



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**"MANUAL PARA EL DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN EN TANQUES
ATMOSFÉRICOS VERTICALES DE CÚPULA FIJA DE 3000
BARRILES API 650 DEL SECTOR MACUSPANA-MUSPAC DE
REFORMA CHIAPAS"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

RICARDO DIEGO SÁNCHEZ

ASESOR DE TESIS:

ING. RAÚL ORTEGA DANTES

COATZACOALCOS, VER.

ENERO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

“A Dios por haberme
Prestado Vida para llegar a
Este momento.”

“A la empresa CIESSA
Por haberme brindado su
Confianza para poder ejercerme
Como profesionista.”

“A todos los maestros que
Me ayudaron en mi preparación
Profesional.”

DEDICATORIA

“A mis padres por haber creído
En mí y me sacaron adelante
Dándome dignos ejemplos de superación.”

“Para todos los que fueron mis
Compañeros de clase durante la universidad
Que me impulsaron a seguir adelante con mis
Estudios profesionales.”

“Al Creador de la vida padre de todos nosotros
Que a pesar de lo que somos aun así sigue creyendo
En que encontraremos la paz.”

FRASES

La inteligencia consiste no sólo
En el conocimiento sino también
En la destreza de aplicar los
Conocimientos en la práctica.

“Aristóteles”

Cuando se nos otorga la enseñanza
Se debe percibir como un valioso regalo
Y no como una dura tarea.
Aquí la diferencia de lo trascendente.

“Albert Einstein”

El éxito no es para siempre y el fracaso
No es el final lo que cuenta es el valor de
Seguir adelante.

Thomas Alba Edison”

PENSAMIENTOS

Puedo concebir a un hombre sin pies
Sin manos sin cabeza. Pero no puedo
Concebir al hombre sin pensamiento.
¡Seria una piedra o un bruto.!

“Blaise Pascal”

Si amas la vida economiza
El tiempo porque de tiempo
Se compone la vida.

“Benjamín Franklin”

Un optimista ve una oportunidad
En toda calamidad un pesimista ve
Una calamidad en toda oportunidad

“Winston Churchill”

TEMA

"MANUAL PARA EL DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN EN TANQUES
ATMOSFÉRICOS VERTICALES DE CÚPULA FIJA DE 3000 BARRILES API 650
DEL SECTOR MACUSPANA-MUSPAC DE REFORMA CHIAPAS"

HIPÓTESIS

¿LA ELABORACIÓN DE UN MANUAL AYUDARA EN EL DISEÑO DE
CONSTRUCCIÓN DE TANQUES ATMOSFÉRICOS VERTICALES DE CÚPULA
FIJA SEGÚN LA NORMA API 650?

JUSTIFICACIÓN

Debido a los trabajos presentados en la región de Reforma Chiapas en el diseño y creación de tanques de almacenamiento de cúpula fija, Pemex se ve en la necesidad de reparar y construir nuevos tanques atmosféricos de cúpula fija que cumplan con los estándares de calidad basado a normas de referencia y códigos. De acuerdo con el código **API 650 y 653 (American Petroleum Institute)** son los más aceptables en el uso correcto de las normas de referencia (NRF-113-PEMEX-2007).

Por eso los tanques de almacenamiento deben ser diseñados con un grado de seguridad adecuado para evitar riesgos que pongan en peligro la vida humana y la seguridad industrial, que se encuentren alrededor. Por este motivo el presente trabajo se realiza para proporcionar informe sobre el diseño de estas estructuras, para que los interesados conozcan la importancia que debe presentarse en el diseño en zonas industriales.

Objetivo general:

Proporcionar un diseño de construcción y así mismo evitar riesgos al trabajador y la salud, de un tanque de almacenamiento cilíndrico vertical de cúpula fija de acuerdo a la norma API 650 con referencia para estandarizarse en la NRF-PEMEX.2007 de petróleos mexicanos.

Objetivos específicos:

- Recopilar la información sobre el diseño de los tanques de almacenamiento de cúpula fija partiendo de la norma API 650.
- Hacer referencia a las normas más importantes en el diseño de tanques atmosféricos de cúpula fija que existen en nuestro país y nivel internacional.
- Diferenciar e identificar los tipos de tanque de almacenamiento que se diseñen debido al producto que contengan.
- Propuesta de dimensionamiento de las partes importantes que conformen los tanques de almacenamiento.
- Presupuestar el diseño propuesto del tanque de almacenamiento.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I GENERALIDADES	3
1.1 Recipientes a presión.	4
1.2 Clasificación de los tanques de almacenamientos cilíndricos verticales.	6
1.3 Soldadura en el tanque de almacenamiento.	8
1.4 Tipos de uniones y sus definiciones.	14
1.5 Tipos de inspección en el tanque de almacenamiento.	16
CAPITULO II CARACTERÍSTICAS QUE CONSTITUYEN AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	20
2.1 Planteamiento del problema.	21
2.2 Características del tanque.	22
2.3 Materiales para la fabricación de un tanque de almacenamiento.	33
CAPITULO III ESTUDIO DE PRODUCTO ALMACENAR	36
3.1 Tipo de fluido.	37
3.2 Propiedades físicas y químicas de los fluidos.	37
3.3 Comportamiento de los fluidos.	40
3.4 Fuerza sobre superficie.	40
3.5 Descripción del fluido a almacenar (Aceite Crudo).	43

CAPITULO IV DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CAPACIDAD 3 000 BARRILES	45
4.1 Planeación de cálculo de materiales a utilizar para la fabricación del tanque.	46
4.2 Cálculo de materiales para la capacidad del tanque.	50
4.3 Calificación del personal que se debe emplear para la fabricación del tanque atmosférico.	51
4.4 Procedimiento de construcción.	53
4.5 Costo de la construcción del tanque.	76
Conclusión.	88
Bibliografía.	89
Siglas.	90
Glosario.	92
Anexo.	94

Introducción

En el ámbito de la ingeniería, se conoce con el nombre de estructura a toda construcción destinada a soportar su propio peso y la presencia de acciones exteriores como es la fuerza de la naturaleza lluvias, vientos, sismos calor etc. Sin que estas sufra un cambio en su funcionalidad para la que fue diseñada.

Dentro de las estructuras podemos considerar un recipiente a presión interna, esta estructura son concretadas con la finalidad de almacenar diferentes tipos de fluidos como por ejemplo agua, los hidrocarburos, petróleo, crudo refinado, y sobre todo los que son creados con la finalidad de soportar grandes concentraciones de presión que son originados por el líquido que ocupa su volumen, y por los factores climatológicos que operan dentro de la región.

Las construcciones y diseños de recipientes a presión internas, son conocidas generalmente en la industria petrolera, como el caso de la empresa más importante que tiene nuestro país PEMEX esta es una empresa que más construye tanques de almacenamiento ya que sus hidrocarburos almacenar exige esa demanda de ellos.

El diseño de recipientes a presión es algo muy complejo y además el estudio es demasiado amplio por que en el intervienen diferentes ramas de la ingeniería como: Física, química, instrumentación, biología etc.

El presente trabajo menciona la clasificación de los recipientes a presión, pero solo se limita a mencionar, recipientes de forma cilíndrica, como en los tanques de almacenamiento verticales de cúpula fija.

Este trabajo se maneja lo que son las generalidades de los tanques de almacenamiento así como también conocerán los diferentes tipos de tanques verticales que existen dentro del API 650. Las partes que constituyen a un tanque con lo más mínimo que debe cumplir en los estándares de calidad para la

construcción de un tanque de almacenamiento. Conoceremos los estudios del fluido que nuestro tanque de almacenamiento tendrá como destino final.

CAPITULO I

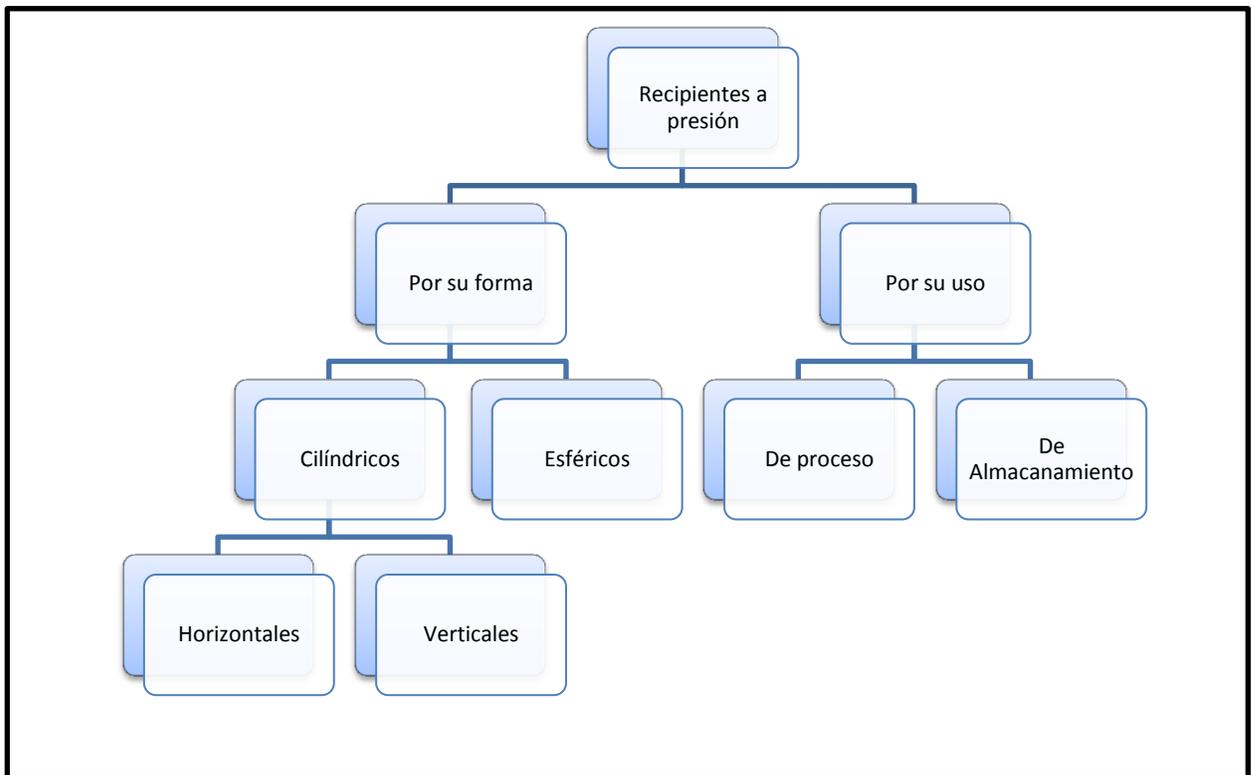
GENERALIDADES

1.1. Recipientes a presión:

Se considera como recipiente ó dispositivos a presión cualquier objeto cerrado que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica ya sea a presión interna o presión externa, independientemente de su forma y dimensiones

1.1.1 Clasificación de recipientes a presión:

Existen diferentes tipos de recipientes a presión, pero generalmente son clasificados de la siguiente manera en el organigrama 1:



Organigrama 1 Descripción de los recipientes a presión

1.1.2 Recipientes a presión por su uso:

Por su uso los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso. Los recipientes de almacenamiento también son llamados tanques ó depósitos, cuya función principal se usa para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización ya sea como

almacenamiento inicial, intermedio ó final de proceso. Estos tanques, de acuerdo a su servicio son conocidos como tanques acumuladores. Los recipientes a presión de proceso tienen múltiples y muy variados usos entre ellos podemos citar los cambiadores de control, reactores, torres, fraccionadoras, torres de destilación.

1.1.3 Por su forma:

Por su forma los podemos dividir en recipientes cilíndricos y recipientes esféricos:

a) Los recipientes cilíndricos generalmente son divididos en dos tipos: tanques cilíndricos horizontales y tanques cilíndricos verticales de fondo plano:

I. Los tanques cilíndricos Horizontales, generalmente son volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general se usan para almacenar volúmenes pequeños.

II. Los tanques Cilíndricos verticales de fondo.

b) Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes de fluido a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión, esta sería la forma más idónea para almacenar fluidos a presión, sin embargo la fabricación de éste tipo de recipientes es mucho más cara en comparación con los recipientes cilíndricos. Éste tipo de tanques generalmente en la industria del petróleo es utilizado para productos gaseosos, como amoniaco, gas butano, isopropanos, etc. Entre otros. Debido a su forma la presión se distribuye excelentemente en todo su valor.

1.1.4 Tanques cilíndricos verticales:

Es un depósito que contiene presiones internas y externas, cuyas funciones de operación estén dentro de más ó menos unas cuantas libras sobre pie cuadrado $\frac{lb}{ft^2}$ de presión atmosféricas, generalmente está cerca de los $14 \frac{Kg}{cm^2}$

La principal función de estos tanques es contener una reserva suficiente de algún producto petrolífero para su uso posterior y/o comercialización. Sirve como un depósito inicial intermedio ó final del proceso por donde circula el fluido, estos tanques son los más utilizados en los complejos petroquímicos debido a su factibilidad de construcción así como se pueden almacenar grandes barriles de capacidad y el costo de construcción y reparación es bajo comparado con los otros tanques de almacenamiento.

1.2 Clasificación de los tanques de almacenamientos cilíndricos verticales:

Existen una variedad de tanques de almacenamiento y son llamados de acuerdo al tipo de techo y material con los cuales son diseñados, dentro de esta diversidad se pueden mencionar los siguientes tanques más importantes y que generalmente son los más construidos:

1.2.1 Tanques elevados:

Éste tipo de depósitos pueden proporcionar un flujo elevado (como se muestra en figura 1), según las necesidades de la población, siempre y cuando la capacidad de bombeo no sean superior a la de flujo promedio del sistema, éste tipo de tanques no necesitan bombas para poder llegar el fluido a su destino. Debido a la presión que se obtiene por su altura sobre el nivel de terreno, generalmente es usado para la distribución de agua potable en las comunidades, ya que sirven como medio de depósito y distribución hacia un determinado lugar.



Figura 1. Ejemplo de Tanque elevado

1.2.2 Tanques abiertos:

Estos tipos de depósitos se emplean para almacenar materiales que no son susceptibles de daños por agentes atmosféricos (como se muestra en la figura 2), como agua, vientos clima ó contaminación atmosférica. Generalmente éste tipo de tanques almacenan fluidos como el agua, agua residual, agua para contraincendios de diversas capacidades.



Figura 2. Ejemplo de Tanque abierto.

1.2.3 Tanques a presión:

Tanques a presión presentan techos con cúpula escalonada (como se aprecia en la figura 3) y son denominados así, debido a que sus presiones son internas ó manométricas, en éste tipo de tanque se debe de tener mucho cuidado cuando se diseña, ya que las fuerzas hidrostáticas que presenta en su interior en ocasiones impactan en el techo y esta se transmiten al cuerpo, provocando un colapso de la estructura. Por lo tanto éste tipo de tanques deberá tener un espesor idóneo en el cuerpo que lo conforma, para resistir las fuerzas, si no es así la fuerza ascendente que actúa sobre el cuerpo del tanque, originaria una catástrofe. Por eso para evitar éste tipo de problemas, debe contar con una buena cimentación y un sistema de anclas para que ni se colapse y provoque daño alguno.



Figura 3. Ejemplo Tanque a presión cúpula fija

1.3 Soldadura en el tanque de almacenamiento:

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales ó termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal ó plástico), para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, ó por sí

misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés **soldering**) y la soldadura fuerte (en inglés **brazing**), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

1.3.1. Ventajas de la soldadura:

1. La primera ventaja de la soldadura está en el área de la economía, por que el uso de la soldadura permite grandes ahorros en el peso del acero utilizado. Las estructuras soldadas permiten eliminar un gran porcentaje de las placas de unión y de empalme tan necesarias en la estructura remachadas ó atornilladas, en algunas estructuras es posible ahorrar un considerable porcentaje de acero con el uso de la soldadura.
2. La soldadura tiene una zona de aplicación mayor que los remaches ó los tornillos. Una conexión remachada ó atornillada pueden resultar imposible, en lugares de poca área, pero una conexión soldada presentara pocas dificultades. Por espacio que la soldadura ocupa en la estructura
3. Las estructuras soldadas son más rígidas, por que los miembros por lo general están soldados directamente uno a otro las conexiones con remaches ó tornillos se realizan a menudo a través de ángulos de conexión ó placas que se forman debido a la transferencia de carga, haciendo más flexible la estructura completa. Pero también hay que presentar atención si se quiere éste movimiento en la estructura y no realizar una estructura muy rígida.
4. El proceso de fusionar las partes por unir, hace a las estructuras realmente continuas. Esto se traduce en la construcción de una sola pieza y puesto que las juntas soldadas son tan fuertes ó más que el metal base, esta ventaja de la continuidad ha permitido la erección de un sinfín de estructuras de acero estáticamente indeterminada, esbelta en todo el mundo.
5. Resulta más fácil realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje y a menor costo.

