

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“CORROSION EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE
HIDROCARBUROS – REFINERIA TALARA”**

INFORME DE INGENIERIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

ROLANDO CARMELO LOAYZA POZO

PROMOCION 1980-II

LIMA-PERU

2003

Con este trabajo, deseo expresar mi profundo agradecimiento a mis padres por su constante apoyo en el logro de mis objetivos profesionales.

CONTENIDO

	Pag.
PROLOGO.	
I). INTRODUCCION.	4
1.1. Alcances y limitaciones del Informe.	4
1.2. Objetivo.	5
1.3. Breve descripción de Refinería Talara.	5
1.4. Generalidades de la Corrosión – Definiciones.	8
1.4.1. Aspectos electroquímicos.	10
1.4.2. Aspectos metalúrgicos.	17
II). INSPECCION DE TANQUES DE HIDROCARBUROS.	18
2.1. Tanques usados en Refinerías.	18
2.1.1. Tipos de tanques.	18
2.1.2. Características generales de tanques.	25
2.2. Inspección de tanques.	
2.2.1. Planificación y criterios en inspecciones de tanques.	31
2.2.2. Técnicas de inspección usadas en tanques.	33
2.2.3. Inspección con tanques en operación.	55
2.2.4. Inspección con tanques fuera de servicio.	67
2.2.5. Informes y documentos utilizados en la inspección del tanque.	69
III) CORROSION EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.	
3.1. Formas de corrosión en tanques de hidrocarburos.	71
3.1.1. Corrosión uniforme.	71
3.1.2. Corrosión por picaduras.	72
3.1.3. Corrosión en grietas (crevice corrosion).	73
3.1.4. Corrosión galvánica.	77
3.1.5. Corrosión intergranular.	79

3.1.6. Corrosión bacteriológica.	80
3.1.7. Corrosión seca (oxidación directa).	80
3.2. Fallas en tanques.	
3.2.1. Fallas por corrosión.	82
3.2.2. Otras fallas (mecánicas y diseño).	82
3.3. Corrosión en tanques.	
3.3.1. Entorno de los problemas de corrosión en tanques.	93
3.3.2. Corrosión del cilindro.	93
3.3.2.1. Corrosión en la superficie interior del cilindro.	94
3.3.2.2. Corrosión en la superficie exterior del cilindro.	97
3.3.3. Corrosión del fondo.	99
3.3.3.1. Corrosión en la superficie interior del fondo.	102
3.3.3.2. Corrosión en la superficie exterior del fondo.	108
3.3.4. Corrosión del techo.	117
3.3.4.1. Corrosión del techo fijo.	117
3.3.4.2. Corrosión del techo flotante.	117
IV). PREVENCIONES CONTRA LA CORROSIÓN EN TANQUES.	
4.1. Criterios generales de prevención.	118
4.2. En cilindro de tanques.	
4.2.1. Prevenciones en la superficie interior.	119
4.2.2. Prevenciones en la superficie exterior.	119
4.3. En fondo de tanques.	
4.3.1. Prevenciones en la superficie interior.	121
4.3.2. Prevenciones en la superficie exterior.	124
4.4. En techos de tanques.	135
V). ASPECTOS ECONOMICOS EN MANTENIMIENTO DE TANQUES.	136
5.1 Costos principales.	138
5.2 Costos a suma alzada.	141
5.3 Costos Unitarios.	141
5.4. Ruta crítica.	148

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 151

Bibliografía. 153

Anexos.-

Anexo-1.- Estándares de Ingeniería de mantenimiento de tanques.

- SI4-90-01: Plan general de mantenimiento de tanques.
- SI1-10.05: Frecuencia de mantenimiento de tanques.
- SI1-10-02: Inspección general de tanques.

Anexo-2.- Informes y documentos usados en inspección de tanques.

- Anexo-A: Ejemplo de inspección preliminar.
- Anexo-B: Ejemplo de estructura de bases del concurso para inspección general del tanque.
- Anexo-C: Ejemplo de Informe técnico de inspección.

Anexo-3.- Estándares de Ingeniería sobre pinturas para prevenir corrosión.

- SI3-22-09: Pintura exterior de tanques.
- SI3-22-43: Pintura interior de tanques.

Anexo-4.- Recomendaciones para prevenir corrosión

- Exposición en Congreso NACE – International.
- Recomendaciones de JCCP, Pintura interior de tanques.

RLP.

PROLOGO.

El propósito general del presente Informe de Ingeniería es transmitir de manera práctica, a los profesionales interesados en inspección de tanques de almacenamiento de hidrocarburos combustibles, las tecnologías aplicables y experiencias de aproximadamente veinte años en trabajos en el área de supervisión de mantenimiento e inspección de tanques de almacenamiento de hidrocarburos combustibles en Refinería Talara PETROPERU S.A. Especialmente, se espera demostrar la gran susceptibilidad de los tanques de almacenamiento de combustibles del patio de Tanques de la playa de Refinería Talara, a ser afectados por las diversas formas de corrosión debido a su proximidad a ambientes marinos.

En el Capítulo I se mencionan los alcances y objetivo del presente Informe, una breve descripción de la Refinería Talara y definiciones básicas del fenómeno de la corrosión, orientado a los efectos relacionados con los tanques de acero para almacenamiento de hidrocarburos.

En el Capítulo II se indican las diversas técnicas y metodologías de inspección de tanques utilizadas en la Refinería Talara, diferenciándose las inspecciones realizadas con los tanques en operación y durante las reparaciones generales de los mismos, cuando dichos conjuntos están fuera de servicio. También se

mencionan las prácticas y modalidades de Inspección y Mantenimiento de tanques, gestiones que por su relevante magnitud son ejecutadas en gran parte por Cias. Contratistas especializadas.

En el capítulo III se explican las diversas formas de corrosión que se presentan en los tanques de acero para almacenamiento de hidrocarburos de la Refinería Talara. Se resaltan las partes que son más afectadas en los tanques por los efectos de corrosión, diferenciando su presencia en las superficies exteriores ó interiores de las planchas de acero.

En el capítulo IV se presentan las diversas acciones de mantenimiento preventivo y predictivo que se recomienda para los tanques de almacenamiento de hidrocarburos de la Refinería Talara. Además de analizar e indicar las causas de los ataques por corrosión en diferentes zonas de los tanques, se incluyen las recomendaciones respectivas para evitar ó minimizar dichos problemas.

El capítulo V presenta de manera resumida los costos aproximados de las diferentes etapas de los trabajos de inspección y reparaciones de los tanques de almacenamiento de combustibles, resaltándose que los gastos de mantenimiento en tanques es considerado como uno de los gastos más importantes dentro del presupuesto operativo de una Refinería de Petróleo.

Es conveniente mencionar que la gestión de mantenimiento de tanques se tornó de alta prioridad a partir del año 1,983 ,debido a los daños mayores por efecto directo

de las lluvias torrenciales en la Región Grau, que originaron problemas críticos en el almacenamiento y distribución de combustibles a nivel nacional.

Asimismo agradezco a los diversos funcionarios de PETROPERU S.A. por las facilidades para mi capacitación y desarrollo Profesional dentro del país y el extranjero; así como a la Facultad de Ingeniería Mecánica por sus incesantes esfuerzos a través de la designación de Asesores calificados para lograr la Titulación vía Informes de Trabajos Profesionales de sus egresados, quienes por razones de carácter laboral deben radicar en diferentes provincias del País.

Un agradecimiento eterno a la Universidad Nacional de Ingeniería por su brillante gestión de mantener actualizado y facilitar la transmisión de conocimientos teóricos, tecnologías, y prácticas de Ingeniería en las diferentes especialidades, lográndose de esta manera el mejoramiento continuo de la formación integral de sus estudiantes y Profesionales.

CAPITULO I

1.- INTRODUCCIÓN.

1.1.- Alcances y limitaciones.

En el presente estudio se brinda información sobre las diversas técnicas y metodologías de inspección de tanques instalados en la Refinería Talara; las principales formas de corrosión presentadas en los tanque de almacenamiento de hidrocarburos; así como las fallas resultantes. Se tratan los programas de mantenimiento general y las acciones de mantenimiento predictivo, recomendadas luego de los correspondientes análisis de los resultados de las inspecciones de los tanques de almacenamiento de gasolinas. De manera resumida se describen las acciones de mantenimiento correctivo efectuadas en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

Finalmente se presentan los principales costos en las diferentes etapas de los trabajos de inspección y reparaciones de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

En el presente Informe cuando se mencionan los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, nos referimos a las diferentes gasolinas almacenadas en la playa de tanques de Refinería Talara. En dicha Refinería Talara, los combustibles volátiles (Gasolinas desde 70 a 95 Octanos) se almacenan generalmente en tanques de diseño de gran capacidad usando techos externos flotantes, componentes que presentan numerosos puntos propensos a ser atacados por la corrosión.

El estudio se limita a tanques de almacenamiento de gasolinas, considerando que las técnicas de inspección varían ligeramente para otros hidrocarburos.

1.2.- Objetivo.

El objetivo del informe es la recopilación de datos para analizar las principales causas de la corrosión en tanques de almacenamiento de hidrocarburos, con la finalidad de prevenir fallas en los mismos, mediante una adecuada utilización de diferentes técnicas de inspección y del cumplimiento de los programas de inspección y mantenimiento.

1.3.- Breve descripción de la Refinería Talara.

Gracias a la gestión corporativa y al desarrollo de PETROPERU, el trabajo de refinación ha permitido agregar valor a nuestros recursos naturales para obtener de ellos el máximo provecho. En este sentido, la Refinería de Talara, la más antigua del Perú, ha logrado adecuar sus productos a las exigencias del mercado nacional, incluyendo el procesamiento de gas natural y generación de energía. A principios de siglo se construyeron muelles, alambiques y unidades de craqueo. En los años 1924 y 25 se instalaron torres de burbujeo y condensadores parciales sobre los alambiques. En aquel entonces se podían procesar 20,400 Barriles / día. En la década de los 30 se construyeron instalaciones que permitieron obtener

asfaltos y bases para lubricantes. En los años 50 se estableció una unidad de destilación primaria, una planta de grasas lubricantes y se mejoró el equipo existente. En los 60 se amplió la unidad de destilación primaria, hasta llegar a una capacidad de 62,000 barriles diarios que se mantiene hasta ahora. En la década siguiente, luego de la creación de PETROPERU, se inició la fabricación de grasas líticas multigrado, se instaló un moderno complejo de craqueo catalítico, se amplió y mejoró la planta de grasas y se construyó un nuevo muelle de carga líquida.



Figura 1.3. Vista de Refinería y patio de tanques.

En los últimos años se ha logrado una gran flexibilidad operativa en el proceso de refinación que ha permitido , por ejemplo, mejorar en 20% el rendimiento de la unidad preparadora de carga para craqueo, duplicar la producción de LCO (material de corte) en la unidad de craqueo catalítico y realizar craqueo de residual de alta viscosidad, agregando valor a la materia prima.

La Refinería de Talara consta de una Unidad de Destilación Primaria de 62,000 b/d, una Unidad de Destilación al Vacío de 24,000 b/d y una Unidad de Craqueo Catalítico de 16,000 b/d. Su capacidad de almacenamiento es de 2'549,000 barriles, de los cuales 250,000 son de crudo. Sus principales productos derivados son: asfaltos, (cementos asfálticos, asfalto RC250, asfaltos oxidados), combustibles y solventes industriales, gas licuado de petróleo, gasolina motor (90 y 97 octanos), turbo A1 , kerosén y diesel.

El patio de tanques de la Refinería Talara se ubica próximo a la playa para facilitar la carga y descarga a los buques. Al operar en un ambiente de brisa marina, con grandes variaciones de temperatura de las gasolinas (50° - 0° C) y vientos de altas velocidades (aprox. 75 Km/h), estos factores climáticos influyen considerablemente en la susceptibilidad de ataques corrosivos y mermas por evaporación, en los diferentes tanques de almacenamiento de gasolina.

ESPECIFICACIONES TÍPICAS DE CALIDAD DE GASOLINAS.

<u>INSPECCIONES</u>	GASOLINAS			
	Gasl. 97sp	Gasl. 95sp	Gasl. 90sp	Gasl. 84
Apariencia	Transparente	Clara y brill.	Transparent	Clara y brill.
Color comercial	Tenue Amarillo	Azul	Violeta	Amarillo
Gravedad API a 15.6 °C	49.8	52.5	59.5	61.4
Destilación °C (a 760 mm Hg)	39	38	39	39
Punto Inicial	60	58	55	61
10 % Vol	114	109	99	103
50 % Vol	158	165	168	154
90 % Vol	198	201	195	184
Punto Final				
Presión de vapor REID, psig.	7.9	7.3	7.4	8.0
Corrosión lámina de cobre-3Hr a 50 °C, N°	1a	1a	1a	1a
Azufre Total, % masa	0.008	0.009	0.017	0.017
Goma existente, mg/100ml	1.0	1.0	1.0	1.0
Número Octano Research	97.0	95.1	90.1	84.2
Contenido de Plomo, gr Pb/litro	-	-	-	0.15

1.4.- Generalidades de la corrosión –Definiciones.

Las definiciones y explicaciones sobre los fenómenos de la corrosión, están orientados a los efectos generales relacionados directamente con los tanque de almacenamiento de gasolinas.

De esta manera la corrosión se define como la destrucción o deterioro del acero por reacción con el medio ambiente que lo rodea. En este fenómeno intervienen factores diferentes a los mecánicos y también se considera el proceso inverso a la metalurgia extractiva.

En general los materiales inorgánicos son más corrosivos que los orgánicos, así en la industria del petróleo los problemas de corrosión son ocasionados principalmente por los cloruros, el azufre, los ácidos (sulfídrico, clorhídrico) y el agua, y en menor grado por el petróleo crudo, gasolina, etc.

Las evaluaciones llevadas a cabo por comités de expertos en corrosión y protección contra la corrosión fijan las pérdidas anuales causadas por la corrosión, en los países industrializados y en vías de desarrollo, en torno al 3.5% del producto nacional bruto. Cualquiera puede imaginarse, a partir de este dato, la elevadísima cuantía de los costos originados por la corrosión, responsable de que, un 40% de la producción mundial de acero aproximadamente, se dedique a la reposición de las estructuras metálicas deterioradas.

Por una parte la trascendencia de la corrosión, desde los enfoques técnico económico, es enorme y, por otra, aparece como un fenómeno inevitable, en cierto sentido, al ser respuesta de los metales a una ley natural, y a una imposición termodinámica, características ambas que parecen conducir inexorablemente a una situación sin salida.

Sin embargo, los daños por corrosión pueden ser reducidos, y a veces evitados, por métodos de protección rentables económicamente.

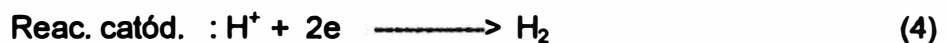
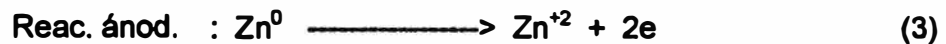
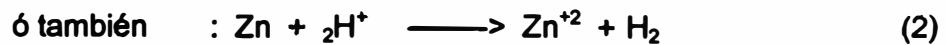
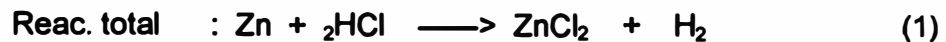
Los mayores ahorros potenciales en los costos de la corrosión no necesariamente provienen de nuevos avances o descubrimientos, sino de un mejor uso de los conocimientos ya adquiridos, cuya correcta aplicación reducirá apreciablemente las pérdidas; recomendándose como medidas fundamentales para la consecución de tal logro lo siguiente:

- Mejor diseminación de la información sobre corrosión y protección.
- Necesidad de una mayor educación en materia de corrosión.
- Aumento de la preocupación o conciencia sobre los riesgos de la corrosión.

1.4.1.- Aspectos Electroquímicos

1.4.1.1. Reacciones electroquímicas

La corrosión de los metales es de naturaleza electroquímica y ocurre cuando están presentes los siguientes factores: un ánodo, un cátodo, un electrolito y una conexión ánodo cátodo. Por ejemplo, la corrosión del cinc por ataque del ácido clorhídrico diluido ocurre así:



Las reacciones (3) y (4) ocurren sobre la superficie metálica simultáneamente y a la misma velocidad, ver Figura 1.4.1.1.

Este tipo de proceso es similar al que tiene lugar en una pila seca, formada por un electrodo de carbón en el centro de la pila (cátodo), un electrodo de cinc que hace de recipiente (ánodo), separados ambos por un electrolito (solución de ClNH_4). Al conectar ambos extremos (electrodos), se producen reacciones químicas en ambos electrodos, las que suministran la corriente eléctrica.

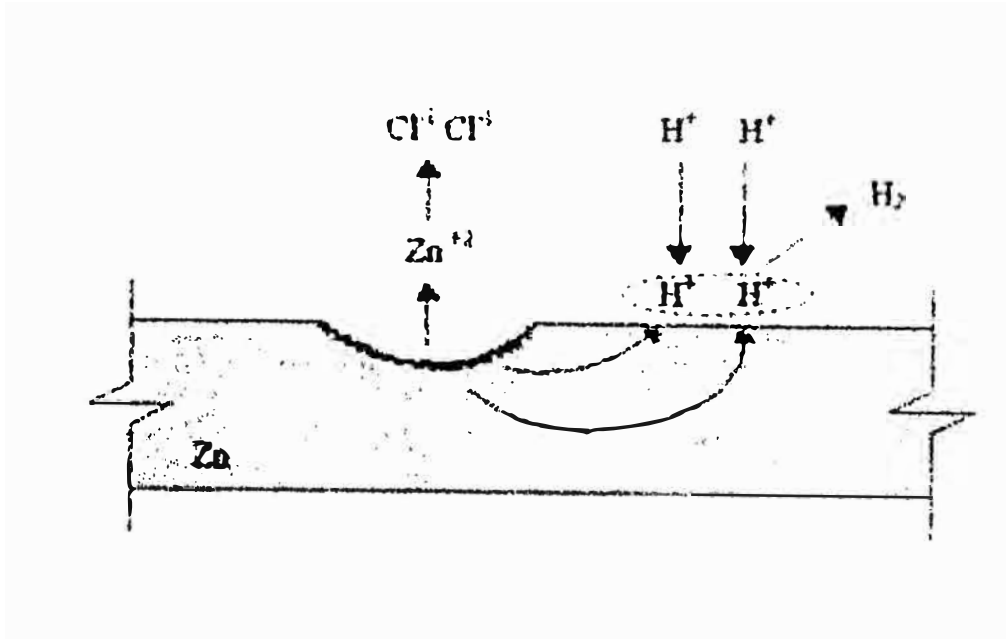


Fig. 1.4.1.1. Corrosión del zinc en HCl diluido.

1.4.1.2. Tipos de Pilas de corrosión

Tres son los principales tipos de pilas en las reacciones de corrosión:

- **Pilas de electrodos diferenciales.-** Ejemplos:

- La pila seca.

- Un metal que contiene en la superficie impurezas conductoras de la electricidad.

- Una tubería de cobre en contacto con el casco de acero de un buque.

- Un metal conformado en frío en contacto con el mismo metal recocido.

- Los espacios de las uniones intergranulares en contacto con los granos.

- Un cristal de un solo metal en contacto con otro cristal de diferente orientación.

- **Pilas de concentración.-**

Tienen dos electrodos idénticos, cada uno de ellos en contacto con una solución de diferente composición. Existen dos clases, que se muestran en la Figura 1.4.1.2.

a) **Pilas de concentración salina.-** Las reacciones entre ánodo y cátodo tienden a llevar las soluciones a la misma concentración.

b) **Pila de aireación diferencial.-** Por ejemplo, dos electrodos de hierro en solución diluida de NaCl, en la que el electrolito que rodea a un electrodo está aireada (cátodo) y el otro desaireado (ánodo). Este tipo de pila es causa de daños localizados en las

ranuras, conexiones roscadas, picaduras bajo la capa de herrumbre o en la línea de agua, etc.

- **Pila de temperatura diferencial.-**

Se produce cuando dos electrodos del mismo metal, cada uno a temperaturas diferentes, se encuentran sumergidos en un electrolito de la misma concentración inicial. Ver Figura 1.4.1.2.

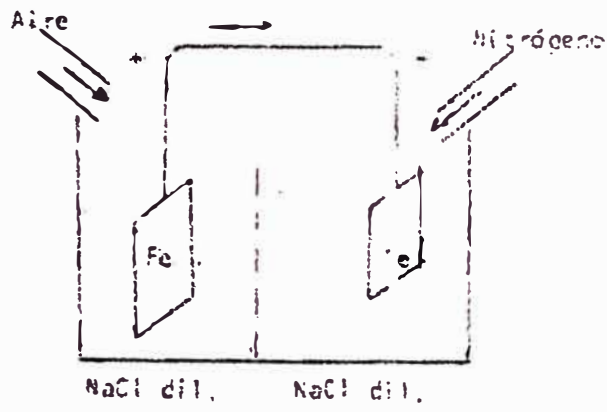
En la práctica, las pilas responsables de la corrosión pueden ser una combinación de estos tres tipos que se han descrito.

1.4.1.3. Polarización

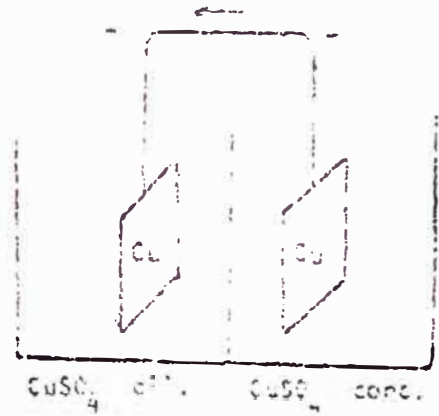
Una reacción electroquímica está polarizada cuando es retardada o limitada por factores físicos o químicos del medio en que se desarrolla. Existen 2 tipos de polarización por activación y por concentración.

Polarización por activación.- La velocidad de la reacción es controlada por alguna de las etapas de la reacción que se produce en la interfase metal electrolito. La polarización por activación generalmente se presenta en medios con alta concentración de especies activas; por ejemplo, ácidos concentrados.

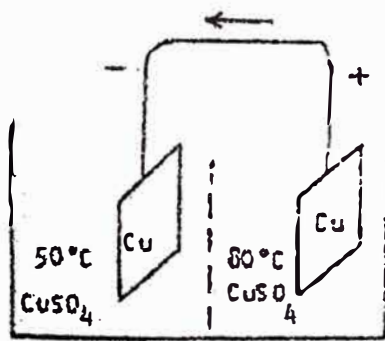
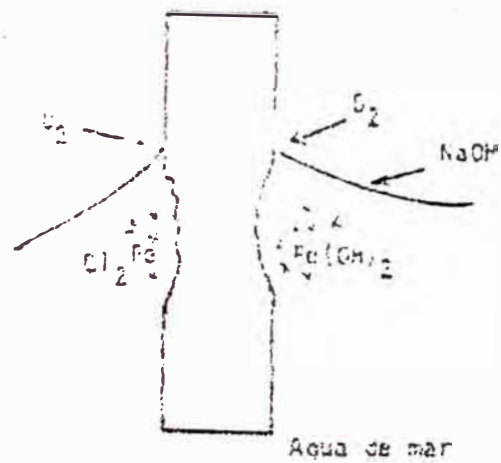
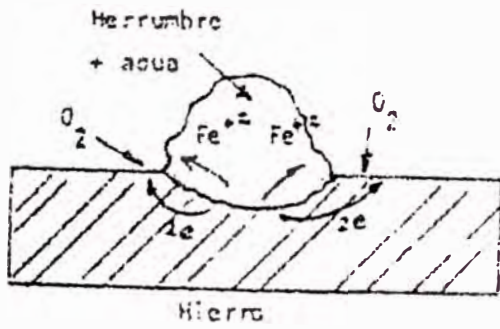
Polarización por concentración.- La velocidad de la reacción está controlada por la difusión de los iones en el electrolito. En el caso de la evolución de hidrógeno, durante la corrosión del cinc por HCl, la velocidad de la reacción será controlada por la difusión de iones de hidrógeno a la superficie metálica cuando la concentración de estos iones en la solución sea muy baja.



