



---

**TECANA AMERICAN UNIVERSITY**  
**ACCELERATED DEGREE PROGRAM BACHELOR OF**  
**SCIENCE IN PETROLEUM**  
**ENGINEERING TECHNOLOGY**

**TESIS DE GRADO:**  
**“PROBLEMÁTICA DE LA ACUMULACIÓN DE AGUA DE LLUVIA**  
**SOBRE LOS TECHOS FLOTANTES DE LOS TANQUES DE**  
**ALMACENAMIENTO DE CRUDO,**  
**EN EL PATIO DE TANQUES DEL TERMINAL DE EMBARQUE**  
**PUERTO MIRANDA – PDVSA, ESTADO ZULIA.”**

Ricardo A. Castillo Urdaneta

C.I. 3.925.577

Maracaibo, 08 de Septiembre de 2006

“Por la presente juro y doy fe que soy el único autor del presente informe y que su contenido es consecuencia de mi trabajo, experiencia e investigación académica”



---

## DEDICATORIA

A mi familia quien incondicionalmente me ha brindado todo su apoyo y ha contribuido de una u otra forma en mi desarrollo personal.



---

## AGRADECIMIENTO

A Dios Todo poderoso por darme la constancia y la fuerza para lograr este objetivo.

A la Ing. Amanda Rodríguez, por su valioso aporte al desarrollo de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE ANALITICO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	7
RESUMEN.....	8
INTRODUCCION.....	9
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	
1.1- Formulación del Problema.....	11
1.2.- Objetivos de la Investigación.....	15
1.3.- Justificación.....	16
1.4.- Limitación.....	17
CAPÍTULO II	
MARCO DE REFERENCIA	
2.1- Fundamentos.....	18
2.1.1- Sistema de drenaje de techo para Tanques De Techos Flotantes.....	18
2.1.1.1.- Tipos De Drenajes.....	18
2.2.- Antecedentes del Problema.....	20
2.3.- Patio de Tanques.....	21
2.3.1.- Áreas De Un Patio De Tanques.....	22
2.3.2.- Tipos De Tanques De Almacenamiento.....	25
2.3.2.1.- Cilíndricos.....	25
2.3.2.2.- Tanques Esféricos.....	26
2.3.3.- Partes De Un Tanque De Almacenamiento De Techo Flotante.....	27
2.4.- Definición De Términos Básicos.....	32
CAPÍTULO III	
METODOLOGIA	
3.1.- Diseño De Técnicas De Recolección De Información. ....	36
3.2.- Población Y Muestra.....	37
3.3.- Tipo de Investigación.....	37



---

## CAPÍTULO IV

### ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

4.1.- Ubicación Geográfica.....	39
4.2.- Propósito del Terminal.....	39
4.3.- Descripción del Terminal.....	40
4.4.- Estructura Organizacional.....	41
4.5.- Personal que Participo en la elaboración de este trabajo de investigación.....	42

## CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	43
CONCLUSION.....	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	74

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Agua Acumulada Sobre el Techo Flotante.....	13
Figura N° 2. Petróleo Acumulado Sobre el Techo Flotante.....	13
Figura N° 3. Sistema de Drenaje de Agua de Lluvia de Tubería Articulada.....	14
Figura N° 4. Tanque Colapsado por exceso de peso en el Techo Flotante.....	21
Figura N° 5. Sistema de drenaje de tubería rígida. Recién instalado.....	47
Figura N° 6. Facilidad para extraer la Manguera desde el Exterior del Tanque....	72
Figura N° 7. Arreglo en el Techo Flotante para el reemplazo o reparación de manguera.....	73

---

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Cálculo de la Longitud de la Manguera.....	62
Grafico 2. Costo vs Tiempo. Sistema de drenaje con Chiksan.....	67
Grafico 3. Costos vs Tiempo. Sistema de drenaje con manguera.....	67
Grafico 4. Comparativo de gastos en bolívares y días, entre el sistema de drenaje con manguera y el sistema de drenaje con Chiksan.....	68
Grafico 5. Comparativo de la capacidad para el recibo de producción afectada por el sistema de drenaje con Chiksan y por el sistema de drenaje con manguera.....	68

---

## RESUMEN

La realización de este trabajo de investigación, está orientada a contribuir a solucionar el problema de acumulación de agua de lluvia en los techos flotantes de los Tanques de Almacenamiento de Crudo del Patio de Tanques del Terminal de Embarques Puerto Miranda.

El agua se acumula en los techos debido a fallas en el sistema de drenaje de los mismos y a no poder sacar de operación estos equipos, razón por la cual se recomienda la sustitución de este sistema por otro que permita su reparación sin afectar la continuidad de las operaciones.

---

## INTRODUCCIÓN

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los Hidrocarburos ya que actúa como pulmón entre producción y transporte, para absorber las variaciones de consumo, además de brindar flexibilidad operativa a las instalaciones petroleras, tales como Patios de tanques, Terminales, Refinerías, etc.

Los equipos principales requeridos para poder efectuar el almacenamiento son los tanques, los cuales son estructuras, generalmente metálicas, donde se deposita el crudo o producto que se quiere almacenar y que sirven como punto de medición de inventarios y cantidades despachadas o recibidas.

Los tanques constituyen activos imprescindibles para la industria petrolera, siendo su construcción y mantenimiento altamente costosos para la empresa, quien debe velar por su preservación, no solo por el valor del equipo, sino también por la seguridad de las instalaciones, de acuerdo al tipo de producto que almacenan.

El Terminal de Embarque Puerto Miranda, es uno de los Terminales mas grandes del hemisferio Occidental, con capacidad de almacenaje superior a los 5 MMB, cuenta con 30 tanques para el almacenamiento de crudo y producto, los cuales se encuentran en continua actividad operacional para la exportación de mas de 10 MMB al mes y el despacho de mas de 8 MMB al mes para el Centro de Refinación Paraguana.

Esta continua actividad operacional hace que los tanques requieran de un esfuerzo de mantenimiento acorde con la exigencia de operación, el cual se realiza mediante programas establecidos de prevención y corrección de las fallas que se le puedan presentar al equipo.

Algunas de las fallas, no pueden ser reparadas sin sacar de operación al equipo por un tiempo prolongado, lo que representa un alto costo en tiempo y dinero para la empresa, asimismo cuando varios equipos entran en falla, deben esperar su mantenimiento programado por la imposibilidad de ejecutar las operaciones sin estos equipos.

Una de estas fallas es la acumulación de agua en los techos flotantes de los tanques, por ruptura u obstrucción del sistema de drenaje central de agua de lluvia. Este trabajo de investigación esta dirigido a resolver esta falla en forma definitiva.

---

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1- Formulación del Problema

La efectividad y calidad de los productos, servicios y procedimientos generados y/o creados en la empresa petrolera constituyen factores de gran envergadura en el momento de tomar decisiones para su ejecución. La toma de conciencia en cada uno de las decisiones, lineamientos, programas, procesos, etc., debe ser ajustada a las normas que estén establecidas en la empresa y/o a los parámetros nacionales e internacionales.

Cada unidad de servicios, producción, refinación está estructurada por elementos claves para su funcionamiento, en los casos del manejo de crudo, específicamente, se prevee instrumentos, instalaciones acopladas según la naturaleza de la unidad; en este caso el uso de tanques de almacenamientos es primordial en la industria petrolera, ya que son de vital importancia en los procesos de producción, refinación y transporte de crudo y sus derivados, además, permiten llevar un control de la producción existente en la instalación. Su uso y mantenimiento deben constituir ejes primordiales en las políticas de funcionamiento en la industria, además, de la actualización de equipos, instrumentos y los procedimientos. Estos tanques pueden ser de techo flotante o fijo dependiendo de las características del producto que se va a almacenar.

Es importante resaltar, que los tanques de techo fijo eran estándar en la industria petrolera, caracterizados por ocasionar perdidas porque la evaporación dentro de éstos es alta. Con el uso difundido de los techos flotantes, el techo externo atrapa bajo él, los vapores despedidos por el producto, pero debe resistir

---

la acción del ambiente: lluvia, sol, etc.; esto lo convierte en una estructura sumamente pesada y que necesita de dispositivos especiales para su operación.

El sistema de almacenamiento de crudo de Puerto Miranda esta constituido por tanques de techo flotante.

Así mismo la dinámica de los procesos y con el tiempo, el incremento de la producción y los requerimientos de exportación y refinación, han hecho que estos equipos sean imprescindibles para las operaciones y que el tiempo que puedan estar fuera de servicio constituya un considerable costo para la industria.

Los programas de Mantenimiento Mayor, contemplan la reparación de estos tanques en lapsos de 10 años, por lo que cada año se reparan tres tanques o lo que es igual, permanentemente se encuentra el mismo número fuera de operación.

Esto hace que se mantengan en el resto de los tanques, fallas que para ser corregidas se tiene que sacar de operación el equipo por un tiempo prolongado.

Una de estas fallas mas recurrentes es la imposibilidad de drenar el agua que se acumula sobre los techos de los tanques (Figura N° 1), ocasionando un sobrepeso que puede provocar el colapso del techo, incluso pérdida total del equipo.



**Figura N° 1. Agua Acumulada Sobre el Techo Flotante**

A consecuencia, se invierten sumas de dinero y esfuerzo desalojando el agua acumulada sobre los techos mediante la utilización de sistemas de bombes, cada vez que se producen precipitaciones, tomando en cuenta la cantidad de tanques, la distancia entre ellos y la dinámica de las operaciones de recibo y entrega de crudo, lo que aun con el máximo esfuerzo, representa un riesgo para el equipo y la instalación. (Figura N° 2).



**Figura N° 2. Petróleo Acumulado Sobre el Techo Flotante**

Todos los tanques de Puerto Miranda están provistos de facilidades para el drenaje de agua de lluvia, que se acumula sobre el techo, constituido por un sistema de tubería articulada (chicksan) (Figura N° 3), el cual para ser reparado en caso de falla, se tiene que sacar de operación el tanque, desgasificarlo y limpiarlo. Lo cual representa un alto costo y un tiempo prolongado.



**Figura N° 3. Sistema de Drenaje de Agua de Lluvia de Tubería Articulada**

En este particular, el sistema de drenaje de los techos, es de gran importancia puesto que de ellos depende evitar la acumulación de agua de lluvia sobre la cubierta, también hay que considerar que el sistema de drenaje de los techos flotantes ocasionalmente falla obligando a sacar el tanque de servicio para su reparación y reemplazo, además, el agua acumulada sobre el techo y en presencia de cloruros, son un excelente agente corrosivo, que conjuntamente con la radiación solar deterioran las placas del techo y la pintura

Lo ya expuesto demuestra que resulta obvio, que se debe reemplazar el sistema de drenaje de los techos flotantes de los tanques por otro sistema que permita su reparación o sustitución, sin tener que sacar de operación el equipo por un tiempo prolongado.

De tal forma que es necesario el estudio de los sistemas de drenajes de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo, para garantizar el completo desalojo del agua de lluvia sin afectar la capacidad de almacenamiento, ni la calidad del producto contenido (tomando en cuenta los múltiples factores que a ellos le inciden).

Por ejemplo desde que fueron instalados los techos flotantes en el patio de tanques del Terminal de Embarque Puerto Miranda – PDVSA, se han realizado algunas evaluaciones para el mejoramiento de los sistemas de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo, caracterizándose los procedimientos en la utilización de antigua tecnología en cuanto a drenajes de techos flotantes.

Se debería considerar el reemplazo de los sistemas de drenajes de los techos sin sacar el tanque a mantenimiento mayor, para no afectar el proceso normal del equipo garantizando la continuidad operacional del mismo.

Por lo tanto, la presente investigación tiene por objeto central evaluar y verificar el diseño para los reemplazos de los sistemas de drenajes de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo, que permita una optimización de estos sistemas.

## **1.2.- Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo General**

Eliminar la problemática de acumulación de agua de lluvia sobre los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo, en el Patio de Tanques del Terminal de Embarque Puerto Miranda – PDVSA, Estado Zulia.

---

## Objetivos Específicos

- Examinar la normativa utilizada en el reemplazo del sistema de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo.
- Estudiar el diseño del sistema actual de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo.
- Estudiar la posibilidad de cambiar el sistema de chiksan.
- Maximizar la durabilidad del sistema, el cual genera un ahorro en mantenimiento predictivo y preventivo.
- Recomendar el uso un nuevo sistema de drenaje para los tanques de almacenamiento de crudo de techo flotante.

### 1.3.- Justificación

Los sistemas de drenaje pluvial constituyen unidades primordiales para el funcionamiento de los tanques. Su correcto manejo es importante para el mantenimiento de estos equipos tan valiosos para la productividad de la industria petrolera.

