t_{A1} \dots t_{An}$	Espesores Cinturones Tubular Exchanger Manufacturers
TEMA	Association
$t_w$	Alma
$V$	Volumen, Cortante, Vuelo
$W$	Peso

---



C. ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES EN ACERO AL CARBÓN EN  
FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE TRABAJO

ESPECIFICACIONES		TEMPERATURA DEL METAL (°F)										
NUMERO	GRADO	0	150	200	300	400	500	600	650	700	750	800
SA - 283	C	15.7	15.7	-	-		15.7	15.3	14.8			
SA - 285	C	15.7	-	-	-		15.7	15.3	14.8	14.3	13	10.8
SA - 515	55	15.7	-	-	-		15.7	15.3	14.8	14.3	13	10.8
SA - 515	60	17.1	-	-	-		17.1	16.4	15.8	15.3	13	10.8
SA - 515	65	18.6	-	-	-		18.6	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4
SA - 515	70	20	-	-	-		20	19.4	18.8	18.1	14.8	12
SA - 516	55	15.7	-	-	-		15.7	15.3	14.8	14.3	13	10.8
SA - 516	60	17.1	-	-	-		17.1	16.4	15.8	15.3	13	10.8
SA - 516	65	18.6	-	-	-		18.6	17.9	17.3	16.7	13.9	11.4
SA - 516	70	20	-	-	-		20	19.4	18.8	18.1	14.8	12
SA - 105		20	-	-	-	20	19.6	18.4	17.8	17.2	14.8	12
SA- 181	I	17.1	-	-	-	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13	10.8
SA - 350	LF1	17.1	-	-	-	17.1	16.3	15.3	14.8	14.3	13	10.8
SA - 350	LF2	20	-	-	-	20	19.6	18.4	17.8	17.2	14.8	12
SA - 53	B	17.1	-	-	-					15.6	13	10.8
SA - 106	B	17.1	-	-	-					15.6	13	10.8