Pila de Aireación diferencial



Pila de concentración salina



Pila de temperatura diferencial

Fig. 1.4.1.2. PILAS DE CORROSION.

1.4.1.4. Pasividad

Es la pérdida de reactividad química que experimentan ciertos metales y aleaciones bajo particulares condiciones en el medio que los rodea, de tal manera que algunos llegan a ser totalmente inertes.

Normalmente la velocidad de corrosión de los metales aumenta exponencialmente cuando aumenta el poder oxidante de la solución (ver fig.1.4.1.4.a.).

El comportamiento de los metales que muestran efectos de pasivación puede ser dividido convenientemente en 3 regiones: activa, pasiva y transpasiva.

Región activa.- El comportamiento es igual al indicado en la fig. 1.4.1.4.a.

Región pasiva.- La velocidad de corrosión decrece repentinamente al agregar más agente oxidante y no se produce un cambio apreciable en el rate de corrosión al continuar agregando agente oxidante (ver fig. 1.4.1.4.b.).

Región transpasiva.- A muy alta concentración del agente oxidante o en presencia de oxidantes muy fuertes la velocidad de corrosión aumenta nuevamente en forma exponencial.

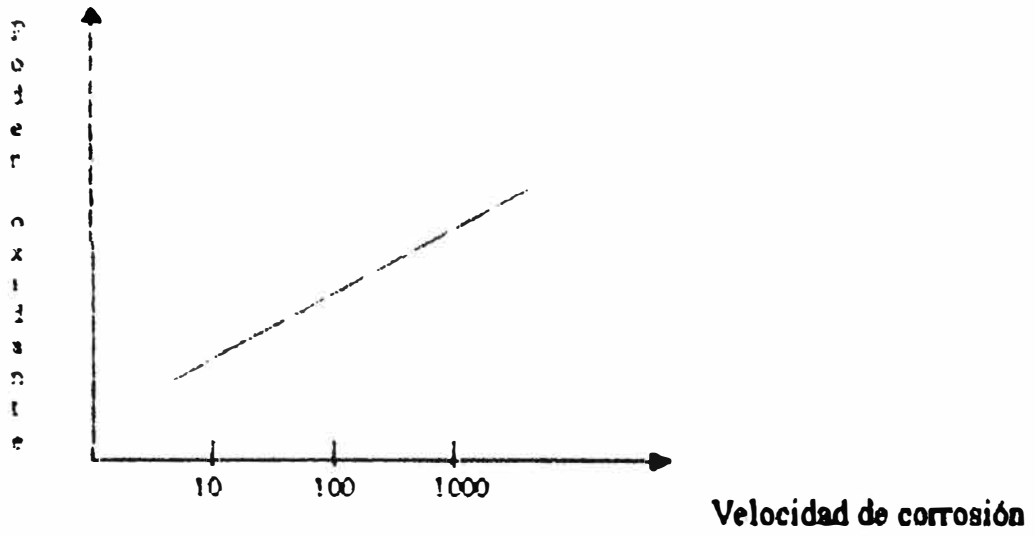


Fig. 1.4.1.4-a Velocidad de corrosión de un metal en función del poder oxidante de la solución corrosiva.

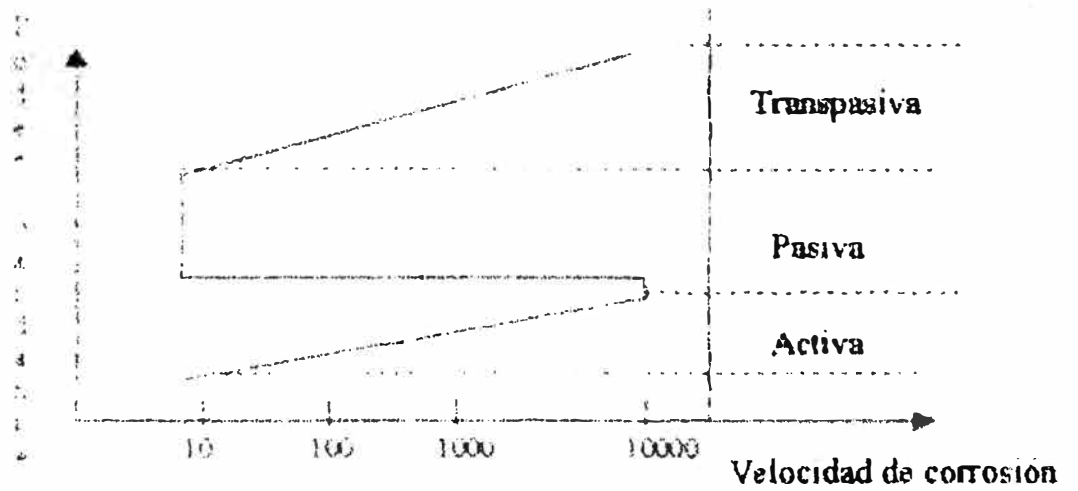


Fig. 1.4.1.4-b Comportamiento de un metal en función del poder oxidante de la solución corrosiva.

1.4.2.- Aspectos metalúrgicos

Los átomos de los metales y aleaciones durante el proceso de colada de fundición, que se encuentran en forma desordenada, empiezan a ordenarse desde diferentes áreas en cuanto empieza el proceso de solidificación. Estas áreas van creciendo hasta juntarse, produciéndose por lo general, irregularidades en las juntas (espacios intergranulares) que tienen un alto nivel de energía, o sea, químicamente activos y como tal, son fácilmente atacables cuando se encuentran expuestos a un agente corrosivo.

Existen también otros defectos en los metales que los hacen susceptibles al ataque corrosivo: óxidos u otras inclusiones, escoria de fundición, dislocaciones, orientación de los granos, segregaciones, esfuerzos localizados, raspaduras, abolladuras, etc..

CAPITULO II.

INSPECCIÓN DE TANQUES DE HIDROCARBUROS

2.1. Tanques usados en Refinerías.

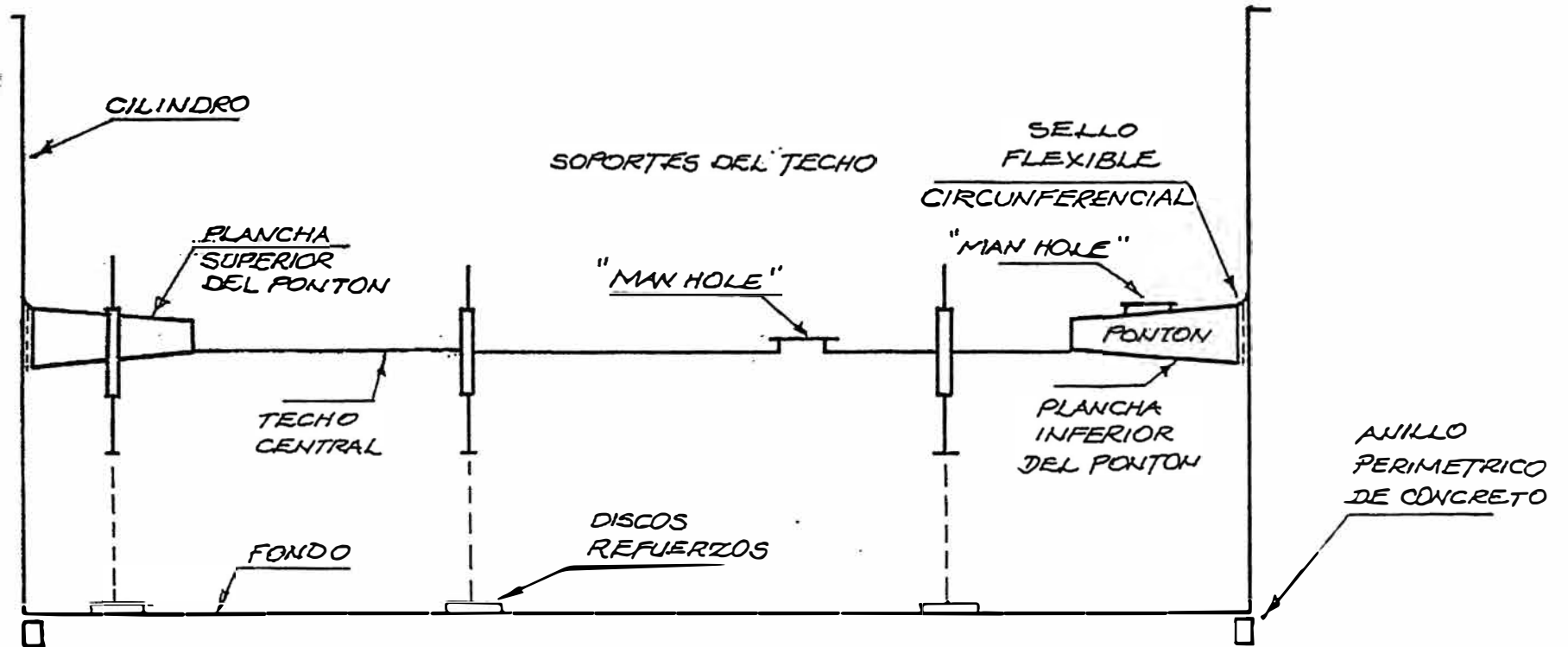
Se presentan los diferentes tipos de tanque de almacenamiento de gasolinas usados en Refinerías del Perú, mencionando las características generales de los mismos.

2.1.1. Tipos de tanques

Es una práctica normal en las Refinerías del país usar tanques atmosféricos de acero para almacenamiento de gasolinas, con capacidades entre 80,000 y 125,000 barriles USA.

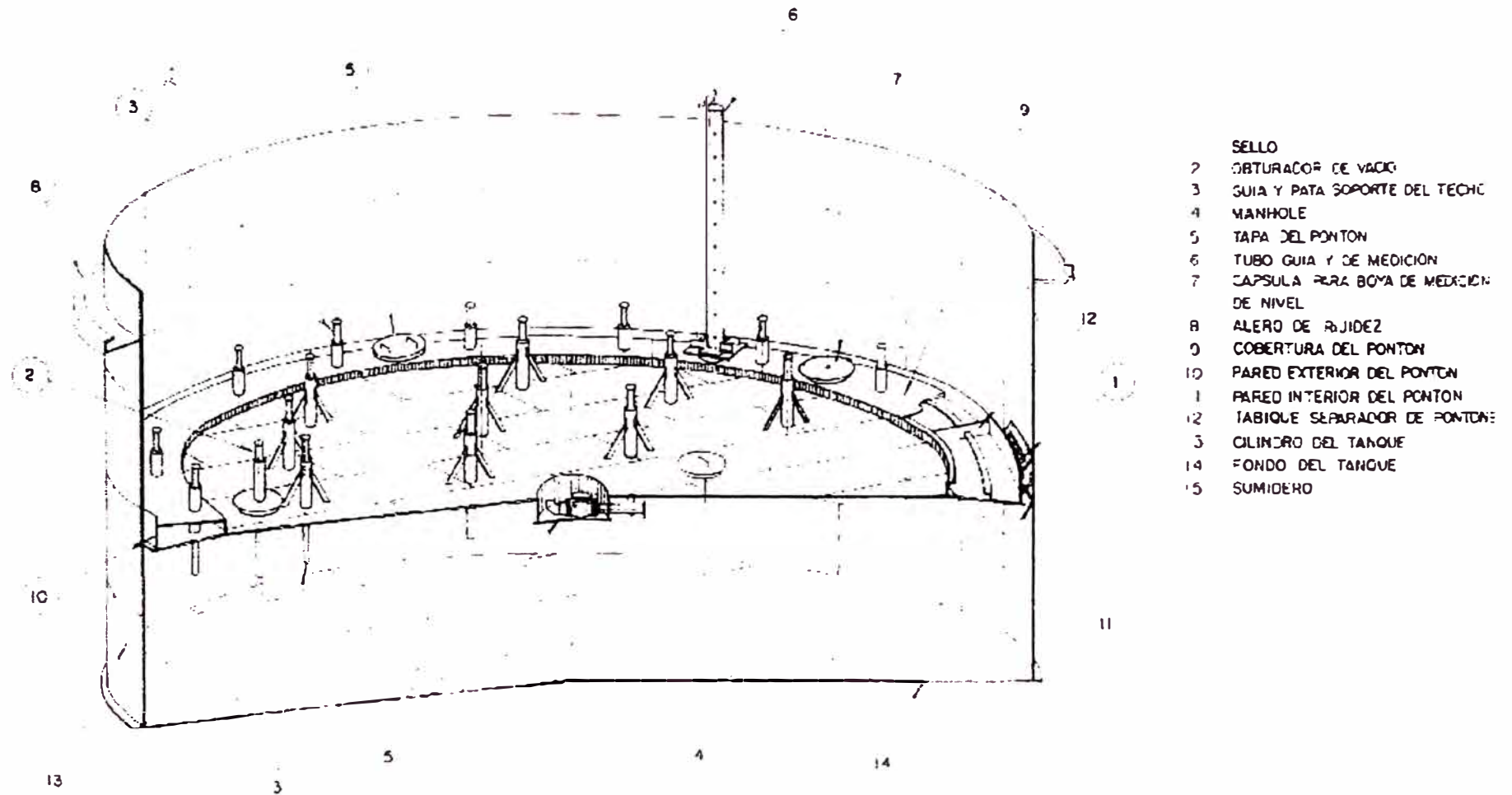
En general los tanques son cilíndricos y se clasifican en: verticales; horizontales; con techos fijos; con techos flotantes externos / internos; instalados en interiores / exteriores; enterrados; semienterrados; según los diseños de sus techos fijos; etc.

Los tanques de hidrocarburos combustibles se clasifican por el tipo de techo fijo (cónico ó en forma de domo); techo flotante externo y techo flotante interno con techo fijo externo adicional, siendo los más grandes en su mayoría de techo flotante externo, ver Croquis 2.1.1. (a, b, c). Sus características típicas se muestran en la Tabla 2.1.1.



Croquis 2.1.1. (a)

**TANQUE DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE
EXTERNO (Tipo pontones)**



- SELLO
- 2 OBTURADOR DE VACIO
- 3 GUIA Y PATA SOPORTE DEL TECHO
- 4 MANHOLE
- 5 TAPA DEL PONTON
- 6 TUBO GUIA Y DE MEDICION
- 7 CAPSULA PARA BOYA DE MEDICION DE NIVEL
- 8 ALERO DE AJUJEEZ
- 9 COBERTURA DEL PONTON
- 10 PARED EXTERIOR DEL PONTON
- 1 PARED INTERIOR DEL PONTON
- 12 TABIQUE SEPARADOR DE PONTON
- 3 CILINDRO DEL TANQUE
- 14 FONDO DEL TANQUE
- 5 SUMIDERO

COMPONENTES DE TECHO FLOTANTE
Croquis 2.1.1.b

Croquis 2.1.1.-c

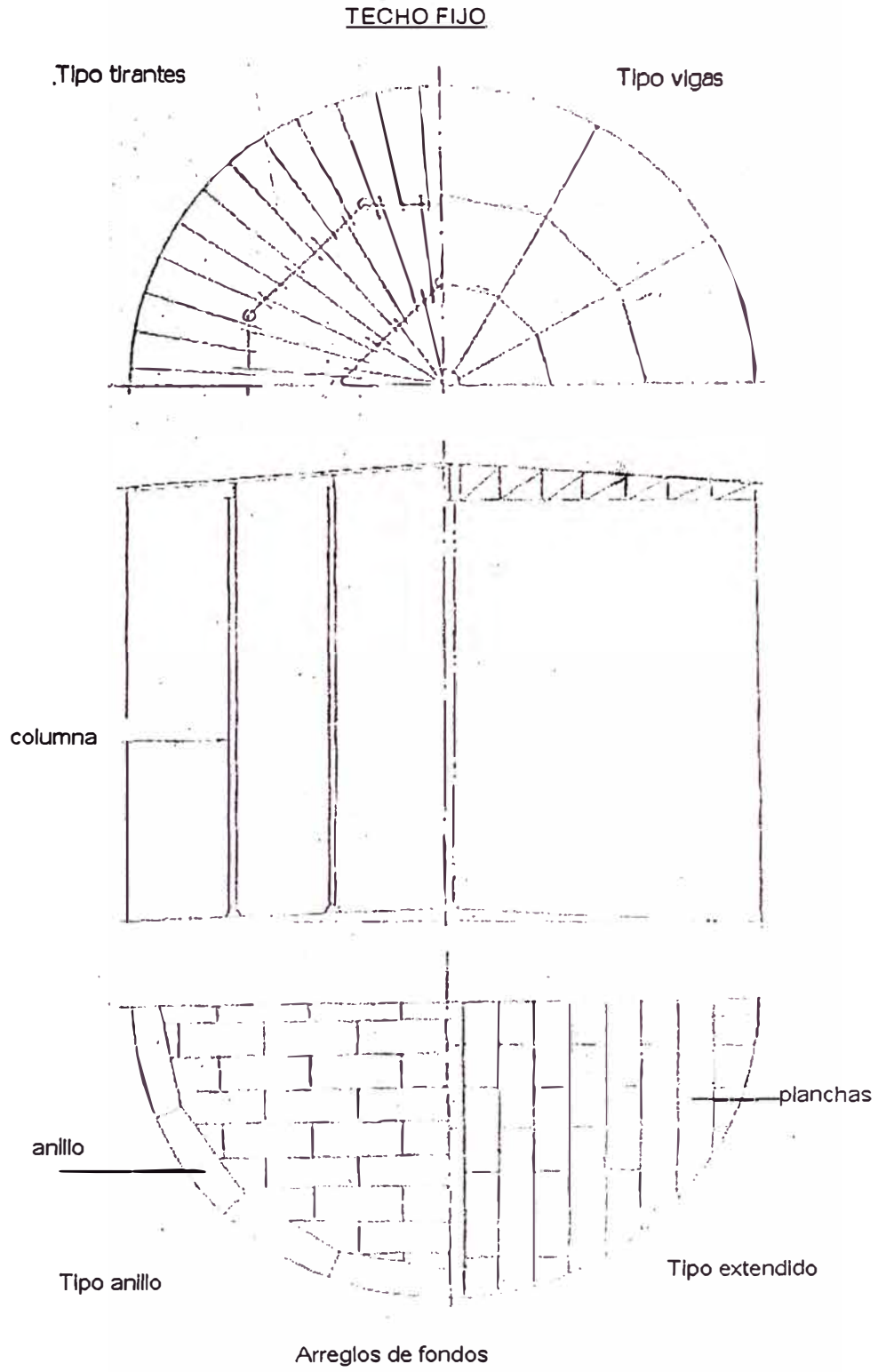


Tabla 2.1.1
Comparación de grandes tanques de Gasolinas en función al tipo de techo.

Tipo de Techo		FIJO	FLOTANTE EXTERNO	FLOTANTE INTERNO CON TECHO FIJO
A S P E C T O S T E C N I C O S	Resistencia al ambiente (congelamiento, navada densa)	Solamente el techo y la carga que soportan las columnas deben ser reforzadas	Tanto la resistencia como las maniobras del techo flotante deben ser mejoradas Deben ser tomadas acciones preventivas para eliminar la nieve y congelamiento de los sellos del techo flotante	Solamente el techo y la carga que soportan las columnas deben ser reforzadas
	Resultados actuales	muchos	muchos	minimos
	Resistencia a los temblores	favorable	favorable	favorable
	Características	inapropiado para tanques grandes	inapropiado para tanques pequeños	requiere construcción especial
	Costos de construcción	1	1.25	1.15
C O S T O S O P E R A T I V O S	Pérdida de vapor	250	20	1
	Mantenimiento	Revisar eventual deterioro de la cimentación	Limpieza superior de techo y sello	Revisar eventual deterioro de la cimentación
		Revisar deformación Revisión de valvulas - venteos	Drenar el techo flotante Reemplazar accesorios de sellos	Reemplazar accesorios de sellos Revisar la concentración de vapor en los espacios intermedios
SEGURIDAD		Desventaja de incendio en caso de fuegos	peligro de fuego en sello perimetro	peligro de ignición en caso de explosion
		Riesgo de contaminación del aire	Mantenimiento permanente contra cuerpos extraños sobre el techo	durante la operación de la válvula automática de respiración

El tamaño y la forma de los tanques no se encuentran estandarizados, pero se puede considerar que a mayor tamaño del tanque mejora la eficiencia en la utilización del patio de tanques. La mayoría de los tanques se fabrican en función a la altura de líquido a almacenarse, normalmente entre 40 a 80 pies (12 – 25 metros), tomando en cuenta también la conveniencia desde el punto de vista de seguridad para minimizar riesgos de incendios.

En la Tabla 2.1.1.b se muestra la relación que se recomienda entre la altura y diámetro de un tanque de almacenamiento de hidrocarburos, lo cual se demuestra estadísticamente al observar la forma entre el diámetro, altura y la capacidad de los tanques. Estos tanques de almacenamiento hidrocarburos fueron construidos según la norma de la “American Petroleum Institute” Estándar API 650, Norma extensamente usada en el Perú como referencia técnica principal. Dicha Norma, cuya aplicación es exigida por la Legislación Nacional, proporciona diversos criterios de diseño para cada uno de los componentes del tanque.

TABLA 2.1.1.b :

Relación máxima H/D para zonas sísmicas (cumplimiento exigencias Norma API 650).

DIÁMETRO (METROS)	RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO (H/D)
D<18	0.5
18<D<29	0.4
29<D<53	0.3
D>53	0.25

En la construcción del cilindro, el uso de planchas de acero de mayores dimensiones, minimizará la cantidad de cordones de soldadura con el consiguiente ahorro de dinero.

Las condiciones básicas de diseño de tanques son las siguientes:

- Tipo y gravedad específica del combustible a almacenarse.
- Rangos de temperatura de almacenamiento y de superficie del metal.
- Altura de líquido y presiones internas.
- Estimados de la cantidad de lluvias y/o nieve que recibiría el tanque, con la finalidad de calcular los drenajes respectivos.
- Temblores de la zona.
- Velocidad de los vientos de la zona.
- Facilidades para la buena cimentación.
- Presiones negativas.
- Peso muerto del tanque.
- Ambientes que faciliten la corrosión.

2.1.2. Características generales de tanques de gasolina.

- ***Materiales y espesores del cilindro.***

Los materiales considerados para este rubro incluyen las planchas de acero de calidad ASTM A36 ó A283 grado C.

Al trabajar con aceros de alta tensión, se logra una disminución significativa en el espesor del cilindro debido a que su esfuerzo permisible es mayor que el de los aceros estructurales, pero también se deben tomar en cuenta otros factores como son la economía, corrosión y seguridad. Según Normas se debe cumplir con espesores mínimos indiferentemente de la calidad de los materiales del cilindro, sus costos, requerimientos técnicos y de control para la soldadura, etc. Debido a su mayor espesor, las planchas cilíndricas y anulares de tanques de gran capacidad deben disponer de alta tenacidad, para no exponerse al rompimiento debido caídas bruscas de la temperatura.

El espesor requerido de las planchas se calcula mediante fórmulas indicadas en las Normas y/o Estándares de construcción de tanques.

Tabla 2.1.2

Espesor mínimo del Cilindro (nominal – Normas JIS)

Unidad: mm

Diámetro interior del Tanque de Almacenamiento	Espesor mínimo (nominal)
Debajo de 16	4.50
Sobre 16 y debajo de 35	6.00
Sobre 36 y debajo de 60	8.00
Sobre 60 y debajo de 75	10.00
Sobre 75	12.00

- **Materiales y espesores del anillo perimétrico y fondo.**

Está normado el uso de planchas anulares perimétricos cuando el espesor de las planchas inferiores (1° fila) del cilindro del tanque es 15 mm ó más. En la actualidad estas planchas anulares están siendo instaladas indiferentemente del espesor de las planchas inferiores del cilindro ó del tipo de acero, por considerarse una zona crítica del tanque.