El presente estudio se encuentra orientado hacia la revisión del diseño, normativa y procedimiento necesario para el reemplazo de un nuevo sistema central de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques del patio de tanques del Terminal de Embarque Puerto Miranda, sin necesidad de sacar estos equipos para mantenimiento mayor, y su aplicación a tanques que actualmente drenan los techos por sistemas de chiksan o tuberías articuladas.

Por otra parte, constituyen un aporte tanto para las nuevas tecnologías en el área, como para la actualización de equipos acoplados a contextos internacionales, al igual que a la normativa que lo sustenta.

---

## 1.4.- Limitación

El estudio abarca el Sistema de Drenaje de los Techos Flotantes de los treinta tanques de almacenamiento de crudo que conforman el Patio de Tanques del Terminal de Embarque Puerto Miranda ubicado en el municipio Miranda, estado Zulia, en un periodo comprendido desde febrero de 2006 hasta junio de 2006.

---

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1- Fundamentos.**

##### **2.1.1- Sistema de drenaje de techo para Tanques De Techos Flotantes.**

Según Daza, Henry (1995) el sistema de drenaje de un tanque de techo flotante tiene como finalidad primordial, el desalojo inmediato del volumen de agua que se acumula sobre la superficie de éste último a consecuencia de las lluvias. Tal sistema esta constituido por una manguera el o chiksan que recorre desde el techo hasta la parte inferior de la pared, la cual es atravesada, terminando el sistema en una válvula de compuerta cuya función es la del obstaculizar el flujo del producto almacenado en el tanque en caso de la rotura de la manguera del la el o del chiksan, según sea el caso.

##### **2.1.1.1.- Tipos De Drenajes.**

El proceso de tratamiento de los efluentes líquidos de una instalación, requiere generalmente la segregación de éstos desde su fuente de origen. A tal fin, las corrientes líquidas deberán separarse en diferentes sistemas de drenaje, de acuerdo a la siguiente clasificación establecida en el Manual de Ingeniería de Diseño PDVSA HEI-251-PRT (1993):

###### **a.- Sistema de Drenaje de Agua no Contaminada con Hidrocarburos**

En este se consideran las aguas de lluvia y el agua contra incendio, aplicados sobre áreas tales como: Áreas baldías no desarrolladas, vías de circulación perimetrales, estacionamiento de vehículos, techos de edificios, áreas externas a los muros de contención en patios de tanques, otras áreas donde no sea previsible la presencia de derrames de hidrocarburos.

---

El drenaje de aguas no contaminadas con hidrocarburos, se llevará a cabo mediante canales abiertos que descarguen en sumideros.

b.- Sistema de Drenaje de Aguas Contaminadas con Hidrocarburos.

A este sistema irán las aguas de lluvias y contra incendio provenientes de áreas normalmente contaminadas con hidrocarburos, así como los derrames producidos en áreas donde se manejen este tipo de producto. Algunas de estas áreas son: estaciones de servicio, áreas del proceso, llenaderos de camiones, muelles, áreas internas a los muros de contención de tanques de almacenamiento.

El drenaje de estos efluentes se efectuara a través de tuberías subterráneas, en una red diseñada para que el flujo principal de drenaje, comunicada con los sumideros ubicados en las áreas servidas, a través de tuberías laterales y sub-laterales.

En cada área servida por este sistema, deberán existir suficientes sumideros a fin de poder evacuar el agua aceitosa por este sistema, deberán existir también suficientes sumideros para poder evacuar el agua contra incendio y el agua de lluvia, evitando así la propagación de incendios e inundaciones. El sistema no podrá estar interconectado con el sistema de aguas negras.

c.- Sistema de Drenaje de Agua Contaminadas con Productos Químicos.

Se consideran en esta clasificación agua de lluvia y contra incendio, normalmente contaminados con productos químicos, así como los derrames o aguas efluentes provenientes de áreas donde se manejen este tipo de productos

tales como desechos ácidos; cáusticos y otros los cuales no están permitidos descargar al drenaje sanitario o a otras cloacas en la planta.

#### d.- Sistema de Drenaje de Aguas Negras.

Estos sistemas recogen desechos de las aguas de servicios de baños lavamanos, urinarios, duchas, lavaderos en baños, lavaderos, cuartos de vestir, sumideros de piso en salas sanitarias, cocinas y comedores.

## **2.2.- Antecedentes del Problema**

El conjunto de reportes de las inspecciones rutinarias a los tanques de Puerto Miranda, indican que el 80 % de los tanques de techo flotantes tienen el sistema de drenaje del techo averiado, representando una situación delicada por cuanto para corregirles las fallas se debe sacar de operación el equipo por un lapso de tiempo bastante prolongado, lo que obliga a efectuar estas reparaciones durante su mantenimiento mayor programado y que generalmente se efectúa cada diez años.

Existen programas de mantenimiento mayor de tanques, claramente establecidos y a los cuales se les da cumplimiento. Sin embargo, reparaciones a tanques insertos en el programa por fallar antes del tiempo estipulado o por atrasos en el tiempo de ejecución de las reparaciones según lo programado; hacen que existan tanques con lapsos de tiempo superiores a los quince años sin reparaciones mayores.

Los resultados de la investigación realizada, a causa del colapso del techo flotante del tanque G-2 en febrero 2005, arrojaron como causa contribuyente, el exceso de agua sobre la cubierta del Techo y como causa raíz la falta de mantenimiento de estos techos. Entendiéndose que de existir un sistema de drenaje de agua de lluvia del techo eficiente, este evento se hubiera evitado.



**Figura Nº 4. Tanque Colapsado por exceso de peso en el Techo Flotante**

### **2.3.- Patio de Tanques**

Es una estructura de mediana complejidad, donde se recolecta la producción de crudo proveniente de las estaciones de flujo y segregaciones asociadas a él. Dentro del proceso de manejo de crudo, un Patio de Tanques es una de las instalaciones más importantes para la limpieza del petróleo.

Estos Sirven para el recibo, tratamiento, almacenamiento y bombeos de sus diferentes tipos de crudos, desde los centros de producción hasta los terminales de embarque y refinерías. El crudo producido es enviado desde los pozos hacia las estaciones recolectoras, de allí es bombeado en forma continua a los patios de tanques en donde generalmente se procede a almacenarlo, tratarlo (mediante un proceso de deshidratación para adecuarlo a las condiciones de calidad exigidas por el mercado), aforarlo y bombearlo hacia los terminales, a su vez a la refinерía para su proceso o en buques – tanqueros para su exportación.

Además de las actividades descritas anteriormente, en los patios de tanques, se realizan otras muy relacionadas con las operaciones y entre las cuales se podría señalar el sistema de clarificación de agua, donde su función principal es la de mantener los equipos y procesos en forma armónica tal, que permita que las aguas provenientes del proceso de deshidratación sean acondicionadas hasta un grado óptimo para ser usadas en los procesos para disposición, inyectándola en los pozos previamente seleccionados. Estas aguas deben cumplir las especificaciones establecidas por el Ministerio del Ambiente, en la protección del ambiente y la ecología.

El Patio de Tanques constituye “el último punto de llegada del crudo antes de los terminales de embarque. Aquí se trata el crudo para liberarlo del agua y sedimentos mediante el proceso de deshidratación o por medio de decantación. El crudo se almacena en tanques donde se fiscaliza para ser enviado a las refinerías o terminales de embarque”.

Debido a que sus operaciones son continuas veinticuatro horas diarias al año, se hace necesario tomar todas las precauciones de mantenimiento, seguridad y protección, para minimizar los riesgos de accidentes y altos costos de producción. Entre los programas de mantenimiento que se efectúan en los patios están los trabajos de mantenimiento de tanques, pintura y limpieza de los fondos.

### **2.3.1.- Áreas De Un Patio De Tanques**

En general, los patios de tanques están dotados de distintos tipos de instalaciones. Entre ellas se encuentran:

- **Múltiple de Recolección**

Es el área donde se encuentran todas las líneas de flujo provenientes de las estaciones de flujo o segregaciones. Esta conformado por varios tubos paralelos que parten de las estaciones flujos principales de cada campo. A las estaciones antes mencionadas llegan las líneas de producción asociadas a los pozos, y a su vez en estas, se realiza la separación del gas y el crudo, para luego ser enviados cada uno de estos elementos donde sean requeridos, es decir, a las plantas compresoras (el gas) o a los patios de tanques (el crudo).

- **Separador API**

En esta sección se lleva a cabo la recuperación del crudo que se encuentra asociado al agua drenada de los tanques. La capa de crudo por mantenerse sobre el agua, choca con unos deflectores ubicados a la salida de la tubería y que son movidos para capturar las partículas de crudo flotantes en el agua y al final de la piscina, ayudando a la separación del crudo en el agua; el agua ya separada del petróleo pasa por debajo de este sistema de deflectores lista para ser tratada en la planta de tratamiento y así utilizarla en la inyección de pozos.

- **Estación o Sala de Bombas**

Se refiere a las salas donde se encuentran instaladas las bombas que mueven el crudo dentro y hacia el exterior de los patios de tanques. A su vez, el crecimiento y perfeccionamiento de los procesos están ligados con las mejoras en el equipo de bombeo y con un mejor conocimiento de cómo funcionan las mismas.

La suma del bombeo no es nada más la suma de energía cinética y potencial a un líquido, con el fin de moverlo de un lado al otro. Esta energía hará que el líquido efectúe trabajo, tal como el de circular por una tubería o subir a mayor altura. Cuando el crudo llega al Patio de Tanques, las bombas instaladas en las estaciones de bombeo son impulsadas por motores eléctricos o de

combustión interna, estas bombas se clasifican por su uso como reforzadoras y principales.

Las bombas reforzadoras se caracterizan por manejar grandes caudales y una baja altura de descarga, permitiendo utilizarlas como succión de los tanques de almacenamiento, descargando para las bombas principales con altura apropiada para la succión, estas últimas descargan el crudo con la energía suficiente para alcanzar el destino siguiente.

Las bombas también se clasifican según el producto a impulsar como centrífugas y reciprocantes.

Las bombas centrífugas se utilizan para bombear crudo de alta viscosidad y constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, es la más adecuada para manejar grandes cantidades de líquido en comparación con las bombas de desplazamiento positivo.

Las bombas centrífugas son aquellas las cuales transforman la energía mecánica del impulsor rotatorio en energía cinética y potencial. Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la punta de los alabes o periferia de impulsor y de la densidad del líquido, la cantidad de energía aplicada por libra de líquido es independiente de la densidad del mismo.

Las bombas reciprocantes son utilizadas para bombear crudo de alta viscosidad, estos son equipos de desplazamiento positivo, con un fluido de descarga con baja presión, cuyo volumen de líquido o la capacidad de entrega es constante, esta posee algún empuje causado por la variación del movimiento de los pistones, son eficientes para altos volúmenes y poseen bajo costo en mantenimiento.

- **Múltiple de Succión**

---

Es la tubería proveniente de los tanques de almacenamiento para alimentar la succión del tren de bombas.

- **Múltiple de Descarga**

Es el conjunto de tuberías donde convergen las descargas de las bombas, uniéndose posteriormente al oleoducto que conduce el crudo. El diámetro de esta tubería es por lo general igual o menor que la del múltiple de succión.

- **Tanque de Almacenamiento**

Son equipos utilizados para el almacenamiento de líquido o gases y a la vez protegidos de la influencia de la naturaleza. Además de servir para el almacenamiento de crudo que viene del campo, con equipos claves para el proceso de deshidratación, ya que es allí donde se separa el agua del crudo para luego ser drenada.

### **2.3.2.- Tipos De Tanques De Almacenamiento:**

#### **2.3.2.1.- Cilíndricos**

- **De Techo Fijo Cónico**

Estos se utilizan para el almacenamiento de crudos que poseen un punto de inflamación alto y de presión de vapor, es decir, aquellos hidrocarburos que no se evaporan fácilmente, evitando así la acumulación de gases en el interior del tanque que pueden producir la explosión de este, y por tanto la presión en el tanque no excede la atmósfera. Están formados por un solo cuerpo, cuyo techo no tiene ninguna posibilidad de movimiento. Poseen varias válvulas de venteo, que permite la salida indiscriminada de los vapores que están formándose continuamente en su interior, porque los tanques de techo fijo no están preparados para resistir sobrepresiones.

Incluyen los tanques construidos con acero al carbono o aceros aleados, de diversos tamaños y capacidades, de paredes cilíndricas y verticales, diseñados para almacenar líquidos y para trabajar a presiones próximas a la atmosférica o presiones inferiores a  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  (14,22 Psi), según sea el código de diseño.

- **Abierto o sin Techo**

Se usan para almacenar aceites residuales, full-oil procesados y crudos pesados; poseen gran capacidad de almacenamiento.