1.3.2 Tipos de proceso de soldadura:

Procesos precalificados con los WPS, **SMAW**, **SAW**, **GMAW** se deben considerarse como precalificados y por lo tanto son aprobados para su uso sin llevar a cabo ensayos de calificación de **WPS** para el proceso. Para la precalificación del WPS debe requerirse la conformidad con todas las provisiones aplicables.

Relación:	Metal(es) Base:	Relación de resistencia de metal de aporte requerida:
De la misma resistencia	Cualquier acero a sí mismo ó cualquier acero a otro en el mismo grupo	Cualquier metal de aporte enlistado en el mismo grupo
	Cualquier acero en un grupo a cualquier acero en otro	Cualquier metal de aporte enlistado para cualquiera un grupo de menor resistencia. Los electrodos SMAW deben ser calificados de bajo hidrógeno
De resistencia menor	Cualquier acero en cualquier acero en cualquier grupo	Cualquier metal de aporte enlistado en el grupo de resistencia de bajo del grupo menor de resistencia. Los electrodos SMAW deben ser calificados de bajo hidrógeno

Tabla 1. Combinaciones de metal base y metal de aporte

1.3.3 SMAW Shield Metal-Arc Welding (Soldadura de arco metálico protegido):

La característica más importante de la soldadura con electrodos revestidos, en inglés Shield Metal Arc Welding (SMAW ver figura 4) ó Manual Metal Arc Welding (MMAW), es que el arco eléctrico se produce entre la pieza y un electrodo metálico recubierto. El recubrimiento protege el interior del electrodo hasta el momento de la fusión. Con el calor del arco, el extremo del electrodo se funde y se quema el recubrimiento, de modo que se obtiene la atmósfera adecuada para que se produzca la transferencia de metal fundido desde el núcleo del electrodo hasta el baño de fusión en el material base. Además, los aceros AWS en soldadura sirven para soldaduras de baja resistencia y muy fuertes. Éstas gotas de metal fundido caen recubiertas de escoria fundida procedente de la fusión del recubrimiento del arco. La escoria flota en la superficie y forma, por encima del cordón de soldadura, una capa protectora del metal fundido.

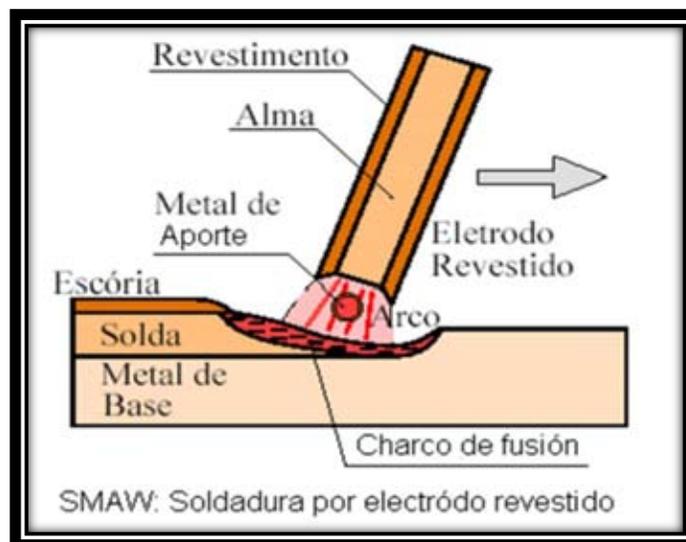


Figura 4. Descripción del proceso de soldadura

1.3.4 Materiales de aporte para la soldadura Proceso SMAW:

Los materiales de aporte son los electrodos, la varilla alambre. Técnicamente según la norma **API (American Petroleum Institute)**, es muy difícil especificar qué tipo de aporte se deberá recurrir, debido a la marca y proceso que se emplean al soldar. Pero generalmente en la construcción del tanque de almacenamiento, que el diseño requiera, ya que éste material está constituido por un núcleo y por un revestimiento, químico, el núcleo es una varilla metálica con una definida composición química, para cada material que está definida el electrodo, los diversos elementos que componen el núcleo como el hierro, el carbono, manganeso, silicio, fosforo, azufre, y otros proporcionan diferentes propiedades a las juntas soldadas. El revestimiento que se encuentra alrededor del núcleo esta definido químicamente por el tipo de electrodo a utilizar.

1.3.5 Nomenclatura de los electrodos:

Los electrodos para la soldadura por arco protegido se designan como E60XX, E70XX. En éste sistema de clasificación (como se muestra en la tabla 2) la letra E significa Electrodo Y los dos primero Dígitos como 60, 70, 80, 90, indican la resistencia mínima de la resistencia de la soldadura en KSI. Los dígitos restantes especifican el tipo de recubrimiento. Así como el penúltimo especifica el tipo de corriente y polaridad necesaria para poder efectuar la soldadura.

Para la construcción de los tanques de almacenamiento los electrodos como E70XX, E80XX son los más usuales ya que los electrodos E70 Se usan para aceros como valores de F_y de entre 36 Y 60 Ksi Mientras los E80 se Usan cuando $F_y=65$ Ksi Identificación de electrodos para el proceso SMAW para aceros al carbón por AWS.

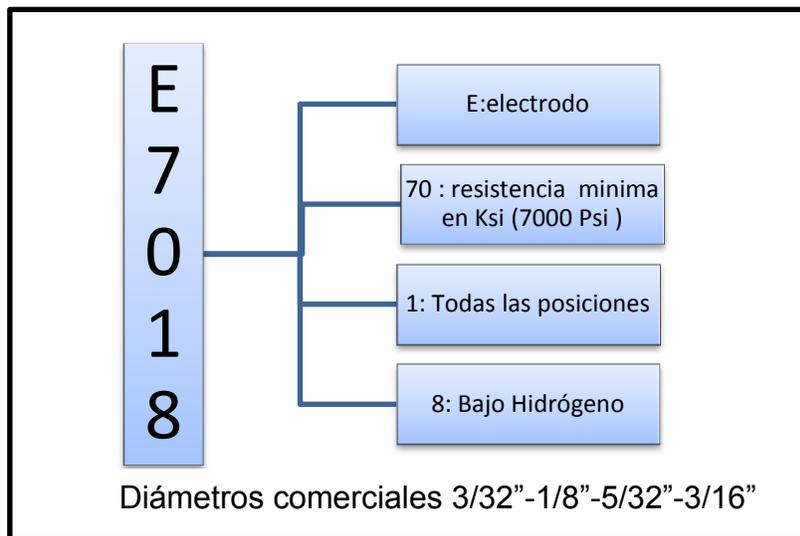


Tabla 2. Descripción de los electrodos y su clasificación

Como se muestra en la siguiente tabla 3 la clasificación de los electrodos para el proceso SMAW los electrodos tienen una especificación y una característica.

Tabla. 3 Clasificación de los electrodos según la AWS

Clasificación AWS:	Tipos de revestimiento:	Posiciones de soldeo según AWS:	Corriente electrónica:
E6010 E6011	Alta celulosa, sodio, potasio	P,V,SC,H.	Cc(+), Ca o Cc(+)
E6012 E6013	Alto titanio, sodio, potasio	P,V,SC,H.	Ca Cc(-) Ca Cc(+) o Cc
E6020	Alto óxido de hierro	FILETE HORIZONTALES P,	Ca Cc(-) Ca,Cc(+)
E7014 E7015	Hierro en polvo titanio bajo hidrógeno ,sodio	P,V,SC,H.	Ca Cc(+) o Cc(-) o Cc(+)
E7016 E7018	Bajo hidrógeno,potasio hierro en polvo	P,V,SC,H.	Ca o Cc(+) Ca o Cc(+)

Clasificación AWS:	Tipos de revestimiento:	Posiciones de soldeo según AWS:	Corriente electrónica:
E7018M E7024	Bajo hidrógeno, potasio hierro en polvo, titanio	P,V,SC,H. P FILETE ,HOR P	Cc (+), Ca, Cc(+) o Cc(-)
E7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	FILEHORIZONTALES, P	Ca, Cc (-) Ca, Cc(+) o Cc (-)
E7028	Polvo de hierro, bajo hidrógeno	P,FILETES HORIZONTALES	Ca o Cc (+)
E7048	Potasio al bajo hidrógeno, polvo de hidrógeno	P,V,SC,H	Ca o Cc (+)

Las posiciones de la soldadura son:

- P = Plana
- SC = Sobre Cabeza
- V = Vertical
- Ca = Corriente alterna
- Cc = Corriente continua
- (+) = Positivo
- (-) = Negativo

En las posiciones verticales y sobre cabeza solo se puede emplear electrodos de 3/16" y menores excepto en el caso de los electrodos E7015-E7015-E7016-E7018 donde únicamente se puede usar electrodos de 5/32" y menores.

1.4 Tipos de uniones y sus definiciones:

- a) **Uniones a tope doblemente de soldar:** unión entre dos partes terminales que se encuentran aproximadamente en el mismo plano y son soldados por ambos lados.
- b) **Uniones a tope y soldadura simple y respaldo:** una unión entre dos partes terminales que se encuentran aproximadamente en el mismo plano, soldados

por un lado solamente el uso una platina barra u otro material adecuado de respaldo.

- c) **Unión traslapada de soldadura simple:** una unión entre dos elementos superpuestos en la cual el borde superpuesto de uno de los elementos es soldado con una soldadura de filete.
- d) **Soldadura a tope:** una soldadura localizada en una ranura de los extremos de 2 elementos las carearas pueden ser cuadradas, V (simple o doble o u simple u doble o de simple bisel).
- e) **Soldadura de filete:** una soldadura localizada de una sección recta aproximadamente triangular, uniendo 2 superficies que se encuentran aproximadamente en ángulo recto entre sí como una unión de traslape unión T ó junta de esquina.
- f) **Soldadura de filete completo:** una soldadura de filete cuyo tamaño es igual al espesor de la plancha más delgada que se está uniendo.
- g) **Soldadura por puntos ó provisional:** una soldadura efectuada para sujetar las partes de un elemento soldado hasta que se realice la soldadura final.
- h) **Tamaño de soldadura:** los tamaños de soldadura deberán basarse en las siguientes dimensiones.
- i) **Soldadura de ranura:** la penetración de la unión (profundidad de rebaje más la raíz de la penetración cuando se especifica).
- j) **Soldadura de filete;** para la soldadura de filete de catetos iguales el tamaño del cateto del triángulo rectángulo isósceles más grande que pueden inscribirse en la acción recta riel cordón. Para la soldadura de filete de lados

desiguales de cateto mayor del mayor triángulo rectángulo dentro de la sección del cordón recto.

1.5 Tipos de inspección en el tanque de almacenamiento:

Las inspecciones en el tanque de almacenamiento son suma importancia, ya que a través de esta se puede comprobar si la construcción fue la correcta ó lo que se tendrá que reparar. Pero cuando se siguen los procedimientos establecidos por AWS ASME Y AISC para inspección de tanques y cuando se utilizan los servicios de buenos soldadores que previamente hayan demostrado su habilidad es probable que se obtengan buenos resultados; sin embargo la seguridad total se tendrá cuando se utilicen inspectores capaces, calificados y por pruebas como las que a continuación se presentan.

1.5.1 Inspección visual:

Un factor que ayudará a los soldadores a realizar un mejor trabajo, es la presencia de un inspector de soldadura, ya que el tiene la facultad para decidir si la soldadura es valida para una futuro **END (Ensayos No Destructivos)**. Para hacer un buen inspector, es conveniente que haya soldado y a su vez tenga certificaciones en la soldadura. Dedicado el tiempo necesario a observar el trabajo de buenos soldadores. A partir de esta experiencia será capaz de saber si un soldador está logrando la función y penetración satisfactoria. También debe reconocer buenas soldaduras en su forma, dimensiones y apariencias generales. Por ejemplo el metal en una buena soldadura se aproxima a su color original después de enfriarse. Se ha calentado demasiado tendrá un tono de apariencia rojiza. Es éste parte de la inspección visual debemos apegarnos al código ASMA sección V.

La inspección visual de un hombre capaz, probablemente dará una indicación de calidad de las soldaduras, pero no es fuente de información perfecta por lo que hace a la condición interior de la soldadura. Es seguramente el método de inspección más económico y es particularmente útil para la soldadura de un solo pase. Sin embargo, éste método es solo bueno para detectar imperfecciones superficiales existen métodos para determinar la calidad interna ó sanidad de una soldadura. Estos

métodos incluyen: pinturas penetrantes y partículas magnéticas ensayos con ultrasonido y procedimientos radiográficos, permiten descubrir defectos internos tales como porosidades, falta de fusión ó presencia de escorias.

1.5.2 Inspección por líquidos penetrantes (PT):

Diversos tipos de tintas penetrantes (ver figura 5) pueden usarse sobre la superficie de soldadura; éstas tintas ó líquidos penetrantes en su defecto como grietas que se encuentren en la superficie y sean poco visibles: después de que las tintas han penetrado en las grietas, se limpian el exceso de ésta y aplica un polvo absorbente, el cual hará que la tinta salga a la superficie y revelará la existencia de la grieta, delineándola en forma visible al ojo humano. Apegarse al código **ASME sección V y AWS D1.**



Figura 5. Líquidos penetrantes Tipo II Método C

1.5.3 Inspección por ultrasónicas a soldaduras (UT):

En años recientes la industria del acero ha aplicado el ultrasonido como se muestra en la figura 6. La manufactura del acero; si bien el equipo es costoso, el método es bastante útil también en la inspección de soldadura. Las ondas sónicas se envían a través del material que va a probarse y reflejan desde el lado opuesto de éste: la onda refleja se detecta en un tubo de rayos catódicos y el operador puede leer el cuadro del tubo, localizar las fallas y conocer que tan importantes son. La prueba

ultrasonica puede usarse con éxito para localizar discontinuidades con aceros al carbón de baja aleación, pero no funciona muy bien para algunos aceros con grano extremadamente grueso. **ASME sección V artículo 23**



Figura 6 Equipo Ultrasonico positector UTG.

1.5.4 Inspección por radiografías (RT):

Los métodos de radiográficos, que son más costosos (como se muestra la fuente en figura 7) pueden utilizarse para verificar soldaduras en la envolvente y fondo del tanque. Mediante esta prueba es posible realizar una estimación del porcentaje de soldaduras malas en el tanque. El uso de máquinas de rayos-x-portátiles, donde el acceso no es un problema y el uso de radio ó cobalto radioactivo para tomar fotografías, son métodos de pruebas excelentes pero muy costosas. Resultado satisfactorios en soldadura a tope pero no son satisfactorios para soldadura de filete, ya que las fotografías son difíciles de interpretar. Una desventaja adicional de estos métodos es el peligro de la radioactividad. Deben utilizarse procedimientos cuidadosos para proteger tanto a los técnicos como a los trabajadores cercanos. En el trabajo de las construcciones normales, éste peligro posiblemente requiere de inspección para ello se tendría que ver el criterio de aceptación y rechazo del **ASME sección V Artículo 22**



Figura 7. Fuente Radiográfica.

1.5.5 Prueba hidrostática (PH):

Se realiza esta prueba llenado de agua hasta una altura de $3/4h$ y reposando el líquido por 24 horas, esto con el fin de conocer el estado de las juntas que fueron soldadas en el tanque de almacenamiento y el comportamiento del tanque y su asentamiento se verifica, si existe alguna falla que sea necesaria para llevar a cabo alguna reparación de lo contrario el tanque está listo para entrar en operación.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS QUE CONSTITUYEN AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

2.1 Planteamiento del problema:

En el área de Mantenimiento e Inspección y Soporte a la Operación **MISO** del activo de producción Macuspana-Muspac de Pemex- exploración y producción, Región Sur, se solicitó a la corporación mexicana de investigaciones en materiales S.A. de C.V.(**COMINSA**) la inspección por ensayos no destructivos al tanque de almacenamiento de aceite crudo denominado TM-1 con capacidad de 3000 Bls ubicado en la batería de separación Cactus I. Con el objetivo de realizar la inspección en el interior y exterior del tanque de almacenamiento de aceite crudo una vez teniendo las pruebas indicadas, en el estándar (**API 653/2009**) con la finalidad de determinar el estado del tanque que lo guarda.