Casi todos los tanques de almacenamiento utilizan planchas de acero ASTM A-283 grado C para el fondo. Por principio el espesor de la plancha del fondo del tanque, no necesita ser demasiado grueso porque el fondo del tanque solamente transmite la carga del hidrocarburo almacenado. Sin embargo, considerando los criterios de prevención contra la corrosión, destreza en la soldadura y aseguramiento en soportar la carga debido a depresiones locales ó deformaciones propias del fondo, las Normas API-650 y JIS B 8501 prescriben ¼" ó 6mm de espesor respectivamente.

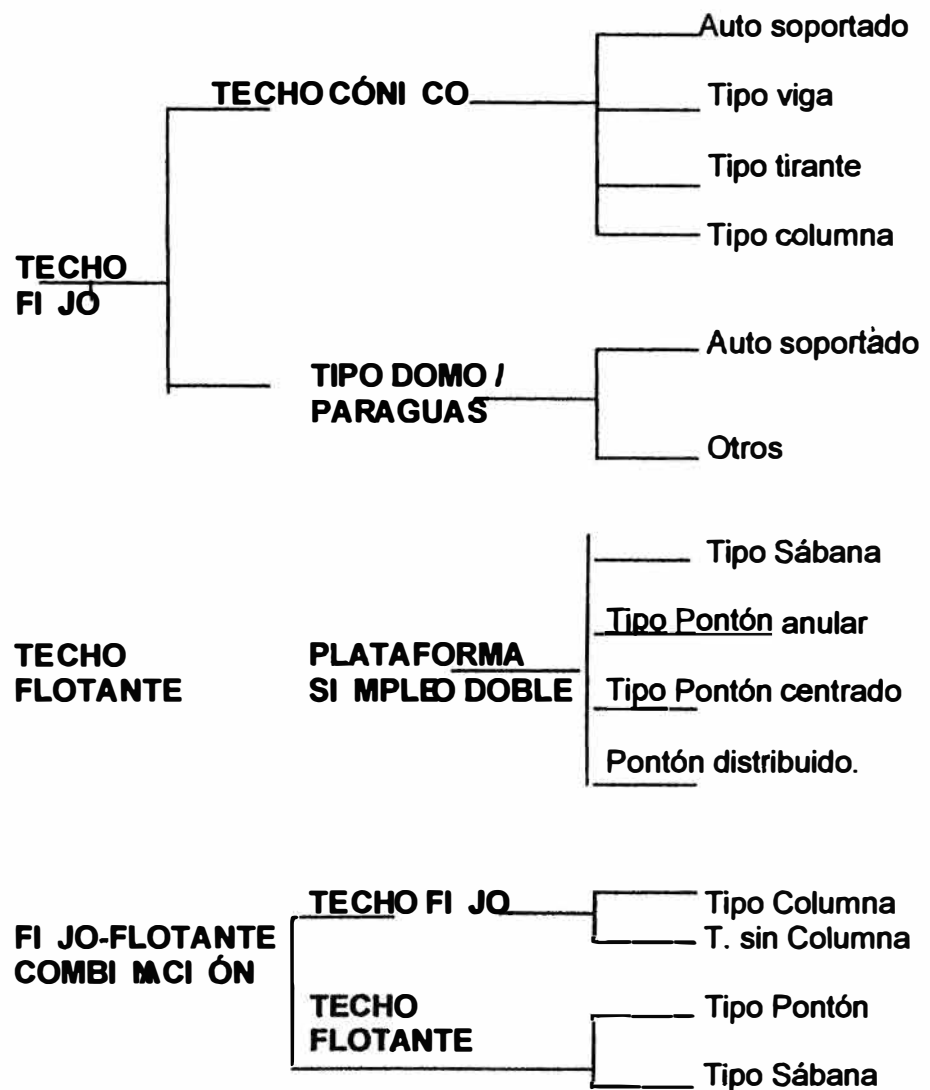
- **Construcción de techos.**

Como se mencionó anteriormente, los techos de los tanques de almacenamiento están divididos en los de tipo fijo, tipo flotante externo y en el tipo flotante interno con techo fijo adicional. Estos son

clasificados, como se muestra en la Tabla siguiente de acuerdo al tipo de techo y al método de apoyo.

Cuadro 2.1.2.

CLASIFICACIÓN DE TECHOS SEGÚN SU FORMA Y MÉTODO SOPORTE.



Para almacenar hidrocarburos de alto punto de inflamación, mayormente se usan techos fijos (del tipo cónico) con aberturas

de ventilación para disminuir la pérdida de vapores y la contaminación del aire.

Los tanques de techo flotante externos originan bajas pérdidas de vapor por respiración. El peligro de una explosión de gas o fuego dentro de ellos es mínimo. Si se presenta algún caso de fuego, este terminará en una llama de forma de aro, en la mayoría de los casos. Desde el punto de seguridad, los tanques flotantes son los más seguros.

Los tanques de techo flotante están obviamente divididos en dos tipos: con revestimiento simple y con doble revestimiento. La forma de éstos está adicionalmente clasificada dentro de varias versiones, dependiendo de la presencia / ausencia de flotadores y partes flotantes. Pero el más popular es el tipo de pontones anulares, el cual tiene flotadores instalados al lado del sello sobre la circunferencia del techo. Los techos con doble revestimiento tienen flotadores en todo el espacio que queda entre el revestimiento superior y el inferior. Los techos con doble revestimiento son más costosos debido a las horas hombre y materiales utilizados, pero además superan notablemente en términos de seguridad y fuerza estructural y ascensional a los techos con revestimiento simple.

Adicionalmente, la doble construcción del techo previene contra el calentamiento ocasionado por la incidencia directa de los rayos del sol.

La sección flotante de estos dos tipos de techos está completamente fraccionada en el número de cámaras flotantes. Si dos cámaras adyacentes fallan por cualquier motivo alguna vez, la fuerza ascensional no sufre alteración alguna.

Los accesorios principales de los tanques con techo flotantes son: el mecanismo de sellado entre el cilindro del tanque y la

circunferencia del techo, el sistema de drenaje de aguas pluviales, escaleras rodantes, mecanismo de arrastre, poleas guías, etc.

Varios tipos de mecanismo de sellos son ofrecidos por los fabricantes de tanques. Actualmente los sistemas de sellado de tipo metálico son menos usados. Se han instalado numerosos mecanismos de sellado flexibles y ahora su operación es bien reconocida.

El sistema de aguas pluviales, elimina el agua de lluvia de los retenedores ubicados en el techo y la drena a través de tuberías instaladas en el interior del tanque.

Recientemente se usa techo flotante interno (sábana) con un techo fijo adicional ; este tipo de techos a menudo son los más idóneos para tanques que almacenan aquellos tipos de hidrocarburos que necesitan ser extremadamente protegidos del agua de lluvia, o para líquidos volátiles tipo gasolinas.

- **Estructuras.**

Los tanques de almacenamiento son una construcción de capa muy delgada a partir de un diseño considerablemente sofisticado. Sus tamaños y capacidades han ido incrementando con gran rapidez., así como sus características han podido ser aclaradas teóricamente y empíricamente.

La construcción y diseño del tanque tienen varias características únicas, comparadas con otro tipo de recipientes de presión o estructuras presurizadas. Entre estas características tenemos:

- (i) Se somete a un esfuerzo de prueba estándar de alrededor del 60% del punto de deformación del material a ser utilizado, y una fuerza mayor se somete al árbol o estructura principal.
- (ii) Las uniones del fondo del cilindro son estructuralmente discontinuas, y una carga pesada de flexión es generada en sus alrededores.
- (iii) Se usa acero de alta tensión, de un radio mayor al punto de deformación, para las planchas anulares y cilíndricos de tanques de alta capacidad (más de 20,000 kilolitros / 125,000 Barriles USA).
- (iv) Los tanques son instalados directamente sobre los cimientos construidos en el terreno, y las propiedades de la cimentación tienen una gran influencia sobre la tendencia a la deformación y las características de las cargas de fuerza del área del tanque.
- (v) La mayoría de los tanques son construidos y ensamblados en el mismo sitio donde van a operar.

Tomando en consideración estos factores, es primordial preparar y ejecutar procedimientos y métodos de control estándares, con el fin de construir de manera segura desde el principio previniendo o eliminando los defectos durante el período de construcción.

Otros puntos a tener en cuenta en cuanto a la estructura de los tanques son:

- Las uniones de las planchas del fondo del cilindro
- Las uniones en T del planchas inferiores del cilindro
- La soldadura de los planchas inferiores del cilindro y de fondo.

2.2 INSPECCIÓN DE TANQUES.

2.2.1. CRITERIOS Y PLANIFICACION DE INSPECCIONES DE TANQUES.

El objetivo de las Inspecciones de tanques en Refinería Talara, ya sean las Preliminares (con tanque en operación) ó las Inspecciones Generales (con tanque fuera de servicio), es el de garantizar una óptima operación de almacenamiento; una oportuna distribución de combustibles; buena calidad de almacenamiento y un buen control ambiental evitando fugas y/o mermas.

Para el logro de éste objetivo nacional, los ingenieros Inspectores utilizan diferentes técnicas de planificación, inspección y posterior programación de las reparaciones en sus diferentes especialidades. Ver Diagrama 2.2.1: Planificación de Inspección General de Tanques de Gasolinas.

PLANIFICACIÓN DE INSPECCIÓN REPARACIÓN GENERAL (TANQUE DE GASOLINA)

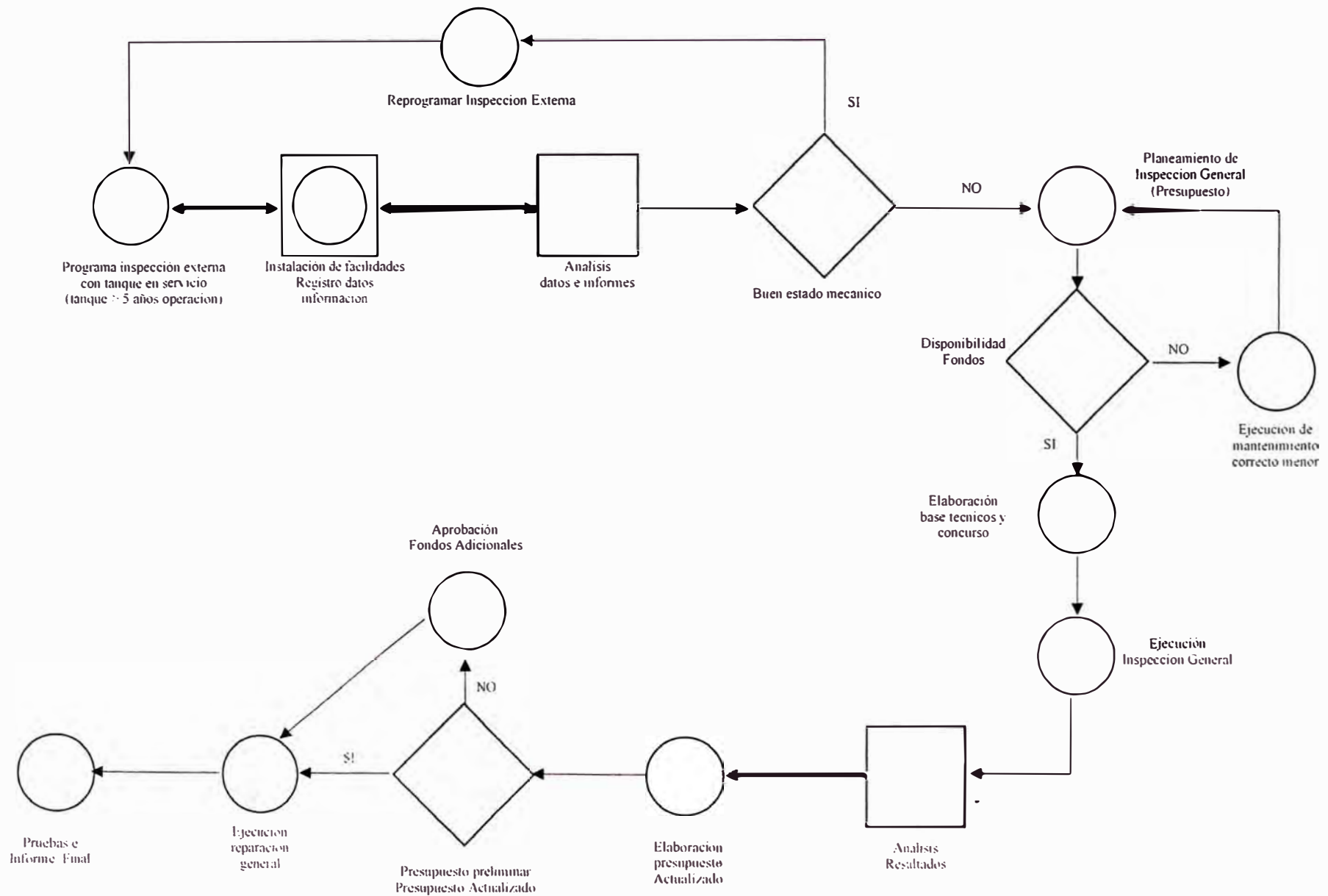


Diagrama 2-2-1

El cumplimiento del planeamiento de Inspecciones Generales de tanques es fundamental para garantizar el tanque en condiciones operativas óptimas (ver Anexo 1, Estándar SI4-90-01). Estas Inspecciones Generales son necesarias adicionalmente a los trabajos de mantenimiento rutinario y/o correctivos (ejecutados en función a los resultados de las Inspecciones Preliminares).

De esta manera, las inspecciones de tanques se dividen en:

- Inspecciones Preliminares: con tanques en operación, e
- Inspección General: con el tanque aislado totalmente del sistema operativo de la Refinería.

El objeto principal del presente capítulo es la breve descripción de las diferentes técnicas de inspección de tanques usadas en Refinerías; la metodología de las inspecciones y finalmente a manera de ejemplo una recopilación de las acciones de inspección efectuados en un tanque de almacenamiento de gasolina con techo flotante. En este sentido, la metodología y detalles de las inspecciones de los tanques se detallan en los puntos 2.2.2 y 2.2.3.

Una de las referencias técnicas principales tomadas en cuenta para las metodologías de la inspección de los tanques que nos ocupan, es la Norma de la "American Petroleum Institute" API STANDARD 653. "Tank inspection and repair"

2.2.2. TECNICAS DE INSPECCION USADAS EN TANQUES.

En esta sección se describe de manera general y con carácter orientativo, las técnicas de inspección que se vienen aplicando en tanques de almacenamiento de hidrocarburos en la Refinería

Talara. Entre las principales mencionamos: Inspección visual; líquidos penetrantes; ultrasonidos; partículas magnéticas; mediciones geométricas; neumáticas con cámaras de vacío; medición de espesores de recubrimientos; pruebas hidrostáticas; resistividad de suelos; golpes de martillo; etc.

A) INSPECCIÓN VISUAL

Es la primera y más utilizada técnica para tanques de almacenamiento de gasolina, por ofrecer una apreciación general del estado del tanque, para luego determinar áreas de interés especial a profundizar su inspección. Esta técnica permite detectar defectos superficiales, en elementos mecánicos, utilizando solamente la visión del ser humano. Con el empleo de diversos dispositivos ópticos es posible aumentar la agudeza y el campo visual normales, tal es el caso de la lupa, el microscopio, el endoscopio, etc.

APLICACIONES.

- Inspección de uniones soldadas, detectando defectos en la geometría de la junta, discontinuidades del metal base y defectos en el mismo cordón de soldadura.
- Identificación de estados de superficie en lo referente a grados de corrosión, de acabado, de desgaste, etc.
- Inspección del estado de la pintura industrial.
- Verificación de fallas mecánicas, deformaciones, estados de elementos mecánicos en general.
- Alineamiento de piezas.
- Evidencia de fugas.

VENTAJAS.

- Es el ensayo no destructivo de más bajo costo, por lo general prescinde del empleo de instrumentos, y si los

requiere estos son, por lo general, relativamente simples y no muy costosos.

- Permite detectar y eliminar posibles discontinuidades en una junta soldada, antes de iniciar o completar el trabajo.
- Detecta las discontinuidades mayores y generalmente permite definir las zonas donde será necesario aplicar otros ensayos más elaborados (tintes, penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonido, etc), economizando recursos.
- Proporciona importante información sobre análisis de fallas permitiendo, en algunas oportunidades, emitir juicios concluyentes al respecto.

LIMITACIONES.

Solo pueden detectarse defectos superficiales, excepto en los materiales translúcidos.

Su eficacia depende de la experiencia y conocimientos que posea el inspector en diversos campos tales como: procesos de manufactura, materiales, corrosión, dibujo técnico, elementos de máquinas, etc.

MÉTODO DIRECTO.

Cuando se puede acceder visualmente en forma directa al elemento o zona a inspeccionar. Puede efectuarse a simple vista o con ayuda de dispositivos ópticos tales como espejos, lupas, microscopios, etc. Se usa como referencia el Código ASME, Sección V, en la inspección destinada a la detección y evaluación de pequeñas discontinuidades.

La inspección debe realizarse con una intensidad de iluminación mínima de 160 lux, cuando se trata de un examen general, y 540 lux para la detección o estudio de pequeñas discontinuidades.

MÉTODO REMOTO.

Cuando el elemento o zona a inspeccionar esta fuera del alcance natural de la visión, ya sea por su inaccesibilidad, lejanía o por razones de seguridad. En este caso es

imprescindible el empleo de dispositivos ópticos auxiliares tales como los boroscopios, periscopios, telescopios, etc.

INSTRUMENTOS ÓPTICOS.

Los instrumentos ópticos son empleados para mejorar las facultades visuales del ojo humano, entre ellos tenemos:

Espejos.- Se usan normalmente cuando se desea ver zonas de limitada accesibilidad o cuando es necesario intensificar la iluminación en ciertas zonas.

Lupa o Lente de Aumento.- Para observar con mayor claridad detalles pequeños acercando el ojo a la zona inspeccionada.

Microscopio.- Cuando se necesita tener una imagen mayor de un objeto o defecto muy pequeño se utiliza el microscopio.

Binocular o Prismático.- Se usa para detectar inicios de corrosión exterior cuando la zona a inspeccionar es inaccesible y el tanque está en operación.

Proyector de Perfiles.- Se utiliza cuando se necesita verificar formas y dimensiones de objetos pequeños o que por su configuración resulta complicada la comparación con un patrón. Básicamente es un sistema óptico que proporciona una imagen aumentada del objeto examinado.

OTROS INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS DE INSPECCIÓN.

Son utilizados, también instrumentos de medición tales como vernieres, micrómetros, calibradores de todo tipo, comparadores de perfiles, patrones comparadores de superficies, etc. Así mismo, se emplean diversas herramientas manuales como escobillas metálicas, cinceles, martillos, lijas, linternas, etc.

b) INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

Este ensayo permite detectar fisuras, grietas ó discontinuidades superficiales en las planchas de acero no porosos ó cordones de soldadura, utilizando un líquido que al aplicarse sobre la superficie del elemento a inspeccionar, penetra por capilaridad en las discontinuidades. Luego, y una vez eliminado el exceso

de penetrante de la superficie, se aplica un revelador que ayuda a salir al líquido penetrante retenido en la discontinuidad, descubriéndose así la ubicación y forma de la misma. Este procedimiento es superior al examen neumático con cámara de vacío para detectar pases ó poros en planchas/cordones de soldadura.

MÉTODOS.

De acuerdo con la norma ASTM E165, existen dos métodos de inspección por líquidos penetrantes, los cuales se diferencian en el tipo de líquido utilizado. Cada método consta de tres procedimientos referidos al tipo de remoción de penetrante en exceso (ver tabla siguiente).

Método A: Líquidos penetrantes fluorescentes

Tipo 1	Lavable con Agua
Tipo 2	Postemulsionable
Tipo 3	Removible con Solvente

Método B: Líquidos penetrantes coloreados

Tipo 1	Lavable con Agua
Tipo 2	Postemulsionable
Tipo 3	Removible con Solvente

(Según ASME E165)

Método A.

Este método emplea penetrantes que en su composición incorporan pigmentos fluorescentes, visibles solamente en cámara oscura y bajo iluminación con luz negra. Esta es una radiación luminosa, cuya longitud de onda esta comprendida en el rango del ultravioleta cercano (3200 a 4000 A).

Las indicaciones fluorescentes al ser mucho más brillantes que el área circulante, son fácilmente visibles durante la inspección con luz negra.

Método B.

Utiliza penetrantes fuertemente coloreados, perfectamente detectables bajo luz normal o visible (4000 a 7000 A).

Usualmente el color del penetrante es rojo, de tal manera que la indicación produce un contraste bien definido con el fondo blanco dado por el revelador. Tienen como limitación que las indicaciones son menos visibles que las obtenidas con penetrantes fluorescentes y luz negra.

(i) LIQUIDOS PENETRANTES.

Las principales propiedades físicas que deben cumplir los líquidos penetrantes son:

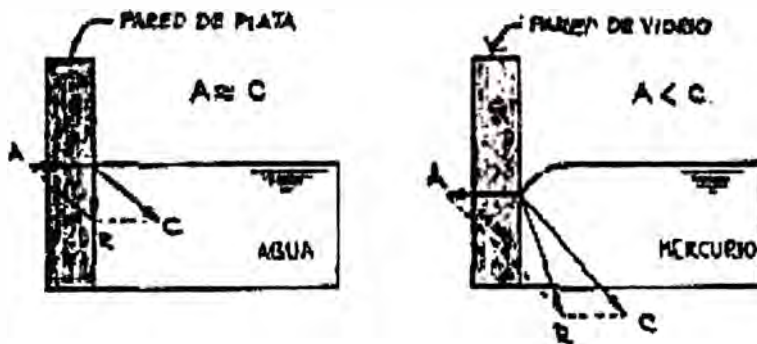
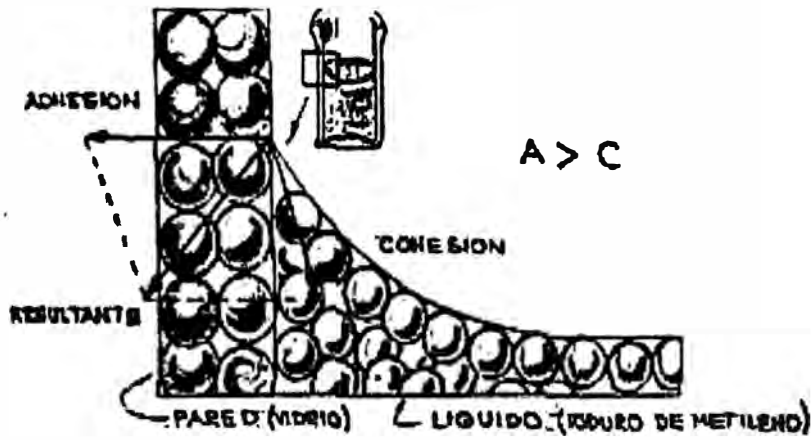
- Alto poder de penetración en discontinuidades del material.
- Baja tensión superficial.
- Baja viscosidad (rápida penetración).
- Gran capilaridad.
- Adhesión mayor que la cohesión.
- Baja volatilidad.
- Bajo punto de inflamación.
- Mínimo grado de toxicidad.
- Inercia química (inerte en el medio).
- No corrosivo.

Todas estas características no pueden reunirse empleando una sustancia única, por lo que los líquidos penetrantes son una mezcla de diversos compuestos. Así mismo, debe tenerse en cuenta las diferentes aplicaciones de estos líquidos, lo cual explica que existan también diversos tipos de líquidos penetrantes.