- **De Techo y Fondo Cóncavo (Tambores Acumuladores)**

Se usan para almacenar productos con una presión de vapor relativamente alta, de la cual resulta la presión en el tanque.

- **De Techo Flotante**

Es el tanque que tiene el techo que flota sobre el contenido de este. Se usa con productos refinados, también para crudos livianos. Estos productos tienen la tendencia a perder las fracciones más ligeras por evaporación; éste tipo de tanques ayuda a reducir las pérdidas. Cuentan con pontones que flotan al nivel del líquido reduciendo la evaporación del producto.

Comprende los tanques construidos con acero al carbono y aceros aleados, de diversos tamaños y capacidades, de paredes cilíndricas y verticales, diseñados para almacenar hidrocarburos líquidos a presiones próximas a la atmosférica.

### **2.3.2.2.- Tanques Esféricos**

- **Esféricos**

Se usan para almacenar productos con una presión de vapor “reid” muy alta. Operan a presiones mayores a la atmósfera.

---

### 2.3.3.- Partes De Un Tanque De Almacenamiento De Techo Flotante

A continuación se mencionan las partes importantes de un tanque de Techo Flotante.

- **Equipos de Medición**

Utilizan diversos sistemas de medición de nivel desde el más sencillo flotador y cadena, hasta equipos electrónicos de radio frecuencia.

- **Bocas de Inspección**

Facilitan la entrada y salida de personal que realiza inspecciones programadas, mantenimiento y reparaciones internas de los tanques.

- **Boquillas**

Son conexiones de entrada y salida de las tuberías que se conectan al casco.

- **Termopozos**

Permiten realizar observaciones visuales de temperatura del producto.

- **Líneas**

Los tanques poseen tuberías de entrada (llenado), salida (succión), contra expansión, circulación, drenaje y de serpentín de vapor.

- **Líneas de Entrada**

Las líneas de entrada (llenado) se usan para almacenar los crudos o productos refinados en los tanques.

Su diámetro lo determina la presión que impulsa el fluido hacia los tanques.

---

Generalmente, las líneas de entrada están situadas cerca del fondo del tanque para evitar formación de gases y excitación de la electricidad estática.

- **Líneas de Salida**

Las líneas de salida (succión), al igual que las de entrada, están colocadas cerca del fondo del tanque.

Su diámetro lo determina la capacidad de las bombas que succionan el fluido y la viscosidad de estos.

- **Líneas de Contra Expansión**

Las líneas de contra expansión se usan para evitar que se acumule la presión por efectos de expansión y rompa la línea de entrada o dañe la pared del tanque.

- **Líneas de Circulación**

Las líneas de circulación permiten homogeneizar el producto.

La mezcla de los productos se hace necesaria debido a que las partes más pesadas se depositan en el fondo y las más livianas quedan arriba, pasado cierto tiempo, lo cual no permite tener disponible un producto homogéneo. La mezcla del contenido de un tanque se realiza por medio de una bomba, la cual descarga en el mismo tanque que succiona o a otro diferente.

- **Líneas de Drenaje**

Las líneas de drenaje están situadas al lado y muy cerca del fondo de los tanques y sus diámetros son proporcionales al tamaño de estos. Algunas de estas líneas se prolongan hasta el centro del fondo de los tanques (debido a que algunos tanques tienen cierta inclinación hacia el centro), para eliminar, de esta manera, los sedimentos y el agua casi por completo.

---

- **Línea de Agua**

Tuberías dispuestas alrededor del tanque con la finalidad de transportar y distribuir agua alrededor del mismo, además esta línea posee una tubería interna por donde se distribuye la espuma contra incendio.

- **Línea de Enfriamiento**

Es el sistema de rociadores externo de los tanques el cual a su vez tiene varias tomas o hidrantes para la conexión hacia los tanques y/o hacia camiones apaga fuego, en casos de emergencias.

- **Línea de Espuma**

La línea de espuma es la que parte de una estación de bombas donde se mezcla agua con productos químicos para formar la espuma contra incendios, de allí parte a unas cámaras internas de espumas en los tanques.

- **Cámara de Espuma**

Es la que expande la espuma hacia el interior de los tanques.

- **Artezón**

Consiste en una estructura tipo caja abierta en su parte superior, que se instala en las líneas de succión para evitar que los sistemas de bombeo puedan succionar el agua y/o sedimento que generalmente se deposita en el fondo del tanque.

- **Plataforma de Aforo**

Es una estructura instalada en la parte superior del tanque desde donde se efectúan los aforos oficiales en forma segura.

---

- **Drenaje del Techo**

Conjunto de equipos que posibilita un correcto manejo de los fluidos, que puedan depositarse sobre el techo, considerando para tal propósito, procesos de captación, conducción, y evacuación de los mismos.

- **Manguera de Drenaje**

Manguera utilizada en los sistemas de drenaje. Esta diseñada para soportar presiones tanto externas como internas y un amplio rango de temperaturas.

- **Check del Drenaje**

Es una válvula de seguridad ajustable, manual o automáticamente, a las presiones necesarias, y que se encarga de evitar el contra flujo del líquido que circula por ella.

- **Pontones**

Sistemas de flotación de los techos flotantes.

- **Venteo**

Es el sistema diseñado para prevenir los efectos de las alteraciones bruscas de presión interna de un depósito o tanque de almacenamiento como consecuencia de las operaciones de trasvase o de las variaciones de la temperatura ambiente.

- **Soportes**

Son el conjunto de párales tubulares, sobre los cuales descansa el techo flotante en su mínimo nivel de liquido.

- **Escalera del Techo**

Es la escalera que conecta la plataforma de aforo del tanque con el techo flotante.

- **Válvulas de Drenaje**

Válvulas mediante las cuales se realizan las operaciones de drenaje del tanque.

- **Válvula Principal**

Es la válvula mediante la cual se llevan a cabo las operaciones de llenado y vaciado de los tanques.

- **Sello del Tanque**

Estos sistemas son utilizados en los techos flotantes. Cada tipo de sello puede ser de distintos materiales de manera que sean compatibles con el líquido que se almacena en el tanque. Estos sellos son diseñados para impedir el escape hacia la atmósfera de los vapores y el líquido almacenado dentro del tanque.

- **Rociadores**

Es el sistema de enfriamiento de los tanques..

- **Techo Flotante**

Estructura metálica hermética puesta sobre pontones cilíndricos que le permiten a este suspenderse sobre el producto. Elemento que tiene movimiento vertical, que atrapa bajo él, los vapores despedidos por el producto.

- **Boca de Aforo**

Es la abertura sobre el techo del tanque, a través de la cual se hacen las medidas y se toman las muestras para un aforo.

- **Tubo de Aforo**

Es un tubo perforado que se extiende desde el fondo del tanque, hasta la boca de aforo.

El borde superior deberá ser el nivel para tomar las medidas y se convierte en el punto de referencia del tanque sin la interferencia de espuma u ondas.

- **Drenaje Rápido del Techo Flotante**

Es una boquilla de emergencia por donde se drena el agua depositada sobre el techo flotante cuando esta en su posición mas baja, y cuando el tanque no contiene producción (1,30mt del suelo, los soportes del techo deben estar en posición de mantenimiento). Esta solo se utiliza cuando el tanque se va sacar de servicio.

## 2.4.- Definición De Términos Básicos

- Aforo: es el proceso de medición/análisis que se lleva a cabo en los tanques de almacenamiento de crudo para saber que volumen de crudo contienen.
- API: American Petroleum Institute
- Banda: es la desviación del contorno del cuerpo cilíndrico en las uniones horizontales con respecto a la vertical que pasa por ellas.
- Bls: Barriles.
- Capacidad Nominal de Líquido del Tanque: es el volumen total de líquido que es capaz de almacenar el tanque, entre el plano que contiene el máximo nivel líquido de diseño y el correspondiente a la superficie de la fundación adyacente al fondo del tanque u otro nivel de líquido más bajo de diseño, establecido por el comprador.
- Chiksan: junta articulada utilizada en mangueras y tuberías.
- Componentes Primarios: son aquellos componentes cuya falla originaría una fuga del líquido almacenado y están expuestos a la temperatura de almacenaje

(planchas de la pared, planchas del piso, anillos de compresión, pasa hombres, boquillas, tuberías, pernos).

- Componentes Secundarios: son aquellos componentes cuya falla no origina una fuga de líquido almacenado, como: planchas, pasa hombres, boquillas y refuerzos del techo.
- Corona: son las planchas del fondo, las cuales al ser soldadas, forman un aro sobre el cual reposa el cuerpo cilíndrico.
- Espesor de Pared
  - Espesor requerido: es el calculado usando las formulas de diseño (según API STD 650 o API STD 620) antes de añadirle el espesor equivalente a la máxima corrosión permisible.
  - Espesor de diseño: es el espesor requerido más el espesor equivalente a la máxima corrosión permisible.
  - Espesor nominal: es el espesor seleccionado como el comercialmente disponible y no puede ser nunca menor que le espesor de diseño.
  - Espesor de corrosión permisible: es el valor que se aumenta el espesor requerido, para compensar las perdidas de material durante la vida útil.
  - Limite de retiro: es el mínimo espesor del metal del tanque o sus componentes (tuberías y boquillas) requerido para una operación segura y sin pérdidas de productos.
- Haz de tuberías: se denomina así los tendidos de tuberías que discurren paralelas y se comunican entre sí las partes de un parque de almacenamiento.
- In: Pulgada.
- Líneas de explotación: son las tuberías de trasiego de llenado y de vaciado de tanques.
- Máxima Presión de Trabajo: es la máxima presión positiva permitida en la parte superior del techo (tope) cuando el tanque está en operación.
- MMB: Millones de Barriles.

- MBLS: Miles de Barriles.
- NPS: Nominal Pipe Size.
- Operación Normal: es la condición de trabajo bajo la cual funcionara el tanque en forma usual, tomando en consideración los limites fijados por los parámetros del diseño y los métodos de construcción del mismo.
- Pico (Peaking): es la desviación del contorno del cuerpo cilíndrico respecto al círculo verdadero, medida en las soldaduras verticales.
- Presión de Diseño: es el valor de presión utilizado en las formulas de diseño (ver API STD o API STD 620) para determinar el mínimo espesor permitido o las características de las diferentes partes del tanque.
- Pontones Parcialmente Rígidos: son pontones que han sido reforzados en ciertas partes, de manera que una porción de su sección transversal, transmite cargas en forma efectiva desde el centro.
- Pontones Totalmente Rígidos: son los pontones cuyos topes y fondos han sido reforzados de forma que su sección transversal transmite efectivamente las cargas desde el centro del techo flotante.
- Presión de Operación: es la presión a la que normalmente trabaja un tanque y no debe exceder la máxima presión de trabajo permitida. La presión de operación se mantiene a un valor más bajo que la presión de calibración de la válvula de seguridad, para evitar la frecuente apertura de ésta.
- Sumidero: es un recolector de líquidos que pueden existir sobre la superficie del terreno y de los efluentes de los equipos de proceso. También permite retener los sedimentos, evitando obstrucciones en el sistema de drenaje.
- Tanque: recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica no superior a 98 KPa (un kilogramo/centímetro cuadrado)
- Tanquillas: es una estructura de concreto que se utiliza como punto de unión entre tuberías subterráneas y como trampa de sedimentos. También sirve para proveer acceso para labores de inspección y mantenimiento de las tuberías que a ellas descargan.

- 
- Temperatura de Operación: es la temperatura que alcanzará el metal del tanque bajo condiciones de operación normal.
  - Tubería Sub-Lateral de Drenaje: es la tubería a la cual se conectan los sumideros, y la cual descarga a una tubería lateral de drenaje.
  - Tubería Lateral de Drenaje: es aquella tubería que recolecta los efluentes provenientes de dos o más tuberías sub-lateral y los descarga a una tubería principal de drenaje.
  - Tubería Principal de Drenaje: es la tubería que recolecta los efluentes de las tuberías laterales de drenajes y los transporta hacia un separador hacia una planta de tratamiento de efluentes.
  - Venteo: es el sistema diseñado para prevenir los efectos de las alteraciones bruscas de presión interna de un depósito o tanque de almacenamiento como consecuencia de las operaciones de trasvase o de las variaciones de la temperatura ambiente.
  - Zona de almacenamiento: es el conjunto de todo tipo de depósito de almacenamiento de líquidos petrolíferos ubicados en un área que incluye los tanques propiamente dichos y sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y los sistemas de trasiego anexos.

---

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1.- Diseño De Técnicas De Recolección De Información.

Según Tamayo y Tamayo (1996) los diseños de investigación: bibliográficos y de campo, para la presente investigación el tipo que se acopla según las características y objeto del mismo es: de campo.