Del análisis de los resultados de la inspección para fines de operaciones el tanque no se encuentra apto para operar reservar que se atiende a las recomendaciones de reparación, mediante procedimientos calificados.

Cúpula, envolvente, boquillas y barandales salieron con bajos espesores fondo con 0.125 plgs envolvente con 0.095 plgs y cúpula con 0.1 plgs. Se recomienda que se repare el tanque completamente ya que cumplió con su ciclo de vida.



Figura 8 Tanque TM-3000 Bls

2.2 Características del tanque TM-1 3,000 BLS:

Un tanque de almacenamiento, está formado por elementos estructurales capaces de soportar presiones internas y externas que originen en el transcurso de su vida útil, dentro de las principales partes que conforman un tanque de almacenamiento, se encuentra:

- Fondo.
- Envoltente ó cuerpo del tanque.
- Techo del tanque de almacenamiento.
- Boquillas en tanques de almacenamiento.
- Entrada hombre vertical y horizontal.
- Puerta de limpieza.
- Cámara de espuma.
- Escaleras y plataforma del tanque de almacenamiento.
- Estructura interna.
- Dren del tanque de almacenamiento.

Se hace mención que todas éstas partes son importantes en un tanque de almacenamiento por que permite tener un muy buen funcionamiento y un factor de seguridad alto dentro de su vida productiva.

2.2.1 Fondo del tanque:

El fondo de los tanques de almacenamiento cilíndricos verticales son generalmente fabricados de placa de aceros al carbón con un compresor menor al usado en el cuerpo. Esto es posible para el fondo, porque se encuentra soportado por una base de concreto, arena o asfalto, los cuales soportan el peso de la columna del producto; además, la función del fondo es lograr la hermeticidad para que el producto no se filtre por la base. Según la API 650 se usan placas que tienen un espesor mínimo nominal de 6.3mm. (1/4"plg), $49.8 \frac{Kg}{m^2}$ ($10.2 \frac{lb}{ft^2}$) excluyendo cualquier corrosión

permisible especificada por el tipo de lugar o el tipo de sustancia a almacenar.(como se muestra en la figura 10).

Generalmente éstos fondos se forman con placas traslapadas entre sí como una longitud de traslapes de aproximadamente 1 ½ “esto con el fin de absorber las deformaciones sufridas por el fondo de la cimentación. El fondo en un tanque de almacenamiento, según el **API 650**, siempre tendrá que ser de un diámetro mayor que el diámetro exterior del tanque, por los menos, 51mm. (2 plg) más en el ancho de filete de soldadura de la unión entre cuerpo y el fondo.



Figura 10. Fondo del tanque de 3,000 BLS cumplió con su ciclo de vida.

2.2.2 Envolvente del tanque de almacenamiento:

El envolvente también conocido como el cuerpo del tanque, es una parte importante del tanque de almacenamiento debido que delimita, la cantidad de fluido que se ocupará en su interior y es el responsable de soportar las presiones que el fluido presente sobre las partes que lo integran.

La envolvente es diseño por diferentes tipos de espesores de placas comerciales, dichos espesores se determinan así por las variaciones de presiones que existen desde el fondo del tanque hasta la superficie del mismo.

Ésta parte del tanque basa su cálculo en los principios de las leyes de la hidrostática, por tal, el diseño de los espesores de placas es diferente, aunque también se hace de ésta forma para economizar el costo de su construcción. Pero cabe mencionar que los espesores jamás serán en ningún caso, menor a lo que se muestra en la tabla 4 que son las descripciones de anillos por placa de espesores en donde hace mención cómo debe llevarse el cálculo de los anillos ya con las medidas de las placas comerciales las que son de 2.43m X 6.10m para dar con la altura adecuada que la norma nos indica.

CAP. NOMINAL		DIAMETRO		ALTURA		PESO FACIO (TOTAL)						ESPESOR Y ANCHO DE ANILLO												
DLS.	H'	PIES	MTS.	PIES	MTS.	TECHO	FONDO	CUBIERTA	ESTRUCTURA		ARGONER	TOTAL	1*		2*		3*		4*		5*		6*	
									COLUMNA	TRABES			1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"
500	79.5	15	4.6	16	4.9	590	868	590	228		188	2464	5	3/16"	5	3/16"	5	3/16"	5	3/16"	ESPESOR		118	PIE
1,000	159	20	6.1	18	5.5	1254	1786	1026	246		220	7562	6	3/16"	6	3/16"	6	3/16"	6	3/16"	ESPESOR		118	PIE
2,000	318	24.5	7.5	24	7.3	1692	2618	1669	307		336	11522	5	3/16"	5	3/16"	5	3/16"	5	3/16"	ESPESOR		118	PIE
3,000	477	30	9.1	24	7.3	2500	3327	2410	323		1008	15168	6	3/16"	6	3/16"	6	3/16"	6	3/16"	ESPESOR		118	PIE
5,000	795	31.6	9.6	36	11	2741	3758	13237	622		880	21238	6	1/4"	6	1/4"	6	1/4"	6	1/4"	ESPESOR		118	PIE
10,000	1590	42.5	12.9	40	12.2	4982	7290	26185	770		1848	41075	8	5/16"	8	5/16"	8	5/16"	8	5/16"	ESPESOR		118	PIE
15,000	2385	58	17.7	32	9.8	9282	12420	28865	603		4147	55317	8	5/16"	8	5/16"	8	5/16"	8	5/16"	ESPESOR		118	PIE
20,000	3180	60	18.3	40	12.2	9265	13974	45807	6452	1839	4361	81698	10	3/8"	10	3/8"	10	3/8"	10	3/8"	ESPESOR		118	PIE
30,000	4770	73.3	22.3	40	12.2	10088	22568	60267	6521	1797	5712	106953	11	7/16"	11	7/16"	11	7/16"	11	7/16"	ESPESOR		118	PIE
40,000	6360	85	25.9	40	12.2	15104	26022	74637	4063	2896	9363	132085	13	1/2"	13	1/2"	13	1/2"	13	1/2"	ESPESOR		118	PIE
55,000	8745	100	30.5	40	12.2	20048	37834	105900	4026	3452	10932	182192	16	5/8"	16	5/8"	16	5/8"	16	5/8"	ESPESOR		118	PIE
80,000	12720	120	36.6	40	12.2	41135	55550	137855	8786	6719	12430	261675	17	11/16"	17	11/16"	17	11/16"	17	11/16"	ESPESOR		118	PIE
100,000	15900	134	40.8	40	12.2	50236	68166	171810	10713	7998	17292	326215	22	7/8"	22	7/8"	22	7/8"	22	7/8"	ESPESOR		118	PIE
150,000	23850	150	45.7	48	14.6	66621	85884	275157	16643	9399	21048	474752	25	1"	25	1"	25	1"	25	1"	ESPESOR		118	PIE
200,000	31800	180	54.9	48	14.6	93750	127324	397655	27074	13950	32805	692558	32	1 1/4"	32	1 1/4"	32	1 1/4"	32	1 1/4"	ESPESOR		118	PIE
500,000	79500	280	85.3	48	14.6	209230	362700	727328				1E+06	38	1 1/2"	38	1 1/2"	38	1 1/2"	38	1 1/2"	ESPESOR		118	PIE

CONVERSIONES: 1 BARRIL - 159 LITROS



Tabla 4. Espesores de anillo por capacidad de tanque de almacenamiento según API 650

De acuerdo a la placa el espesor de la pared del tanque por condiciones de diseño, se calcula con base al nivel del líquido tomando la densidad relativa establecida por las propiedades del fluido, y por las dimensiones que se pretendan construir.



Figura 10. Ejemplo de placas del tanque anterior 3/16" para hacer un mejor tanque de mayor rendimiento 1/4".

2.2.3 Techo del tanque de almacenamiento:

Los techos fijos suelen presentar formas de cúpula ó formas escalonadas, los tanques de gran capacidad suelen tener generalmente un techo escalonado traslapado de placas entre sí, son soportes intermedios, que son capaces de soportar cargas vivas de diseño como la nieve, viento y cargas humanas.

Estos tipos de techos se emplean para contener productos no volátiles ó de bajo contenido de inflamables como: agua diesel, asfalto petróleo crudo nafta etc. Dentro de los techos fijos tenemos tres tipos: cónicos, de domo y de sombrilla los cuales pueden ser autos soportados por la envolvente o soportados por estructuras en el interior del tanque de almacenamiento.

El techo cónico: es una cubierta con la forma y superficie de un cono una pendiente de Ángulo 9° soportado por el cuerpo del tanque ó por columnas en su interior.

El tipo domo: es un casquete con forma esférica soportado directamente sobre la envolvente, y el tipo sombrilla es un polígono regular curvado por el eje vertical soportado por la envolvente con una forma semejante a la sombrilla.

Los techos soportados auto soportado ya sean en tipos cónico, domo ó sombrilla, tiene la característica de estar apoyando únicamente en su periferia por el cuerpo del tanque, calculado y diseñado para que tu forma geométrica, en combinación con el espesor mínimo requerido absorban la carga generada por su propio peso más las cargas vivas, a diferencia de los techos soportados que contarán con una estructura (columna) que soporte dichas cargas.



Figura 11. Ejemplo de Techo tipo cónico.

2.2.4 Boquillas en tanques de almacenamiento:

Las boquillas son aberturas que se realizan al cuerpo del tanque de almacenamiento, con la finalidad de que éste pueda tener llegada de líneas de tuberías para la carga del producto a almacenar y también para conectar instrumentos capaces de monitorear el tanque desde un cuarto de control y éste puede tener un funcionamiento idóneo.

Dentro de las partes principales de una boquilla, encontramos las tuberías de aceros al carbón de cedula 80 aproximadamente, placas roladas al cuerpo y bridas, que sirven de acoplamiento para una tubería existente o para un instrumento de control del tanque. Dentro las principales boquillas que debe tener un tanque son:

1. Entrada de producto.
2. Salida de producto.
3. Dren con o sin sumidero.
4. Registro de entrada hombre vertical.
5. Muestreo.
6. Venteo.
7. Drenaje del tanque.
8. Entrada hombre horizontal.
9. Cámara de espuma.
10. Indicador de nivel.
11. Gas de vapor.
12. Entrada de vapor.

Se puede verificar en la tabla 5

Cap. en BLS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
500	Se dimensiona de acuerdo a requerimientos de proceso	Se dimensiona de acuerdo a requerimientos de proceso	24"	24"	8"	Se dimensiona de acuerdo a requerimientos de proceso	4"	2 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	Se dimensiona de acuerdo a requerimientos de proceso
1000			24"	24"	8"		4"	2 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
2000			24"	24"	8"		4"	2 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
3000			24"	24"	8"		4"	2 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
5000			24"	24"	8"		2 de 4	2 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
10,000			24"	24"	8"		2 de 4	3 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
15,000			24"	24"	8"		2 de 4	3 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
20,000			24"	24"	8"		3 de 4	3 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
30,000			24"	24"	8"		3 de 4	3 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
40,000			24"	24"	8"		3 de 4	3 de 4"	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"	
55,000	24"	24"	8"	3 de 4	4 de 4	1 de 8"	24"	1 -3" 1-3/4"				

Tabla 5. Medidas de diámetro de boquillas

En la **tabla 5** se muestra la cantidad de boquillas que se requiere, por tanque de almacenamiento, ya que dependiendo del diámetro del tanque son las boquillas requeridas y diámetros correspondientes de las mismas boquillas.



Figura 12. Ejemplo de boquilla de 24" entrada Hombre vertical.

2.2.5 Entrada hombre vertical y horizontal:

Los tanques de almacenamiento verticales, deben de contar, por lo menos con una entrada hombre en el cuerpo ó en el techo, esta entrada como su nombre lo indica es diseñada para que un trabajador ingrese al tanque cilíndrico con la finalidad de poder realizar limpieza, revisión ó reparación en el interior del tanque.

Las entradas hombre contarán con una placa de refuerzo rolada al cuerpo del tanque en vertical.

2.2.6 Puerta de limpieza :

La puerta de limpieza es aquella parte del tanque de almacenamiento que permite ingresar al interior del tanque de almacenamiento para poder extraer desazolvar los residuos peligrosos que se acumulan. La puerta de limpieza se encuentra conectada con un drenaje y una válvula separadora de fase que permite tener, de forma

continua limpieza del fondo y drenajes en el tanque de almacenamiento. Al fabricar una puerta de limpieza, debe tener las especificaciones que la norma **API 650** determina. Dicha norma establece una serie de restricciones y a través de una tabla específica de los espesores mínimos que se utilizan y así poder diseñar una puerta de limpieza segura y económica.

2.2.7 Cámara de espuma :

Las cámaras de espuma están diseñadas para minimizar el surgimiento de la espuma o la agitación de la superficie de un líquido inflamable. Son apropiadas para uso con concentrados de espuma de baja expansión como son espumas proteínicas, fluoruro-proteínicas.

2.2.8 Escaleras y plataforma del tanque de almacenamiento :

Las escaleras y plataformas son parte de los accesorios en un tanque de almacenamiento esta sirve para poder llegar a la cúpula, donde existen entradas y boquillas que verifican el comportamiento del fluido almacenado. Las escaleras, generalmente son helicoidales, fabricadas de ángulos soleras y parrillas tipo Irving. Con una altura de longitud dependiendo del tanque, ésta brinda protección y seguridad al personal que sea el encargado de realizar inspecciones y reparaciones en el techo del tanque. Las plataformas son otro medio que proporciona seguridad al personal para apoyarse y darle un mantenimiento a una boquilla que se encuentre al cuerpo del tanque Debido a que estas partes del tanque son importantes la **API 650** establece requerimientos para escaleras y plataformas que se pretenden construir. Como se menciona en la figura 13 las partes de la escalera helicoidal:

- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- El ancho mínimo de las escaleras será de 24”.
- El ángulo máximo entre escaleras y una línea horizontal 50°.

- El ancho mínimo de los peldaños será de 8" la elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.
- Los peldaños deberán estar hechos de rejillas ó materiales antiderrapante.
- La superior de la reja llevara un pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida vertical desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 30" a 34".
- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación 96".
- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 1 000 libras junto con la estructura del pasamano deberá ser capaz de soportar dicha carga.



Figura 13. Escalera helicoidal de tanque TM-1 3 000 Bls.

2.2.9 Dren del tanque de almacenamiento:

El colector ó drenaje, es el encargado de limpiar los residuos de mayor densidad generadores por el producto que contienen el tanque. El colector generalmente está constituido por tubería de acero al carbón y por una boquilla que esta acoplado con instrumentos de control que contiene una válvula separadora de fase liquida y una bomba que ayudan a desazolver los lodos en el interior del tanque, éste registro en la norma **API 650** desglosa el material mínimo que debe de contener cuando se fabrique.

2.3 Materiales para la fabricación de un tanque de almacenamiento:

Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento, es importante seleccionar el material más idóneo, seguro y económico. En la actualidad existen una variedad de materiales con la cual se construyen tanques de almacenamiento, dentro de los más importantes materiales usados en la fabricación se encuentra la soldadura y el acero, debido a las ventajas que tiene con respecto a otros materiales.

La supuesta perfección del acero, tal vez es más versátil de todos los materiales estructurales, parece más razonable utilizarlo, cuando se considera su poco peso facilidad de fabricación, precios relativamente bajos, así como la facilidad de ser trabajado, lo que se presenta para fabricaciones mediante muchos métodos y permite su manejo de ser moldeable, así como la facilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricación para muchos métodos y permitir una construcción rápida por las propiedades de ser soldables. La soldabilidad depende mucho del grado de contenido de carbono que se presenta en la aleación, mayor cantidad se dificulta la soldadura, pero entre menos carbono contenga mayor será la facilidad de soldado de las estructuras.

2.3.1 Propiedades químicas del acero:

Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes de carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre. Un acero que tenga cantidades considerables de estos últimos elementos se denominan acero aleado. Aunque esos elementos tienen un gran efecto en las propiedades del acero, las cantidades de carbono y otros elementos de aleación son muy pequeños. por ejemplo; el contenido de carbono en el acero es casi siempre menor que el 0.5% en peso y es muy frecuente que sea de 0.2 a 0.3%.