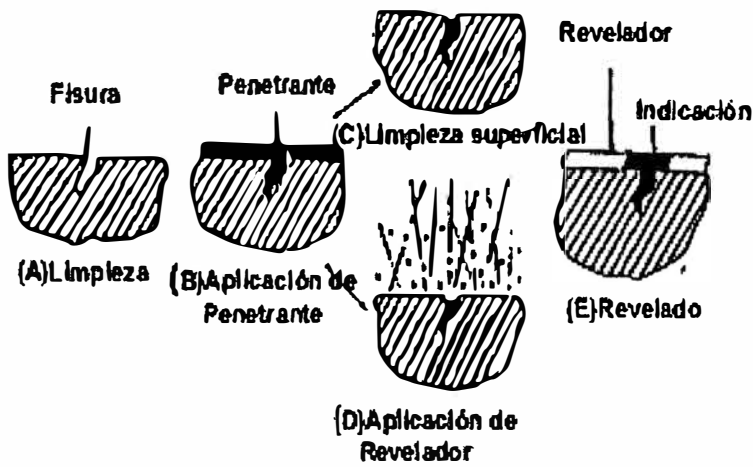
(ii) REVELADORES.

Son agentes que indican la ubicación de los puntos donde ha quedado retenido el penetrante: las discontinuidades. Es un polvo muy fino que se extiende sobre la superficie a inspeccionar, después de haberse eliminado el exceso de penetrante.

Principios y métodos de inspección con tintes penetrantes



FUERZAS DE ADHESIÓN Y COHESIÓN EN INTERFASE LÍQUIDO-SÓLIDO



-SECUENCIA DE PRUEBA CON LÍQUIDOS PENETRANTES

Fig. 2-2-2a

FUNCIONES.

- Actúa como un papel secante, extrayendo el líquido de la discontinuidad.
- Proporciona una base sobre la cual el penetrante puede extenderse, aumentando así la superficie visible.
- Constituye un fondo adecuado que aumenta el contraste con respecto al que se conseguiría sobre la superficie de la muestra, cubriendo, además, posibles irregularidades que podrían causar confusión.
- Los reveladores aplicados por vía húmeda, dispersos en un disolvente, tienen la ventaja adicional de que el disolvente contribuye a aumentar la cantidad de penetrante extraído.
- Acorta el tiempo necesario para que la indicación resulte visible al Ingeniero inspector.

CARACTERISTICAS DE LOS REVELADORES,

Los reveladores deben reunir las siguientes características:

- Ser absorbentes para asegurar un máximo de poder "secante".
- Estar finamente divididos para conseguir una buena definición del contorno de las discontinuidades.
- Tener el suficiente poder cubridor para enmascarar los colores de fondo de la superficie.
- Ser fácilmente aplicables dando una capa continua de espesor uniforme.
- Ser fácilmente eliminables después de la inspección y no contener productos nocivos o tóxicos para el inspector.

INSPECCION.

La inspección propiamente dicha se inicia luego de una correcta aplicación del tinte penetrante y el producto revelador, respetándose estrictamente las instrucciones de los fabricantes de dichos productos.

Se recomienda comenzar a observar la superficie mientras aún se está aplicando el revelador, como una forma de ayuda para la posterior evaluación de las indicaciones. Inmediatamente después de aplicado el revelador se debe comenzar la inspección

en detalle de la superficie, esto es importante a fin de evitar una posible difusión excesiva de penetrante en la capa de revelador, lo cual dificultaría la interpretación del tipo y tamaño real de las discontinuidades. La inspección e interpretación final debe efectuarse, en general, entre 7 y 30 minutos después de aplicado el revelador.

Concluida la inspección, la superficie o elemento ensayado debe someterse a una limpieza, de acuerdo a los procedimientos ya descritos, para evitar posibles efectos negativos de los residuos de penetrante o revelador, durante el servicio o el subsiguiente proceso de fabricación.

ILUMINACION.

Para el caso de líquidos fluorescentes, es recomendable la inspección en un ambiente oscuro, permitiéndose, en el caso de inspecciones importantes, un máximo de 32 lux de iluminación ambiental. Se permiten mayores niveles de iluminación cuando los requerimientos no son críticos y no puede obtenerse un ambiente oscuro adecuado.

La inspección por líquidos penetrantes visibles, se realiza o bien con iluminación natural o bien con luz artificial blanca (recomendable), cuya intensidad mínima sea de 350 lux.

CLASIFICACION DE LAS INDICACIONES.

De acuerdo con la norma ASTM E-433 hay dos tipos de indicaciones:

- Indicaciones tipo I: Son aquellas en las cuales ninguna de las dimensiones medidas es tres veces mayor que las otras. Por lo general corresponden a porosidad del material, zonas con micro rechupes o pequeñas cavidades de contracción en piezas moldeadas.

- Indicaciones Tipo II: Son aquellas en las cuales una de las dimensiones factibles de medir es al menos tres veces mayor que las otras. Corresponden a grietas o rajaduras producidas por fatiga, contracciones en piezas moldeadas o uniones

soldadas, temple, corrosión por esfuerzos, pliegues de forjas, etc.

INTERPRETACION DE LAS INDICACIONES.

En general y como en todos los métodos de inspección de productos metálicos, la formación del inspector (conocimientos y experiencias) es de vital importancia al momento de interpretar los resultados del ensayo.

Algunas pautas para la interpretación de las indicaciones son las siguientes:

- a). Cuando la definición de los bordes es nítida, puede asegurarse que se trata de una discontinuidad estrecha que retiene poco volumen de líquido.
- b). La intensidad de la fluorescencia o del color de una indicación esta en relación con el volumen de la discontinuidad.
- c). El tiempo necesario para que aparezca una indicación es inversamente proporcional al volumen de la discontinuidad. Las discontinuidades grandes aparecen más rápidamente, en tanto que las pequeñas demoran más, por lo cual es importante el tiempo de revelado.
- d). La persistencia de la indicación es un buen indicativo del tamaño de la discontinuidad. Si la indicación reaparece luego de eliminar el revelador y volver a aplicarlo, es evidente que es lo suficientemente grande como para tener reserva de líquido penetrante.

C) INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS.

Por medio de esta técnica es posible detectar defectos internos en las planchas ó estructuras del acero y cordones de soldadura, para ello se utilizan instrumentos que emiten sonidos de altas frecuencias los que son transmitidos a la pieza de análisis mediante un líquido acoplador. Se aprovechan las características de las ondas sonoras al reflejarse y refractarse igual que lo hacen las ondas luminosas.

Métodos de inspección por ultrasonido usados en tanques

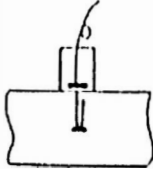
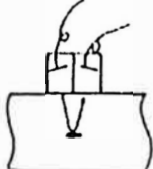

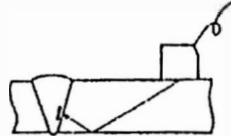
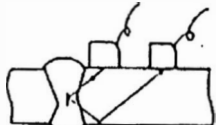

Onda (Frecuencia)	Método
<p>Onda Longitudinal</p> <p>(0.5 ~ 20 MHz)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) Simple</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) Doble palpador</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>© Palpador angular de onda Longitudinal</p> </div>
<p>Onda transversal</p> <p>(1 ~ 5 MHz)</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a) Palpador angular</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b) Técnica Tandem</p> </div> </div>
<p>Onda Superficial (Rayreigh wave) (1 ~ 5 MHz)</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Palpador de onda superficial</p> </div>

Fig. 2-2-2-b

La eficacia del ensayo depende de la calidad del instrumento y la experiencia del Ingeniero Inspector para evaluar los resultados.

En la prueba ultrasónica se emplea el método impulso eco, usando un transductor (cristal) el cual vibra produciendo el ultrasonido y probetas ó patrones de comparación. Las ondas generadas viajan a través del acoplador hacia la pieza a inspeccionar.

EQUIPOS.

Los elementos esenciales se aprecian en el Dibujo de la página siguiente y son: Equipo electrónico de ultrasonido; Palpador; acoplante y bloques patrones de referencia.

TECNICAS DE ENSAYO.

Las técnicas dependen de la naturaleza de las fallas y por la muestra de ensayo. Debemos distinguir el ensayo dirigido a detectar problemas de heterogeneidades (defectología) y problemas relacionados con la medida de comprobación de espesores (metrología) que es el caso general en inspección de tanques.

Los ensayos por impulso-eco se pueden realizar por la técnica de "eco simple"; se calibra el instrumento de tal manera que la anchura de la pantalla TRC representa el espesor de la muestra.

D) INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

El ensayo por partículas magnéticas permite detectar discontinuidades e impurezas superficiales, tales como las inclusiones no metálicas, en materiales ferromagnéticos. También es posible detectar discontinuidades ó inclusiones no metálicas sub- superficiales.

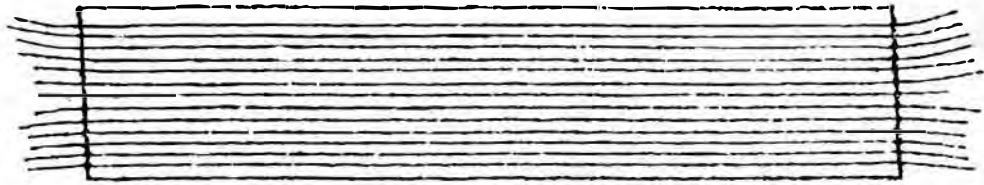
El fenómeno físico en el que se fundamenta este ensayo es que cuando una pieza de acero al carbono se somete a la acción de un campo magnético, se desarrollan líneas de fuerza orientadas en una dirección.

En el caso de existir una discontinuidad en la superficie de la pieza cuyo plano sea perpendicular a las líneas de fuerza, dichas líneas de fuerza tenderán a salvarla cual un obstáculo. Esto se traduce en una distorsión de las líneas de fuerza tal como indica la Figura 2.2.2.-c, en la que vemos como las que están más próximas a la superficie se ven obligadas a salir al exterior formando lo que llamaremos un "Campo de fuga". La distorsión del campo hace que se eleve la energía del sistema que resulta más inestable que si no existiese la discontinuidad. Si ahora extendemos sobre la superficie de la pieza partículas finas de un material ferromagnético, tenderán a acumularse en los campos de fuga para facilitar el paso de las líneas de fuerza y contribuir así a que disminuya la energía del sistema que pasa a un estado más estable. Si el plano de la discontinuidad es paralelo a las líneas de fuerza, no hay distorsión del campo y no se formarán indicaciones.

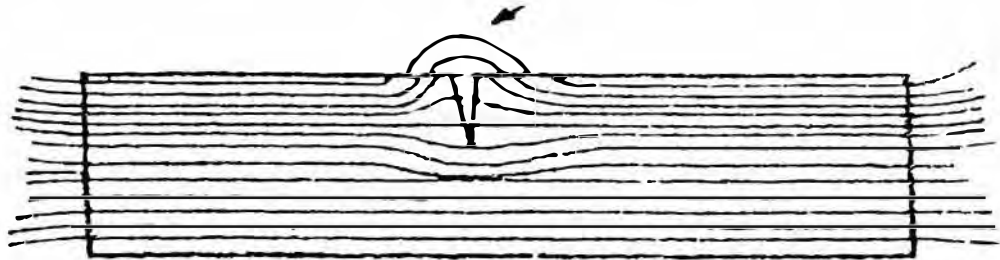
La consecuencia directa de estos fenómenos es que las partículas actúan como detectores del campo de fuga, cuya imagen aparece en la superficie de la pieza, y que corresponde exactamente con la trayectoria superficial de la discontinuidad.

El ensayo consta, básicamente de tres etapas:

1. Magnetización de la pieza.
2. Aplicación de las partículas magnéticas.
3. Observación y anotación de la presencia de indicaciones.



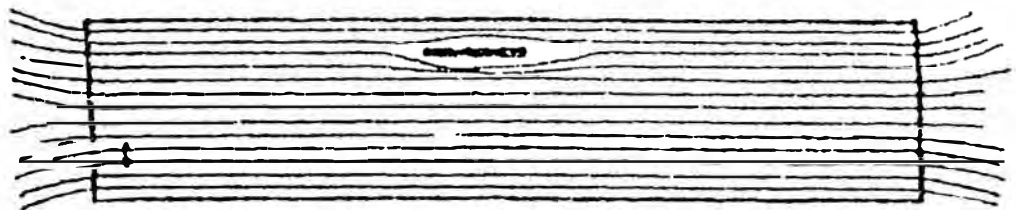
A) Sin Discontinuidad



B) Distorsión del campo en una discontinuidad



C) Formacion de las indicaciones
(menor distorsión que en b)



D) Discontinuidad paralela a las lineas de fuerza
(No hay distorsión apreciable)

INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

Fig. 2.2.2.-c

Entre los factores que afectan a la formación de las indicaciones cabe destacar:

- Dirección e intensidad del campo magnético.
- Forma y tamaño de la discontinuidad y orientación de la misma con respecto al campo magnético.
- Características magnéticas de la pieza a ensayar.
- Forma y dimensiones de la pieza, que afectarán a la distribución del campo magnético.
- Estado de la superficie de la pieza, que afectará a la nitidez de las indicaciones.

La visibilidad y contraste de las partículas con la superficie es de gran importancia en esta técnica, por esta causa se fabrican partículas pigmentadas con diversos colores.

Existen partículas magnéticas fluorescentes cuyas indicaciones, observadas bajo luz negra en cámara oscura, proporcionan un buen contraste y visibilidad sobre la discontinuidad.

SISTEMA DE MAGNETIZACION.

La magnetización de la pieza es la primera de las etapas a cubrir en el ensayo por partículas magnéticas y tiene por objeto "sumergir" la pieza en el seno de un campo magnético de intensidad y dirección conocidas.

Para producir campos magnéticos idóneos para el ensayo por partículas magnéticas, disponemos de dos sistemas de magnetización:

Por imanes,

Por corriente eléctrica.

TECNICAS OPERATIVAS.

- a). Para la elección de la técnica operativa a aplicar a un problema concreto, es preciso tener un conocimiento previo sobre los tipos de discontinuidades que se estiman encontrar, así como las características magnéticas y geométricas de la pieza objeto de ensayo. Es preciso considerar los siguientes aspectos del problema para programar el ensayo:

- Consideraciones económicas, es decir el costo del ensayo frente a costo estimado de las fallas.
 - Situación de las discontinuidades de la pieza (superficial o sub-superficiales).
 - Forma y tamaño de las mismas.
 - Dirección respecto al eje de pieza.
 - Orientación respecto a los esfuerzos a que la pieza sometida.
 - Tamaño y forma de la pieza objeto del ensayo.
 - Características magnéticas de la misma.
- b). Elección del sistema de magnetización y de las partículas magnéticas:
- La elección del tipo de corriente de magnetización dependerá de la situación de las discontinuidades con respecto a la superficie de la pieza; en particular, si son superficiales o sub-superficiales.
 - La elección del tipo de partículas magnéticas a utilizar se centrará inicialmente entre el método seco ó húmedo, y posteriormente en el color. Si las discontinuidades son subsuperficiales, será más sensible el método seco y si se trata de discontinuidades superficiales finas, es recomendable el método húmedo.

INTERPRETACIÓN

Para una buena indicación se recomienda:

- conocer la naturaleza del material de la muestra de ensayo y el historial de fabricación de la muestra.
- Experiencia con piezas similares.

En general, las indicaciones de partículas magnéticas presentan sus bordes con una definición muy nítida cuando proceden de discontinuidades, tales como grietas superficiales, cuyo plano sea perpendicular a las líneas de fuerza del campo magnético.

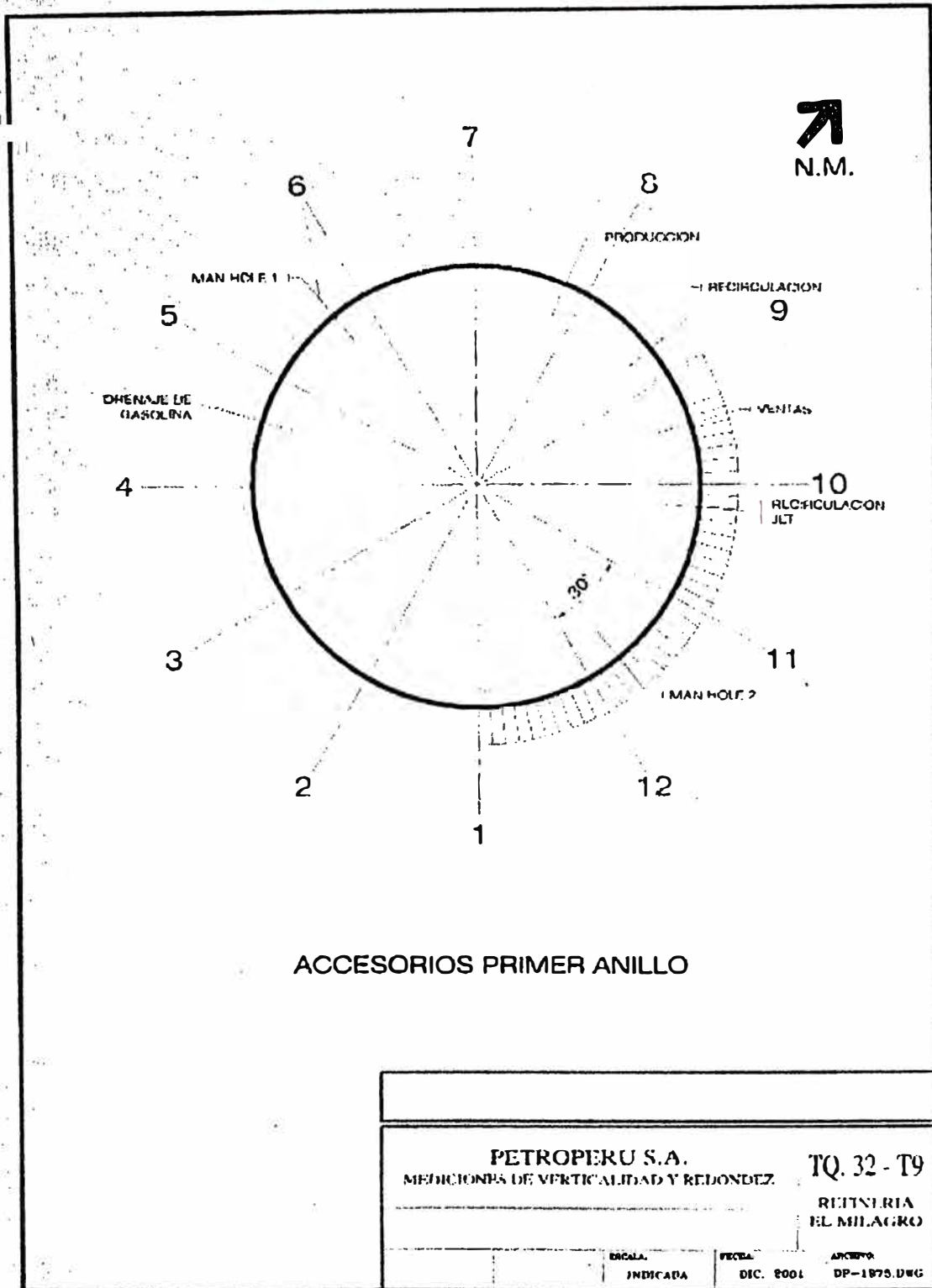
Si dichas discontinuidades son sub-superficiales, las indicaciones correspondientes aparecen con sus bordes algo más difusos, tales como algunos tipos de vetas y las macro-inclusiones alargadas de los productos, debido al menor obstáculo que suponen a las líneas de fuerza del campo magnético.

E). INSPECCIÓN POR MEDIDAS GEOMÉTRICAS Y NIVELES

Generalmente se contrata una Cia. Especializada en Estudios de cubicación y mediciones de tanques de hidrocarburos.

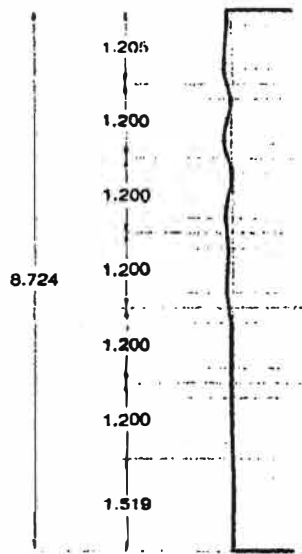
Este estudio se complementa con los datos de niveles de la base que se realiza durante la inspección del anillo perimétrico de cimentación. Tomar en cuenta que en tanques de gran capacidad de gasolinas, las medidas geométricas varían notablemente en función a los niveles del producto.

Como ejemplo se muestran algunos de los Dibujos y Tablas que comúnmente se realizan en este tipo de estudios. En este caso se presenta el estudio de metrología de un tanque de almacenamiento para ventas de gasolina de 84 Octanos. Este Tanque 32T-9 dispone de TFI (techo flotante interno), y en el estudio se aprecia la forma del tanque en sus diferentes anillos de cilindro, medidas que a criterio del Ingeniero Inspector puede ser tomado en vacío o con tanque lleno.

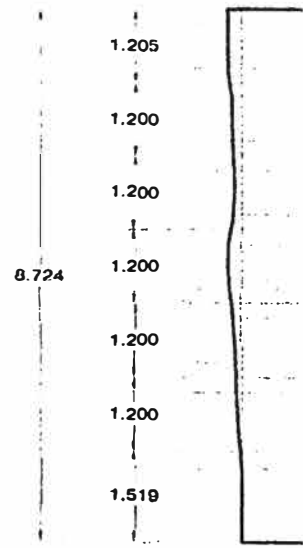


MEDICIONES DE VERTICALIDAD Y REDONDEZ.