“Los diseños de campo son los que se refieren a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo; estos datos obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios, denominación que alude al hecho de que son de primera mano, originales, producto de la investigación en curso sin intermediación de ninguna naturaleza” (Sabino, 1984, p.93).

Para la obtención de los datos y los procedimientos a seguir también existen algunas categorías, por ejemplo, para la recolección de la información se utilizará la técnica de la observación y la revisión bibliográfica.

La observación es definida siguiendo los planteamientos de Hernández, Fernández y Baptista (1998) como “el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas” (p. 36), éste registro tal como lo señalan los autores presenta dos modalidades: observación participativa y no participativa, que según Tamayo y Tamayo (1993) en el primer caso, “es aquellas en la que el investigador juega un papel determinado dentro de la comunidad en la cual se realiza la investigación” (p. 122), en este caso, son las personas que

laboran en la planta y el personal encargado de su funcionamiento, en este caso, de la cuadrilla de mantenimiento operacional.

### **3.2.- Población y Muestra.**

Tamayo y Tamayo la definen como “una población está determinada por sus características definitorias, por tanto el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo” (1993, p.92) en este caso, se ratifica el criterio de las características que definen el objeto de estudio para su construcción. Para la presente investigación la población está representada por los 30 tanques de almacenamiento de crudo que conforman el patio de tanques de Puerto Miranda, del sector El Tablazo, municipio Miranda del estado Zulia.

Las muestras tienen clasificaciones, entre ellas se tienen: las muestras no probabilística y las probabilística.

En el presente estudio se utilizarán las muestras no probabilísticas, según los planteamientos de Hernández, Fernández y Baptista (1998) pueden llamarse muestras dirigidas y la elección de sujetos u objetos dependen del criterio del investigador” (p.234), que en este caso sería el sistema de drenaje de los techos flotantes de los treinta tanques de almacenamiento de crudo que conforman el patio de tanques de Puerto Miranda, ubicado en el sector El Tablazo del municipio Miranda, estado Zulia, en un periodo comprendido desde octubre de 2005 hasta marzo 2006.

### **3.3.- Tipo de Investigación.**

Según los objetivos propuestos en este trabajo el tipo de investigación es descriptiva que tal como lo plantea Sabino (1984) su preocupación primordial es describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de



---

fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento (p.61) en este caso se describió el funcionamiento del sistema de drenaje en el Patio de Tanques Puerto Miranda, también incluyó manuales de procedimientos PDVSA, trabajos realizados en la empresa y normativas nacionales e internacionales.

---

## **CAPÍTULO IV**

### **ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

Puerto Miranda cumple una función centralizadora en la recolección de crudos provenientes de los patios de tanques de Bachaquero, Lagunillas, Punta de Palmas, Cabimas y Palmarejo de Mara, y es considerado hasta la fecha como el Terminal más importante de Latinoamérica.

#### **4.1.- Ubicación Geográfica**

El Terminal de Puerto Miranda se halla ubicado en la parte Norte del Lago de Maracaibo, en la Costa Este de la zona conocida como Estrecho de Maracaibo, a 45 minutos ( 40 KM/H vía terrestre ) de Maracaibo; 20 minutos ( 10 KM/H vía lacustre ) del Terminal de Pequiven Maracaibo; 10 minutos ( 10 KM/H vía terrestre ) del complejo Petroquímico el Tablazo; 1 hora con 30 minutos ( 110 KM/H vía terrestre ) de Lagunillas.

#### **4.2.- Propósito del Terminal**

Manejar la producción de crudo recibida en los patios de tanques de Bachaquero, H-7 Cabimas y Pacon /Mara. Provenientes de las áreas de las Costa Este, Costa Nor-Este y Lago para su posterior despacho a los clientes de exportación y Refinería Cardon /Isla Curazao para procesos.

Los campos productores de petróleo de la industria PDVSA, cuya producción es manejada en o a través de Terminal de Embarque Puerto Miranda, se encuentran ubicados en tres grandes áreas: Costa-Este del Lago, Costa Nor-Oeste del Lago y Cuenca del Lago.

### 4.3.- Descripción del Terminal

Las Instalaciones Operacionales del Terminal de Embarque Puerto Miranda están localizadas en las siguientes áreas:

Patio de Tanques: Consta de ( 30 ) Tanques de techo flotante para el almacenamiento de crudo, y ( 4 ) tanques de techo fijo que contienen combustible; los tanques de techo flotantes tienen una capacidad bombeable por el orden de 4.600 MBLS de los cuales diecinueve (2.593 MBL ) están conectados al Oleoducto Caliente y Once ( 2.007 MBLS ) al Oleoducto frío.

Estación L.O.L: Para las transferencias de crudos Livianos a la Refinería Cardón, existen cuatro bombas en la Estación L.O.L de Puerto Miranda, cuya función es la de reforzar los bombeos de crudo desde de Palmarejo de Mara ; así como también desde Puerto Miranda, con las cuales se obtiene una tasa máxima de bombeo de 13.000 barriles/hora.

Sistema de Carga: Las facilidades para el despacho de crudos por buques están constituidos por dos muelles, donde pueden atracar tanqueros hasta de 115.000 toneladas de peso muerto. 90.000 toneladas de desplazamiento y una Eslora máxima de 910; siendo estas las dos ultimas especificaciones las limitaciones básicas del Terminal.

Cada muelle dotado de cuatro líneas de carga e interconectados a nueve bombas con capacidad de 3.000 toneladas/hora c/u.

Sistema de Combustible: a través de los muelles se supe también el combustible requerido por los tanqueros para su propio uso, y comprende los grados siguientes: Petróleo Combustible (Bunker “c”, Thin Fuel Oil), Marine Diesel y Gas-Oil.

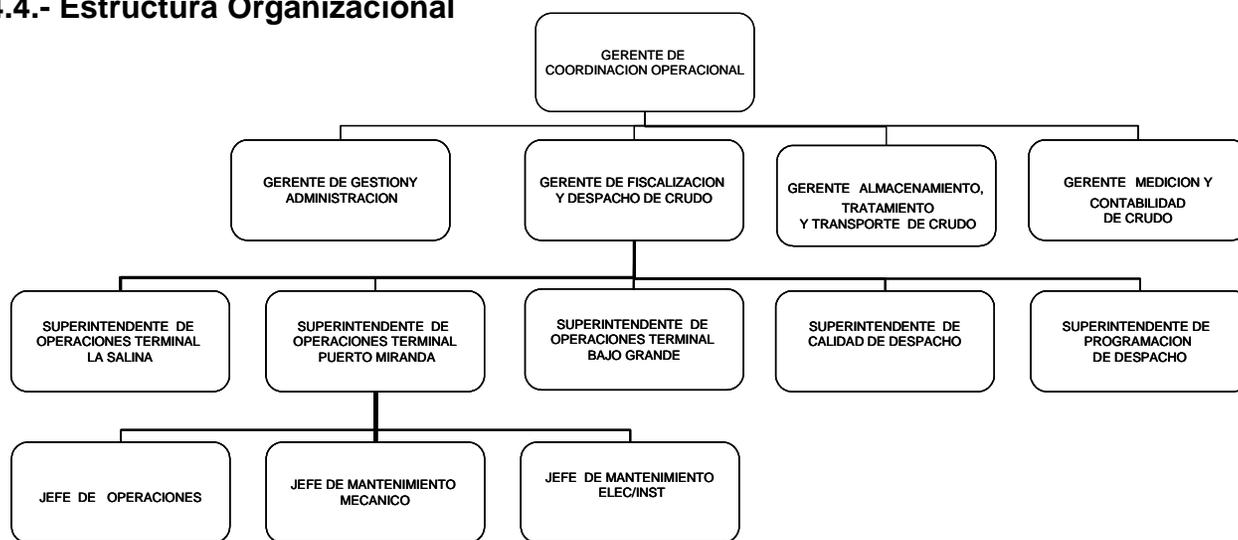
Estos productos tienen como almacenaje tres tanques de 80.000Bibls c/u, y una capacidad operacional variable de acuerdo a las facilidades del buque, oscilando las rutas máximas entre 450 tons/hora para el Petróleo Combustible y 200 tons/hora para el Marine Diesel Gas-Oil.

Adicionalmente a este almacenamiento existe un tanque de 3.000 M3 de capacidad, para suplir los requerimientos de Agua Doméstica a los tanqueros y alas necesidades del Terminal.

Equipo Contra –Incendio: El sistema Contra-Incendio consta de siete estaciones proporcionadoras de espuma ( PCL ) diseminadas en el área industrial, las cuales pueden ser operadas localmente o remotamente desde la Sala de Control, y una estación local en cada muelle. Provista de un monitor que puede dirigir la mezcla Agua/Espuma hasta el sitio deseado.

El sistema cuenta con una estación de bombeo que succiona agua del Lago, conformado por; una bomba Eléctrica “Jockey” que mantiene presionado el sistema, dos accionados por un motor eléctrico y una bomba accionada por un motor Diesel que opera en caso de falla de la energía eléctrica.

#### 4.4.- Estructura Organizacional



---

#### **4.5.- Personal que Participo en la elaboración de este trabajo de investigación.**

**SUPERINTENDENTE DE OPERACIONES PUERTO MIRANDA:** Como custodio de la Instalación, esta consciente del problema que existe y del planteamiento que debe ser a corto plazo para poder realizar las medidas correctivas. Y Controlar el Programa de Mantenimiento.

**JEFE DE OPERACIONES:** Expresó su punto de vista en cuanto a los problemas que se presentan en el día a día y como la época de lluvia incrementa los riesgos operacionales.

**JEFE DE PATIO:** Me facilitó la información de los registros de los mantenimientos efectuados (Drenaje de Techo Flotante), los cuales me permitieron comparar la efectividad de este proceso y el tiempo de duración para efectuarlo.

**JEFE DE MANTENIMIENTO MECANICO, ESTATICO Y ROTATIVO EN PUERTO MIRANDA:** Como responsable del cumplimiento del Programa de Mantenimiento Mayor, se le solicito la planificación y se comparo con lo ejecutado, se observo que realmente el periodo de reparación es cada 10 años, y el presupuesto para estos programas maneja la volumetría planificada. Dicho Presupuesto solo se ve incrementado por el porcentaje de inflación estimado por la Gerencia Corporativa.

---

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

- **Estudiar el diseño del sistema actual de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo.**

En la actualidad la mayoría de los sistemas de drenajes de techo flotante de los tanques de almacenamiento de crudo de PDVSA están constituidos por chiksan o tuberías conectadas por juntas articuladas en sus extremos que le permiten el movimiento vertical dependiendo de la posición del techo flotante

La junta articulada o Chiksan está constituida por una unidad embalada con sellos herméticos y anillos anti-extrusión de bronce. Estos anillos funcionan como retenedores y los cojinetes reducen la fricción entre el material elástico del embalaje y la cámara del embalaje mientras esta rota. El chiksan puede ser utilizado para succión de fluidos y en líneas de presión. Sin embargo, con el constante trabajo de ascenso y descenso del techo flotante estos cojinetes van perdiendo su movilidad, por lo cual la industria se ve en la necesidad de sacar el tanque para el mantenimiento y reemplazo de los cojinetes del drenaje del techo flotante.

Además, también presentan filtraciones en los sellos del embalaje por lo cual la junta articulada pierde su capacidad de movimiento debido a que estas juntas articuladas o Chiksan no son totalmente compatibles para servicios continuos con hidrocarburos, la cual es una de las razones por las cuales los tanques han tenido que salir de servicio, afectando la producción de la instalación.

Según la investigación de campo realizada en las instalaciones de Puerto Miranda se pudo constatar que:

- 
- Los tanques contienen el sistema de drenaje denominado Chiksan, constituidos por tubería de 2in (50,8mm), juntas articuladas, cadenas, ángulos, y laminas de asientos.
  - Todos los tanques poseen válvulas check en el extremo superior del drenaje, tal como lo estipula la norma API Standard 650 en el apéndice C.
  - Ninguno de los sistemas de drenaje que presentan las características anteriores, puede ser reemplazado sin la previa apertura, degasificación y limpieza del tanque, lo cual no se corresponde con lo expuesto en la norma API estándar 650 en su apéndice C.

La toma de conciencia en cada una de las decisiones, lineamientos, programas, procesos, etc., debe ser ajustada a las normas que estén establecidas en la empresa y/o a los parámetros nacionales e internacionales.