La composición química del acero es de suma importancia en sus propiedades tales como la soldabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fractura, ect. El **ASTM** (Sociedad Americana de Pruebas de Materiales) especifica los porcentajes exactos máximo de carbono, manganeso silicio etc., se permite en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determinan principalmente su composición química, también influyen en ellas hasta cierto punto, en el proceso de laminación, la historia de sus esfuerzos y tratamiento térmico aplicado.

En la actualidad el acero es el material más utilizado en la industria y en diferentes construcciones, por eso debido a la demanda del metal es necesario fabricar aceros más fuertes con mayor resistencia a la corrosión, con mejores propiedades de soldabilidad y diversas características. Las investigaciones realizadas por la industria acerera durante estos periodos demanda han proporcionado varios grupos de nuevos aceros que satisfacen muchas de las necesidades de la industria, de manera tal que actualmente existe una gran cantidad de aceros clasificados por ASTM.

2.3.2 Tipos de aceros estructurales respecto a las propiedades químicas:

Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM de acuerdo a sus propiedades químicas. Los materiales fabricados bajo alguna especificación diferente de las enlistadas en la Tabla 1 se

pueden emplear siempre y cuando, tengan características equivalentes ó superiores a los de dicha tabla y PEMEX apruebe su uso.

Cuando por condiciones de servicio se justifique el uso de mejores materiales, se puede utilizar cualquier material de los indicados en la Tabla 2, estando sujeto a las limitaciones y modificaciones indicadas en esta norma de referencia.

Se pueden emplear materiales fabricados bajo otra especificación, siempre y cuando cumplan los requisitos de una de las especificaciones enlistadas en las tablas 1 y 2, además de que PEMEX apruebe su uso.

El espesor de diseño de las placas, se debe verificar en la orilla de molino recortada de todas las placas. Las placas se deben fabricar únicamente por el proceso de hogar abierto, oxígeno básico u horno eléctrico. Los aceros producidos por el proceso de control termo–mecánico (TMCP) pueden ser usados.

Las placas de la envolvente están limitadas a un espesor máximo de 45mm (1,75 plg)

Placas:

Las tolerancias de fabricación de las placas deben cumplir con la última edición de la especificación ASTM A6 o equivalente.

Perfiles estructurales:

Los aceros estructurales deben ser fabricados por el proceso de hogar abierto, horno eléctrico u oxígeno básico y deben cumplir con alguna de las especificaciones siguientes: ASTM A 36/A 36M; A 131/A 131M y A 992/A 992M ó equivalente. CSA G40.21 Gr. 38W/(260W), 44W/(300W), 50W/(350W), 38WT/(260WT), 44WT/(300WT) y 50WT/(350WT). ISO 630 grados E 275 calidad B, C y D.

CAPITULO III

ESTUDIO DEL PRODUCTO

ALMACENAR ACEITE CRUDO

3.1 Tipo de fluido:

Generalmente en la industria petrolera existen diferentes tipos de fluidos, que son procesados y almacenados para posteriormente comercializarlos, dentro de éstos fluidos, los más comunes en clasificación son los líquidos y gases.

3.1.1 Líquido:

Un fluido cuando éste se almacena en un recipiente, y adopta la forma de éste, cubriendo el fondo y las paredes laterales, la superficie en contacto con la atmósfera, mantiene un nivel uniforme y cuando el contenedor se inclina, el líquido tiende a derramarse.

3.2 Propiedades físicas y químicas de los fluidos:

Las propiedades de los fluidos, son aquellas que definen y proporcionan las características importantes del fluido en estudios, éstas propiedades en el diseño de un tanque de almacenamiento son muy importantes ya que debido a ellas proporcionan el dimensionamiento y la resistencia que debe tener las partes que integran al tanque de almacenamiento.

3.2.1 Densidad del fluido:

En un estudio químico del fluido es importante la densidad ó masa específica ya que permite calcular el peso propio del elemento de volumen que se considera almacenar, para un elemento dv ubicado en algún punto del fluido y que contenga una masa m . La densidad ρ en ese punto se define mediante la ecuación y se define de la siguiente forma: $\rho = \frac{m}{dv}$ donde

v = Volumen

d = Densidad

m = Masa

ρ = Densidad del flujo

3.2.2 Peso específico:

Otras de las propiedades del fluido muy importante, para el cálculo del tanque de almacenamiento es el peso específico y esta se define de la siguiente forma: $\gamma = \frac{W}{V}$
O $\gamma = \rho * g$ es la densidad de una sustancia que tiene peso w las unidades de peso específico son los newton sobre metro cubico $\gamma = \frac{N}{m^3}$.

3.2.3 Viscosidad:

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

La viscosidad sólo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega μ .

Se conoce también otra viscosidad, denominada viscosidad cinemática, y se representa por ν . Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido $\nu = \frac{\mu}{\rho}$.

3.2.4 Corrosión:

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable ó de menor energía interna. Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá

en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión. Otros materiales no metálicos también sufren corrosión mediante otros mecanismos; el proceso de corrosión es natural y espontáneo.

La corrosión es una reacción química (oxido-reducción) en la que intervienen tres factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, ó por medio de una reacción electroquímica.

Los factores más conocidos son las alteraciones químicas de los metales a causa del aire, como la herrumbre del hierro y el acero ó la formación de bentonita verde en el cobre y sus aleaciones (bronce, latón).

Sin embargo, la corrosión es un fenómeno mucho más amplio que afecta a todos los materiales (metales, cerámicas, polímeros, etc.) y todos los ambientes (medios acuosos, atmósfera, alta temperatura, etc.).

3.2.5 Explosividad:

La explosividad es la propiedad del fluido que define si éste, puede liberar energía con el mínimo esfuerzo provocado ya sea accidentalmente, esta propiedad nos define qué tipo de techo se utilizará para almacenar el fluido en el interior del tanque de almacenamiento, ya que si el fluido a almacenar es volátil se requiere de un techo flotante para disipar la energía liberada por la adicción ó extracción de fluido, pero si éste no es explosivo el techo es el idóneo para su construcción.

Existen otras propiedades que generalmente son incluidas en un estudio químico ya que definen el comportamiento del líquido de una forma más clara que tendrá en el transcurso de la vida del tanque de almacenamiento.

3.3 Comportamiento de los fluidos:

El análisis está orientado a establecer un modelo matemático del comportamiento del fluido, que permite conocer el detalle de lo ocurrido en cada punto. Para ello se establece las ecuaciones básicas en pequeñas escalas, llegando a relaciones diferenciales, las cuales se deberán integrar para cada caso particular de acuerdo a las condiciones de borde e iniciales respectivas.

Cualquier tipo de fluido presenta diversos tipos de comportamiento que en ocasiones si no se toman en cuenta, pueden presentar fallas estructurales considerables sobre el tanque de almacenamiento y esto pondrían en un colapso a dicho recipiente, la mecánica de fluidos es la encargada de estudiar el comportamiento de los fluidos (estática) ó hidrostática.

3.4. Fuerza sobre superficie:

Como consecuencia de la existencia de presiones en el interior de un fluido en reposo se generan fuerzas sobre la superficie que están en contacto con él. Éstas reciben el nombre de fuerzas hidrostáticas y representan un defecto del fluido sobre la superficie en cuestión. Desde el punto de vista práctico interesa, determina la magnitud y dirección de aplicación de la resultante de éstas fuerzas.

Sabe la dirección de las fuerzas elementales ya que las presiones generan fuerzas normales a las superficies en contacto con el fluido. El caso más simple es aquel en el cual la superficie es plana, ya que en estas condiciones las fuerzas elementales son paralelas y por lo tanto fácilmente sumables. Cuando la superficie es curva las fuerzas elementales tienen diferentes direcciones y en lugar de sumarles se prefieren proceder por componentes.

Las características de las fuerzas que se generan dependen del comportamiento de la presión, la que a su vez está condicionada por la específica del fluido y la intensidad del campo de fuerza. En lo que sigue se analiza el caso simple de fluidos incomprensibles, en los cuales la masa específica es constante. En el caso de gases, si las dimensiones son reducidas, es decir hasta unos metros, las fuerzas se

pueden estimar como si fueran incomprensibles con razonables presiones. En otros casos se deberán incluir en las ecuaciones elementales las características que correspondan, siguiendo procedimientos similares a los que presentan para el caso de los líquidos.

3.4.1 Presión hidrostática:

Si una parte se coloca en contacto con un fluido en equilibrio, el fluido gas o líquido, ejerce fuerzas normales sobre la superficie y fuerzas normales distribuidas en forma continua. La presión se define como: la cantidad de fuerzas que se ejerce sobre una unidad de área de una sustancia, sobre una superficie, plana o curva. Esta definición se comprende mejor con la siguiente ecuación. $p = \frac{f}{a}$.

p = Presión que hay en el recipiente $\frac{kg}{cm^2}$.

f = Fuerza que ejerce el fluido uno sobre el otro kg.

a = Área de la superficie en contacto cm^2 .

El fluido ejerce una fuerza que actúa en forma perpendicular a la superficie de interés, en éste caso al cuerpo del tanque, según la definición fundamental de presión. Como se muestra en la figura 14 la presión se encuentra actuando sobre algún punto de ella, como la fuerza por unidad de área que actúa sobre la superficie. Esta puede ser variable ó constante de punto a punto de la superficie. Debido a que la presión en un fluido en equilibrio aumenta con la profundidad, de modo que las presiones serán uniformes solo en superficie planas horizontales.

Por lo tanto el concepto de presión hidrostática, se considera que el agua que esta en el fondo del tanque de almacenamiento, esta soportado sobre si el peso de la que tiene encima y las presiones de esta se encuentran sobre la envolvente del tanque.

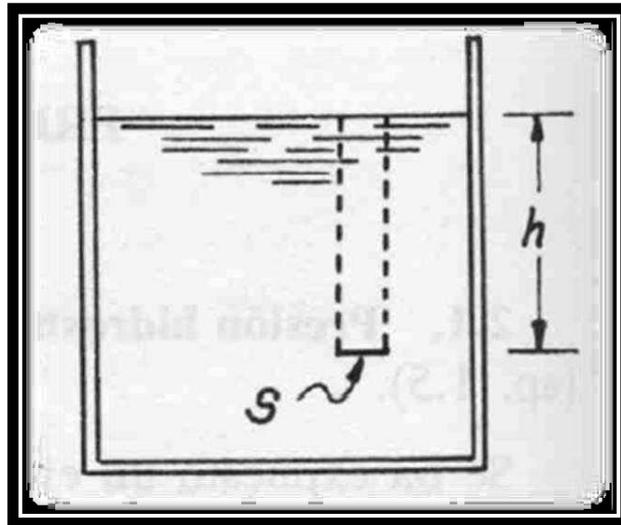


Figura 14. Representación de la superficie estudio del fondo

Supongamos una zona horizontal situada en cualquier punto del interior del tanque con agua la superficie de esta zona es S la profundidad a que se halla se llama h el volumen de agua que esta soportado en esta zona valdrá: $v = s * h$.

Por lo tanto recordando que el peso específico de cualquier fluido es la relación que existe entre peso del mismo y el volumen que ocupa: $y = \frac{w}{v}$.

Entonces el peso (w) que tiene éste prisma será : peso del fluido=peso (específico)* (volumen) sustituyendo queda la ecuación peso del fluido = $(y) * (s * h)$ por último la

presión en cualquier punto se calcula con la fórmula $p = \frac{f}{a}$ área de la sección S

sustituyendo la ecuación encontramos la presión que debe de existir en cualquier punto dentro del tanque de almacenamiento $P = \frac{y * S * h}{S}$ eliminando términos nos

queda $P = \frac{y * h}{1}$ esta fórmula nos damos cuenta de que la presión es independientemente

del área considerada, pero es dependiente de la producción h vertical, sin importar donde se encuentre la superficie libre, el fondo o la forma del recipiente donde se deposita el fluido. Pero si se ejerce una fuerza en un punto determinado

horizontalmente estamos hablando del principio de pascal que dice que “si se ejerce una presión cualquiera sobre la superficie de un líquido en equilibrio ésta presión se transmite en todos los puntos, es decir las moléculas de la que se conforma”.

3.5 Descripción del producto a almacenar (Aceite Crudo):

Son miles los compuestos químicos que constituyen el petróleo, entre muchas otras propiedades, éstos compuestos se diferencian por su volatilidad (dependiendo de la temperatura de ebullición). Al calentarse el petróleo, se evaporan preferentemente los compuestos ligeros (de estructura química sencilla y bajo peso molecular), de tal manera que conforme aumenta la temperatura, los componentes más pesados van incorporándose al vapor.

Las curvas de destilación **TBP** (del inglés “true boiling point”, temperatura de ebullición real) distinguen a los diferentes tipos de petróleo y definen los rendimientos que se pueden obtener de los productos por separación directa. Por ejemplo, mientras que en el crudo Istmo se obtiene un rendimiento directo de 26% volumétrico de gasolina, en el Maya sólo se obtiene 15.7%.

La industria mundial de hidrocarburos líquidos clasifica el petróleo de acuerdo con su densidad API (parámetro internacional del Instituto americano del Petróleo, que diferencia las calidades del crudo) de acuerdo en la tabla 6 se muestra los siguientes tipos de crudos y su diferentes nombres que se les otorga según la densidad.

Aceite crudo	Densidad (g/ cm3)	Densidad grados API
Extra pesado	>1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 - 22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3 - 31.1
Ligero	0.87 - 0.83	31.1 – 39
Supere ligero	< 0.83	> 39

Tabla 6. Descripción del aceite crudo según API

Para exportación, en México se preparan tres variedades de petróleo crudo:

Istmo: Ligero con densidad de 33.6 grados API y 1.3% de azufre en peso.

Maya: Pesado con densidad de 22 grados API y 3.3% de azufre en peso.

Olmeca súper ligero con densidad de 39.3 grados API y 0.8% de azufre en peso.

El petróleo mexicano es materia prima de calidad que se encuentra presente en toda la industria nacional e internacional como lo es en transporte, alimentos, fármacos, fertilizantes, pinturas y textiles.

CAPITULO IV

DISEÑO

DEL TANQUE DE

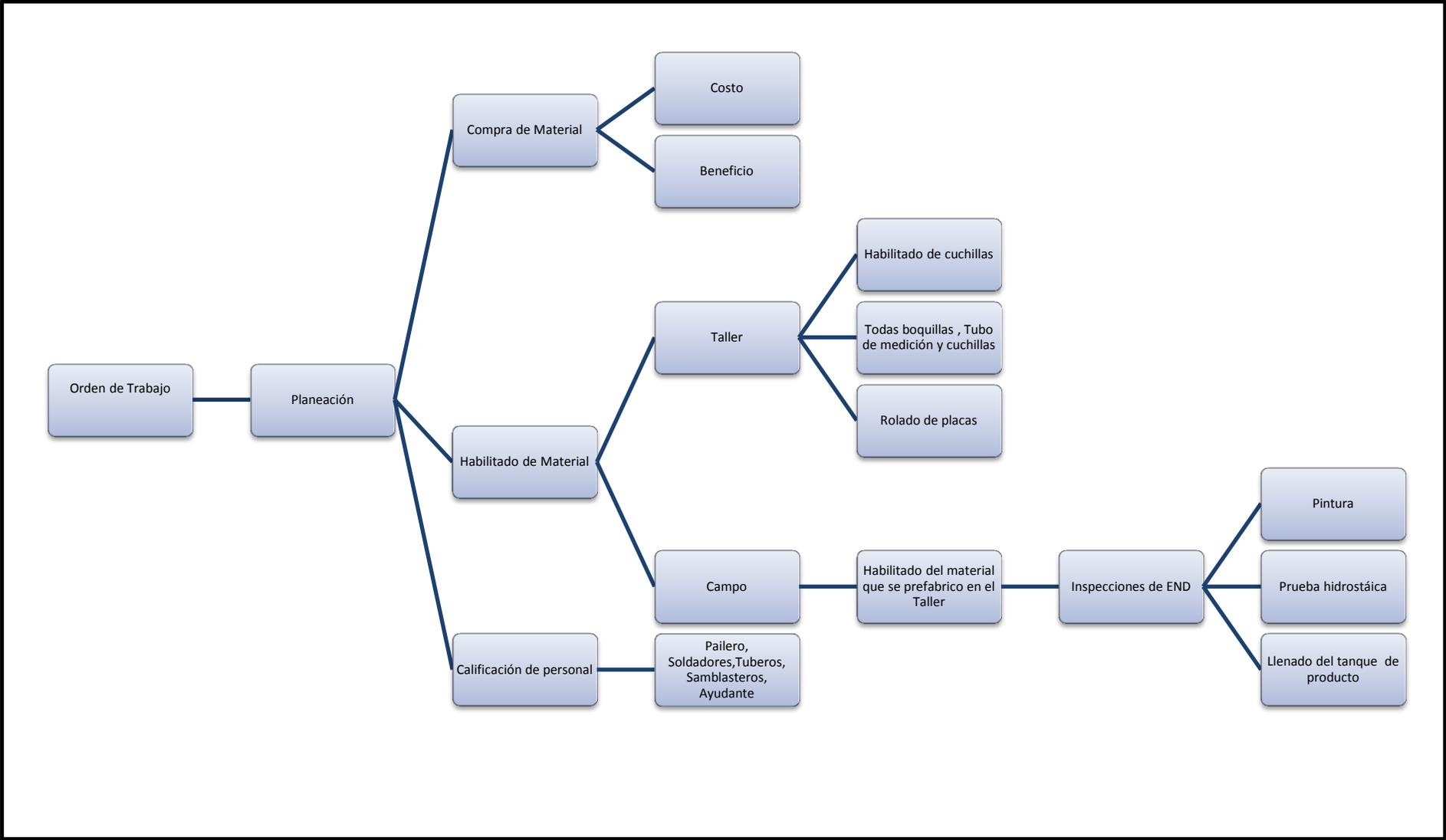
ALMACENAMIENTO

CAPACIDAD 3 000 BARRILES

4.1 Planeación para la fabricación del tanque:

De acuerdo a las especificaciones del cliente se realizara la siguiente construcción del tanque de almacenamiento para eso tenemos que contar con un plan de construcción que es representado esquemáticamente el esquema 3 partiendo de:

- a) **Orden de trabajo:** solicitud del trabajo que se ejecutara en el sitio de trabajo.
- b) **Planeación :** esta parte pertenece a la empresa constructora.
- c) **Compra del material :** el departamento de compras se tendrá que poner de acuerdo con el de operación para ver que materiales se solicitan con más urgencia.
- d) **Habilitado del material:** una vez llegado el material requisitado empezar a trabajar en el área de trabajo (taller ó establecimiento de compañía).
- e) **Calificación del personal:** según API 650 solo se calificara a los soldadores con ASME sección IX.
- f) **Inspecciones por END:** pruebas de soldadura y tanque al final de su construcción se pueden hacer durante los trabajos ejecutados para liberar tiempos muertos.