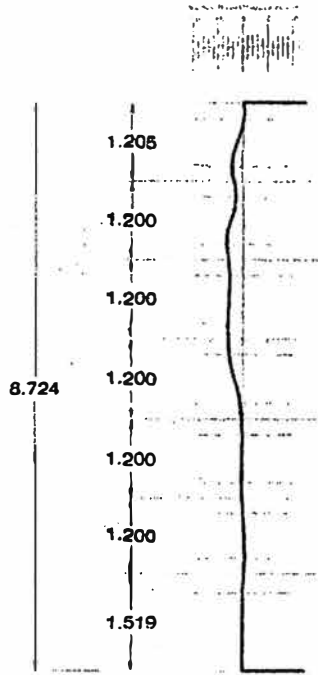
1° ANILLO - TANQUE DE GASOLINA 32T-9



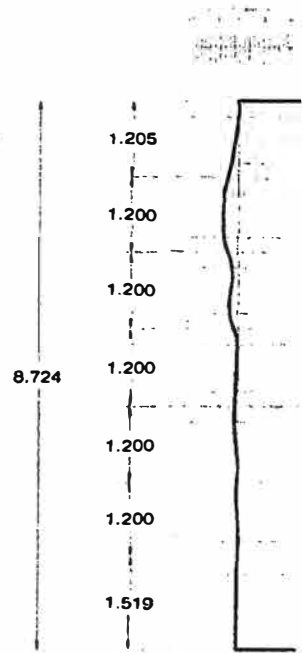
GENERATRIZ 1
ESCALA 1:75



GENERATRIZ 4
ESCALA 1:75

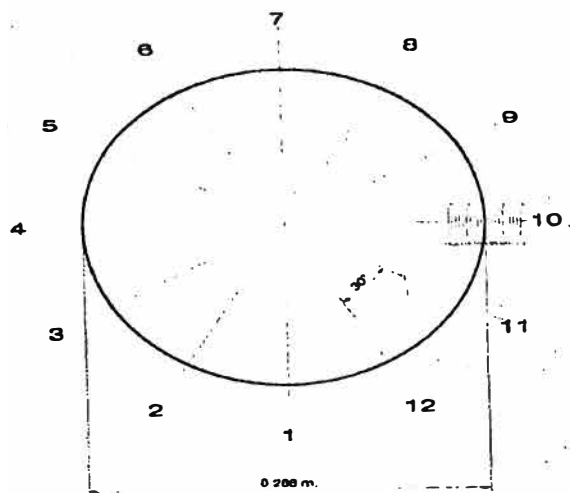


GENERATRIZ 7
ESCALA 1:75

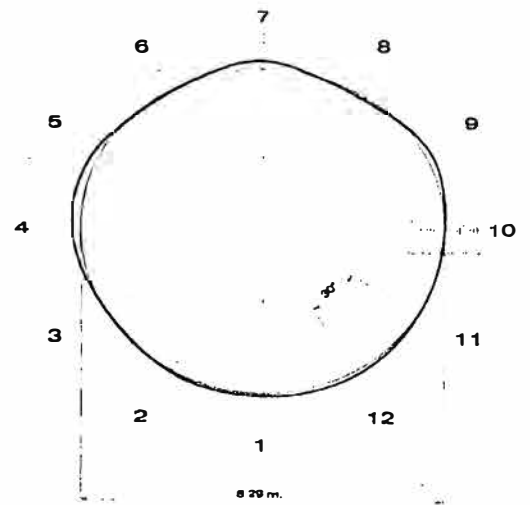


GENERATRIZ 10
ESCALA 1:75

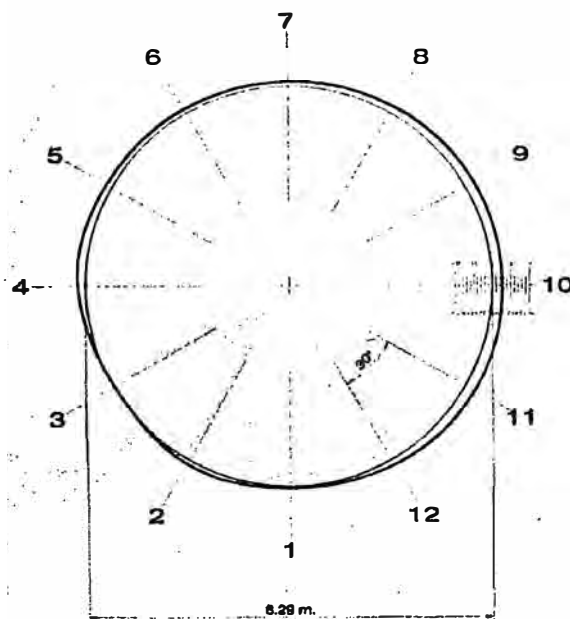
GENERATRICES – TANQUE 32T9.



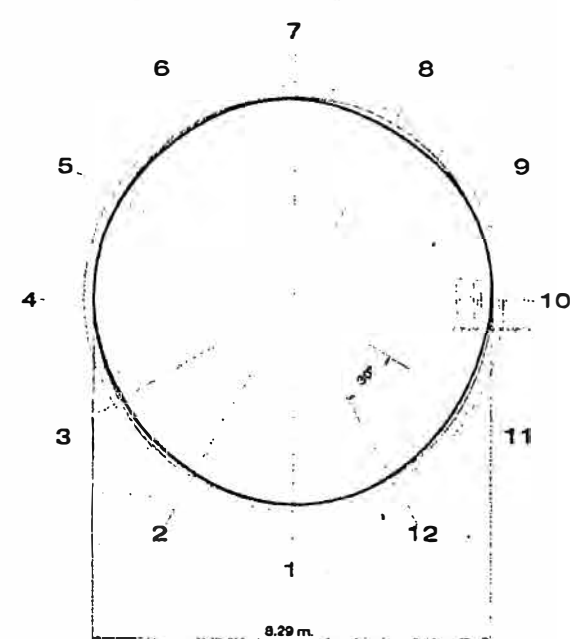
ANILLO 1
ESCALA 1:75



ANILLO 4
ESCALA 1:75



ANILLO 6
ESCALA 1:75



MAXIMAS Y MINIMAS
ESCALA 1:75

MEDICIONES DE VERTICALIDAD Y REDONDEZ.

ANILLOS - TANQUE DE GASOLINA 32T-9

Generatriz ANILLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	1.2	0.8	0.7	2.8	2.4	0.9	0.0	0.3	0.6	0.0	1.4	-0.5
	1.8	0.8	0.7	2.8	2.4	2.2	2.4	2.6	0.6	1.4	1.4	0.9
6	0.5	1.1	-0.3	2.1	1.6	1.3	1.5	2.2	2.8	2.9	3.0	1.5
	1.8	1.0	1.5	1.9	1.9	-0.8	3.4	-0.8	0.2	3.1	2.3	0.2
5	0.2	1.0	1.8	1.5	1.8	0.4	2.6	-1.3	1.8	1.4	-1.2	0.7
	1.4	0.4	1.0	1.7	2.2	0.0	3.1	-0.7	0.5	1.9	0.9	1.2
4	0.9	0.5	-0.3	2.8	1.3	-0.3	2.8	-0.9	1.7	0.2	0.3	1.4
	1.3	1.1	-0.7	2.6	1.5	0.5	0.6	0.2	0.8	0.5	-0.2	0.6
3	0.5	0.7	-0.2	1.8	1.4	0.3	0.0	-1.6	1.4	0.7	-0.7	0.8
	0.5	0.6	0.1	1.3	1.2	-0.4	0.3	-0.6	0.6	-0.1	-0.5	0.8
2	0.4	-0.2	-0.8	1.1	0.3	0.5	-0.1	-0.8	-0.1	0.1	0.7	0.4
	0.1	-1.1	-1.0	0.6	-0.3	-0.1	-0.4	-0.6	0.1	-0.4	0.6	0.1
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAX	1.8	1.1	1.8	2.8	2.4	2.2	3.4	2.6	2.8	3.1	3.0	1.5
MIN	0.1	-1.1	-1.0	0.6	-0.3	-0.8	-0.4	-1.6	-0.1	-0.4	-1.2	-0.5

	Diámetros Máximos y Mínimos (m)		Diferencia radial (cm)	
	MAX	MIN	MAX	MIN
7	8.33	8.29	1.88	-0.23
	8.33	8.30	2.13	-0.66
6	8.34	8.31	2.47	-0.98
	8.34	8.28	2.59	0.31
5	8.32	8.29	1.76	0.14
	8.33	8.28	2.26	0.16
4	8.33	8.28	1.87	0.20
	8.32	8.29	1.57	-0.05
3	8.31	8.28	1.27	0.47
	8.30	8.29	0.59	0.01
2	8.30	8.28	0.62	0.48
	8.29	8.27	0.14	0.87
	8.34	8.27	2.59	-0.98

F). OTRAS TÉCNICAS DE INSPECCION.

- Inspección con equipos denominados “cámaras de vacío” para comprobar que los cordones de soldadura de las planchas del tanque, se encuentran sanos y no presentan pases imperceptibles a la vista. La técnica operativa es agregar agua con espuma a los cordones y luego de conectar el equipo a un sistema de succión se observarán burbujas en caso de aparecer poros pasantes.

Pruebas hidrostáticas del tanque de almacenamiento de gasolina. Para verificar la buena cimentación y resistencia de los cordones de soldadura. La técnica operativa es observar si durante el llenado del tanque se presentan humedecimientos que indicarían pases a través de las planchas de acero.

2.2.3. INSPECCION CON TANQUES EN OPERACIÓN.

La inspección de tanques que se encuentran en operación, se realiza con personal de experiencia en inspecciones mecánicas, requiriéndose además conocimiento de otras especialidades para los chequeos de accesorios y/o componentes como por ejemplo: instrumentación, mecanismos de operación, válvulas respiradoras, etc. Los tanques se chequean generalmente de manera visual, revisando principalmente fugas, deformaciones, hundimientos, variaciones de la geometría, manchas anormales, estado de los recubrimientos, flotabilidad del techo, etc.

Como las inspecciones se desarrollan en todas las áreas del tanque (por ello, se realizan en forma periódica), se deben usar Formatos de inspección exterior preparados previamente; para así, prevenir confusiones pasando por alto algún detalle del equipo.

Ver ejemplo de formato de inspección en la Tabla 2.2.3.

- **INSPECCIÓN DE ANILLO PERIMÉTRICO DE CONCRETO Y BASE DEL TANQUE.**

En estas áreas del tanque se deben revisar primordialmente: la presencia de fugas de combustible, manchados y/o derrames alrededor del tanque, olores, corrosión, deformación, fracturas, infiltración de agua de lluvia debajo de la base del tanque, fallas de los muros o bloques de contención, fallas ú obstrucciones de los diversos drenajes, etc.

El avance de los hundimientos anormales y el de los que aparecen puntualmente bajo el cilindro, deben ser atendidas mediante mediciones periódicas (sugerido cada seis meses).

- 2.08 Luminarias: OK.
- 2.09 Manholes: Ok.
- 2.10 Transmisor Alto/Bajo Nivel: Ok.
- 2.11 Drenajes: *En buen estado. Tubería requiere repintado 100%.*
- 2.12 Línea de Entrada/Salida : *En buen estado. Requiere pintado 30% lado de Tubería que sale del terreno no tiene revestimiento*
- 2.13 Líneas Contra Incendio: *En buen estado.*
- 2.14 Agitador: Ok.
- 2.15 Medidor de Nivel: *Inoperativo.*
- 2.16 Tubería de Rebose: Ok.
- 2.17 Termocupla: *Inop.*
- 3.00 **BASE**
- 3.01 Sellado Pestaña/Base *Deterioro 5%. Crecimiento de vegetación*
- 3.02 Base de Concreto: *En buen estado.*
- 3.03 Vereda de Inspección: *Resquebrajada en 15%.*
- 3.04 Base de Escalera: *N/A*
- 3.05 Sellado Concreto/Terreno: *No tiene.*
- 3.06 Terreno Circundante: Ok.
- 3.07 Sistema Puesta a Tierra: *Conexiones flojas.*
- 3.08 Sistema de Drenaje: *Nuevo sistema de drenaje en construcción.*
- 3.09 Muros de Contención: Ok.
- 3.10 Otros (Fugas)
- 4.00 **OBSERVACIONES**
- 4.01 *Válvula de Presión/Vacío lado Tk 5D2, trabada en posición abierta.*
- 4.02 *Conduit y agitador tienen color inadecuado gris.*
- 5.00 **RECOMENDACIONES**
- 5.01 *Efectuar mantto. de pintura de siguientes estructuras:*
- *Baranda al 100%, usar pintura epoxy amina, color blanco, método de limpieza: manual - mecánico. Dos capas de pintura de 4 mils seco cada una.*
 - *Repintar totalmente Tubería de drenaje, usar pintura epoxy amina, esmalte de acabado Blanco*
 - *Pintar agitador y conduits, usar pintura epoxy amina, esmalte de acabado color Azul Eléctrico.*
- 5.02 *Efectuar limpieza en escotilla de wincheo.*
- 5.03 *Reposicionar platos de válvula de Presión/Vacío ubicada hacia Tk 5D12.*
- 5.04 *Reparar concreto deteriorado de base y vereda del Tanque.*

Inspector r Petroperú:

Nombre

Fecha

Firma

Los niveles de puntos escogidos estratégicamente, deben ser muestreados (aproximadamente un punto cada 10 metros del anillo perimétrico de concreto).

Cuando los hundimientos son mayores que un valor estándar, es necesario abrir el tanque y efectuar una inspección interior detallada o hacer inspecciones de los cordones de soldaduras que unen el cilindro con el fondo, apoyándose con instrumentos de inspección de ultrasonido. Estructuralmente estos cordones soportan notables esfuerzos durante la operación de los tanques.

Una detección temprana de este tipo de fallas es esencial para asegurar una óptima operación en el movimiento de combustibles.

- **INSPECCIÓN DE PLANCHAS DEL FONDO Y EN EL ANILLO METÁLICO PERIFÉRICO**

Las áreas externas del anillo periférico de acero deben ser inspeccionadas minuciosamente, buscando inicios de corrosión, deformaciones y posibles fracturas. Las uniones soldadas de éstas planchas normalmente son a tope con refuerzos inferiores "backing plates" o traslapadas (ver Fig. 2.2.3 -a).

Ambos tipos de cordones de soldadura son susceptibles a sufrir fisuras, las cuales se incrementan o aceleran en función a esfuerzos externos, hundimientos de la cimentación y otros factores durante la operación rutinaria propia de cada tanque.

Es deseable efectuar pruebas de partículas magnéticas, tintes penetrantes o ultrasonido para facilitar la detección oportuna.

Cuando se usan sellos perimétricos exteriores flexibles, para impedir el ingreso de lluvias en la base del tanque, éstos deben ser inspeccionados contra la presencia de fallas prematuras y garantizar su objetivo de protección contra la corrosión. Cuando se producen fisuras o fallas de las capas de recubrimientos, es bastante factible que en dichas zonas se inicien procesos de corrosión. Ver Fig. 2.2.3.b.

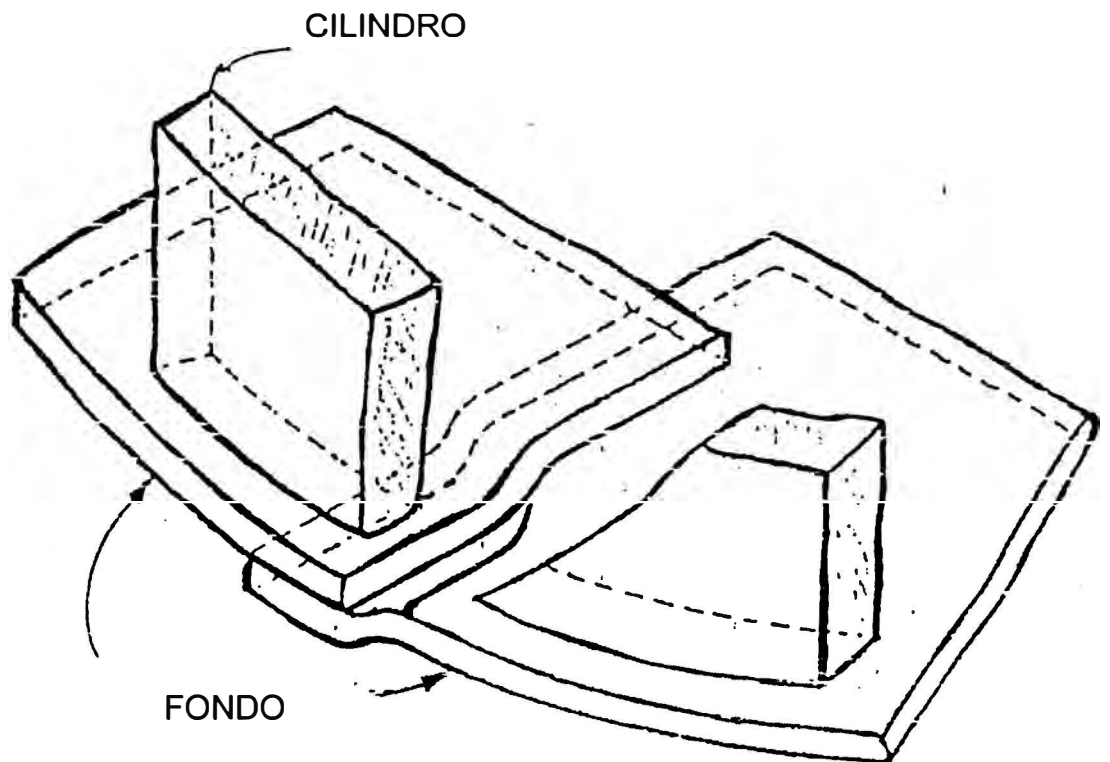
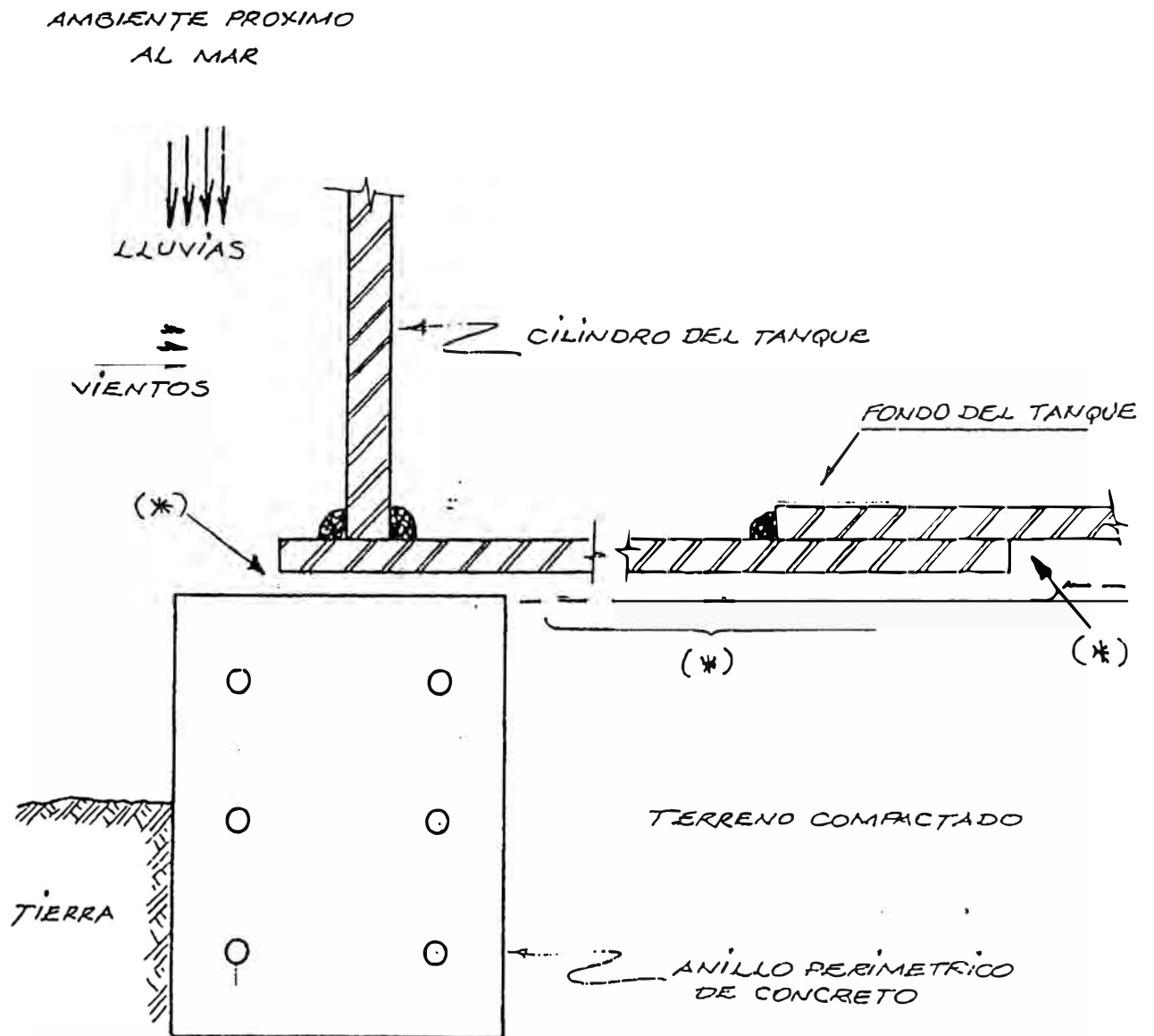


Figura 2.2.3 -a :

DETALLE DE UNION ENTRE CILINDRO Y FONDO DE TANQUE.



ZONAS PROPENSAS AL ATAQUE POR "CREVICE
CORROSION" (*)

Fig. 2-2-3b

Cuando un tanque posee tuberías de drenaje en el fondo del mismo, las planchas de acero del sumidero son más propensas a fallas por corrosión, debido a que es una zona de acumulación de residuos y agua, debiendo ser chequeados periódicamente.

- **INSPECCIÓN DEL CILINDRO**

Se revisan daños en la pintura, deformaciones y otros problemas superficiales. Cuando se sospecha de posibles ataques de corrosión en el interior del cilindro, se deben hacer mediciones de los espesores de las planchas mediante ultrasonido.

El cilindro puede presentar deformaciones desde su construcción o cuando está expuesto a fuerzas de pandeo debido a los fuertes vientos de la zona o durante la carga y descarga de combustibles. Cuando se confirma que las deformaciones se incrementan, mediante el análisis de los formatos de inspección, previos y actuales, se deben chequear las áreas de soporte del techo y los cordones de soldadura en busca de fisuras. En caso necesario efectuar análisis de esfuerzos.

Eventualmente se presenta corrosión por esfuerzos en las zonas de soldaduras de accesorios, escaleras y guarda vientos con el cilindro. Se deben verificar también de posibles fisuras, los cordones de soldadura de las tuberías de salida e ingreso de combustibles, así como las tapas de ingreso "man-holes" y todo accesorio soldado al cilindro.

- **INSPECCIÓN DEL TECHO FLOTANTE.**

La superficie superior externa del techo flotante debe ser pintada con lámina anticorrosiva, ya que es un área propensa a fallar, especialmente en tanques de grandes dimensiones debido a que son construidos con planchas relativamente delgadas que están sujetas a deformaciones continuas en operación normal. Al producirse microfisuras en la pintura, la humedad ambiental originada por la acumulación de agua de lluvia y polvos facilita el inicio del proceso de corrosión.

Cuando el techo es del tipo sábana simple y siendo las planchas delgadas unidas por cordones de soldadura de un solo pase, los defectos inherentes de la soldadura (escoria, "blow holes", falta de penetración, etc.) tienden a incrementarse debido a los continuos movimientos del techo durante la operación del tanque y desarrollan finalmente fisuras.

De ser así, las fisuras iniciales se detectan por la presencia de manchas de combustible sobre la superficie superior de los techos.

Cuando el techo es del tipo pontones (flotador), las fugas mayores de vapores de combustibles hacia el interior de los pontones se detectan por los olores al momento de abrir los ingresos "man-holes".

En el caso que las fugas sean mínimas solamente se podrán observar manchas ligeras.

Cuando se inspeccionen los sellos del techo, ubicados en los perímetros exteriores de los mismos, se debe tomar en cuenta: el nivel de fuga de vapores; la luz (espacio) entre sello-cilindro, los daños por corrosión o deterioro del material sellante.

Los sellos se reparan o reemplazan según las recomendaciones del Ingeniero inspector. En caso que los sellos sean metálicos, verificar el estado del cilindro por posibles rozamientos excesivos durante los movimientos verticales del techo flotante.

La inspección visual para detectar corrosión debe ser minuciosa en las planchas cilíndricas exteriores de pontones expuestas directamente a los vapores de combustibles, además del correspondiente registro de espesores de planchas desde el interior de los pontones en caso necesario.

El sistema de drenaje del techo, (compuesto principalmente por boquillas de ingreso, filtros de mallas metálicas, válvulas "check" y tuberías / mangueras de drenaje) es usado para remover la acumulación de agua de lluvias desde la superficie superior del techo hasta el exterior del tanque. Ver Fig. 2.2.3- c.

Cuando exista sospecha de pases, se debe llenar el interior de las tuberías de drenaje con agua y verificar en la salida la posible contaminación con hidrocarburos, lo cual confirmaría la falla del sistema drenaje.

- **INSPECCIÓN DEL TECHO FIJO.**

La unión entre el techo fijo y el cilindro del tanque es la zona más vulnerable al ataque por corrosión y fallas mecánicas estructurales.

Adicionalmente las grandes variaciones de presión interna dentro del tanque aportan el inicio de fisuras, produciendo deformaciones del techo.

Cuando se detectan este tipo de fallas, es necesario chequear las causas de las fluctuaciones de presión interna, verificando el buen funcionamiento de los respiradores (presión-vacío), accesorios arresta llamas, etc.