- **Examinar la normativa utilizada en el reemplazo del sistema de drenaje pluvial de los techos flotantes de los tanques de almacenamiento de crudo.**

La norma API Estándar 650 “Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Crudo”, 2001. Apéndice C “Techos Externos Flotantes”. Sección C.3.4 “Diseño del Pontón”. Estipula en su aparte:

“C.3.4.1 Los techos flotantes deben tener suficiente flotabilidad para permanecer a flote en un líquido con gravedad específica de 0,7 y con su sistema de drenaje principal inoperativo para las siguientes condiciones:”

“a. 250mm (10in) durante un periodo de lluvia de 24 horas con el techo intacto, excepto los techos tipo cacerola que están provistos con un drenaje de emergencia para mantener bajo el volumen de agua y permitir que el techo trabaje de manera segura. Tales drenajes de emergencia no permitirán que el producto almacenado fluya hacia el techo.”

En la sección C.3.8 “Drenaje de Techo” expresa:

“El drenaje primario del techo puede ser con manguera, con tuberías articuladas, o de tipo sifón, como se especifique en la orden de compra. Una válvula check se colocará cerca del final de la manguera y del final de los drenajes con tuberías articuladas en los techos tipo cacerola para prevenir la inversión del fluido que corre por ellos en caso de su ruptura. Serán hechas las provisiones necesarias para prevenir la retorsión de la manguera o su pellizque por alguno de los apoyos del techo flotante. El drenaje con manguera será diseñado para permitir su reemplazo sin necesidad de que el personal entre al tanque. Las juntas en movimiento del drenaje con tubería articulada serán embaladas para impedir su goteo. La instalación de la manguera o de la tubería articulada incluirá la instalación de los accesorios apropiados para su operación y, si fuera necesario, el retiro. El tamaño mínimo debe ser capaz de prevenir un nivel de agua acumulada en el techo superior al diseñado a la rata de lluvia máxima especificada por el fabricante del techo cuando el mismo se encuentre flotando a su nivel de operación mínimo; sin embargo, el drenaje no puede ser menor que NPS3 (3”) para techos con diámetros menores o iguales a 36m (120pies) o menores que NPS4 (4”) para techos con diámetros mayores a 36m (120pies)”.

NPS = Nominal Pipe Size.

Según las normas API Standard 650 para Tanques Soldados de Almacenamiento de Crudo, establece en el “Apéndice C” punto 3.8. referente a Drenaje de Techos Flotantes, que debe ser instalada una válvula tipo check (válvula de retención) en el extremo de la manguera que va hacia al techo, a fin de

prevenir que se invierta el sentido del flujo del producto (BACKFLOW del producto) almacenado en el caso de filtraciones, los drenajes sean diseñados de manera tal que permitan ser reemplazados sin entrar al tanque.

Además, la norma API 650 también especifica que los drenajes deben ser diseñados de manera tal que permitan ser reemplazados sin que sea necesario que el personal deba entrar al interior del tanque.

Según el manual de PDVSA: Engineering Design Manual, Volumen 19, Engineering Specification, PDVSA N° F-201, “Atmospheric Storage Tanks”, estipula en su punto 1.3.1 (Substitución) los tanques se diseñaran según las especificaciones de la norma API Standard 650 y debe obedecer los códigos aplicables venezolanos, leyes y normas. En su punto 1.3.2 (Adición) los tanques diseñados según estas especificaciones deben cumplir los requisitos de PDVSA – FJ – 221 “Diseño Antisísmico de Instalaciones Industriales”. En su punto 1.4 (Adición) el representante de PDVSA proporcionará los datos y planos esquemáticos del plan básico que indica la capacidad del tanque, propiedades del producto a ser almacenado, orientación de las boquillas, elevación de las boquillas, situación del sitio y condiciones ambientales.

La contratista diseñará el tanque y proporcionará un juego completo del detalle de los planos mecánicos para la fabricación de campo, y los procedimientos de instalación, eso garantizara la construcción correcta, dentro de las tolerancias indicadas en el código API 650.

- **Estudiar la posibilidad de cambiar el sistema de chiksan por nueva tecnología en sistemas de mangueras de drenaje.**

El Chiksan Swivel Joint es una junta articulada utilizada en tuberías y mangueras, para permitir el movimiento de la misma.



Figura N° 5. Sistema de drenaje de tubería rígida. Recién instalado

El sistema de drenaje con Chiksan es una aplicación constituida por tubería convencional y uniones flexibles (usualmente cojinetes) en los extremos para permitir el ajuste al nivel de flotación del techo. Estas tuberías recorren el interior del techo desde el sumidero del techo flotante hasta el inferior de la pared del tanque, terminando el sistema en una válvula de compuerta cuya función es la de obstaculizar el flujo de producto en caso de rotura de la tubería o de la junta articulada.

Este sistema tiene la ventaja de obligar a la verificación continua de las condiciones internas de los tanques.

No obstante, ciertas deficiencias de diseño se evidenciaron durante su puesta en servicio lo que naturalmente impidió su difusión, entre las principales se cuentan:

- Requiere inspección, reparación, lubricación y mantenimiento periódico en las partes móviles, posibles solo con el tanque fuera de servicio.

- Su reemplazo en caso de filtraciones requiere la previa apertura del tanque, desgasificación, lo cual no se acoge a lo exigido por las normas API Standard 650 – Apéndice C. Además se dejaría al tanque fuera de servicio por un periodo de cincuenta y dos (52) días, afectando una capacidad total de recibo de 12.903.000 Bls y sumando un desembolso de Bs. 80.710.828,27 para reestablecer su operación. (Precios 2005)
- Elevado costo de mantenimiento.
- Las partes móviles son diseñadas para condiciones de elevada presión interna y no para servicio sumergido.
- La ubicación descentrada de los sumideros ocasiona desbalanceo de cargas en la tubería, generando fallas prematuras en los sellos de las partes móviles.
- Es preciso reemplazar periódicamente los sellos de las partes móviles.
- Incompatibilidad de los sellos de las partes móviles con algunos productos almacenados.
- Requiere un elevado número de bridas y considerable trabajo de soldadura, lo que se traduce en un precio elevado y mayor tiempo de diseño e instalación.
- Colapso total del sistema en presencia de productos con propiedades incrustantes.

Sin embargo, también existe el sistema de drenaje de techo flotante con manguera el cual emplea como sistema de drenaje mangueras

---

conectadas directamente a las bridas del sumidero y la pared externa del tanque respectivamente. Tanto la constitución de éstas como su longitud va a depender de las características del producto a contener y las dimensiones del tanque, no obstante, los materiales más comúnmente empleados son el vitón y el neopreno.

El sistema de drenaje de techo flotante con manguera presenta las siguientes ventajas:

- Reemplazo del sistema de drenaje sin la previa apertura, desgasificación y limpieza del interior del tanque, cumpliendo con lo establecido en las normas API 650.
- Reducción de los gastos por concepto de reemplazo del sistema de drenaje.
- Los trabajos de reemplazo del sistema de drenaje se llevan a cabo en un periodo igual o menor a ocho (08) horas laborales, afectando tan solo una capacidad de recibo de 179.000 barriles.
- Compatible con todos los productos almacenados.
- No requiere lubricación.
- Sistema diseñado para servicio sumergido bajo presión externa.
- Alta presión de operación.
- No hay fugas a causa del deterioro de sellos o rodamientos.

- 
- No hay fugas a causa de juntas del sistema descentradas o desenchajadas.
  - Disponible en diferentes longitudes y diámetros.
  - Fácil y rápida adquisición de las mangueras, por existir fabricantes nacionales con capacidad de proveer las mismas.

Sin embargo presenta el siguiente inconveniente:

- Acumulación de sedimentos y bajo seguimiento de las condiciones internas de los tanques de techo flotante.
- **Maximizar la durabilidad del sistema, el cual genera un ahorro en mantenimiento predictivo y preventivo.**

El sistema de drenaje para techo flotante constituido por chiksan tiene un tiempo de operación mucho menor que el sistema con manguera de drenaje, debido a que esta compuesto por partes móviles que necesitan de una constante supervisión y mantenimiento.

Para lograr un buen desempeño del sistema con chiksan se debe llevar un constante control de su funcionamiento, generando altos costos en mantenimiento predictivo, para evitar cualquier falla que se pueda presentar durante su operatividad y creando controles de mantenimiento preventivo que provocan gastos de tiempo y de horas/hombres que se pueden emplear en otras actividades.

De manera tal que otra de las opciones para maximizar la durabilidad de un sistema de drenaje de techo flotante es el sistema de drenaje con manguera, el

cual es muy versátil, ya que existen en el mercado nacional e internacional una gran variedad de mangueras hechas de distintos materiales que soportan la atmósfera en la cual van a estar suspendidas, además, este sistema no necesita de la supervisión constante del personal de mantenimiento, ni del de operaciones debido a la ausencia de elementos móviles. No necesita lubricación en ninguna de sus partes ya que no contiene elementos que necesiten de esta.

Debido a todos estos factores el sistema de drenaje con manguera genera un ahorro de tiempo, dinero y personal, ya que no necesita de mayor supervisión. Su mantenimiento se puede ajustar al seguimiento y conservación que se realiza a los tanques en condiciones de operación normal y continua, sin la necesidad de generar gastos adicionales de limpieza completa del tanque, es decir, sin sacar el tanque fuera de servicio.

- **Implementar un nuevo sistema de drenaje a un tanque de almacenamiento de crudo de techo flotante.**

Considerando lo expresado en la norma API Estándar 650 “Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Crudo”, 10<sup>a</sup> Edición, Addendum 2, Noviembre 2001; y tomando como referencia los siguientes valores:

Prototipo, Tanque de Techo Flotante

- Diseño según API Estándar 650
- Producto almacenado: Petróleo 32° API
- Diámetro del tanque: 55,0m (2.165,4in)
- Altura del tanque: 17,1m (673,2in)
- Capacidad nominal: 253.000 Bls

Para el cálculo del diámetro de la tubería de drenaje se procedió a aplicar el Teorema de Bernoulli, según CRANE Hand Book “Flujo de fluidos” pag 3-2, mediante un proceso iterativo, suponiendo varios diámetros de tuberías estándar.

Debido a que no se pudo obtener los datos exactos de la rata de lluvia que cae sobre el tanque, se procedió a tomar datos experimentales durante varios periodos de lluvia sobre un área reducida de  $75,43\text{in}^2$  ( $0,49\text{m}^2$ ) y se obtuvo un promedio de  $4,7\text{in}$  ( $120\text{mm}$ ) de agua de lluvia en una hora.

Rata máxima de agua de lluvia en un área de  $75,43\text{in}^2$  ( $0,49\text{m}^2$ ):  $y = 4,7\text{in/hr}$  ( $120\text{mm/hr}$ ).

La acumulación de agua de lluvia sobre el techo flotante, la obtenemos con la ecuación de caudal, según el libro de CRANE “Flujo de fluidos”, pag 3-2 (Ec.1):

$$Q = V \times A \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:            Q: caudal  
                      V: velocidad  
                      A: área

Despejando el caudal Q, de la ecuación 1, se obtiene:

$$Q = \pi \times r^2 \times y$$

Donde:            r: radio (in)  
                      y: rata de lluvia (in/hr)

$$Q = \pi \times (4,9in)^2 \times 4,7in/hr = 354,5in^3/hr \times \frac{1gal}{231in^3} \times \frac{1hr}{60min} = 0,0256gpm$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre la parte externa del techo flotante y la salida de agua.

$$\left( \frac{P_1}{\rho} + \frac{\bar{V}_1}{2} + gz_1 \right) - \left( \frac{P_2}{\rho} + \frac{\bar{V}_2}{2} + gz_2 \right) = h_{lt} \quad \text{Ec. 2}$$

- Donde:
- $P_1$ : presión de entrada: 14,7psi
  - $\rho$ : densidad del agua:
  - $V_1$ : velocidad a la entrada: 0
  - $g$ : fuerza de gravedad: 32,17 pie/s<sup>2</sup>
  - $z_1$ : altura de entrada: 4,7in (0,39pie)
  - $P_2$ : presión de salida: 14,7 psi
  - $V_2$ : velocidad a la salida
  - $z_2$ : altura de entrada: 0
  - $h_{lt}$ : pérdidas mayores y menores

$$\left( \frac{P_1}{\rho} + \frac{\bar{V}_1}{2} + gz_1 \right) - \left( \frac{P_2}{\rho} + \frac{\bar{V}_2}{2} + gz_2 \right) = f \frac{L}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} + \left( K \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{entrada} + \left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{check} + \left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{90^\circ} + \left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{45^\circ}$$

Ec. 3

$f \frac{L}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2}$ : Pérdidas por la tubería

$\left( K \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{entrada}$ : Pérdidas por la entrada a la tubería

$$\left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{check} : \text{Pérdidas por la válvula de retención}$$

$$\left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{90^\circ} : \text{Pérdidas por el codo de } 90^\circ$$

$$\left( f \frac{L_e}{D} \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right)_{45^\circ} : \text{Pérdidas por el codo de } 45^\circ$$

f: factor de fricción

L: longitud de la tubería: 105,5 in

D: diámetro de la tubería

V<sub>2</sub>: velocidad de salida

K: coeficiente de perdidas menores

L<sub>e</sub>/D: longitud equivalente

Despejando la ecuación 1, obtenemos la velocidad V

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

Ec 4

donde: V: velocidad

Q: caudal

A: área

D: diámetro

Di: diámetro interno

Despejando el caudal Q y simplificando la ecuación 3, obtenemos:

$$Q = \sqrt{\frac{gz_1 \pi^2 D^4}{8 \left[ f \frac{L}{D} + K + \left( f \frac{L_e}{D} \right)_{check} + \left( f \frac{L_e}{D} \right)_{90^\circ} + \left( f \frac{L_e}{D} \right)_{45^\circ} + 1 \right]}}$$

Ec. 5

Para un diámetro de 4in , Di=4,026in.