Esquema. 3 Protocolo de formación del tanque “ planeación “.

Se diseña un tanque de almacenamiento para almacenar crudo, con una capacidad nominal de 3 000 BLS. El cual será instalado en La Ciudad de Reforma Chiapas en la instalación batería de separación en Cactus 1 dicho tanque opera a una presión atmosférica y temperatura ambiente. En este ejemplo se utilizan los pasos para realizar un diseño de acuerdo a la norma **API 650**.

Debemos tener en cuenta que la fabricación del tanque se empezó cuando el anillo de cimentación ya estaba fabricado. Con el peso adecuado de la construcción de dicho tanque.

A continuación se mencionan las etapas del diseño estructural que se muestra en la figura 15:

- a) **Etapas del diseño:** conocer lo que vamos a fabricar y las normas que vamos a emplear con los altos estándares de calidad.
- b) **Necesidades del cliente:** parte de una orden de trabajo en el cual el cliente solicita una necesidad.
- c) **Estructuración:** la cual la compañía se pone de acuerdo con su personal para poder ejecutar los trabajos.
- d) **Construcción:** la etapa la cual se empieza a construir la necesidad del cliente.
- e) **Pruebas:** el cual después de construir se tiene que hacer para liberar el tanque en el cual tiene que ser ejecutadas antes durante y después de que el tanque entre en operación.

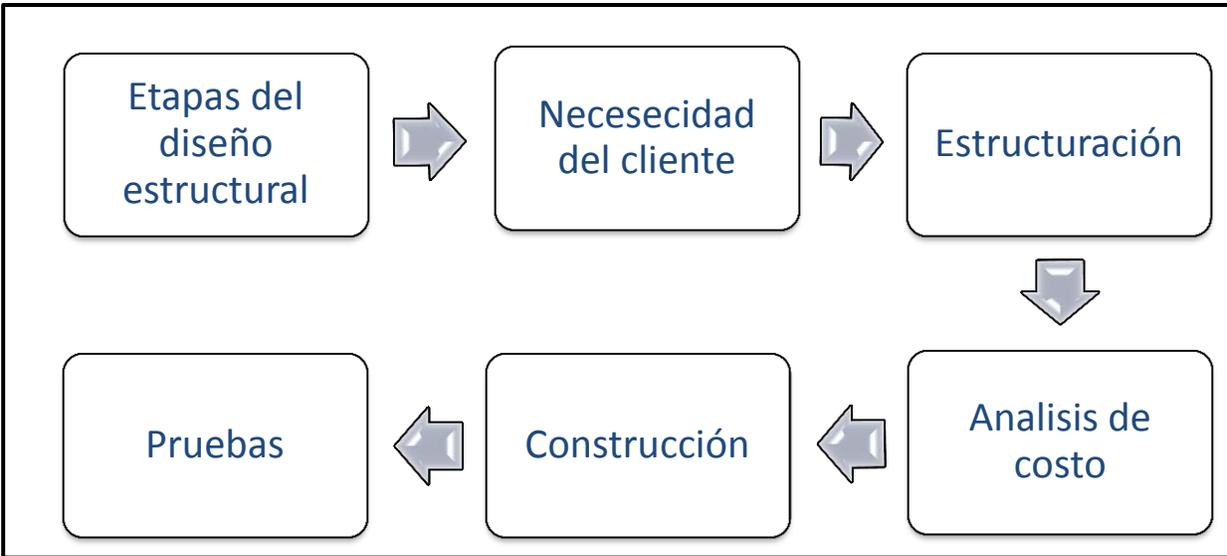


Figura 15. Etapas de construcción del tanque en base al diseño.

Se nos proporcionó los siguientes datos para el diseño de dicho tanque que almacenará crudo con capacidad de 3 000 BLS. Se muestra en la siguiente tabla 7 estos datos son de acuerdo al departamento de ingeniería de Pemex con referencia a la 113-NRF-PEMEX-2007.

DATOS DEL DISEÑO DEL TANQUE	
Producto	Crudo
Densidad relativa del producto	0.92 - 0.87 g/cm ³
Código de diseño	API 650
Diámetro interior	30 Ft - 9.1mts
Altura	24Ft - 7.3 Mts
Material del cuerpo	ASTM- 283 –A 36

Tabla .7 datos del diseño de tanque.

4.2 Cálculo de materiales para la capacidad del tanque:

De acuerdo al mercado comercial se venden diferentes tamaños, que como medida comercial utilizan el pie. Las placas que se utilizarán en el diseño del tanque, marcarán la pauta para determinar el volumen, la altura y el diámetro posible del tanque, así como se muestra en la siguiente tabla 8.

Dimensiones de placa comercial				
Pies (Ft)	Milímetros (mm)	Altura Tanque	Diámetro Tanque	Perímetro
6 Ft x 20 Ft	1845X6110	7.3m	9.1m	28.85m

Tabla. 8 Especificación de placas comerciales.

En éste caso es correcto las dimensiones que son consideradas y que pueden almacenar los 3 000 BLS de crudo que se almacenará en dicho tanque cumpliendo así con lo solicitado por PEMEX a continuación en la tabla 9 se presenta a detalle las características del tanque.

Capacidad del Tanque					
Diámetro (m)	Altura (m)	Área m^2	Volumen m^3	Capacidad barriles	Capacidad del tanque
9.1	7.3	208.69	474.78	.159 m^3	2986.03

Tabla. 9 Descripción del tanque de almacenamiento.

4.2.1 Cálculo del material de placas para la construcción del tanque:

Una vez teniendo en consideración los planos de fabricación de acuerdo a las normas API 650 Y ASTM se tomará en cuenta el siguiente procedimiento del armado del tanque: (en el anexo 5,6 y 7 se muestran los detalles de los planos).

Una vez realizad la compra de materiales el proceso de armado en el taller la prefabricación antes de realizar el tanque como tal en ésta parte como el tanque es fabricado en una de las instalaciones de Pemex se recomienda que no todos los

trabajos se realicen en campo hay trabajos que se pueden realizar en el taller; Como es el rolado de placas que tienen que tener un radio de 4.63 m el corte de las cuchillas como se muestra en el anexo (en el anexo 5,6 y 7 se muestran los detalles de los planos).

4.3 Calificación del personal que se debe emplear para la fabricación del tanque atmosférico:

ASME sección IX donde nos indica **QW-405.2: Un cambio de cualquier posición respecto a la progresión hacia arriba de posición vertical. La progresión hacia arriba vertical.(posición 3G, 5G, ó 6G) califica para todas las posiciones. En la progresión hacia arriba un cambio de cordón longitudinal a cordón en vaivén.** la posición en el cual será evaluado la persona que soldé tal como lo especifica en la tabla 10 donde **QW-461.9** nos hacemos referencia exclusivamente a los soldadores ya que las normas **API-650** nos define que la calificación de los soldadores como se muestra en la figura 16 debe cumplir ese requisito que pide **ASME sección IX**, de los tuberos, paileros y ayudantes en base a lo que se ocupara para la prefabricación se le aplicará un examen en el cual sabremos si el trabajador es acto para cumplir con lo que nos pide un mínimo de nivel académico de bachillerato terminado.

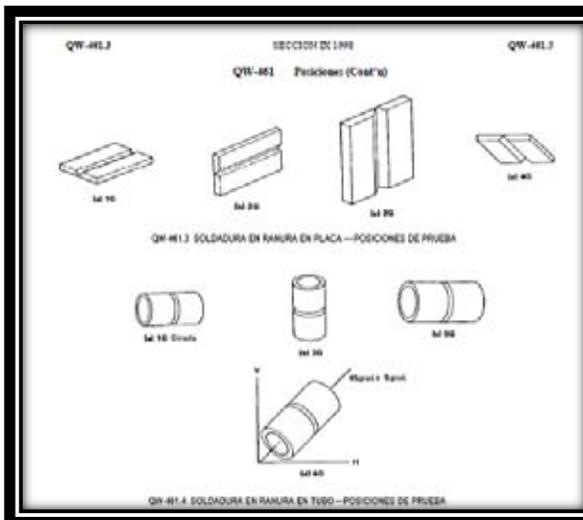


Figura 16a



Figura 16b

Figura 16.(a,b) Calificación del soldador Posición 6G

QW-461.9				
Calificación de habilidad- Limitaciones y Diámetro				
Dentro de las otras limitaciones QW-303				
Prueba de calificación		Posiciones y Tipos de Soldadura Calificación (Nota 1)		
		Ranura		Filete
Soldadura	Posicione	Placa y Tubo Arriba de 24 pulg.D.F.	Tubo ≤ 24Pulg D.E	Placa y Tubo
Tubo – Ranura (nota 3)	1G	F	F	F
	2G	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,O	F,V,O	Todas
	6G	Todas	Todas	Todas
	2G Y 5G	Todas	Todas	Todas
	Posiciones especiales	SP,F	SP,F	SP,F

Tabla 10 Habilidades de soldador

Notas:

1.-Posiciones de soldadura como se muestra en QW-461.1 Y QW-461.2

F= Plana

H= Horizontal

V= Vertical

O= Sobrecabeza

2.- Tubo de $2\frac{7}{8}$ plg de Diámetro Exterior y de más.

3.-Vea restricciones de diámetro

4.4 Procedimiento de construcción (prefabricación) :

La prefabricación del tanque empezara en las instalaciones de la empresa donde se cuenta con los equipos necesarios para su elaboración. Una vez que el departamento de compras tenga los materiales que deben de comprar en orden cronológico para poder habilitar en el sitio donde se le puede dar rolado, forjado de las prefabricaciones de todo el tanque para llegar al área de trabajo donde será colocado el tanque de almacenamiento (campo) se hace mención ya que el traslado de toda la maquinaria al sitio de trabajo nos genera más costo y lo que pretendemos en esta tesis es minimizar costos tiempos y desde luego el benéfico de la construcción del tanque que cumpla con más ciclo de vida.

Paso 1

Una vez de haber llegado las 8 placas de $\frac{1}{4}$ " (fondo) se lleva a cortar según el radio del tanque que en éste caso es de $R= 4.5m$ (en el anexo 5 se muestran los detalles de los planos). como se muestra en la figura 17 Corte y escuadrado de las placas.



Figura 17. Corte y escuadrado de las placas envolvente.

Una vez de haber habilitado en el taller las placas del fondo como se indican en los planos, se pasa al área de samblasteo y pintura. La parte de abajo tiene que ir protegida cara que esta en el fondo (invertida) como se muestra en la figura 18 con recubrimiento las recomendaciones se hacen ya que no hay en ningún enunciado del API 650 que nos indique que se deba pintar esto se hace con el fin de que más durabilidad de vida las placas de fondo. La normas que nos indica que tipo de pintura debe de llevar es **NRF-053-PEMEX-2006** es RP-13 Directo en ambiente seco (en el anexo 1,2,3 y 4 se muestran las tablas de protección anticorrosiva).

Estas partes de estas placas del fondo llevan una prueba de adherencia en cada una de ellas.



Figura 18. Aplicación de samblasteo y pintura RP-13.

Paso 2

Llegada de material para las placas del cuerpo del tanque 20 placas como se muestra en la figura 19 y 20, (en el anexo 6 se muestran los detalles de los planos). Las placas son cortadas y escuadradas según las dimensiones del tanque ya que vienen sobradas se tienen que recortar para dar con la altura adecuada que es éste caso son los 7.3 Mtrs. de altura por diámetro de 9.1 Mtrs. ver cálculos de medidas de diseño del tanque.



Figura 19. Escuadrado de las placas de acuerdo a los planos.



Figura 20. Rolado de placa

Una vez roladas las placas se deben dejar asentadas en un descanso que tengan la curvatura como se muestra en la figura 21, es adecuada para no perder el radio al cual fueron roladas.



Figura 21. Descansos en el patín de carga de las placas

Paso 3

En la figura 22 y 23 se muestra la planeación del cortado de herrajes, candados, tuercas, escuadras y charolas y puntales que se ocuparan para la fabricación de tanque.



Figura 22. Habilitado de herrajes candados y tuercas puntales.



Figura 23. Herrajes que se usara en la fabricación del tanque.

Paso 4

Una vez llegada los canales se empezará habilitar cada uno de ellos para el detalle de la estructura interna, se samblastea y se pinta para minimizar los tiempos a la hora de pintar el tanque en el interior ya que una vez colocado es más complicado pintar. Para esto se aplica nuevamente la **NRF-053-PEMEX-2006 (Sistema de protecciones anticorrosivas a base de recubrimientos para instalaciones superficiales)**. en el anexo 1,2,3 y 4 se muestran las tablas de protección anticorrosiva.



Figura 24. Habilitado de canales y aplicación de samblasteo y pintura.

Paso 5

Fabricación de la tina de aceites recuperadores (sumidero). El colector o drenaje, es el encargado de limpiar los residuos de mayor densidad generados por el producto que contienen el tanque. (en el anexo 10 se muestran los detalles de los planos).

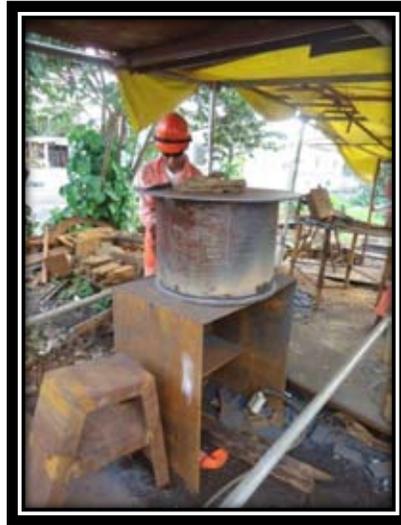


Figura 25. Tina colectora de residuos.

Paso 6

Fabricación de la columna central esta parte del tanque los detalles de los planos se encuentran (en el anexo 8 se muestran los detalles de los planos). es la que cargará la estructura semipesada la aplicación de soldadura deberá ser como mínimo una separación entre soldadura y soldadura de 12". Para que no sea afectada por el calor. Incluye el capitel y placa de refuerzo y clicks.

Nota: como se muestra en la Figura 26 ya se encuentran fabricadas parte de la estructura semipesada y 27 donde se muestra en capitel, se samblastea a metal blanco y se pintará con RP-13 De acuerdo a la **NRF-053-PEMEX-2006**. (en el anexo 1, 2, 3 y 4 se muestran las tablas de protección anticorrosiva).