El hundimiento de la cimentación el de los anillos perimétricos en la base del tanque se confirma con la deformación de los techos. En este caso se debe abrir el tanque para revisar minuciosamente el estado de hundimiento del anillo perimétrico.

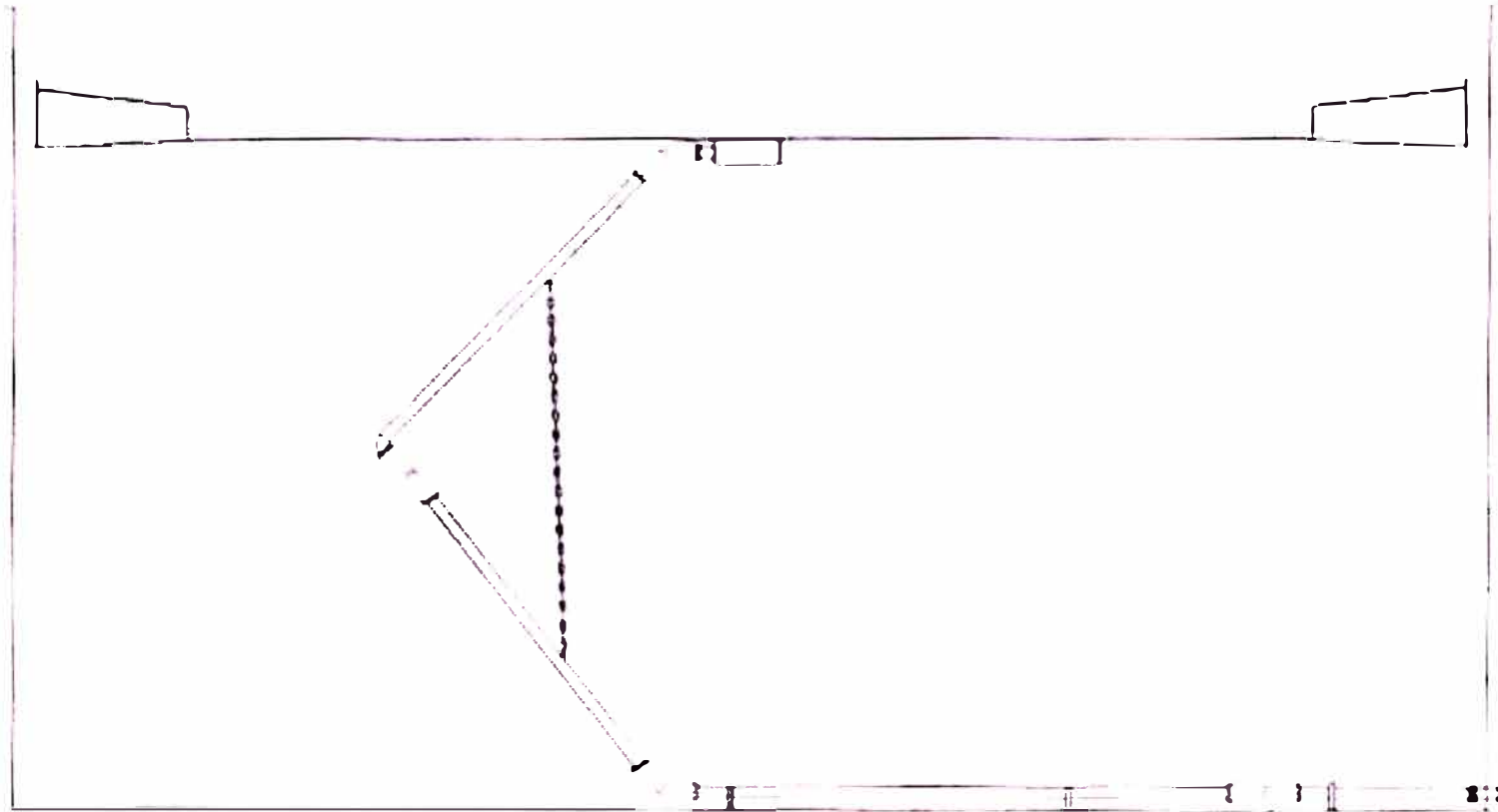


Figura 2.2.3 - c
DRENAJE

- **INSPECCIÓN DE ACCESORIOS, INSTRUMENTOS, TUBERÍAS, ETC.**

Se chequean, como rutina, en la operación diaria de los tanques; y generalmente son inspeccionados una o dos veces al año en talleres, efectuándose pruebas para confirmar su buen funcionamiento.

Debido a que la inspección y pruebas difieren en función al tipo de accesorio o al fabricante del equipo, es importante mantener actualizados los procedimientos / criterios de aceptación; rechazo, calibración y recomendaciones contra fallas prematuras de cada tipo de componente en forma independiente.

a) Válvulas.-

Se chequean por fugas en los asientos y áreas selladas. También es necesario verificar el mecanismo de apertura y cierre (manual o a control remoto. Es difícil detectar pases por los asientos de las válvulas en operación. Pequeñas válvulas aliviadoras de presión se instalan en los ingresos/ salidas del tanque para dejar escapar las presiones originadas por la expansión de los combustibles; accesorios que deben ser chequeados periódicamente.

b) Tuberías.-

La corrosión avanza localmente en las partes inferiores de tubería enterrada en mezclas de arena y aceite residual, o expuesta a la infiltración de agua de lluvias. Para contrarrestar este problema, es necesario conocer el estado de la corrosión calibrando los espesores de las tuberías, etc.

Las mezclas de arena y residual que recubren las líneas deben reforzarse para evitar el ingreso de agua de lluvias.

Para evitar problemas en las bases de los tanques, se utilizan juntas flexibles para conectar las líneas de ingreso y salida de productos, debiéndose chequear sus deflexiones periódicamente evitando que sobrepase los límites tolerables. Cuando se usan juntas fabricadas con

fuelles de acero inoxidable, se debe observar la forma de corrosión "stress corrosion cracking" y/o por picaduras "pitting".

c) Instrumentación (nivel, presión, temperatura)

Los indicadores de nivel del tanque, así como los indicadores de presión y temperatura deben ser recalibrados y probados periódicamente.

Los dispositivos de seguridad, como válvulas de venteo; detectores de gases combustibles; y los equipos extinguidotes de fuego instalados cerca al tanque, deben ser chequeados también regularmente para garantizar su buen funcionamiento.

Es deseable establecer pautas para la frecuencia de inspección, procedimientos y criterios de aceptación-rechazo de accesorios, respetándolos estrictamente.

2.2.4. INSPECCION CON TANQUE FUERA DE SERVICIO.

A diferencia de otras facilidades usadas en Refinerías de petróleo, los tanques de almacenamiento una vez conectados a la operación, son usados por un tiempo considerablemente largo (aprox. 10 años o más. En ese periodo difícilmente pueden ser entregados para inspección interior o inspección mayor excepto cuando son abiertos por breve tiempo para limpieza interior al presentarse cambio de calidades de combustibles o cuando se sospecha de una falla prematura crítica.

Considerando el alto riesgo de contaminación ambiental en caso de falla mayor de un tanque, las programaciones de inspecciones generales de tanques han tomado una gran importancia dentro de la planificación integral del mantenimiento de una Refinería de petróleo, estando inclusive fiscalizada por entidades del Estado Peruano.

- **Frecuencia de Inspección general.**

Se recomienda que las inspecciones generales de tanques con capacidades de almacenamiento mayores a 10,000 Kilolitros (62,000 Barriles USA) se efectúen aproximadamente cada 05 años.

Los tanques con capacidades entre 1,000 a 10,000 Kilolitros pueden programar sus inspecciones generales cada 10 años.

El Estado Peruano emite recomendaciones sobre la frecuencia de reparaciones generales en función a las auditorías de empresas contratadas para éste fin. Ver Anexo-1, Estándar SI1-10-05: Frecuencia de mantenimiento de tanques.

- **Lineamientos para inspecciones generales.**

Se subdividen en dos grandes tipos:

- a. **Inspección de los cordones de soldadura del fondo.**

Chequear defectos de los cordones de soldadura por esfuerzos inusuales debido a hundimientos anormales de la base del tanque; fisuras por fatiga de materiales bajo carga en operación; defectos latentes que pueden estar presentes desde la construcción del tanque; etc. Generalmente, en función a una evaluación técnica económica, se efectúan pruebas con partículas magnéticas.

- b. **Verificación del estado de corrosión y deformaciones.**

Chequear el estado de corrosión (inspección visual - espesor de planchas), daños y deformaciones (incluyendo hundimientos) que suelen aparecer durante la operación de un tanque, poniendo énfasis en las planchas del fondo del tanque. Por otro lado, se complementan los datos de las inspecciones exteriores del cilindro y techo, realizadas en muchos casos con tanque en servicio.

Adicionalmente, se realiza la inspección integral de todos los accesorios que trabajan dentro del tanque.

Ver Anexo-1, Estándar SI1-10-02: Inspección General de tanques de almacenamiento de hidrocarburos con techo flotante.

- **Medida de hundimiento de tanques.**

El progreso y/o las variaciones del hundimiento se miden tomando como referencia puntos fijos externos, comparados con los movimientos referenciales de puntos marcados alrededor del cilindro cada 10 metros aproximadamente (no menos de 4 puntos en toda la circunferencia).

2.2.5. INFORMES Y DOCUMENTOS USADOS EN INSPECCIONES DE TANQUES.

Como las reparaciones de tanques no es el objetivo principal del presente Informe Profesional, en este punto solamente se muestran de manera general los principales documentos utilizados en inspecciones de tanques de almacenamiento de hidrocarburos. A manera de ejemplo se anexan resúmenes de Informes Técnicos y documentación preparados en la Refinería Talara.

- **Inspección Preliminar de un tanque.**
Comprende los diferentes informes técnicos y sus correspondientes recomendaciones, emitidas como resultado de las inspecciones realizadas en diferentes zonas del tanque de almacenamiento de hidrocarburos, sin necesidad de ponerlo fuera de servicio.
Ver Anexo 2 - A: Informes de inspección preliminar del tanque de gasolina con techo flotante # 553.
- **Estructura de Bases de concurso para contratación de servicio de inspección general de un tanque.**
Se refieren a las Bases Técnicas y Administrativas preparadas por la Supervisión de PETROPERU S.A., para concursar el servicio de Inspección General de un tanque.
Las Bases de los concursos contienen un Modelo referencial de Presupuesto, elaborado en función a los resultados de las inspecciones preliminares exteriores efectuadas con el tanque en servicio. Como información general, ver el Anexo 2 - B: Modelo de bases del concurso (índice).
- **Informe técnico de inspección general del tanque.**
Comprende los diferentes informes técnicos y sus correspondientes recomendaciones, emitidas como resultado de las inspecciones detalladas y más precisas realizadas por el Ingeniero Inspector de PETROPERU S.A. en

diferentes zonas del tanque. Inspecciones efectuadas con el tanque fuera de servicio y previa instalación de todas las facilidades requeridas.

Ver Anexo 2 - C: Informe técnico de inspección general del tanque de gasolina con techo flotante # 553 y sus recomendaciones.

- **Informe técnico del Contratista.**

Este informe complementario es preparado por el contratista y recopila todos los detalles de trabajos ejecutados y las pruebas correspondientes.

CAPÍTULO III.

CORROSIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.-

En este Capítulo, se explica brevemente las principales formas de corrosión y fallas que se presentan específicamente en los diferentes componentes de los tanques de almacenamiento de gasolinas en la Refinería Talara. El análisis de este fenómeno y su desarrollo es importante para el logro de disminuir los riesgos de fallas con el consiguiente efecto contra el medio ambiente y los pagos de multas afectas para estos casos.

3.1 Formas de corrosión en tanques de hidrocarburos

Según la apariencia del metal corroído, se ha clasificado la corrosión en ocho formas: corrosión uniforme, por picadura, galvánica, por grietas, intergranular, por esfuerzo, selectiva y corrosión-erosión.

3.1.1 Corrosión uniforme (o generalizada)

Es la más común y se produce por la reacción electroquímica en toda la superficie expuesta al agente corrosivo, produciendo un desgaste parejo del material. Es fácil de medir y puede reducirse instalando materiales apropiados, inyectando inhibidores, aplicando revestimientos, considerando un espesor adicional de tolerancia por

corrosión en el diseño o con protección catódica. La velocidad de corrosión puede medirse aplicando la fórmula:

$$\text{mpy} = \frac{W_i - W_f}{T} \times 1000, \text{ donde:}$$

mpy : milésima de pulgada por año.

W_i : espesor inicial en pulgadas.

W_f : espesor final en pulgadas.

T : tiempo de vida en años.

Cuando se instalan cupones de corrosión la velocidad de corrosión puede medirse aplicando las fórmulas dadas en el Adjunto 3.1.1. En la siguiente Tabla 3.1.1. se indican las densidades de diferentes materiales, que es un dato requerido para la aplicación de las fórmulas de cálculo de la velocidad de corrosión.

3.1.2 Corrosión por picadura (Pitting Corrosion)

Es un ataque corrosivo extremadamente localizado que produce agujeros en el metal. Es difícil de detectar por lo pequeño de sus dimensiones y por estar recubierto con productos de corrosión. La velocidad de picado no es predecible ya que puede acelerarse por estancamiento del agente corrosivo en la picadura o detenerse al cubrirse el agujero con productos de corrosión u otros materiales presentes en el medio.

La mayoría de las fallas por picaduras son ocasionadas por soluciones que contienen iones, cloruro, bromuro, metálicos oxidantes, etc.

Los aceros inoxidable son más susceptibles al ataque por picaduras, que otras aleaciones. En el Adjunto 3.1.2. se indica el efecto en la resistencia al picado de los aceros inoxidable con la adición de elementos aleantes.

3.1.3 Corrosión en grietas (Grevice Corrosion o Corrosión por estancamiento)

Se presenta donde hay pequeños volúmenes estancados de soluciones que favorecen la corrosión. El tamaño de las grietas debe ser lo suficientemente ancho para permitir la libertad del fluido. La presencia de arena, óxido, suciedad y otros sólidos en las grietas también producen las condiciones apropiadas para el estancamiento de la solución.

Este tipo de corrosión se presenta en juntas remachadas, agujeros, superficies de empaque, grietas debajo de las cabezas de pernos o remaches, debajo de depósitos en la superficie metálica y en general dentro de todo tipo de rendijas con superficies metálicas expuestas a ambientes corrosivos.

Existe una alta susceptibilidad de los tanques de techo flotantes de ser atacados por este tipo de corrosión en diferentes zonas, principalmente las uniones traslapadas y en la superficie exterior de las bases de los tanques.

Las medidas que se recomiendan para prevenir este tipo de ataques es la eliminación en lo posible de uniones traslapadas soldadas por un solo lado; instalación de sellos perimétricos exteriores para evitar los ambientes corrosivos entre las planchas metálicas del tanque y su base de concreto respectiva. ; evitar el uso de uniones remachadas; considerar en el diseño de los tanques la mínima cantidad de rendijas y/o grietas; etc.

ADJUNTO 3.1.1

FORMULAS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE CORROSION MEDIANTE CUPONES

$$1) \quad mpy = \frac{534.W_1}{D.A_2.t}$$

$$2) \quad mpy = \frac{22,256.W_2}{D.A_1.t_2}$$

$$3) \quad mpy = \frac{61.W_2}{D.A_2.T}$$

$$4) \quad mmpy = \frac{87.6.W_1}{D.A_1.t_1}$$

$$5) \quad mdd = \frac{10^5.W_2}{D.A_2.t_2}$$

mpy : milésimas de pulgada por año

mmpy : milímetros por año

mdd : miligramos por decímetro cuadrado por día

W_1 : Pérdida de peso, miligramos

D : densidad del cupón, gr./cm²

A_1 : Área superficial del cupón, pulg²

t_1 : Tiempo de exposición, hrs.

W_2 : pérdida de peso, gr

t_2 : tiempo de exposición, días

T : Tiempo de exposición, años

A_2 : Área superficial del cupón, cm²

TABLA 3.1.1 DENSIDAD DE ALGUNOS METALES

Aleación	D (gr/cm3)	Aleación	D(gr/cm3)
ALEACION DE ALUMINIO			
1100,3004	2.72	5050	2.69
1199,5005,5357,6061,6062,6070,6101	2.70	5083,5086,5154,5456	2.66
2024	2.77	5052,5454	2.68
2219, 7178	2.81	7075	2.80
3003, 7079	2.74		
ALEACIONES DE COBRE			
Cobre	8.94	Latón muntz 280	8.39
Latones: 220 comercial	8.80	Admiralty 442	
Latón rojo	8.75	443,444,445	8.52
260	8.52	latón Al 687	8.33
ALEACIONES DE COBRE			
Br-Al 5% 608	8.16	Br-fosf. 10% 510	8.77
Br-Al 8% 612	7.78	85-5-5-5	8.80
Composición M	8.45	Br. Alto Si 655	8.52
Composición G	8.77	Cu-Ni 706,710,715	8.94
Br-fósforo 5% 510	8.86	Ag-Ni 752	8.75
ALEACIONES DE NIQUEL			
Ni 200	8.89	Hastelloy B	9.24
Monel 400	8.84	Hastelloy C	8.93
Inconel 600	8.51	Hastelloy G	8.27
Incoloy 825	8.14		
METALES FERROSOS			
Fe. Fund. Gris	7.20	347	8.03
Acero al carbono	7.86	410	7.70
Fe alto Si	7.00	430	7.72
Aleaciones bajas de ac.	7.85	446	7.65
Aceros inoxidables:		502	7.82
201,202,302,304(L),321,309,310,311, 316(L),317	7.94	Durimente 20	8.02
329,330	7.98	Carpenter 20Cb3	8.05
OTROS METALES			
Plata	1047	Titanio	4.54
Tantalio	16.6	Cinc	6.52
Estaño	7.3		

ADJUNTO 3.1.2

RESISTENCIA AL PICADO DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Elemento	Efecto en la resistencia al picado
Cromo	Aumenta
Niquel	Aumenta
Molibdeno	Aumenta
Silicio	Disminuye. Aumenta si hay Mo presente
Titanio y columbio	Disminuye resistencia al FeCl ₃ . No hay efectos en otros medios.
Azufre y Selenio	Disminuye
Carbono	Disminuye
Nitrógeno	Aumenta

Como una guía de la resistencia a la picadura de algunos materiales se puede utilizar la siguiente tabla:

Aumento de la resistencia a la picadura	↓	Acero inoxidable 304 Acero inoxidable 316 Hastelloy F, Durimet 20 o Nionel Hastelloy C o Clorimet 3
---	---	--

3.1.4 Corrosión galvánica (corrosión bimetalica)

Cuando dos metales diferentes en contacto se sumergen en una solución corrosiva, se produce un flujo de electrones entre ellos. La corrosión del metal menos resistente aumenta considerablemente mientras que el ataque al más resistente disminuye, con respecto al comportamiento de estos metales cuando están separados.

La fuerza electromotriz de la corrosión y la corriente eléctrica producida es la diferencia de potencial entre los dos metales. En la Tabla 3.1.4. se muestra la Serie Galvánica, elaborada por la International Nickel Company, la que nos da las posiciones relativas de los metales ordenándolos desde los más nobles hasta los más activos, basada en mediciones de potencial y pruebas de corrosión galvánica en agua de mar no contaminada.

Es importante la relación entre el área anódica y el área catódica. En una estructura de 2 metales la relación más desfavorable es tener un área catódica grande y una anódica pequeña. Igualmente en las fallas que quedan en los revestimientos, una pequeña falla dejará un ánodo muy pequeño que fallará rápidamente; mucho más conveniente hubiera sido recubrir el metal.

Para prevenir este tipo de corrosión es necesario lo siguiente:

- Evitar el efecto desfavorable de área anódica pequeña y área catódica grande.
- Seleccionar combinaciones metálicas que estén lo más cerca posible de la serie galvánica.
- Aislar metales disímiles si es posible.
- Aplicar cuidadosamente los revestimientos.
- Usar inhibidores de corrosión, etc.

TABLA 3.1.4 SERIE GALVÁNICA DE ALGUNOS METALES COMERCIALES Y SUS ALEACIONES.

		Platino
	↑	Oro
		Grafito
		Plata
Mas noble ó catódico		Clorimet 3 (62Ni, 18 Cr, 18 Mo)
		Hatelloy C(62 Ni, 17 Cr, 15 Mo)
		18-8 Mo. Acero inoxidable (pasivado)
		Inconel (pasivado)(80 Ni, 13 Cr, 7Fe)
		Niquel (pasivado)
		Soldadura de plata
		Monel (70 Ni, 30Cu)
		Cuproníqueles (60-90 Cu, 40-10 Ni)
		Bronces (Cu-Sn)
		Latones (Cu-Sn)
		Clorimet 2 (166 Ni, 32 Mo, 1 Fe)
		Hatelloy B (60 Ni, 30 Mo, 6 fe, 1Mn)
		Inconel (activo)
		Niquel (activo)
		Estaño
		Plomo
		Plomo – Estaño (soldaduras)
		18-8 mo Acero Inoxidable (activo)
		18-8 acero inoxidable (activo)
		Ni – resit (fe Fund.con alto Ni)
		Acero inoxidable al cromo , 13% Cr (Activo)
		Fe fundido
		Acero al Fe
		2024 Al (4.5 cu, 1.5 Mg, 0.6 Mn)
		Cadmio
Mas activo ó anódico.		Aluminio puro comercial (1100)
		Zinc
	↓	Magnesio y aleaciones de magnesio

3.1.5 Corrosión Intergranular

Es el ataque localizado en los espacios intergranulares o en zonas adyacentes a ellos, con relativamente poca corrosión de los granos. El metal se desintegra o pierde resistencia. Puede ser causado por impurezas en los espacios intergranulares.

Este tipo de ataque se produce en los aceros inoxidable austeníticos debido al empobrecimiento de cromo en algunas zonas cercanas a las soldaduras (weld decay), en donde el metal fue calentado en el rango de temperaturas en que se precipita el carburo de cromo (ver Fig. 3.1.5.a y b.)

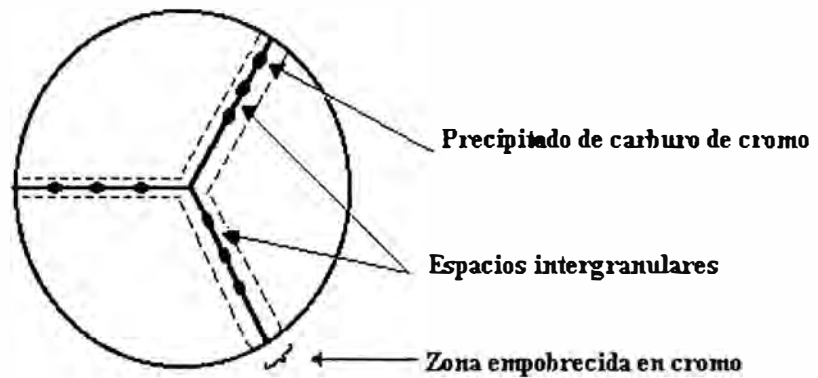


Fig. 3.1.5 a- Representación de un espacio intergranular en acero inoxidable tipo 304.

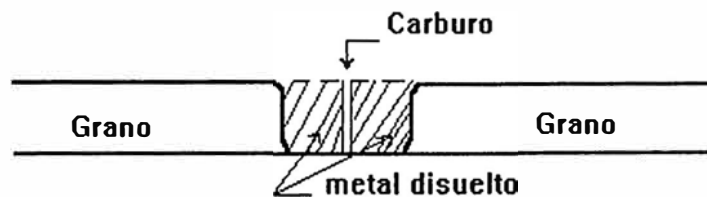


Fig. 3.1.5 b- Sección transversal del área mostrada

Las medidas de prevención a tomar son las siguientes:

- Dar tratamiento térmico a las partes soldadas.
- Usar aceros estabilizados, que contienen elementos que tiene gran afinidad con el carbono (Ti, Nb).
- Usar aceros de bajo contenido de carbono, menor de 0.03% (tipo 304L), disminuyendo la posibilidad de formación de carburo.