El Número de Reynolds se calcula con la ecuación establecida por W. Fox (2000, pág. 326).

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Ec.6

Donde: Re: número de Reynolds

$\rho$ : densidad del agua

$\mu$ : viscosidad del agua

V: velocidad

D: diámetro

Entonces si tomamos la ecuación 4 y la introducimos en la ecuación 6, obtenemos:

$$Re = \frac{4Q}{\pi v D}$$

Ec. 7

Donde: Q: caudal

v: viscosidad dinámica

D: diámetro

Suponiendo la temperatura del agua a 25°C. Según W. Fox (2000, pág 843), se obtuvo:

$$\mu = 9 \times 10^{-4} \text{ kg/m} \cdot \text{s} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \times 0,3048 \text{ m/ pie}$$

$$\mu = 6,05 \times 10^{-4} \text{ lb/ pie} \cdot \text{s}$$

La densidad del agua a 25°C . Según Cengel (1999, pág A-68) es:

$$\rho = 62 \text{ lb/ pie}^3$$

La viscosidad dinámica se define como  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ , según W. Fox (2000, pág 30).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{6,05 \times 10^{-4} \text{ lb/ pie} \cdot \text{s}}{62 \text{ lb/ pie}^3} = 9,75 \times 10^{-6} \text{ pie}^2 / \text{s}$$

Entonces resolviendo la ecuación 7,

$$\text{Re} = \frac{4 \times 2,56 \times 10^{-2} \text{ gpm} \times 1 \text{ min/ } 60 \text{ s} \times 1 \text{ pie}^3 / 7,48 \text{ gal}}{\pi \times 9,75 \times 10^{-6} \text{ pie}^2 / \text{s} \times 4,026 \text{ in} \times 1 \text{ pie/ } 12 \text{ in}} = 22,2$$

Como Re (número de Reynolds)  $\ll 2.300$ , entonces trabajamos con flujo laminar.

Para calcular el factor de fricción,  $f$ , utilizamos la ecuación 8 según W. Fox (2000, pág. 385):

$$f = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{22,2} = 2,9$$

Ec 8

Según W. Fox (2000, pág 388), obtenemos la rugosidad relativa ( $e/D$ ), para acero comercial, tenemos  $e/D=0,0004$ .

Según W. Fox (2000, pág 392) para una tubería de entrada cuadrada el coeficiente de perdidas menores ( $K$ ) es  $K=0,5$ .

Según W. Fox (2000, pág 396) para un codo de  $90^\circ$  la longitud equivalente ( $L_e/D$ ) es  $L_e/D=30$ ; y para un codo de  $45^\circ$   $L_e/D=16$ .

Para una válvula de retención (check) la longitud equivalente ( $L_e/D$ ) es  $L_e/D=55$ .

Entonces, resolviendo la ecuación 5, para obtener el caudal que pasa por una tubería de 4in,

$$Q = \sqrt{\frac{32,17 \text{ pies} / \text{s}^2 \times 0,39 \text{ pie} \times \pi^2 \times (4,026 \text{ in} \times 1 \text{ pie} / 12 \text{ in})^4}{8 \left[ 3,62 \times \frac{105,5 \text{ in}}{4,026 \text{ in}} + 0,5 + (3,62 \times 30)_{90^\circ} + (3,62 \times 55)_{\text{check}} + (3,62 \times 16)_{45^\circ} + 1 \right]}} = 2,3 \times 10^{-2} \text{ pie}^3 / \text{s}$$

$$Q_{\text{tub}4''} = 2,3 \times 10^{-2} \text{ pie}^3 / \text{s} \times 60 \text{ s} / 1 \text{ min} \times 7,48 \text{ gal} / 1 \text{ pie}^3 = 10,33 \text{ gpm}$$

10,33gpm > 0,0256gpm, la tubería de 4in esta en capacidad de drenar el volumen de agua depositado sobre el techo flotante. Por razones de seguridad debemos probar con un diámetro de tubería menor, en éste caso con un diámetro de 3in (según norma API estándar 650).

Para un diámetro de 3in,  $D_i=3,068in$ .

Calculamos el Número de Reynolds, según la ecuación 7,

$$\text{Entonces, } Re = \frac{4 \times 2,56 \times 10^{-2} \text{ gpm} \times 1 \text{ min} / 60 \text{ s} \times 1 \text{ pie}^3 / 7,48 \text{ gal}}{\pi \times 9,75 \times 10^{-6} \text{ pie}^2 / \text{ s} \times 3,068 \text{ in} \times 1 \text{ pie} / 12 \text{ in}} = 29,14$$

Como Re (número de Reynolds)  $\lll 2.300$ , entonces trabajamos con flujo laminar.

Para calcular el factor de fricción,  $f$ , utilizamos la ecuación 8, con el nuevo valor de Reynolds:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{29,14} = 2,2$$

Obtenemos la rugosidad relativa ( $e/D$ ) para acero comercial,  $e/D=0,00056$ .

Para una tubería de entrada cuadrada el coeficiente de perdidas menores (K) es  $K=0,5$ .

Para un codo de 90° la longitud equivalente ( $L_e/D$ ) es  $L_e/D=30$ ; y para un codo de 45° la longitud equivalente ( $L_e/D$ ) es  $L_e/D=16$ .

Para una válvula de retención (check) la longitud equivalente ( $L_e/D$ ) es  $L_e/D=55$ .

Entonces, resolvemos la ecuación 5, para obtener el caudal que pasa por una tubería de 3in,

$$Q = \sqrt{\frac{32,17 \text{ pies}/s^2 \times 0,39 \text{ pie} \times \pi^2 \times (3,068 \text{ in} \times 1 \text{ pie}/12 \text{ in})^4}{8 \left[ 2,2 \times \frac{105,5 \text{ in}}{3,068 \text{ in}} + 0,5 + (2,2 \times 30)_{90^\circ} + (2,2 \times 55)_{\text{check}} + (2,2 \times 16)_{45^\circ} + 1 \right]}} = 1,49 \times 10^{-2} \text{ pie}^3 / s$$

$$Q_{\text{tub}3"} = 1,49 \times 10^{-2} \text{ pie}^3 / s \times 60 \text{ s} / 1 \text{ min} \times 7,48 \text{ gal} / 1 \text{ pie}^3 = 6,67 \text{ gpm}$$

6,67gpm > 0,0256gpm, un diámetro de tubería de 3in para el drenaje del techo flotante es capaz de drenar el caudal depositado sobre este.

Sin embargo la norma API Standard 650 establece que para un tanque de almacenamiento de crudo con un diámetro mayor o igual a 120pie (36m) debe instalarse un drenaje de 4 in. En conclusión, escogemos la tubería de acero comercial sch 40 de 4in, con un diámetro interno de 4,026in.

Ahora bien, se necesita una válvula de retención (check) en el sumidero del drenaje en el techo flotante, según lo exigido por la norma API Estándar 650.

Se escogió una válvula de retención (check) de disco oscilante, ésta consiste en un disco embisagrado colocado sobre un orificio de la válvula. Cuando no hay flujo, el disco se mantiene contra el asiento por gravedad o con pesos montados en palancas externas. El flujo en el sentido normal hará que el disco gire y se aleje del asiento y lo retiene la presión diferencial. Esta válvula funciona por gravedad, cosa que se debe tener en cuenta para instalarla.

Entonces, se necesita una válvula check de disco oscilante, para acoplarla a una tubería de acero comercial de 4in y sch 40, por la que circula agua a 25°C (77°F) a razón de 10,33gpm.

Se calculó la velocidad mínima ( $V_{min}$ ) en la tubería para levantar totalmente el obturador, para ello se utilizó la ecuación 9 de CRANE Hand Book “Flujo de fluidos”, pag A-47:

$$V_{min} = 60 \cdot \sqrt{v}$$

Ec. 9

También se calculó la velocidad media ( $V$ ) de flujo en la tubería, según el CRANE Hand Book “Flujo de fluidos” pag 3-2. Ecuación 10:

$$V = \frac{0,408 \times Q}{d^2}$$

Ec. 10

Donde:  $V_{min}$ : velocidad mínima de la tubería

$v$ : volumen específico del fluido

$V$ : velocidad media de la tubería

$Q$ : caudal

$d$ : diámetro de la tubería

El diámetro interno para una tubería estándar de 4in es de 4,026in.

El volumen específico ( $\nu$ ) del agua a 25°C (77°F) es de 0,0160654ft<sup>3</sup>/lb, Según CRANE Hand Book “Flujo de fluidos” (1999, pag A-11).

$$V_{\min} = 60 \cdot \sqrt{0,0160654 \text{ft}^3 / \text{lb}} = 7,6 \text{ft} / \text{s} \quad \text{Ec. 7}$$

$$V = \frac{0,408 \times 10,33 \text{gpm}}{(4,026 \text{in})^2} = 0,26 \text{ft} / \text{s} \quad \text{Ec. 8}$$

En la medida que  $V$  es menor que  $V_{\min}$  una válvula de 4in es muy grande, sin embargo se escogió ésta, por razones de seguridad, además si se coloca una válvula de menor diámetro conlleva a gastos adicionales por la colocación de reducciones entre la tubería de drenaje y la válvula de retención.

Para el cálculo de la longitud necesaria de la manguera de drenaje se utilizó el Teorema de Pitágoras, de la siguiente manera:

$$L^2 = a^2 + b^2$$

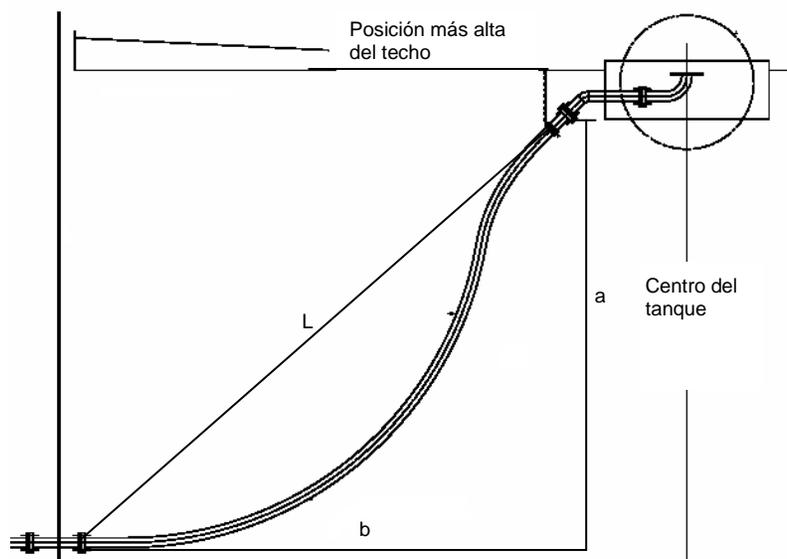
Ec. 11

Despejando  $L$  de la ecuación 11, tenemos:

$$L = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Ec. 12

Donde:       $L$ : longitud mínima de la manguera  
                  $a=16,77\text{m}$   
                  $b=16\text{m}$



**Gráfico 1. Cálculo de la Longitud de la Manguera**

Resolviendo la ecuación 12, obtenemos:

$$L = \sqrt{(16,77m)^2 + (16m)^2} = 23,18m$$

Por razones de seguridad se adquirió una manguera de 30 metros (98pie) de longitud.

Se instaló el nuevo sistema de drenaje con manguera, que permite su reemplazo sin necesidad de entrar al interior del tanque, el cual está constituido básicamente por los materiales descritos en esta investigación.

La manguera que constituye este sistema de drenaje es del tipo “Mangueras de drenaje de tanques”, con las siguientes características.

- Terminadas en bridas de bronce RF, WN, ASA 150lbs.
- Vulcanizadas en la punta.
- Temperatura de trabajo de 212°F (100°C).