Figura 26.

Fabricación de estructura interna del tanque que soportara la cúpula.

Paso 7

Como se muestra en la figura 28 el Acarreo de material al campo de trabajo se empezará el montaje de lo prefabricado mientras en el lugar de prefabricación se seguirán con los trabajo para ir con los tiempos que se estipularon desde un principio se trabaja en campo y taller.



Figura 28. Salida de material para el sitio donde serán montados.

Paso 8

Una vez de haber llegado los materias al campo donde se realizara el tanque con capacidad de 3,000 Bls. Se empezará el montaje del fondo como se muestra la figura 29. De acuerdo la base debe de estar lista para poder empezar con dicho montaje (en el anexo 5 se muestran los detalles de los planos).



Figura 29. Tendido del fondo del tanque.

Paso 9

Se montara el primer anillo y segundo como se muestra en la figura 30, de acuerdo a los planos y las medidas (en el anexo 6 se muestran los detalles de los planos), donde ahí mismo en las figuras se muestra la utilización de los herrajes prefabricados que se realizaron en el taller dejando a la separación del radio del tanque.



Figura 30. Montaje del primer anillo.

Paso 10

Antes de montar el tercer anillo se requiere de haber conformado el tanque al radio que se pide en el plano así como su trazo y nivelación del primer anillo ya que el primer anillo es el más importante para los demás. Es la línea a seguir en la secuencia:

- a) De acuerdo a la figura 31 se muestra que las verticales del primer anillo deben de ser soldadas.
- b) Se soldara verticales del segundo anillo.
- c) Se soldara horizontal del primer anillo y segundo anillo.
- d) Se cortara el cierre del tanque (la parte más pequeña en medidas de las placas).
- e) Se aplicara limpieza del tanque entre el primer y segundo anillo para minimizar tiempos y ahorro de material (herrajes para que puedan ser reutilizados). como se muestra en la (ver figura 32).



Figura 31. Soldadura en el primer anillo



Figura 32. Limpieza mecánica.

Paso 9

Montaje del capitel como se muestra en la (Figura 33 y 34) la estructura interna de acuerdo a los planos de fabricación donde van ubicados (en el anexo 8 se muestran los detalles de los planos), se montara la estructura interna ya que después de montar el tercer anillo se dificulta su montaje por el problema de la altura no es igual estorbaría el tercer anillo.



Figura 33. Armado del capitel en columna central.



Figura 34. Visita del segundo anillo con estructura interna.

Paso 10

Se abren todas las boquillas verticales primer anillo del tanque puerta de limpieza entrada hombre como se muestra en la Figura 35(a,b) y 36, salida y entrada de producto como se indica (en el anexo 11 se muestran los detalles de los planos). Se hace con la finalidad de poder tener un acceso al interior del tanque ya que los dos primeros anillos ya están conformados.



Figura 35a.



Figura 35b

Figura 35(a) y 35(b). Abertura de la puerta de limpieza.



Figura 36. Abertura de la entrada hombre.

Paso 11

Después de haber colocado y de haber hecho limpieza se colocara el tercero y cuarto anillo, como se muestra en las figuras 37 y 38 siempre y cuando se cumpla con el paso 8 ya que es importante y se cumplen los mismos pasos 8 pero ahora se hará con referencia al tercero y cuarto anillo.



Figura 37. Colocación del tercer anillo.



Figura 38. Colocación del cuarto anillo.

Paso 12

Habilitado de canales y cúpula (en el anexo 7 Y 8 se muestran los detalles de los planos), una vez que se cumpla el paso número 11 como se muestra en la figura 39, se empezara la colocación de la cúpula en esta parte la soldadura deber de ser de dentro hacia afuera para que el calor no afecte a la lámina es lo recomendado por los armadores ya que en experiencias anteriores si se hace a la inversa puede ocasionar una deformación en la parte del techo cónico.



Figura 39. Cúpula o techo cónico y colocación de canales.

Paso 13

Como se muestra en la figura 40 el Habilitado de escaleras barandales y las canastillas se colocan una vez que el tanque tenga los cuatro anillos estos ya fueron prefabricados en el taller para ser montadas en campo.



Figura 40. Montaje de canastilla para la cámara de espuma



Figura 41a



Figura 41b

Figura 41 (a,b). Montajes de escaleras y Barandal

Paso 14

Una vez colocada la cúpula y canastilla se puede colocar los tubos de medición y cámara de espuma así como las boquillas para las válvulas de expulsión y vacío. No se colocaban antes puesto que no se tenía como soportar dichas piezas. Estas se

pueden realizar en campo ó en el taller de prefabricación debían de estar pintadas para poder minimizar los tiempos muertos.



Figura 42. Habilitado y colocación de los tubos de medición y boquillas.



Figura 43a



Figura 43b

Figura 43. Habilitado de los tubos de medición y boquillas de válvula de expulsión y vacío.

Paso 15

Una vez terminado el tanque y de haber hecho limpieza mecánica en todo el interior y exterior del tanque de almacenamiento se viene las pruebas de inspección de Ensayos No Destructivos (END) tal como son las de radiografía (RT), líquidos penetrantes (PT) Y Ultrasonido industrial (UT) Y a el estudio de verticalidad y redondez tal como pruebas de PH esta se agregara al final el procedimiento con el cual es el mínimo criterio de aceptación derivado de las normas API650 ASME Y como se muestra en el (en el anexo 13,14,15,16,17 Y 18 se muestran los detalles de los planos).



Figura 44. Aplicación de Líquidos Penetrantes en toda soldadura de filete.

De acuerdo a la figura 45 donde se muestra la inspección de mediciones de espesores (en el anexo 15,16, y 17 se muestran los detalles de los planos), para el tanque no deben ser mayores a la pérdida de material del 10% del espesor que se está colocando

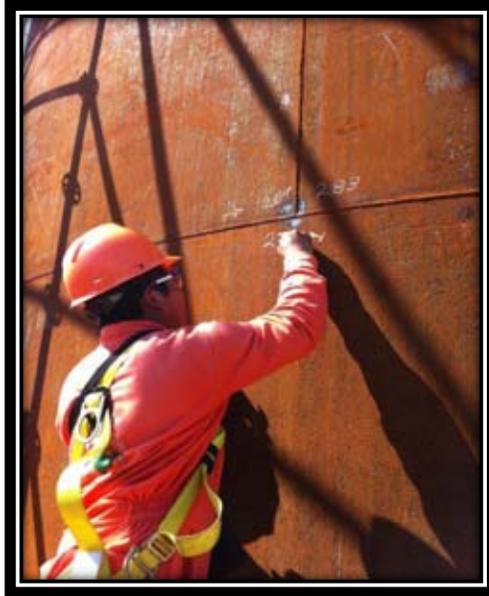


Figura 45. Inspección de tanque por método de Ultrasonido.

Como se muestra en la figura 46, las inspecciones radiográficas son necesarias para determinar en control de calidad si la soldadura fue la adecuada para el (en el anexo 12,13 y 14 se muestran los detalles de los planos), ya que es un respaldo para control de calidad decir que la soldadura aplicada no cuenta con discontinuidades que estén fuera de norma en la fabricación del tanque.

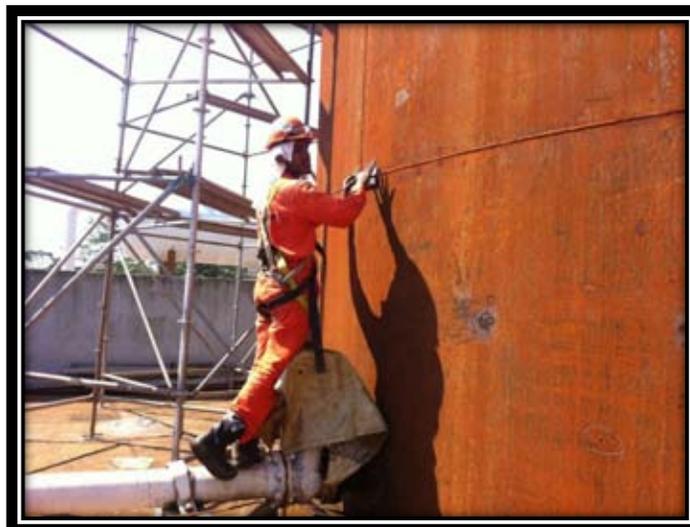


Figura 46. Inspección de tanque por método de Radiografía.

De acuerdo a la norma API 650 se tienen que realizar un estudio de verticalidad y redondez como se muestra en la figura 47 para saber si esta dentro de dichos parámetros la verticalidad y la redondez del tanque.



Figura 47. Inspección de tanque por método Estudio Verticalidad y redondez.

Paso 16

De acuerdo a los estudios realizados; líquidos penetrantes, medición de espesores, radiografía industrial, estudio de verticalidad y redondez que no haya ningún cambio o reparación se procede a la parte de samblasteo y pintura de acuerdo a la norma NRF-053-PEMEX-2006 donde se tiene que cumplir con esas especificaciones en resumen en el interior del tanque se pintara con RP-13 Y Por la parte exterior es primario RP-4 y acabado RA-35. (en el anexo 1,2,3 y 4 se muestran las tablas de protección anticorrosiva.

De acuerdo con la figura 48(a,b,c) se muestra los estados del tanque antes durante y después. El antes del primario se nota de un tono café (antes de ser

samblasteado), durante el primario se muestra con una tonalidad gris(Aplicación de samblasteo y RP-4 GRIS) y después del acabado muestra una tonalidad blanca



Figura 48a



Figura 48b



Figura 48c

Figura 48. Ejemplo de antes, durante (RP-4 Gris) y después Acabado (blanco RA-35) parte exterior del tanque.

La aplicación dentro del interior del tanque es directo como se muestra en la figura 49 (a,b) no lleva ningún tipo de primario en el cual pueda ser el enlace para el acabado final en esta parte dentro del interior del tanque se muestra antes del samblasteo de una tonalidad café y después del ser samblasteado una tonalidad blanca (RP-13)



Figura 49a.



Figura 49b.

Figura 49(a,b). Aplicación del RP-13 en el interior del tanque antes tonalidad café y después tonalidad blanco.

Paso 17

Una vez de haber terminado el paso 16 se tiende a tapar el tanque para ser probado en la prueba de Prueba Hidrostática (PH) y no volverlo abrir por su seguridad ya que una vez sellado no se debe de abrir por ningún motivo ó solo que se realice una limpieza. Como se muestra en la figura 50 la colocación de la puerta de limpieza, y la entrada hombre son selladas. En éste paso se colocaran todos los espárragos que ya fueron requeridos anteriormente por el departamento de operación. Se menciona que todo brida o tapa ya sea limpieza o entrada hombre debe de llevar un empaque “flexitalic”.



Figura 50a.



Figura 50b.

Figura 50(a,b). Habilitado de la puerta de limpieza y entrada hombre.

Paso 18

En la figura 51 se muestra el llenado del tanque y prueba de PH acompañada de estudio de comportamiento del cuerpo “su asentamiento”.



Figura 51. Estudio de hermeticidad comportamiento del tanque y su asentamiento.

Paso 19

Una vez de haber concluido los trabajos del paso número 18 solo queda montar las válvulas de expulsión y vacío que PEMEX proporciona para su colocación. Como se muestra en la figura 52.



Figura 52. Habilitado válvula de expulsión y vacío.

Éste es un ejemplo de cómo se puede realizar la construcción de un tanque de almacenamiento con lo más mínimo de los factores que marca la norma API 650 con referencia a NRF-113-PEMEX-2007 que son, acuerdo a esto se puede deducir que en cualquier empresa pública ó privada cumple con los estándares de calidad el cual **API 650** menciona que son seguros y durables siempre y cuando se hallan tomado las medidas de seguridad y de calidad mencionadas por ella misma.

4.5 Costo de la construcción del tanque:

De acuerdo a la construcción del tanque de almacenamiento se consideró también el estimado de las horas hombres en los precios unitarios que a continuación se verifica en la tabla 11 donde se muestra los precios comerciales para la realización de la construcción del tanque.

De acuerdo a los números de partidas se clasificaron de la siguiente manera:

- De la partida 1 a la partida 4:
 - a) Se manejó lo que es corte y biselado de los materiales, los materiales que son requeridos tales como; corte y biselado con equipo oxiacetilénico en tubería de 4", 6" y 8" de diámetro en cedula 60 a 80.
- De la partida 5-24 suministro e instalación de materiales:
 - a) Suministro de tuberías de 4" hasta 8" en cedula 60 a 80 á lo igual que las válvulas de compuerta.
 - b) Suministro de bridas codos 45° y 90° codos giratorios de la misma cedula 60 hasta cedula 80.
 - c) Fabricación de medias cañas.
- De la partida 25-33 aplicación de soldadura:
 - a) Aplicación de soldadura tipo chaflán en tubería y perfiles.
 - b) Fabricación y montaje estructuras metálicas.
 - c) Suministro e instalación de tapas de acero al carbón para entrada hombre.
- De la partida 34-38 pruebas para el tanque:
 - a) Colocación de escalones.
 - b) Prueba de asentamiento.
- De la partida 39-48 semblanteo y pintura incluye rotulación:
 - a) Limpieza a metal blanco y aplicación de pintura RP-13 Y RA-35 RP-4.

Tabla 11 Precios para la construcción del tanque

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	CORTE Y BISELADO CON EQUIPO OXIACETILENO EN TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO DE 4" DE DIÁMETRO CED. 60 A 80	PZAS.	20.00	\$133.11	\$ 2,662.20
2	CORTE Y BISELADO CON EQUIPO OXIACETILENO EN TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO DE 6" DE DIÁMETRO 40 A 80	PZAS.	15.00	\$174.11	\$ 2,611.65
3	CORTE Y BISELADO CON EQUIPO OXIACETILENO EN TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO DE 8" DE DIÁMETRO 40 A 80	PZAS.	15.00	\$214.07	\$ 3,211.05
4	SUMINISTRO, MANEJO, PRESENTACIÓN DE TUBERIA RECTA DE ACERO AL CARBÓN Y ERECCIÓN DE PIEZAS DE TUBERIA PREFABRICADA, SERVICIO AMARGO, ESPECIFICACIÓN ASTM-A106 Gr.B CÉDULA 40 DE 8" Ø	M	30.00	\$1,398.63	\$ 41,958.90
5	SUMINISTRO, MANEJO, PRESENTACIÓN DE TUBERIA RECTA DE ACERO AL CARBÓN Y ERECCIÓN DE PIEZAS DE TUBERIA PREFABRICADA, SERVICIO AMARGO, ESPECIFICACIÓN ASTM-A106 Gr.B, ESPESOR 0.312", DE 4" Ø	M	190.00	\$681.94	\$ 129,568.60
6	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE VALVULA DE COMPUERTA API-6D, CUERPO DE ACERO AL CARBONO ASTM-A 216 Gr 70 EXTREMOS BRIDADOS, CLASE 150 PSI, CARA REALZADA (R. F.), DE 4" Ø, INCLUYE ESPÁRRAGOS Y EMPAQUES	PZA	1.00	\$6,409.60	\$ 6,409.60

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
7	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE VALVULA DE COMPUERTA API-6D, CUERPO DE ACERO AL CARBONO ASTM-A 216 Gr 70 EXTREMOS BRIDADOS, CLASE 150 PSI, CARA REALZADA (R. F.), DE 6" Ø, INCLUYE ESPÁRRAGOS Y EMPAQUES	PZA	1.00	\$9,418.26	\$ 9,418.26
8	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE VALVULA DE COMPUERTA API-6D, CUERPO DE ACERO AL CARBONO ASTM-A 216 Gr 70 EXTREMOS BRIDADOS, CLASE 150 PSI, CARA REALZADA (R. F.), DE 8" Ø, INCLUYE ESPÁRRAGOS Y EMPAQUES	PZAS.	2.00	\$12,867.65	\$ 25,735.30
9	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE BRIDAS DE ACERO AL CARBONO FORJADO, ASTM-A-105, BRIDA DE CUELLO SOLDABLE CLASE 150 ASME, CARA TIPO JUNTA REALZADA, (R.F.) DE ACERO AL CARBONO FORJADO, ASTM-A-105, FABRICADA DE ACUERDO A LOS CÓDIGOS ASME B.16.5, MSS-SP-6, SERVICIO AMARGO, BORE 4.03", PARA 4"Ø	PZAS.	4.00	\$670.67	\$ 2,682.68
10	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE BRIDAS DE ACERO AL CARBONO FORJADO, ASTM-A-105, BRIDA DE CUELLO SOLDABLE CLASE 150 ASME, CARA TIPO JUNTA REALZADA, (R.F.) DE ACERO AL CARBONO FORJADO, ASTM-A-105, FABRICADA DE ACUERDO A LOS CÓDIGOS ASME B.16.5, MSS-SP-6, SERVICIO AMARGO, BORE 7.98", PARA 8"Ø	PZAS.	4.00	\$1,305.41	\$ 5,221.64