- Soldar aceros inox. con arco eléctrico en lugar de soldadura con soplete de gases.

3.1.6 Corrosión bacteriológica.

Existen bacterias capaces de producir daños en la estructura metálica debido a los productos corrosivos que eliminan durante su metabolismo. La más problemática es la bacteria anaeróbica reductora de sulfato, *Desulfovibrio desulfurans*, presente en muchas formaciones petroleras y está implicada en los cambios químicos que ocurren durante la formación del petróleo. Reduce al sulfato orgánico (SO_4^{-2}) a sulfuro (S^{-2}), lo que lleva a precipitados de sulfuro de hierro.

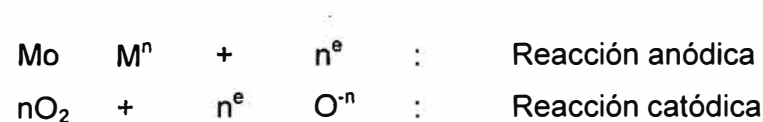
Las bacterias se controlan por aplicaciones de productos químicos. La concentración de éstos y el período de contacto varía según los sistemas.

Normalmente el producto se alimenta a una dosificación seleccionada, como 50-100 mg/l, por un período de 4-8 horas. Después de la aplicación se sacan muestras del sistema y se determina la población microbiana. La frecuencia de aplicación del biocida es dictada por tales pruebas de control.

3.1.7 Corrosión seca (Oxidación directa)

Representa el proceso corrosivo ocurrido en los metales sometidos a ambientes gaseosos corrosivos que contienen: Oxígeno, hidrógenos, halógenos, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono, etc. Y sin embargo hay ausencia de agua líquida o fase acuosas. Generalmente este tipo de corrosión se presenta a altas temperaturas.

Oxidación directa con oxígeno.- La oxidación directa, de los metales, tiene un mecanismo electroquímico, representado así:





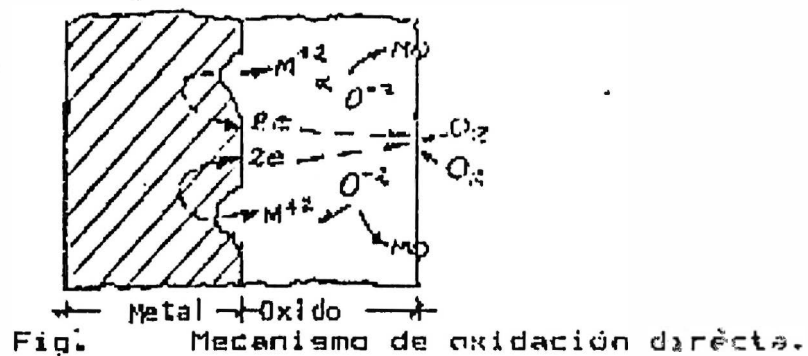
El proceso se lleva a cabo según la siguiente secuencia (ver figura)

-Difusión del O_2 hacia la interfase gas-escama de óxido.

-Reducción del O_2 con los electrones producidos al oxidarse el metal M, formándose iones O^{2-} que difunden a través de la escama del óxido con dificultad, quedando generalmente en la superficie de la escama.

-Oxidación del metal M; formando iones M^{n+} y produciendo electrones que se difunden a través del metal y la escama de óxido.

Formación del óxido MO, por unión de M^{n+} y O^{2-} en la escama del óxido.



3.2 FALLAS EN TANQUES

3.2.1 Fallas por corrosión.

Por tratarse de la principal causa de las fallas de tanques de almacenamiento de gasolina, se dedica el subtítulo 3.3 : "Corrosión en tanque de almacenamiento de gasolina" para detallar sus características en los componentes principales.

3.2.2 Otras fallas en tanque

3.2.2.1 FALLAS MECÁNICAS.

1) *Daños secundarios.*

Los daños originados por un incendio de tanque o explosión principalmente se centran en el área unión entre cilindros y techos de tanques tipo "techo fijo". Generalmente se adopta una estructura diseñada para descarga de seguridad en esta área, de forma que la utilidad de la estructura esta demostrada cuando esta falle donde deba fallar en un incendio de tanque o explosión. A causa de la soldadura debilitada a propósito en su estructura , algunas veces ésta unión soldada puede fallar con un ligero aumento de la presión interna del tanque durante chapoteos causada por operaciones inadecuadas ó temblores. Por lo tanto, cuando se espera que un tanque tolere una cierta cantidad de presión interna, es necesario reforzar la estructura soldada de unión entre cilindro y techo.

2) *Daños tales como una fractura, pandeo, fisuras , picaduras, etc.*

Excepto para casos especiales, los principales daños de los tanques toman la forma de fallas o fisuras en sus fondos ; y fallas, pandeos , fisuras , etc en sus cilindros. Los registros

históricos muestran que las fallas típicas de los fondos, en su mayoría son causadas por hundimiento local de la cimentación .

- Fisuras en filetes de unión entre cilindro y anillo perimétrico (del fondo). Estructuralmente se desarrolla un considerablemente fuerte en el extremo inferior de la soldadura interna de estas uniones. La intensidad de este esfuerzo es incrementada cuando se presentan hundimientos locales, ya sea en direcciones radiales o circunferenciales de las planchas del anillo perimétrico (del fondo). Con tanques de gran capacidad, los esfuerzos de flexión del orden de 100 Kg/mm^2 no son de sorprenderse.
- Daños en el fondo debido al hundimiento de cimentación . Hay varios tipos de hundimiento de cimentación, y el efecto tangible difiere entre ellos.

a) Hundimiento uniforme completo

Este tipo de hundimiento generalmente no produce un problema de esfuerzo. Sin embargo hay muchos ejemplos de un ataque corrosivo en los fondos de tanques, que es acelerada cuando se hunde mas cerca al nivel de agua subterránea o cuando el fondo es expuesto al agua de lluvia que penetra por el suelo.

En estas circunstancias, algunas veces se producen problemas mayores debido a los esfuerzos originados por las tuberías conectadas al tanque , las uniones flexibles, etc.

b) Hundimiento oblicuo uniforme

Se producen esfuerzos de flexión y pandeo debido a la aparición de cargas excéntricas en las estructuras perimétricas , zonas inferiores del cilindro, apoyos estructurales, etc. Se debe respetar las tolerancias de

hundimientos, que se estiman en un límite de hasta 1/100 veces el DIAM .

- c) Hundimiento en dirección circunferencial directamente debajo del cilindro.

Los probables hundimientos son de doble, triple ó cuádruplo pliegue, ó retorcido.

En todo caso la circularidad de los cilindros se pierde y un significativo esfuerzo de flexión se presenta en diversas áreas del tanque.

También ocurre un representativo aumento de esfuerzos en el área de esquina del filete (donde se juntan el cilindro y las planchas anulares) , y por lo tanto fisuras debido a una perdida local de la capacidad de apoyo en la cimentación

- d) Hundimiento en dirección radial directamente debajo del cilindro.

El efecto de este tipo de hundimiento se muestra como un cambio en las posiciones angulares del cilindro y las planchas anulares.

Hay dos tipos de hundimiento, una hacia el lado del ángulo obtuso en dirección radial y el otro hacia el lado del ángulo agudo reflejando una perdida de fuerza de apoyo en áreas directamente debajo del cilindro

Generalmente hablando, el hundimiento hacia el lado del ángulo obtuso genera una esfuerzo de flexión en la dirección de tracción en el área del filete, causando fisuras . El hundimiento hacia el lado del ángulo agudo produce un esfuerzo de flexión en dirección de la compresión en el área de filete. Esto resulta en una distorsión de compresión en el área del filete y si un esfuerzo de flexión funciona allí en la dirección de tracción

en la siguiente etapa de hundimiento , es probable que se generen fisuras.

La fluidización en el cimient o suelo debajo de las cilindros de tanque, temblores, etc. ; podrían ser causa de este tipo de hundimiento.

e) Hundimiento de los fondos de tanques.

Hundimiento de la parte central de las fondos de tanque generan esfuerzos de flexión en el fondo, y un esfuerzo de flexión hacia el lado interior en el pie del cilindro.

Se reportan muchos ejemplos de pandeo en el fondo de cilindros, fisuras en soldaduras de filete y cordones de soldaduras del fondo, deformación de techos, fractura de soldaduras entre ángulos soldados a los techos, etc.

- Daños por temblor

Los tanques pueden ser dañados en muchas formas por los temblores. Se enuncian los daños típicos siguientes :

- . Pandeo del primer anillo del cilindro o fisuraciones del cilindro bajo un momento flector.
- . Fisuración de las soldaduras de filete entre el cilindro y las platinas anulares.
- . Fisuraciones del cilindro o deformación por combadura ó bombeo.
- . Falla de los techos y las juntas entre techos y cilindros debido a los chapoteos.
- . Deformación del cilindro, fisuraciones de las soldaduras de filete y deformación de techo debido al hundimiento del cimient o suelo.
- . Deslices laterales o deslizamiento del tanque mismo y daños en las tuberías.

3) Daños de los anillos superiores del cilindro y techo.

Los daños en estas áreas se presentan generalmente en los tipos siguientes

1. Daños de techo y cilindro debido a las pérdidas de presión interna.
2. Daños de techo y cilindro debido a incrementos de presión interna.
3. Pandeo de cilindro, etc. Debido a las explosiones.

Se reportan que los daños del tipo (1) y (2) son causadas por un mal funcionamiento de los mecanismos de respiración de los tanques, debido a obturaciones de las válvulas de respiración (presión-vacio), etc. ; excesiva o inapropiada descarga / carga de tanques, elevación ó caída abrupta de la temperatura del hidrocarburo almacenado excediendo la capacidad del sistema operativo normal del tanque. Las causas son en su mayoría atribuibles a descuidos operativos con los tanques y falta de un adecuado control operativo.

La resistencia al pandeo del cilindro contra explosiones depende de los guarda vientos o ángulos estructurales de la zona superior de los tanques. El pandeo ocurre, si el cilindro de tanque fue deformado durante la construcción sin ser adecuadamente corregido, ó si el espesor del cilindro disminuyó debido a la corrosión durante la operación del tanque.

4). *Perforación debido a defectos de soldadura.*

Se han muchos casos de fugas menores de hidrocarburos causadas por baja calidad de los trabajadores soldadores. Pero no muchos de ellos se tornan críticos porque la cantidad de derrame de hidrocarburos es mínima y porque los pequeños agujeros o micro fisuras son selladas por el lodo y otros sedimentos del fondo.

3.2.2.2. FALLAS DE DISEÑO Y CALIDAD.

Los fallas ó defectos que son asociados con los tanques de almacenamiento de hidrocarburos son:

1) **Defectos debido a un diseño inadecuado.**

- a) Defecto en la estructura
- b) Inadecuada evaluación de la lista de materiales
- c) Errado estimado de cargas.

Una falla difícilmente ocurre en la estructura principal o en parte de ella.

Inusuales vibraciones o fallas de la tubería de drenaje de agua de lluvia, durante la carga de tanques con hidrocarburo o en una operación de mezcla son atribuidas a estudios inadecuados en el área del diseño.

Otro punto a tomar en cuenta es que se reportan casos de fallas u otros problemas asociados a la falta de elaboración de un cuidadoso plan a para evitar esfuerzos por expansión térmica.

2) **Defectos debido a la baja calidad de los materiales.**

- a) Defecto de fabricación de materiales.
- b) Baja calidad de los materiales.
- c) Daños producidos durante almacenamiento y transporte.

Los defectos asociados a la pobre calidad de los materiales empleados, son muy pocos casos, gracias al impresionante avance de la actual tecnología en elaboración del acero y técnicas de control de calidad.

Una fisura laminar o abertura por laminado se encuentra en casos muy excepcionales, pero siempre se deben exigir los certificados ó reportes de inspección de materiales emitidos por los fabricantes.

3) **Defectos causados por baja calidad de la mano de obra.**

- a) Manipuleo ó maquinado inadecuado.
- b) Proceso de soldadura deficiente.
- c) Defectos de la soldadura.
- d) Errores del Ingeniero Inspector y/o recomendaciones técnicas.

Las fallas de esta categoría son las fisuras atribuidas a la mano de obra deficiente en la soldadura. La mayoría de estas fisuras pueden ser detectadas y eliminadas mediante una eficiente inspección al final de la construcción del tanque. Considerar que algunas de estas fisuras también pueden originarse durante la operación misma del tanque.

PRINCIPALES ÁREAS SUSCEPTIBLES A FISURACIONES

Las fisuras causadas por soldadura están divididas en fisuras metalúrgicas, producidas por fundición del material y cambios en la calidad de los materiales; y en fisuras dinámicas causadas por esfuerzos térmicos ó deformaciones.

Los casos de fisuras desarrolladas en tanques de almacenamiento de gasolinas, se pueden clasificar según su localización en:

- *Cordón de soldadura entre cilindro y anillo perimétrico fondo.*
 1. *Fisuras en el anillo perimétrico del fondo, a lo largo de los bordes de los cordones interiores de soldadura. Ver Fig. 3.1.(a).*
 2. *Fisuras en el material depositado a lo largo de los cordones interiores circunferenciales del anillo perimétrico. Ver Fig. 3.1.(a,f).*
 3. *Fisuras oblicuas y laterales en el material depositado a lo largo de los cordones interiores circunferenciales. Ver Fig.3.1.(f)*
 4. *Fisuras en el cilindro, a lo largo de los bordes de los cordones interiores de soldadura. Ver Fig. 3.1.(a).*
 5. *Fisura vertical en el material depositado del cordón circunferencial exterior. Ver Fig. 3.1. (f).*

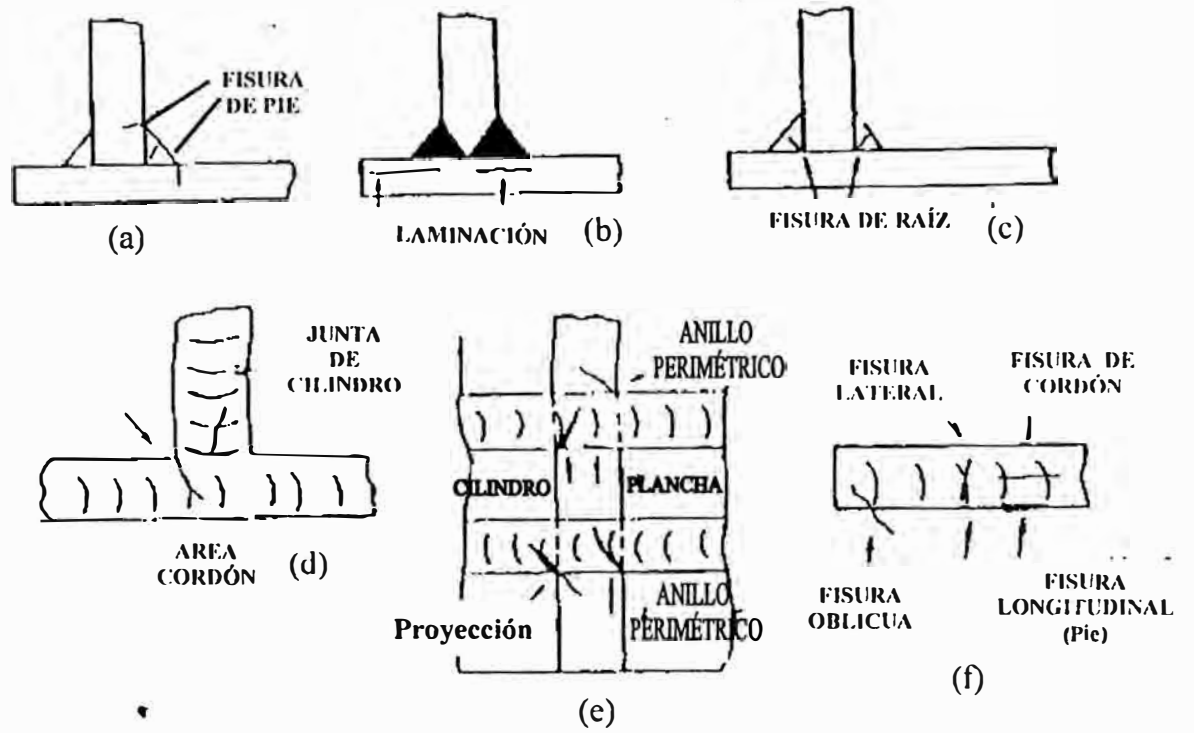


Fig. 3-1 Fisuras en junta de cilindro y anillo perimétrico del fondo.

- 6.- *Fisuras en el área de intersección entre las juntas verticales del cilindro y cordones circunferenciales interior y exterior. Ver Fig. (d).*
 - 7.- *Fisuras en el área de intersección entre las juntas unión de las planchas del fondo y cordones circunferenciales interior y exterior. Ver Fig. (e).*
- *Fisuras en las juntas del anillo perimétrico del fondo.*
 1. *Fisuras en el área de intersección con las planchas del fondo. Ver Fig. (g).*
 2. *Fisuras en el material de depósito. Ver Fig. (f).*
 - *Fisuras en las juntas del anillo perimétrico del fondo con el fondo.*
 1. *Fisuras en la triple intersección de cordones. Ver Fig. (k).*
 2. *Fisuras en el material de depósito, primer pase y otros . Ver Figs. (l, m, n).*
 - *Fisuras en las juntas de las planchas del fondo.*
 1. *Fisuras en la triple intersección de cordones. Ver Fig. (k).*
 2. *Fisuras en el material de depósito, primer pase y otros Ver Figuras. (l, m, n).*

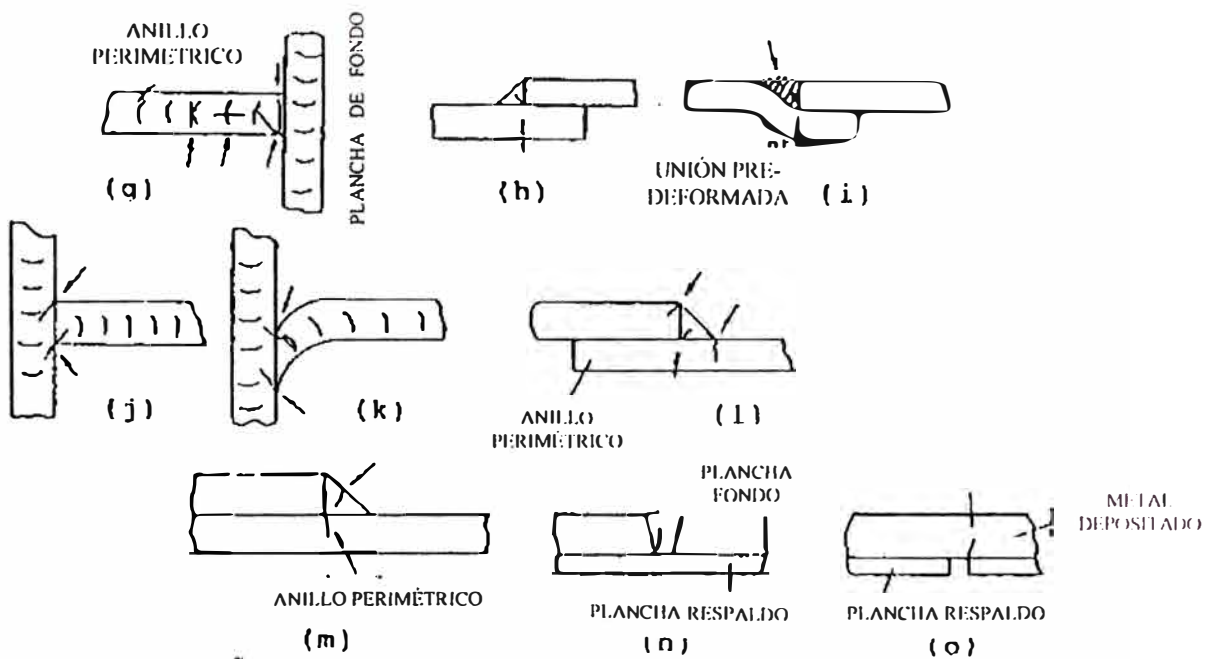


Fig. 3-2 Fisuras de juntas de anillo perimétrico y planchas de fondo.



Fig. 3-3 Fisuras en juntas soldadas entre cilindro y conexiones.

- *Fisuras en los cordones de soldadura de los accesorios internos, tales como soportes de techos y soportes de serpentín de calentamiento, con las planchas de fondo y anillo perimétrico.*
- *Fisuras en los cordones horizontales y verticales de las planchas del cilindro.*
- *Fisuras en las uniones de "manholes" , boquillas y accesorios. Ver Fig. (p, q).*
- *Fisuras entre las planchas del cilindro y las soldaduras de estructuras de la parte superior ó el techo.*
- *Fisuras en soldaduras en planchas del techo.*
- *Fisuras en soldaduras remanentes de dispositivos de sujeción y/o facilidades para soldeo.*

3.3 Corrosión en Tanques

3.3.1 Entorno de los problemas de corrosión

La inspección de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos deben cumplir con un estricto programa de inspección.

Otro punto de importancia es que un alto porcentaje de los tanques por reparar, deben repararse debido a la corrosión, excluyendo causas físicas como la deformación de los fondos debido a desnivel del terreno o hundimiento local, daños en el cilindro o en el techo como resultado de fluctuaciones de presión interna en el tanque, daños por deficiencia en los trabajos de soldadura, etc.

Las estadísticas de inspecciones y registros de fallas de los tanques de la playa de almacenamiento de Refinería Talara, demostraron que aproximadamente el 95% del total de tanques inspeccionados tuvieron necesidad de reparación en una forma u otra, y aproximadamente el 80% del total necesitaron reparaciones debido a la corrosión.

En los casos de corrosión de la superficie interna el ataque más severo ocurre en los extremos más bajos del cilindro y los fondos.

Cabe resaltar se presentaron numerosos casos de corrosión en la superficie exterior de las platinas perimétricas (entre fondo y suelo). Este último caso aduce principalmente a las lluvias torrenciales que inundaron el patio tanques de Refinería Talara en los años 1982 - 1983.

3.3.2 Corrosión del Cilindro.-

De los tanques inspeccionados que presentaron daño en el cilindro y que requirieron reparación, se han clasificado como se indica en la Tabla 3.3.2. en función a la localización del daño, causa del daño, método de reparación o las medidas tomadas, etc.

La corrosión es mayormente corrosión localizada en las superficies exterior e interior cerca al fondo del cilindro y corrosión general sobre la superficie interior de las partes medias y mas altas del cilindro.

Ubicación	% de instancias	Causas	% de instancias	Métodos de reparación y Contra medidas.	% d instancias
Sección superior	4	Corrosión generalizada en la superficie interior	79	Reemplazo parcial	11
Sección media	5	Corrosión en la superficie exterior (*).	8	Parchado	20
Superficie interior más baja	7	Corrosión en la superficie exterior	12	Relleno de soldadura	10
Superficie exterior más baja	18	Deflexión por explosión	1	Cortes y cambios	5
Superficie interior	6	Deformaciones varias	2	Corrección de la cimentación	5
				Pintado	11
				Recubrimientos	5
				Cambio del aislante de calor	5
				Reparaciones de la superficie exterior inferior perimetral	20

Fisuras de soldadura	2
Defectos de Soldadura	2

(*) Nota = La corrosión en la superficie exterior fue en tanques con aislamiento térmico.

Tabla 3.3.2 LOCALIZACIÓN, CAUSA Y REPARACIÓN DE CILINDROS DAÑADOS

3.3.2.1 Corrosión sobre la superficie interior del cilindro.-

La superficie interior del cilindro está dividida en la zona de vapor, la zona alternante vapor - líquido y la zona de fase líquida.

a.- Corrosión en la zona de fase vapor.