- Presión de prueba de 225Psi.
- Diseñada para trabajar en un rango de grados API entre 10°api y 35°api.
- Tubo de goma sintética resistente a los efectos del petróleo.
- Armazón formado por pliegues de lona de fibra sintética y espirales de alambre de acero.
- Una cubierta de goma sintética especial resistente a los efectos del petróleo.
- Diámetro de la manguera (3in o 4in) dependiendo del diámetro del tanque y lo estipulado en la norma API Estándar 650 – Apéndice C.
- Longitud variable dependiendo de las dimensiones del tanque.

A nivel de precios se puede inferir el elevado costo en cuanto al mantenimiento del sistema de drenaje con Chiksan comparado con el sistema de drenaje de manguera.

Las siguientes tablas representan el estimado en cuanto a tiempo y costos requeridos para efectuar el reemplazo del sistema de drenaje de un tanque de techo flotante de capacidad nominal 253.000 Bls y con sedimentación normal esparcida:

### **SISTEMA DE DRENAJE CON CHIKSAN.**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Precio (Bs.)</b>	<b>Hombres</b>	<b>Total (Bs.)</b>	<b>Capacidad Afectada (Bbls)</b>
<b>Acondicionamiento de área</b>	1	286.624,34	4	894.624,34	253.000
<b>Apertura del tanque</b>	1	286.624,34	4	894.624,34	253.000
<b>Desgasificación</b>	3	-	10	-	759.000
<b>Crudo en piso</b>	6	15.026.845,64	6	20.498.845,64	1.518.000
<b>Limpiar sedimentos</b>	15	14.728.156,36	6	28.408.156,36	3.795.000
<b>Limpiar techo</b>	3	1.039.169	8	2.255.169,68	759.000

<b>Construir/Reparar</b>	3	1.582.260,87	6	2.736.000	759.000
<b>Montar / Desmontar</b>	4	549.184,34	6	9.885.318,12	1.012.000
<b>Cierre del tanque</b>	1	434.539	10	4.345.390	253.000
<b>Sub – Total</b>	37	-			9.361.000
<b>Sábado/Domingo</b>	14	-		-	3.542.000
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>-</b>		<b>80.710.828,27</b>	<b>12.903.000</b>

(Precios 2005) Tabla 1. Sistema de drenaje con chiksan

El precio total incluye las horas/hombre para realizar los trabajos.

### SISTEMA DE DRENAJE CON MANGUERA

Actividad	Tiempo (días)	Precio (Bs.)	Hombres	Total (Bs.)	Producción Afectada (Bls)
<b>Acondicionamiento de área</b>	-	-	-	-	-
<b>Apertura del tanque</b>	-	-	-	-	-
<b>Desgasificación</b>	-	-	-	-	-
<b>Crudo en piso</b>	-	-	-	-	-
<b>Limpiar sedimentos</b>	-	-	-	-	-
<b>Limpiar techo</b>	-	-	-	-	-
<b>Construir/Reparar</b>	1	1.074.000	6	5.634.000	178.365
<b>Montar/Desmontar</b>	1	549.184,34	10	4.197.184,34	-
<b>Cierre del tanque</b>	-	-	-	-	-
<b>Sub – Total</b>	1	-	-	9.831.184,34	178.365
<b>Sábado/Domingo</b>	0	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9.831.184,34</b>	<b>178.365</b>

(Precios 2005) Tabla 2. Sistema de drenaje con manguera

**Materiales requeridos para implantar sistema de drenaje de manguera de cuatro (04) pulgadas de diámetro:**

En la siguiente tabla se presenta en forma detallada, una descripción de los costos de todos los materiales necesarios para cambiar el sistema de drenaje de chiksan por el sistema de drenaje con mangueras, para los tanques con diámetro mayor a 120 pie (36m).

Renglón	Descripción	Costo (Bs)	Cantidad (unid)	Total (Bs)
1	Tubo shc 40	136.000	6,60 mt	136.000
2	Manguera de drenaje	36.000.000	30 mt	36.000.000
3	Bridas de cuello	30.300	3	90.900
4	Bridas planas	19.020	4	76.080
5	Válvula de compuerta	1.187.500	1	1.187.500
6	Viga IPN - 80	95.000	6 mt	95.000
7	Eje diám. ¾ in	14.000	1	92.400
8	Niple diám. ¾ in	-	2	-
9	Cabilla lisa 1 in	10.812	30 mt	54.060
10	Cabilla lisa ¾ in	6.991,2	34 mt	34.956
11	Lámina esp 3/8 in	111.230,60	5 (1,2x2,4) mt	556.153
12	Lámina esp ¼ in	126.205	3 (1,2x2,4) mt	378.615
13	Casquete de acero 4 in	-	1	-
14	Válvula de retención	1.112.500	1	1.112.500
15	Codo de 45°	29.900	1	29.900
16	Codo de 90°	39.900	1	39.900
17	Abrazadera de manguera	-	1	-
18	Cadena de eslabones ¾ in	-	2 mt	-
19	Espárragos 5/8 x 3½ in	3.200	30	96.000
20	Empacadura de asbesto	3.000	7	21.000
21	Angulares 80 x 80 x 10 in	140.720	1	140.720
22	Abrazadera ½ in	-	2	-
-	<b>TOTAL</b>	-	-	<b>40.141.684</b>

(Precios 2005) Tabla 3. Lista de Materiales para implantar el Sistema de drenaje con manguera.

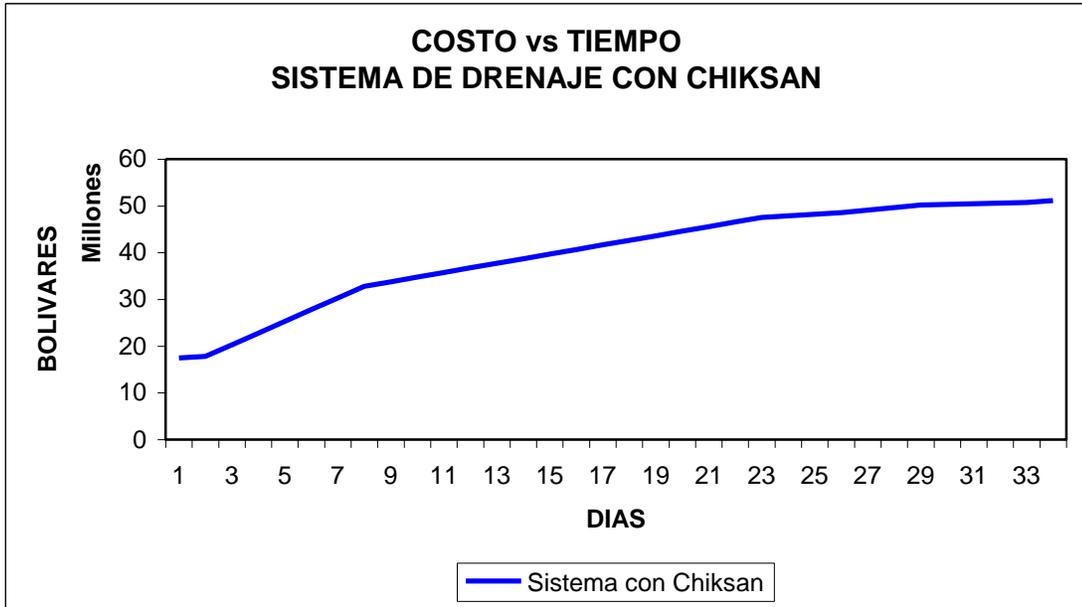
### Costo de la instalación del nuevo sistema de drenaje con manguera:

A continuación se describen los costos de mano de obra por concepto de implantación del sistema de drenaje de manguera. Además del tiempo de parada y la producción afectada, lo cual, no representa grandes pérdidas para la empresa, debido al fácil reemplazo y mantenimiento del sistema en el futuro.

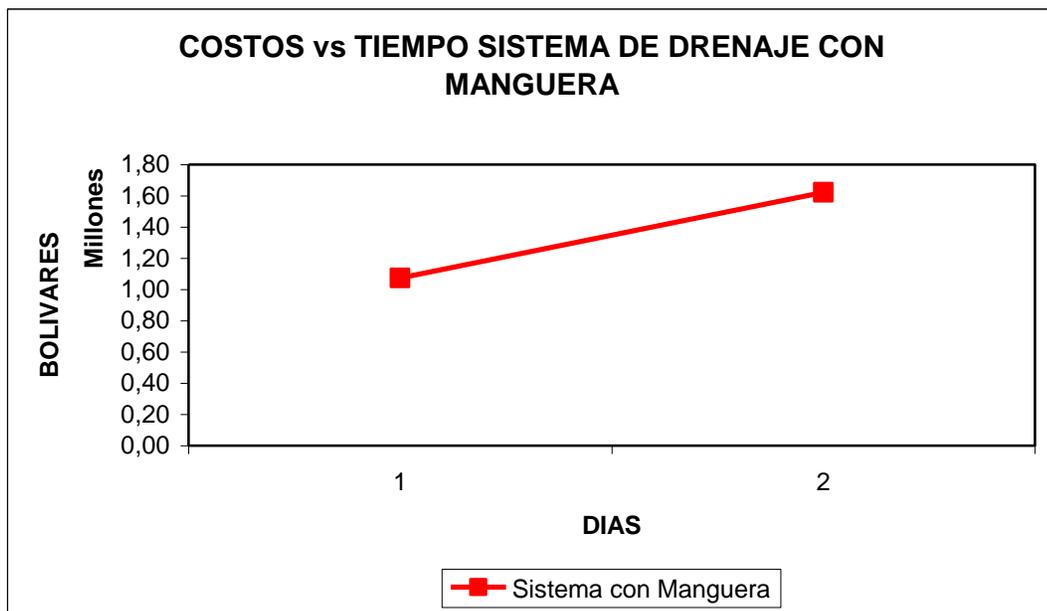
Actividad	Tiempo (días)	Precio unitario (Bs)	Hombres	Total (Bs)	Producción afectada (Bls)
Acondic. de área	1	17.486.308,91	4	19.766.308,91	253.000
Apertura de tanque	1	286.624,34	4	894.624,34	253.000
Desgasificación	3	-	4	-	759.000
Crudo en piso	6	15.026.845,64	6	20.498.845,64	1.518.000
Limpiar sedimentos	15	14.728.156,36	6	28.408.156,36	3.795.000
Limpiar techo	1	1.039.169,68	8	2.255.169,0	253.000
Instalar/Sistema	4	1.582.260,87	10	7.622.260,87	1.012.000
Cierre de tanque	1	434.539	10	1.954.539,0	253.000
<b>Sub - Total</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>81.399.904,12</b>	<b>8.096.000</b>
<b>Sábado/Domingo</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3.036.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>81.399.904,12</b>	<b>11.132.000</b>

(Precios 2005) Tabla 4. Costos de Instalación del Sistema de drenaje con manguera.

Todos los cálculos efectuados en la presente investigación para el análisis de los precios, están basados en lo estipulado en el Contrato Colectivo Petrolero Vigente #4600004299 en las tarifas actuales por servicio de equipos contratados. (Precios 2005)



**Gráfico 2. Costo vs Tiempo. Sistema de drenaje con Chiksan**



**Gráfico 3. Costos vs Tiempo. Sistema de drenaje con manguera**

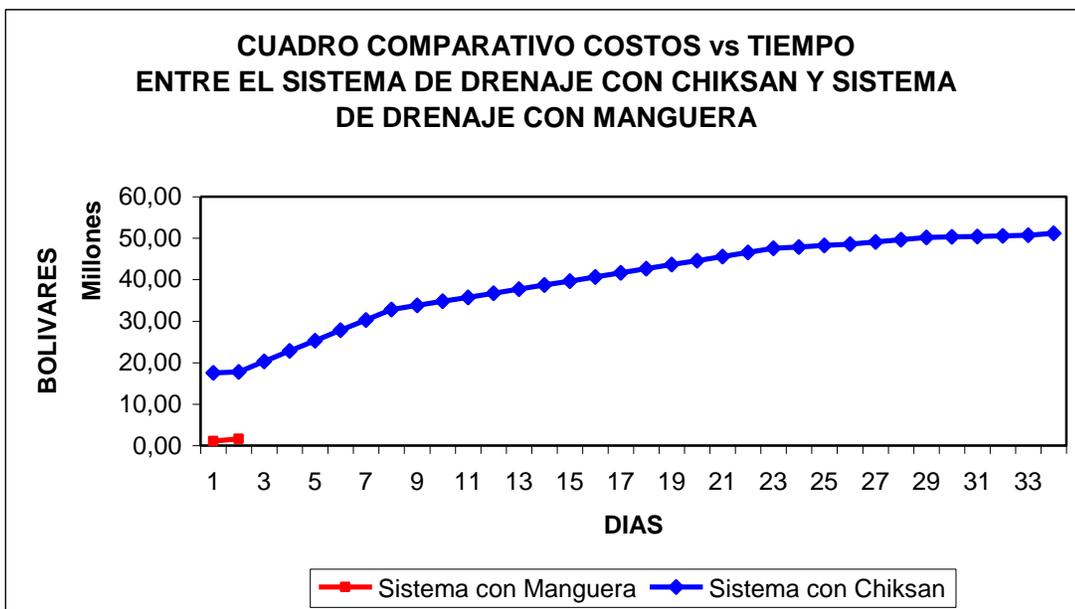


Grafico 4. Comparativo de gastos en bolívares y días, entre el sistema de drenaje con manguera y el sistema de drenaje con Chiksan