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CÁMARA DE ESPUMA BRIDADA DE 10"Ø CLASE 150 LBS. R.F., CUERPO ASTM-A-216 GR. WCB, TIPO II, MODELO M-33 SEGÚN ESTÁNDAR EI-H-717.	PZA	1.00	\$38,484.79	\$ 38,484.79
12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VÁLVULA DE PRESIÓN-VACÍO DE 12" Ø, DE ACERO INOXIDABLE 304,. WCB EXTREMOS BRIDADOS CLASE 150 ANSI TIPO CARA REALZADA, INCLUYE ESPARAGOS DE ACERO INOXIDABLE Y EMPAQUES EN CÚPULA DE TANQUE HASTA 15 MTS. DE ALTURA	PZA	1.00	\$114,065.76	\$14,065.76
13	SUMINISTRO, MANEJO Y ERECCIÓN DE CODOS GIRATORIOS TIPO CHICKSAN DE EXTREMOS BRIDADOS (PARA CÁMARA DE ESPUMA) DE 4" Ø	PZAS.	2.00	\$4,403.29	\$ 8,806.58
14	SUMINISTRO, HABILITADO, MANEJO Y TENDIDO DE PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ESPECIFICACIÓN ASTM A-283 Gr. "C", DE 3/16" (5MM) DE ESP., RECTANGULAR, PARA CUPULA DE TANQUE HASTA 15 M. DE ALTURA.	TON.	2.80	\$20,401.29	\$ 57,123.61
15	SUMINISTRO, HABILITADO, MANEJO Y TENDIDO DE PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ESPECIFICACIÓN ASTM A-283 Gr. "C", DE 1/4" (6MM) DE ESP., RECTANGULAR, PARA FONDO DE TANQUE.	TON.	3.80	\$20,315.48	\$ 77,198.82
16	SUMINISTRO, ROLADO, HABILITADO Y MONTAJE DE PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL ESPECIFICACIÓN ASTM A-283 Gr. "C", DE 1/4"(7MM) DE ESP., RECTANGULAR, HASTA 15 M. DE ALTURA.	TON.	103.90	\$20,187.11	\$2,097,440.73

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MONITOR DE AGUA CONTRA INCENDIO FIJO, CON BRIDA DE ENTRADA 4"Æ CARA PLANA 150 ANSI, SALIDA DE 2 ½"Æ, MECANISMO DE GIRO HORIZONTAL DE 360° Y GIRO VERTICAL DE 120°, CON SISTEMA DE AJUSTE VERTICAL POR CREMALLERA Y VOLANTE CON MANIVELA CON GASTO DE 500 GPM, CON BOQUILLA PARA AGUA CONTRA INCENDIO DE BRONCE, PARA MONITORES CON ENTRADA HEMBRA GIRATORIA DE 2 ½"Æ, ROSCA NSHT, CON SALIDA REGULABLE DE CHORRO HASTA NIEBLA FINA; SERVICIO ESTÁNDAR.	PZA	1.00	\$13,084.86	\$13,084.86
18	SUMINISTRO, MANEJO E INSTALACIÓN DE EMPAQUES DE GRAFITO PURO LAMINADO FLEXIBLE CON INSERTO DE LÁMINA PERFORADA DE ACERO INOXIDABLE 316, EN JUNTAS BRIDADAS CLASE 150 DE 4" DE Ø, INCLUYE UNIÓN MECÁNICA DE 1/16" DE ESPESOR, PARA BRIDAS CARA REALZADA CLASE ANSI 150 LBS., SERVICIO ESTÁNDAR, ESPÁRRAGOS DE ACERO INOXIDABLE ESPECIFICACIÓN ASTM-A-316, GR. L7, CADA UNO CON DOS TUERCAS HEXAGONALES DE ACERO INOXIDABLE ESPECIFICACIÓN ASTM-A-316 GR 2H.	PZAS.	3.00	\$723.84	\$ 2,171.52
19	INSTALACIÓN DE BOQUILLA DE 10"Ø EN ENVOLVENTE DEL TANQUE HASTA UNA ALTURA DE 15.00 M	PZA	1.00	\$6,200.07	\$ 6,200.07

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
20	SUMINISTRO DE CODO 45° R.L CED. 80, EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR, SIN COSTURA, DE ACERO AL CARBONO ASTM-A 234 GR. WPB, FABRICADO DE ACUERDO A LOS CÓDIGOS ASME B16.9 Y B16.25, PARA SERVICIO AMARGO. DEBERÁ CUMPLIR CON EL ESTÁNDAR NACE MR-01-75 ÚLTIMA EDICIÓN, DE 6"Ø	PZA	4.00	\$921.04	\$ 3,684.16
21	SUMINISTRO DE CODO 90° R.L. CED. 80, EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR, SIN COSTURA, DE ACERO AL CARBONO ASTM-A 234 GR. WPB, FABRICADO DE ACUERDO A LOS CÓDIGOS ASME B16.9 Y B16.25, PARA SERVICIO AMARGO, DEBERÁ CUMPLIR CON EL ESTÁNDAR NACE MR-01-75 ÚLTIMA EDICIÓN, DE 4"Ø	PZA	6.00	\$605.15	\$ 3,630.90
22	SUMINISTRO, FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE ANCLAS SEGÚN ESPECIFICACIÓN FLÚOR CON ACERO COLD-ROLLED TIPO "L", INCLUYE TUERCA HEXAGONAL DE 13 MM (1/2"Ø) X 23 CM DE LONGITUD Y 5 CM DE CUERDA	PZA	32.00	\$237.22	\$ 7,591.04
23	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MEDIAS CAÑAS DE FIBRA DE VIDRIO, MARCA RALL TECH O SIMILAR, EN ZONA DE CONTACTO TUBO-MOCHETA-ABRAZADERA, HASTA UNA ALTURA DE TRABAJO DE 2.00 M, EN TUBERÍA DE 4"Ø	PZA	30.00	\$449.77	\$ 13,493.10
24	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MEDIAS CAÑAS DE FIBRA DE VIDRIO, MARCA RALL TECH O SIMILAR, EN ZONA DE CONTACTO TUBO-	PZA	2.00	\$837.36	\$ 1,674.72

	MOCHETA-ABRAZADERA, HASTA UNA ALTURA DE TRABAJO DE 2.00 M, EN TUBERÍA DE 8"Ø				
Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
25	SOLDADURA TIPO CHAFLÁN EN PLACA DE 1/4" ESPEJOR, EN FONDO DEL TANQUE.	M	600.00	\$202.21	\$ 121,326.00
25	SOLDADURA TIPO CHAFLÁN EN PERFILES ESTRUCTURALES HASTA 15 M. DE ALTURA EN , DE 3/16" ESPEJOR.	M	600.00	\$177.92	\$ 106,752.00
27	SOLDADURA A TOPE CON RANURA RECTANGULAR, HASTA 15.00 M DE ALTURA, EN PLACA ENVOLVENTE DE 1/4" ESPEJOR.	M	170.00	\$200.36	\$ 34,061.20
28	SOLDADURA A TOPE DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBÓN EN UNIONES DE IGUAL DIÁMETRO (CEDULA 60-80) DE 4" Ø	JTA	20.00	\$297.06	\$ 5,941.20
29	SOLDADURA A TOPE DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBÓN EN UNIONES DE IGUAL DIÁMETRO (CEDULA 40-80) DE 8" Ø	JTA	8.00	\$391.55	\$ 3,132.40
30	SUMINISTRO, ROLADO E INSTALACIÓN DE PERFILES ESTRUCTURALES DE ÁNGULO DE 64 x 64 x 6 MM (2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"), PARA REFUERZO, DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES.	TON	0.30	\$25,203.39	\$ 7,561.02
31	FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA A BASE DE PERFILES SEMIPESADOS	TON	1.71	\$30,397.94	\$ 51,980.48
32	FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE REGISTRO ENTRADA-HOMBRE CIRCULAR EN CÚPULA DE TANQUE DE 24"Ø.	PZAS.	2.00	\$20,314.13	\$ 40,628.26
33	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TAPA DE ACERO AL CARBÓN DE FÁBRICA EN CÚPULA DE TANQUE PARA REGISTRO ENTRADA-HOMBRE DE 24"Ø.	PZAS.	2.00	\$11,530.91	\$ 23,061.82

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
34	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ESCALONES DE ACERO GALVANIZADO, ESPESOR ¼" DE 10" x 32"(251x813 mm)	PZAS.	28.00	\$847.16	\$ 23,720.48
35	PRUEBA HIDRONEUMÁTICA DE FONDO EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO, INCLUYE MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO PERIMETRAL REPELLADO INTERIOR, EN TANQUES DE 3,000 BARRILES	PRUEBA	1.00	\$9,471.15	\$ 9,471.15
36	PRUEBA HIDROSTÁTICA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 3,000 BARRILES	PRUEBA	1.00	\$14,234.75	\$ 14,234.75
37	PRUEBA NEUMÁTICA A JUNTAS SOLDADAS CON CÁMARA DE VACIO EN FONDO Y CÚPULA EN TANQUE DE 3,000 BARRILES	PRUEBA	1.00	\$10,872.21	\$ 10,872.21
38	PRUEBA DE ASENTAMIENTO, VERTICALIDAD Y REDONDEZ EN TANQUES DE 3,000 BARRILES	PRUEBA	1.00	\$21,071.92	\$ 21,071.92
39	LIMPIEZA A METAL BLANCO DE SUPERFICIES METALICAS A BASE DEL SISTEMA DE ESPONJAS DE POLIURETANO IMPREGNADAS CON ABRASIVOS DE OXIDO DE ALUMINIO (GRIT ALUMINUM OXIDE); APLICACIÓN POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO EPOXICO O POLIURETANO ANTICORROSIVO 100 % SOLIDOS DE DOS COMPONENTES RP-13, 2 CAPAS DE PELICULA SECA DE 0.020" (500 MICRAS); ; EN INTERIOR DE TANQUES DE 0 A 5 M. DE ALTURA	M2	220.00	\$250.51	\$ 55,112.20

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
40	LIMPIEZA A METAL BLANCO DE SUPERFICIES METALICAS A BASE DEL SISTEMA DE ESPONJAS DE POLIURETANO IMPREGNADAS CON ABRASIVOS DE OXIDO DE ALUMINIO (GRIT ALUMINUM OXIDE); APLICACIÓN POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO EPOXICO O POLIURETANO ANTICORROSIVO 100 % SOLIDOS DE DOS COMPONENTES RP-13, 2 CAPAS DE PELICULA SECA DE 0.020" (500 MICRAS); ; EN INTERIOR DE TANQUES DE 5.01 A 15 M. DE ALTURA	M2	200.00	\$259.22	\$ 51,844.00
41	LIMPIEZA A METAL BLANCO HIDRO-SAND-BLAST A BASE DE AGUA-INHIBIDOR-ARENA (SILICA); APLICACIÓN POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO PRIMARIO INORGANICO RICO EN ZINC RP-4B MODIFICADO AUTOCURANTE BASE SOLVENTE, 1 CAPA DE PELICULA SECA DE 0.004" (100 MICRAS); APLICACION POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO DE ACABADO POLISILOXANO EPOXICO O ACRILICO DE DOS COMPONENTES ALTOS SOLIDOS DE ALTA RESISTENCIA RA-35, UNA CAPA DE PELICULA SECA DE 0.004" (100 MICRAS) EN EXTERIOR DE TANQUES HASTA 15.00 M. DE ALTURA.	M2	405.08	\$231.69	\$ 93,852.99

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
42	LIMPIEZA A METAL BLANCO HIDRO-SAND-BLAST A BASE DE AGUA-INHIBIDOR-ARENA (SILICA); APLICACIÓN POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO PRIMARIO INORGANICO RICO EN ZINC RP-4B MODIFICADO AUTOCURANTE BASE SOLVENTE, 1 CAPA DE PELICULA SECA DE 0.004" (100 MICRAS); APLICACION POR ASPERSION CON EQUIPO AIRLESS DE RECUBRIMIENTO DE ACABADO POLISILOXANO EPOXICO O ACRILICO DE DOS COMPONENTES ALTOS SOLIDOS DE ALTA RESISTENCIA RA-35, UNA CAPA DE PELICULA SECA DE 0.004" (100 MICRAS) EN ESTRUCTURA LIGERA Y TUBERIA DE 2" A 4" DE DIAMETRO DE 5.01 A 15.00 M. DE ALTURA.	M2	190.00	\$255.87	\$ 48,615.30
43	PINTURA DE FRANJAS DE IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO EN TUBERÍAS CON RECUBRIMIENTO Y ACABADO RA-28, DE 0 A 5 M. DE ALTURA, HASTA 6" Ø (ANCHO =150 MM.) (6")	FRANJA	2.00	\$53.01	\$ 106.02
44	FLECHAS DE IDENTIFICACIÓN DEL FLUJO CON RECUBRIMIENTO Y ACABADO RA-28, EN TUBERÍAS DE 0 A 5 M. DE ALTURA, HASTA 6" Ø (ANCHO =150 MM.) (6")	FLECHA	2.00	\$53.01	\$ 106.02
45	PINTURA DE LETRAS DE DIFERENTES DIMENSIONES APLICANDO RECUBRIMIENTO DE ACABADO RA-28 EN TUBERÍAS DE 3" A 6" DE DIAMETRO, DE 0 A 5 M. DE ALTURA . TAMAÑO DE LETRAS "H" 3.175 CM (1.25")	LETRA	120.00	\$5.34	\$ 640.80

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
46	PINTURA DE LETRAS DE DIFERENTES DIMENSIONES APLICANDO RECUBRIMIENTO DE ACABADO RA-28 EN TUBERÍAS DE 3" A 6" DE DIAMETRO, DE 5.01 A 15 M. DE ALTURA . TAMAÑO DE LETRAS "H" 3.175 CM (1.25")	LETRA	120.00	\$5.48	\$ 657.60
47	ROTULACIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACABADO RA-28 PARA TANQUES DE 0 A 15 M. DE ALTURA, DE 3,000 BARRILES	ROTULO	1.00	\$2,509.61	\$ 2,509.61
48	ROTULACIÓN DEL EMBLEMA INSTITUCIONAL A TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON GRÁFICOS DEL ÁGUILA TIPO GRAFÍA PEMEX, APLICANDO RECUBRIMIENTO DE ACABADO RA-28 PARA TANQUES DE 0 A 15 M. DE ALTURA, DE 3,000 BARRILES	ROTULO	1.00	\$8,827.53	\$ 8,827.53
49	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ÁNODOS DE ZINC CON ALMA DE ACERO DE 48 LIBRAS EN INTERIOR DE TANQUES, INCLUYE SOLDADURA ELÉCTRICA.	PZAS.	6.00	\$1,830.93	\$ 10,985.58
	COSTO TOTAL DE LA OBRA				\$ 3,421,203.07

La diferencia entre las placas de ¼” y las placas de 3/16” son de acuerdo a la envolvente si recordamos al principio de este trabajo el tanque que estaba con anterioridad es de la envolvente de placa de 3/16” y como se mencionó en temas anteriores donde hacemos referencia que la placa de la envolvente se considerara a ¼” dejando la cúpula en 3/16” como lo marca el API 650 como se muestra en la tabla 4 la diferencia de placas en un espesor y otro como se indica la siguiente tabla 12 la diferencia en peso es de 25.96 toneladas de acero al carbón y esto genera un costo a la inversión pero el cual satisface más que una necesidad del cliente.

Descripción	Tonelada	Precio	Total
Placa de ¼	103.90	\$20,187.11	\$ 2,097,440.72
Placa 3/16	77.94	\$20,187.11	\$ 1,573,333,35
Diferencia			\$ 524,057.36

Tabla 12 Diferencia en costo de placas (Toneladas y Precio)

Una vez obtenido en la construcción de un tanque de almacenamiento con capacidad de 3,000 Bls. Y de haber sacado los cálculos en moneda nacional es por \$ 524,057.36 el costo de este tanque es más elevado de lo presupuestado con placa de 3/16” la diferencia será que el tanque más duradero, seguro para su almacenamiento en cuanto a mejor resistencia en la presión ejercida internamente, Con una finalidad al cual entra en los estándares de calidad.