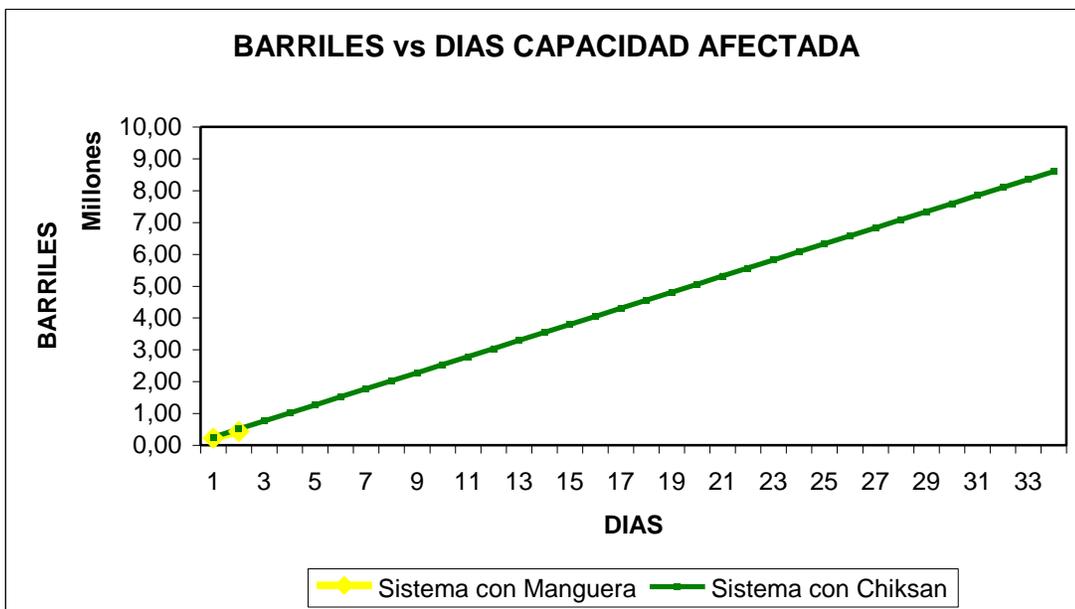


Grafico 5. Comparativo de la capacidad para el recibo de producción afectada por el sistema de drenaje con chiksan y por el sistema de drenaje con manguera

---

## CONCLUSION

El reemplazo y mantenimiento del sistema de drenaje con chiksan conlleva a afectar la capacidad total de recibo de 12.903.000 barriles de petróleo y sumando un desembolso de Bs.80.710.828,27 (Precio Ene. 2005)

Cambiar el sistema de drenaje pluvial con chiksan por el sistema de drenaje con manguera es la opción que generará ahorros a la instalación, tanto de tiempo como de dinero, además, que el sistema de drenaje con manguera es mucho más versátil que el sistema con chiksan ya que es más fácil de instalar y no requiere de supervisión continua de los operadores.

El sistema de drenaje con chiksan requiere de un aproximado de 55 días para su mantenimiento y/o reparación, mientras que el sistema de drenaje con manguera puede ser reemplazado en 1 día, afectando solo 178.365 barriles de petróleo de la capacidad total de llenado del tanque, además, de generar solo un desembolso de Bs. 10.000.000 (aprox. precio Ene. 2005) en su proceso de reemplazo.

El exceso de peso, producto del agua acumulada sobre los techos flotantes a causa de las lluvias, puede ocasionar el colapso de estos.

Los programas de mantenimiento mayor de tanques son para diez años, pero el sistema de chiksan requiere de mantenimiento en un lapso menor, específicamente en Puerto Miranda, este sistema presenta obstrucción o fuga generalmente antes del quinto año de operación, luego de ser reparado.

En la actualidad los sistemas de drenaje de los techos del tipo chiksan, se están reemplazando por otro sistema articulado marca Pívor Master que a pesar de estar garantizado por diez años, presenta la duda del tiempo para

---

fallar, dado que para darle mantenimiento o reemplazarla, también hay que desgasificar y limpiar el tanque.

Se debe reemplazar el sistema de drenaje de los techos flotantes, constituido por tuberías articuladas, por un sistema de manguera, que cuente con facilidades para reparar o reemplazar sus accesorios sin tener que sacar fuera de servicio el tanque.

---

## RECOMENDACIONES

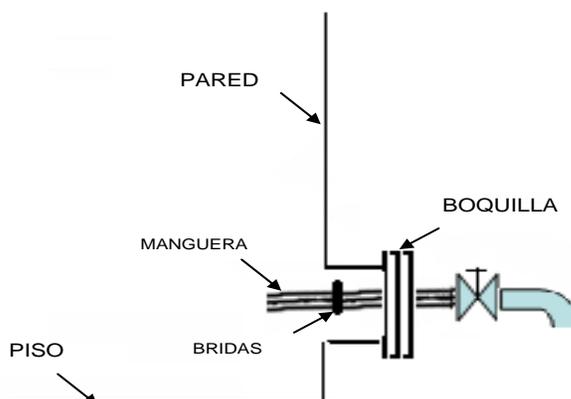
- Efectuar una revisión a la programación del mantenimiento mayor de los tanques, a fin de lograr un nivel de reparación acorde con la criticidad de la situación (generalmente 10 años, colocar cada 2 años) entre mantenimientos, para toda la estructura del equipo, pero principalmente para el techo flotante. Asimismo, garantizar que los atrasos en la ejecución de estas reparaciones no se refleje como aumento en el tiempo entre mantenimientos, en los tanques que en la programación les siguen.
- Reemplazar los sistemas de Chiksan instalados, por otros cuyo componente Principal lo constituya una manguera y que pueda efectuarse su separación, Mantenimiento y reemplazo; sin tener que esperar el próximo mantenimiento mayor para corregir cualquier falla que presente. La instalación de este sistema de manguera, permitirá su reparación/reemplazo en el término de un día.
- La manguera que constituye el sistema de drenaje debe ser del tipo “Manguera de drenaje para tanques” (Tank Drain Hose), y debe cumplir con las siguientes características:
  - Terminadas en bridas de bronce RF, WN, ASA 150lbs.
  - Vulcanizadas en la punta.
  - Temperatura de trabajo de 212°F (100°C).
  - Presión de prueba de 225Psi.
  - Diseñada para trabajar en un rango de grados API entre 10°api y 35°api.
  - Tubo de goma sintética resistente a los efectos del petróleo.
  - Armazón formado por pliegues de lona de fibra sintética y espirales de alambre de acero.

- Una cubierta de goma sintética especial resistente a los efectos del petróleo.
- Diámetro de la manguera (3in o 4in) dependiendo del diámetro del tanque y lo estipulado en la norma API Estándar 650 – Apéndice C.
- Longitud variable dependiendo de las dimensiones del tanque.

Las mangueras requeridas son distribuidas a nivel nacional por las siguientes empresas:

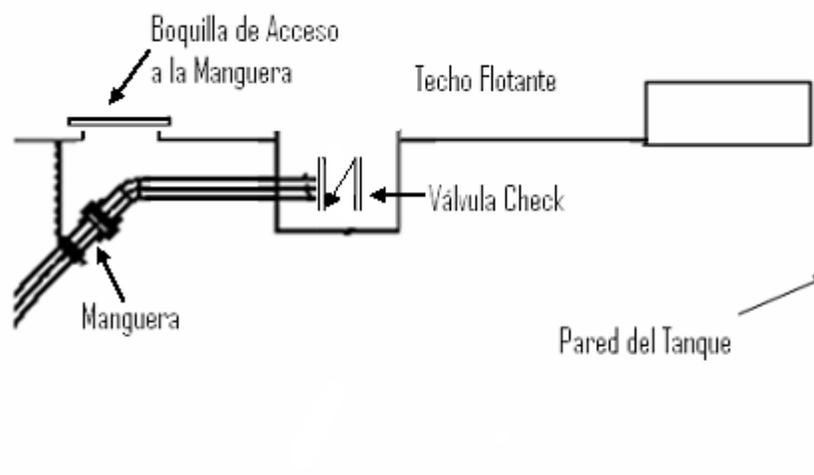
- TECNICA MARACAIBO
- MTC SUPPLY
- VENEMAR SUPPLY
- RENSER
- TRADEQUIP
- INMASERCA

- En la pared del tanque, específicamente donde esta instalada la válvula de bloqueo del drenaje del techo, se deberá construir boquilla que sirva de facilidad para retirar/introducir la manguera en caso de reemplazo o mantenimiento. Como se puede ver en la Figura 6.



**Figura 6.** FACILIDAD PARA EXTRAER LA MANGUERA DESDE EL EXTERIOR DEL TANQUE

Igualmente en el techo flotante se deberá construir boquilla de acceso, a fin de poder conectar/desconectar la manguera del sumidero. Como se puede ver en la Figura 7.



**Figura 7.** ARREGLO EN EL TECHO FLOTANTE PARA EL REEMPLAZO O REPARACION DE MANGUERA

Se debe incluir en los programas rutinarios de mantenimiento preventivo, la limpieza general de la cubierta del techo flotante, incluyendo el sumidero, además de concientizar al personal para evitar la presencia de trapos, basura, etc. Que puedan obstruir el drenaje evitando un desalojo efectivo del agua de lluvia.



---

## BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional. “Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México”. Volumen III. Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones. 1996.

CENGEL, Yunus y BOLES, Michael. “Termodinámica. Tomo I”. McGraw Hill. México. 2<sup>da</sup> edición. 1999.

CRANE Hand Book. “Válvulas, tuberías y accesorios”. McGraw Hill. 2000.

CRANE Hand Book. “Selección de válvulas”. McGraw Hill. 2000.

CUBILLAN, Roberto y HERNANDEZ, Noel. “Desarrollo de métodos de medición no tradicionales de parámetros del crudo para el calculo de volumen neto en tanques de almacenamiento de PDVSA E&P Occidente”. Trabajo Especial de Grado. Universidad Dr. Rafael Beloso Chacín. Facultad de Ingeniería. Escuela de Electrónica. 1999.

FOX, Robert y McDONALD, Alan T. “Introducción a la Mecánica de Fluidos”. McGraw Hill. México. 2<sup>da</sup> edición. 2000.

GOMEZ, Pedro; MENEZES, Diego y DIAZ, Rodrigo. “Regras Gerais para Design e Operacao de Tanques para Armazenamento”. Instituto Técnico Superior. 2003.

MENDEZ T., José M. II Jornadas de Seguridad Empresas Contratistas Oriente. “Prevención de Riesgos en Tanques de Atmosféricos”. 1994.

MORALES, Alberto y MORENO, Dixon. “Diseño de la arquitectura de las operaciones de manejo de crudo del Patio de tanques de Punta de Palmas”.



---

Trabajo Especial de Grado. Universidad Dr. Rafael Beloso Chacín. Facultad de Ingeniería. Escuela de Electrónica. 1997.

Norma API Estándar 650 “Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Crudo”. 10<sup>ma</sup> edición. Addendum 2. 2001.

PDVSA N° F-201. Engineering design manual. Volume 19. Engineering specification. “Atmospheric storage tanks”. 2000.

PDVSA N° HE-251-PRT. Manual de Ingeniería de Diseño. Volumen 18-I. Especificación de Ingeniería. “Sistemas de Drenaje”. 1993.

PDVSA N° MOP-01-DP-01. “Temperatura y presión de diseño”. 1995.

PDVSA N° PI-11-01-01. Manual de Inspección. Volumen 10. Procedimiento de Inspección. “Tanques soldados para almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados”. 1987.

PDVSA N° IR-S-00. Manual de Ingeniería de Riesgos. Volumen 1. “Definiciones”. 1996.

PDVSA N° IR-S-06. Manual de Ingeniería de Riesgos. Volumen 1. “Guía para cambios o modificaciones de instalaciones o equipos”. 1997.

PDVSA N° 90617.1.040. Manual de Ingeniería de diseño. Volumen 13-II. Guía de Ingeniería. “Selección de válvulas”. 1994.

PDVSA. Seminario “Tanque de Almacenamiento”. 1999.

PDVSA. Daza, Henry. “Descripción de Terminal y patio de tanques en Puerto Miranda”. 1999.