Debemos considerar que realizar un tanque de almacenamiento con placa 3/16 es factible hacerlo, para productos que no son peligrosos como es el agua ya que es un tanque de almacenamiento del modelo de tanque abierto como se muestra en la Figura 2.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo establecido por el código API 650 es lo mínimo que debe de cumplir en la fabricación de un tanque de almacenamiento sin embargo en este trabajo, se acondiciono con placas de $\frac{1}{4}$ " (envolvente) para una mejor durabilidad en cuanto a cuestión de seguridad mayor, resistencia de presión, que a los que pide el código API 650 no debemos descartar que en este trabajo nuestro cliente fue Pemex en el cual se usaron sus normas de referencia. La construcción de este tanque de almacenamiento servirá como ejemplo de ayuda a minimizar tiempos y costos a otras empresas que deseen tomar en cuenta este trabajo que parten de normas que Pemex maneja en cuestión de fabricación de recipientes los cuales son algunas por mencionar AWS, API 650, ASME SECCION IX NRF-PEMEX y por mencionar.

BIBLIOGRAFIA

American Society of Mechanical Engineers SECCION IX ED. 2010	Calificación de soldadores
American Welding Society D1.1 ED. 2010	Código de soldadura estructural
American Petroleum Institute 650 ED. 2010	Diseño de construcción de tanques de almacenamiento
Normas de Referencia -113-Petroleos Mexicano-2007	Diseño de construcción de tanques de almacenamiento
American Welding Society 5.5. ED. 2010	Especificación de electrodos
American Society of Mechanical Engineers SECCION V ED. 2008	Exámenes no destructivos
NRF-053-PEMEX-2006	Sistema de protección anticorrosiva
MANUAL DE FORMULAS TECNICAS ED.2010	

SIGLAS

Siglas	Descripción ingles	Español	Conceptos generales
ASME	American Society of Mechanical Engineers	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.	Es una asociación de profesionales, que ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos, entre otros, calderas y recipientes sujetos a presión. Este código tiene aceptación mundial y es usado en todo el mundo.
ASTM	American Society for Test Materials	Sociedad Americana de Pruebas de Materiales.	Es un organismo de normalización de los América. Para todo tipo de materiales.
GMAW	Gas Metal-Arc Welding	Soldadura de arco metálico con gas.	Es un tipo de soldadura que utiliza un gas protector químicamente activo (dióxido de carbono, argón más dióxido de carbono o argón más oxígeno).
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding	Soldadura por arco de tungsteno.	La soldadura TIG, es un proceso en el que se utiliza un electrodo de tungsteno, no consumible.
NRF	Normas de Referencia		Normas en las cuales Pemex se basa en otras normas.
OFW	Oxyfuel Gas Welding	Soldadura por soplete de oxígeno gas combustible.	El proceso de soldadura oxi-combustible se utiliza desde hace muchos años en la industria manufacturera y sigue siendo un proceso importante en la soldadura ó unión de varios metales.
PAW	Plasma-Arc Welding	Soldadura de arco de plasma.	Se utiliza los mismos principios que la soldadura TIG, por lo que puede considerarse como un desarrollo de este último proceso. Sin embargo, tanto la densidad energética como las temperaturas son en este proceso mucho más elevadas ya que el estado plasmático se alcanza cuando un gas es calentado a una temperatura suficiente para conseguir su ionización, separando así el elemento en iones y electrones.

SAW	Submerged-Arc Welding	Soldadura de arco sumergido	En la soldadura por arco sumergido, el arco se establece entre la pieza a soldar y el electrodo, estando ambos cubiertos por una capa de flux granular (de ahí su denominación "arco sumergido").
SMAW	Shielded Metal-Arc Welding	Soldadura de arco metálico protegido.	Soldadura manual con electrodo revestidos es la más antigua y versátil.
PT	Liquit penetrant	Líquidos penetrantes.	La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados.
PH		Prueba Hidrostática ó hermeticidad.	Consiste en verificar la integridad física y química del recipiente que se efectúa.
UT	Ultrasonic Examination	Ultrasonido Industrial.	Método que se emplea para detectar discontinuidades e imperfecciones e internas por medio de vibraciones mecánicas que se propagan a través de ondas.
RT	Radiographic Examination	Radiografía Industrial.	Este método se emplea para detectar discontinuidades internas en uniones soldadas y piezas forjadas ó fundidas.
WPQ	Welding Procedure Specification	Especificación del procedimiento de soldadura.	
PQR	Procedure Qualification Record	Registro de Calificación de Procedimiento.	
WPS	Welding Performarce Qualification	Calificacion de Habilidad de Soldadores.	

GLOSARIO

Absorción	Es la operación unitaria que consiste en la separación de uno o más componentes de una mezcla gaseosa con la ayuda de un solvente líquido con el cual forma solución (un soluto A, ó varios solutos, se absorben de la fase gaseosa y pasan a la líquida).
Adsorción	Es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados ó retenidos en la superficie de un material en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.
Área de Instalación	Es el lugar al cual también se le conoce como batería ó instalación por parte de PEMEX.
Brasing	Brazing ó soldadura fuerte conocido también como brazado, incluso como soldadura de plata, es en rigor un proceso de "unión de los metales mediante el calor y la aportación de una varilla metálica" .
Capitel	Es la parte de la estructura interna lo cual soporta los canales (la araña del tanque).
Clicks	Pieza que va soldada entre el capitel y el canal para la araña de la estructura.
Espárragos	Varilla roscada en cuál de los dos extremos están con una cuerda el cual es sustituto de los tornillos.
Empaques Flexitalic	Esta pieza consta de un anillo exterior que centra la junta perfectamente en la cara de la brida, proporciona un refuerzo adicional radial para evitar que la junta reviente y actúa como limitador de compresión.
Isoprano	El isoprano o metilbutadieno es un compuesto orgánico con fórmula $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$. A temperatura ambiente es un líquido incoloro muy volátil, debido a su bajo punto de ebullición y altamente inflamable y de fácil ignición. En contacto con el airees altamente reactivo, capaz de polimerizarse de forma explosiva si se calienta.
Placa de refuerzo	Conocida también como placa de sacrificio está acompañada siempre de una boquilla la cual su única función es reforzar la boquilla.

soldadura	La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales.
Soldering	La soldadura blanda ó “soldering” es una técnica de soldadura heterogénea en la que se unen dos piezas del mismo o diferente metal, empleando un material de aportación diferente al de las piezas a unir. Este material de aportación se funde en el proceso de soldeo a una temperatura de fusión inferior a 450 °C, y también inferior a la de los metales base.
Tubería	Una tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza el término oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza el término gasoducto.

ANEXOS

Anexos 1

Anexo 1 NRF-053-PEMEX-2006 sistema de protección anticorrosiva que puede ser utilizado para superficies metálicas expuestas a diferentes ambientes.

Ambiente	Condición de superficie (Ver Tablas 2 y 3)	Sistemas de recubrimientos (Ver Tabla 14 Opciones)	Preparación de superficie		Observaciones (Ver Tabla 4)
			Método (Ver Tabla 10)	Grado de limpieza (Ver Tabla 4, 5, 7 8 y 9)	
1.-Seco	Grado A, B, C y D Aceros nuevos y con corrosión sin pintar	1, 2, 4 y 13	2 ó 1	CWAB-10 DWAB-10 SP 10/NACE 2 ISO Sa 2/1/2	Limpieza a metal cercano a blanco
	Grado E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión	1, 2, 4, 10 y 13	3 ó 2	CWJ-2 DWJ-2	Limpieza a pintura vieja para repintado
2.-Húmedo	Grados A, B, C y D Aceros nuevos y con corrosión sin pintar	1, 3, 4, 12 y 13	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	1, 2, 3, 4, 10, 12 y 13	3 ó 2	CWJ-2 DWJ-2 CWAB-10 DWAB-10 SP6/NACE 3	Limpieza de pintura vieja para repintado Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura
3.- Húmedo con salinidad y gases derivados del azufre	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar	2, 3, 4 y 12	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	1, 2, 3, 4 y 12	3 ó 2	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura
4.- Marino	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	2, 3, 4 y 12	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	2, 3, 4 y 12	3 ó 2	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial si se elimina toda la pintura

Como se muestra en la tabla se utilizó el ambiente **1 Seco** y **5 interior de tanques**

Anexo 1 NRF-053-PEMEX-2006 sistema de protección anticorrosiva que puede ser utilizado para superficies metálicas expuestas a diferentes ambientes.

Ambiente	Condición de superficie (Ver Tablas 2 y 3)	Sistemas de recubrimientos (Ver Tabla 14 Opciones)	Preparación de superficie		Observaciones (Ver Tabla 4)
			Método (Ver Tabla 10)	Grado de limpieza (Ver Tabla 4, 5, 7 8 y 9)	
5.- Interior de tanques	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar	6, 7, 14 y 18	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa 3	Limpieza a metal blanco
	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	6, 7, 14 y 18	2 ó 1		
6.- Moderada Temperatura	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	8 y 15 533 K (260°)	2 ó 3	CWAB-10 L DWAB-10 L SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial
7.- Alta Temperatura	Grados E, F, G y H Aceros previamente pintados o con corrosión grados C y D.	9 y 16 833 K (560°)	2 ó 1	CWAB-6 DWAB-6 SP 5/NACE 1 ISO Sa3	Limpieza a metal blanco.
8.- Zona de mareas y oleajes y ductos ascendentes	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	5	1 ó 2	SP6/NACE 3	Limpieza a metal comercial
9.- Zona de pisos de helipuertos	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	11	2 ó 1	CWAB6 DWAB6 SP5/NACE 1	Limpieza a metal blanco
10.- Recubrimiento bajo aislamiento hasta 205°C	Grados A, B, C y D Aceros nuevos o con corrosión sin pintar.	17	2 ó 1	CWAB6 DWAB6 SP5/NACE 1	Limpieza a metal blanco

Como se muestra en la tabla se utilizó el ambiente **1 Seco y 5 interior de tanques**

Anexos 2

Anexo 2 de NRF-053-PEMEX-2006 Descripción de protección anticorrosiva.

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas (micras)	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total	Método de Aplicación	Usos
1	Primario epóxico-poliamida de dos componentes RP-6 Modificado	70	37.5 – 62.5	1	100-150	275-400	Aspersión convencional o sin aire	Proporciona muy buena resistencia a ambientes secos y húmedos salinos, químicos, ácidos y álcalis; el primario contiene inhibidores de corrosión, el intermedio proporciona mayor resistencia y el acabado le da excelente apariencia. Adecuado para instalaciones superficiales en refinерías, complejos petroquímicos, equipos y tuberías de proceso.
	+ Acabado epóxico catalizado-poliamida de dos componentes altos sólidos RA-28 Modificado	70	No aplica	1	100-150			
	+ Acabado poliuretano acrílico-alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	75-100			
2	Primario epóxico poliamida de dos componentes RP-6 Modificado	70	37.5 – 62.5	2	100-150	275-400	Aspersión convencional o sin aire	Proporciona la misma protección que el sistema No. 1, con la ventaja de que disminuye costos de operación, ya que el autoimprimante solo requiere de limpieza a metal comercial y son solo dos componentes del sistema. además de usarse como sistema inicial es propio para uso en reparaciones en las mismas condiciones del sistema no. 1. Area de presa de lodos, cuarto de químicos, paquete de líquidos, parte interior de cuartos, patio de tuberías, talleres, barandales y cantilver's
	+ Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	No aplica	1	75-100			

Sistema 4 y sistema 16 con referencia a la tabla 13 de NRF-053-PEMEX-2006

Anexo 2 de NRF-053-PEMEX-2006 Descripción de protección anticorrosiva.

Sistema No.	Descripción	% Sólidos en volumen (mínimo)	Perfil de Anclaje (micras)	Capas	Espesor por capa seca (micras)	Espesor total (micras)	Método de Aplicación	Usos
3	Primario inorgánico rico en zinc autocurante base solvente RP-4B Modificado o Primario epóxico rico en zinc de dos a tres componentes RP-22 + Acabado epóxico catalizado poliamida de dos componentes altos sólidos. RA-26 Modificado + Acabado poliuretano acrílico alifático de dos componentes RA-28 Modificado	65	37.5 – 62.5	1	75-100	275-350	Aspersión convencional o sin aire	Excelente protección anticorrosiva a los ambientes más severos; el primario actúa como ánodo de sacrificio y el intermedio y acabado proporcionan mayor resistencia adecuado para ambientes húmedos, con o sin salinidad y gases derivados del azufre y ambiente marino. Adecuado para tuberías operando hasta 93 °C continua, interior de instalaciones con aire acondicionado, cubiertas y casetería de embarcaciones, bajo helipuerto, paquete habitacional, cuartos de lodos, cuarto de silos, área de presa de lodos, cuarto de químicos, paquete de líquidos y parte interior de cuartos.
		70	No aplica	1	125-150			
		65	No aplica	1	75-100			
4	Primario inorgánico rico en zinc, autocurante base solvente RP-4B Modificado o Primario epóxico rico en zinc de dos a tres componentes RP-22 + Acabado polisiloxano epóxico o Acrílico de dos componentes altos sólidos de alta resistencia RA-35	65	37.5 – 62.5	1	75-100	150-200	Aspersión convencional o sin aire	Resistente a los ambientes severos, equipos y estructuras; el primario de zinc se adhiere electrofóticamente y actúa como ánodo de sacrificio, el acabado es producto de nueva tecnología de gran resistencia a los químicos ácidos, bases, área de presa de lodos, cuarto de químicos y paquete de líquidos.
		70	No aplica	1	75-100			
5	Recubrimiento epóxico 100% sólidos de dos o tres componentes RE-36	100	75-100	1	2500-3125	2500-3125	Aspersión, espátula, llana ó aplicación manual	Producto especial para inmersión en zonas de mareas y oleajes en áreas de plataformas marinas y ductos ascendentes (para mantenimiento emplee la versión de aplicación manual)

Sistema 4 y sistema 16 con referencia a la tabla 13 de NRF-053-PEMEX-2006

Anexos 3

Anexo 3 NRF-053-PEMEX-2006 diferentes grados de corrosión de superficies de acero sin pintar.

Condiciones	Según ISO 8501-1-3	Según SSPC-VIS 1 ó equivalente
Grado A	Superficie de acero recubierta en gran medida por cascarilla de laminación adherida, pero con poco o nada de óxido.	Superficie de acero recubierta completamente con escama de laminación con corrosión no visible.
Grado B	Superficie de acero con oxido incipiente, en la que ha empezado a exfoliarse la cascarilla de laminación	Superficie de acero cubierta con escama de laminación con oxido.
Grado C	Superficie cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido , o que puede eliminarse raspando, pero con algunas picaduras visibles a simple vista.	Superficie de acero cubierta con oxido y picaduras no visibles a simple vista.
Grado D	Superficie de acero cuya cascarilla de laminación ha desaparecido por la acción del óxido y en la que se ve simple vista numerosas picaduras	Superficie de acero con oxido y picaduras visibles.

De esta tabla se utilizó el **grado tipo A** como lo indica la tabla anterior **anexo 1 y 2** aparece las referencia y las descripciones.

Anexos 4

Anexo 4 NRF-053-PEMEX-2006 grado de limpieza de superficiales que se logran con chorro abrasivo seco.

SSPC	ISO	NACE	DESCRIPCIÓN
SP-5: Limpieza a metal blanco	Sa 3	1	Remover toda corrosión y contaminación visible, escama de laminación, pintura y cualquier material extraño hasta 100%
SP-10: Limpieza a metal cercano a blanco	Sa 2 1/2	2	Remover contaminantes hasta que un 95% de cada 9 pulgadas cuadradas (3 pulg. X 3 pulg.) esté libre de corrosión visible, escama de laminación, pintura y material extraño.
SP-6: Limpieza a metal comercial	Sa 2	3	Remover toda corrosión hasta que aproximadamente dos tercios de cada 9 pulgadas cuadradas (3 pulg. X 3 pulg.) esté libre de todo residuo visible.
SP-7: Limpieza a ráfaga	Sa 1	4	Remover todo residuo, excepto escamas de laminación, óxido y pintura fuertemente adheridas.

Se ocupó la parte de metal blanco de acuerdo a la **Anexo 2 NRF-053-PEMEX-2006**