La corrosión en la parte superior de la superficie interior del cilindro difiere mas o menos entre los tanques de techo fijo y los tanques de techo flotante.

Los tanques de techo fijo sufren corrosión en áreas donde ocurre condensación de rocío como resultado de la vaporización del contenido de humedad de los hidrocarburos almacenados o la infiltración de la humedad en el lado aire debido a los respiraderos del tanque para compensar cambios en la presión y temperatura.

También debe observarse que la corrosión es acelerada por los vapores de las gasolinas no tratadas y la nafta.

Los tanques de techo flotante son afectados poco por los vapores de los hidrocarburos almacenados. La corrosión en la sección superior de la superficie interior del cilindro es casi la misma que la superficie exterior la cual esta expuesta a varias condiciones ambientales y climáticas.

En la mayoría de los casos la corrosión es corrosión general donde solamente se forma óxido ligero. Las áreas susceptibles usualmente son protegidas por pintura en muchos casos.

b.- Corrosión en la zonas alternante fase líquido-vapor.-

Comparada con la fase vapor o fase líquida, esta zona tiende a la corrosión mas fácilmente.

Usualmente las superficies de las planchas de acero son protegidas por una película de óxido de hierro o películas del hidrocarburo almacenado. Cuando el tanque contiene hidrocarburos ligeros que tienen alta detergencia, por ejemplo, gasolina y nafta, el efecto protector de la película de aceite es afectado. De esta manera, las superficies nuevas

están constantemente expuestas a procesos repetidos de humectación y secado de modo que se desarrolla corrosión debido a los componentes corrosivos y la humedad del combustible.

Cuando los tanques de techo flotante tienen un mecanismo de sellado metálico, el raspado de los accesorios de metal para el sellado también debe considerarse. La corrosión se acelera por la destrucción de las costras corrosión superficiales.

Si las superficies interiores del cilindro de los tanques de techo flotante se pintan con pinturas al aceite, fenólicas o epóxicas pueden sufrir "pitting" debido al pelado o picadura de la superficie pintada. Se reporta casos de tanques que han tenido problemas de "pitting".

c.- Corrosión en el área de fase líquida .-

La corrosión en la zona de fase líquida toma la forma de corrosión localizada o "pitting" a una altura aproximada de 30cm. del fondo en muchos casos.

La corrosión en esta área es principalmente atribuible a la acumulación de agua, lodos, etc. El grado de corrosión es casi la misma como en el fondo del tanque.

Casos especiales incluyen tanques de techo flotante que sufrieron corrosión violenta en el perímetro circunferencial del techo por acumulación de lodos y depósitos de óxidos.

La Tabla 3.3.2.1. muestra ejemplos de tasas de corrosión máximas en la zonas mas bajas de los cilindros, de acuerdo al contenido del tanque.

Se aprecia que la tasa de corrosión máxima es aproximadamente 0.48-0.40 mm/año y los promedios son de 0.20-0.10 mm/año.

Tabla 3.3.2.1

RANGOS MÁXIMOS DE CORROSION POR CONTENIDO DE TANQUE
(primer anillo del cilindro)

Hydrocarburo	% de tanques	Rangos máximos de corrosión (mm/año)	Promedio del máximo grado de corrosión (mm/año)	Promedio del uso en años
Fuel Oil	10	0.40	0.12	10
Crudo	15	0.45	0.18	19
Kerosene	5	0.35	0.15	11
Gasolina	10	0.35	0.20	15
Nafta	5	0.30	0.18	15

3.3.2.2 Corrosión sobre la superficie exterior del cilindro.-

a.- Corrosión debido al pelado o deterioro de la pintura anticorrosiva.

La superficie externa del cilindro está solamente protegida por pintura u otros medios. Pero cuando la película de pintura se pela se rompe o se ampolla se desarrolla corrosión. Esta corrosión puede ser mas crítica si el tanque está expuesto a salpicaduras salinas de agua de mar o atmósfera que contenga gases de ácidos sulfurosos, etc.

La intensidad de corrosión de la superficie exterior del cilindro depende principalmente de las condiciones atmosféricas y de la calidad de la pintura (el tipo de pintura y la mano de obra). El pintado en los cordones de soldadura de las guardas de viento, las escaleras en espiral, etc., por sus formas (diseño), no recibe una preparación de superficie suficiente; como resultado, la corrosión en estas zonas es mas crítica.

b.- Corrosión cerca al fondo del cilindro.-

Las zonas mas bajas del fondo del cilindro del tanque son mas factibles a permanecer en condiciones húmedas y cubiertas de lodo y arena o sustancias extrañas en muchos casos. Estas también quedan expuestas a charcos de agua como resultado de lluvias torrenciales ó hundimiento del tanque en general.

Como los tanques de Refinería Talara están instalados en terminales costeros, los depósitos de partículas de cloruros avivan la ocurrencia de corrosión localizada sobre ellos.

3.3.3 Corrosión en el fondo.-

La corrosión en el fondo del tanque se presenta en la superficie interna expuesta a los hidrocarburos almacenados y en la superficie del lado exterior en contacto con los cimientos del tanque. La Tabla 3.3.3. clasifica estadísticamente las diferentes reparaciones efectuadas en los fondos de los tanques en función a recomendaciones emitidas luego de las respectivas inspecciones generales. Se observa claramente que la corrosión es la mayor causa de reparación.

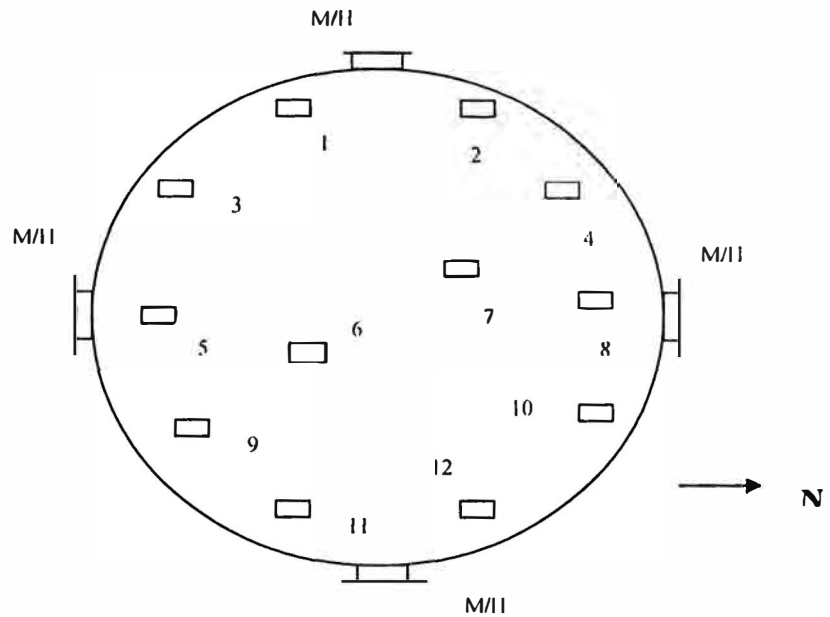
Otro punto a observar es que se detectó corrosión en el fondo del 80% de los tanques inspeccionados, y se realizaron reparaciones en una forma u otra, o se tomó alguna contra medida en casi todos los casos.

Siendo la corrosión del fondo de tanques una situación crítica, se han probado nuevas técnicas en busca de una oportuna detección de inicios de fallas por corrosión (emisión acústica; barrido electromagnético; barrido ultrasónico), pero la recomendación práctica es el obligado retiro de probetas del fondo para análisis durante las inspecciones generales. Ver ejemplo de la Figura 3.3.3.

TABLA 3.3.3 PARTES REPARADAS; PROBLEMAS Y METODOS DE REPARACION – CONTRA MEDIDAS TOMADAS RESPECTO AL FONDO (incluyendo anillo perimétrico).

Partes	% de problemas	Problemas	% de problemas	Métodos de reparación – Contra medidas.	% de problemas
Fondo general	60	Corrosión de superficies internas del fondo	25	Reemplazo total	42
Sólo el centro	2	Corrosión de superficies externas del fondo	35	Parchado	47
Sólo bajo los soportes	4	Fisuras	3	Por soldadura	18
Sólo en cordones de soldadura	2	Trabajos en la base	12	Reemplazo parcial	6
anillo perimétrico	35	Corrosión de superficies internas del anillo perimétrico	28	Pintado	10
Planchas transversales	20	Corrosión de superficies externas del anillo perimétrico	35	Recubrimientos	21
Área proyectada inferior / exterior del fondo	8	Otros	2	Arena-Oil , mezcla de asfalto como base.	40
				Protección eléctrica de la corrosión	2

Figura: 3.3.3.

CORROSION EN FONDOS DE TANQUES.

UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL FONDO.

Muestra No	Corrosión Interna	Corrosión Externa	Espesor Remanente	Observaciones
1	1/8"	1/16"	3/16"	Regular estado mecánico
2	9/32"	1/8"	1/32"	Mal estado mecánico
3	5/16"	1/16"	0	Mal estado mecánico
4	3/16"	1/16"	2/16"	Mal estado mecánico
5	1/4"	1/16"	1/16"	Mal estado mecánico
6	5/32"	1/32"	5/32"	Regular estado mecánico
7	1/16"	1/16"	4/16"	Regular estado mecánico
8	1/4"	1/8"	1/16"	Mal estado mecánico
9	9/32"	-	1/32"	Mal estado mecánico
10	1/16"	-	4/16"	Regular estado mecánico
11	5/16"	-	0	Mal estado mecánico, con perforación.
12	1/4"	-	1/16"	Mal estado mecánico

Cuadro: Resultado de la corrosión encontrada en las planchas de muestra del fondo.

3.3.3.1 Corrosión en la superficie interna de los fondos

La corrosión localizada y el "pitting" son típicos en la superficie interna del fondo. Pero también hay casos de corrosión general sumada al "pitting" y a la corrosión localizada.

Una tendencia general muestra que la corrosión es mayormente de pitting en tanques cuyo período de operación es de varios años, y que este se desarrolla a corrosión localizada o corrosión general mientras los tanques están en servicio por más de 10 años.

En teoría, la corrosión en la superficie interna del fondo es corrosión en solución acuosa en donde el agua de los hidrocarburos almacenados actúa como electrolito, los principales factores incluyen los tipos de petróleo, agua, cloruro, sulfatos, oxígeno disuelto, etc. y estos son afectados también por factores tales como la calidad de los materiales del tanque, depósitos tales como incrustación y lodos, esfuerzos residuales, distorsión, deformación, mano de obra en la soldadura, temperatura, etc.

a.- Influencia del contenido del tanque (Tipos de hidrocarburos).

La Tabla 3.3.3.1. muestra el grado más severo de corrosión y los promedios de las tasas máximas de corrosión de acuerdo al contenido del tanque con respecto a las planchas del fondo de los tanques.

Las mediciones se dispersan ampliamente, haciendo difícil decidir cuantitativamente sobre una tasa de corrosión. Y la diferencia de tasas de corrosión por contenido no es tan pronunciada.

Para casos especiales desde el punto de vista de la composición química los aceros templados contienen Níquel, y por ello se espera que sean más resistentes a la corrosión que el acero no templado. Pero cuando son soldados, estos aceros son calentados rápidamente y enfriados y esto causa los cambios metalúrgicos a través del HAZ y el material de soldadura marcadamente, como resultado estas zonas se corroerán preferentemente, y también las condiciones de la superficie de estos dos tipos de acero se piensa que cuentan para la diferencia

en las tasas de corrosión. Generalmente hablando, los aceros templados tienen costras en su superficie retirados por los fabricantes hasta cierto grado durante el rolado y el tratamiento térmico. Las costras del rolado, por otra parte son retenidos en las superficies de los aceros no templados. Como esas incrustaciones han sido descarburizadas, se estima que los aceros no templados tienen mayor resistencia a la corrosión.

TABLA 3.3.3.1 RANGOS MÁXIMOS DE CORROSIÓN EN EL FONDO POR CONTENIDOS DE TANQUES.
(anillo perimétrico y planchas transversales)

Contenido	Nº de tanques	Corrosión máxima (mm/año)	Significado de la corrosión máxima (mm/año)	Significado del uso en años
Fuel	20	0.65	0.22	13
Crudo	25	0.80	0.32	13
Gas	7	0.65	0.30	12
Kerosene	8	0.58	0.30	10
Gasolina	9	0.90	0.22	15
Nafta	7	0.70	0.25	20

b.- Influencia de la lluvia.

Un par de ejemplos de la relación del pH del agua retenida en el fondo del tanque y la corrosión se muestran en las Fig. 3.3.3.1. y 3.3.3.2. Como es influenciada la corrosión por el pH del drenaje no se determina claramente en los mismos.

c.- Influencia de los depósitos de lodos.

Cuando los lodos se asientan en capas, ocurren ataques en los depósitos (corrosión causada por la acción de las celdas de concentración de oxígeno en los límites de las áreas de depósito de lodos), también ocurre corrosión por retención de agua debido al bloqueo del flujo de los contenidos de humedad, asimismo, ocurre corrosión por sulfuros y cloruros.

d.- Otros factores**• Deformación del fondo**

Cuando el fondo del tanque está deformado y los lodos y humedad se retienen localmente, se sabe que ocurre "pitting" en el medio del área deformada y en los límites donde se encuentra la humedad/lodo y petróleo.

• Boquillas de entrada y salida de petróleo

Se han reportado ejemplos de corrosión severa en las aperturas de las boquillas de entrada y salida de petróleo cerca al fondo del tanque. Cuando la corrosión se desarrolla en la dirección de carga y descarga ésta puede concentrarse sobre un área a lo largo del centro del flujo o dispersarse radialmente a través de la ruta del flujo de petróleo. Mayormente toma la forma de corrosión localizada que se desarrolla en la dirección del flujo o "pitting" alineado, pero algunas veces se presenta como corrosión tipo canal, en su estado más crítico con superficie rugosa.

FIGURA 3.3.3.1

NIVEL MÁXIMO DE CORROSION v/s PH PURGA
 (Anillo perimétrico y fondo - -Petróleo Crudo)

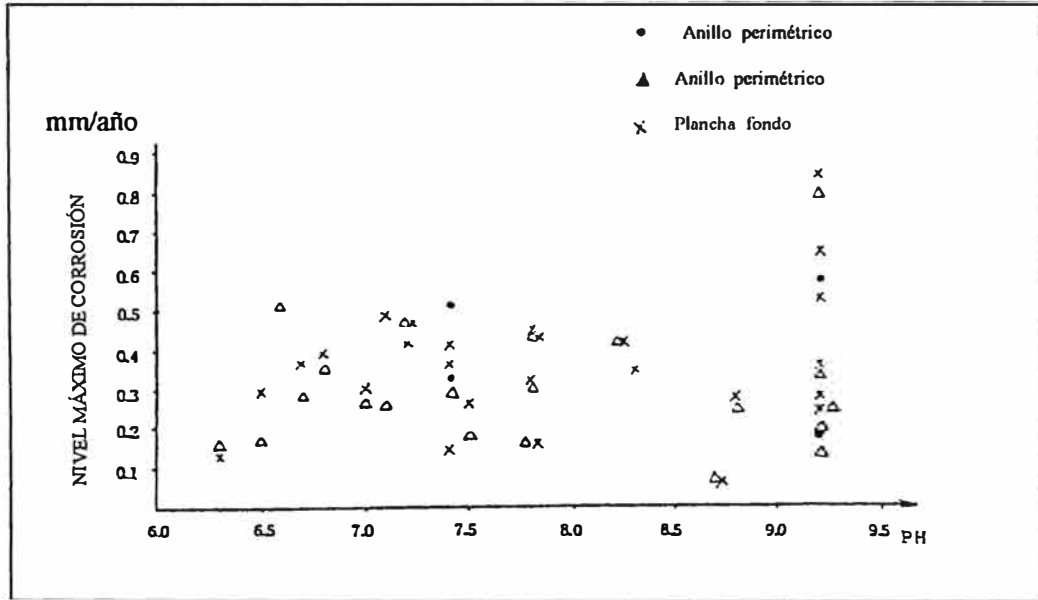
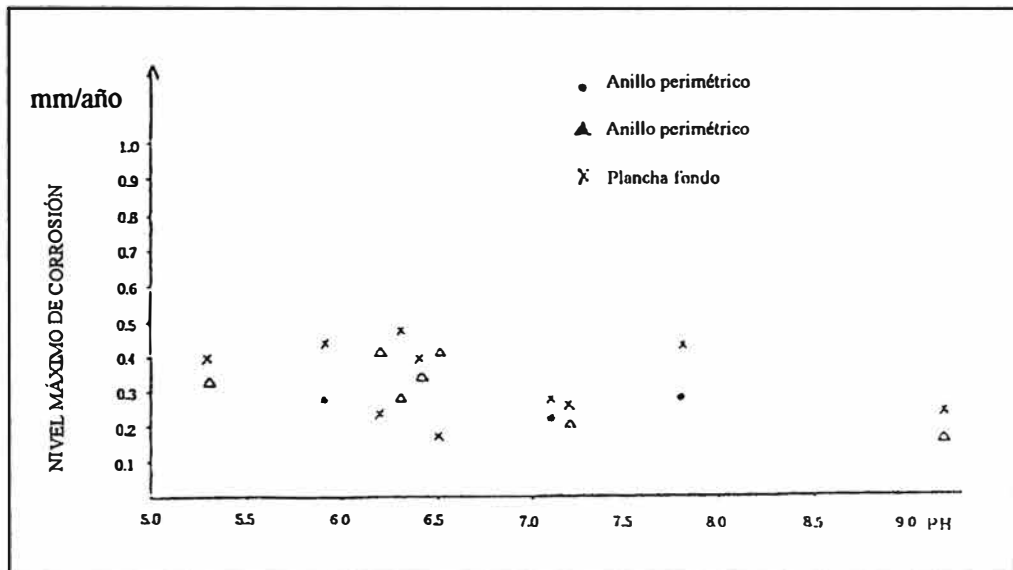


FIGURA 3.3.3.2

NIVEL MÁXIMO DE CORROSION v/s PH PURGA
 (Anillo perimétrico y fondo - -Kerosene / Gasoline)



Los probables factores o causas de esta corrosión incluyen la velocidad del flujo del producto, levantamiento de depósitos y sedimentos, retención y movimiento de agua de drenaje, incremento del oxígeno disuelto, infiltración o retención de sustancias aceleradoras de la corrosión tales como sales, etc.

Usualmente la corrosión tiende a desarrollarse en lugares donde se han retirado las incrustaciones o depósitos.

Los tanques que tienen menos lodo como las gasolinas tienden a sufrir "pitting" por ataque de dichos depósitos.

- ***Líneas soldadas***

Se han reportado casos de ataques corrosivos en ciertas líneas soldadas, por ejemplo, el metal depositado en la zona afectada por el calor en las juntas en forma de T del cilindro a las planchas circunferenciales del fondos. Las causas incluyen el retiro de las incrustaciones, formación de celdas de corrosión debido a diferencia en constitución (galvánica), esfuerzos residuales, distorsión, etc.

La corrosión en el área T incluye corrosión por grietas (crevice) en recubrimientos debido al retiro inadecuado de escorias y pitting en cordones de soldaduras deficientemente trabajadas.

Cuando la corrosión ataca un cordón de soldadura, la tendencia es de avanzar rápidamente.

- ***Debajo de soportes del techo (Fijo o flotante).***

Los soportes de techos se desplazan infinitesimalmente cuando se perturba el nivel de producto ó se presenta variación de temperaturas. Esto significa que los leves movimientos de las platinas soportes del techo deteriora las películas de recubrimiento protector del acero , favoreciendo la corrosión en dichas áreas.

Otro punto a tomarse en cuenta es la alta probabilidad de que se presenten hundimientos bajo cargas verticales de los soportes de techos.

- **Corrosión y desgaste debido al drenaje del techo flotante.**

Existen casos de fallas (pequeños agujeros) debido al rozamiento de los accesorios metálicos de drenaje de lluvias instalados dentro del tanque , durante los movimientos y/o vibraciones de los mismos . Dichos movimientos del sistema de drenaje se incrementan en razón de las continuas cargas y descargas de los productos combustibles al tanque, originándose de esta manera puntos de rozamiento con el fondo, que adicionalmente al ambiente corrosivo del combustible (en acción combinada), son la causa de fallas puntuales.

3.3.3.2. Corrosión en la superficie exterior del fondo.

Se refiere a la corrosión que se origina bajo las planchas del fondo del tanque, que generalmente ocurre en el anillo perimétrico exterior. La Tabla 3.3.3.2. muestra la estadística en porcentajes de tanques de Refinería Talara que presentaron fallas mayores por corrosión externa .

A continuación se muestran los factores principales que influyen en la corrosión de superficies externas

A).- IMPERFECTA PLANITUD DEL FONDO.

Las áreas de soporte del techo (fijo ó flotante) y las naturales concavidades de fabricación de las planchas de fondo, son las que ejercen mayor presión sobre la base del tanque. De esta manera, el fondo es la parte más susceptible a la corrosión debido a la formación de celdas de concentración de oxígeno (diferencia de cantidad y volumen de aire atrapado).

Se puede confirmar que la corrosión en la zona central del fondo es mínima, salvo en los casos de áreas con humedad retenida entre superficies cóncavas. Ver Fig. 3.3.3.2. a.

TABLA 3.3.3.2

LOCALIZACION DE LA CORROSION EXTERIORE DE SUPERFICIES.

	LOCALIZACIÓN	% TANQUES
Cilindro (altura desde el fondo)	0-100 mmm	10
	100-500 mm	3
	Mayor de 500 mm.	1
	Anillos superiores.	1
Anillo perimétrico. (distancia desde el cilindro)	Mayor de 1/3 del ancho del anillo.	40
	Mayor de 1/3 del ancho del anillo.	10
	Mayor de 1/3 del ancho del anillo.	10
Fondo (distancia desde el cilindro)	De 0 hasta 1/5 del radio del tanque	8
	De 1/5 - 3/5 del radio del tanque	8
	De 3/5 - 5/5 del radio del tanque	4
Techo (distancia desde el cilindro)	De 0 hasta 1/5 del radio del tanque	3
	De 1/5 - 3/5 del radio del tanque	1
	De 3/5 - 5/5 del radio del tanque	1

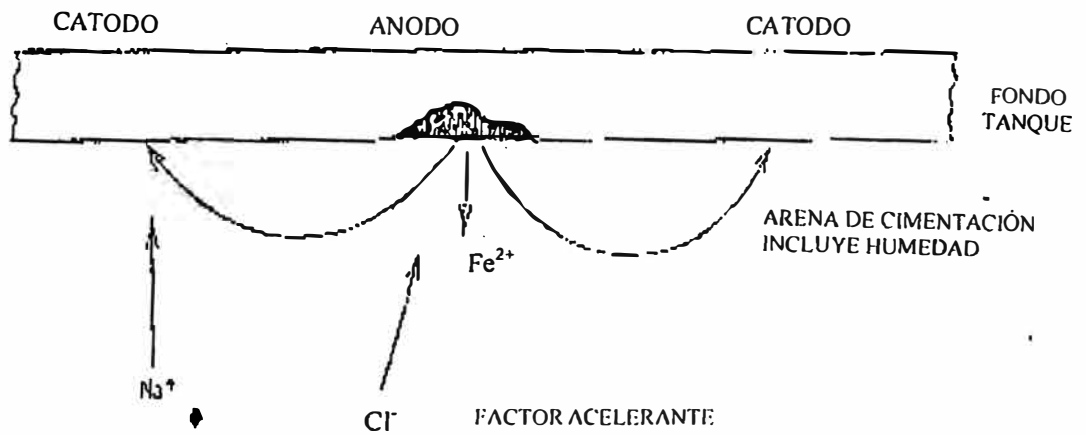
Total 100 %

FIGURA 3.3.3.2 (a)

DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CORROSIÓN SOBRE LA
PARTE INFERIOR DEL FONDO

Consistencia arena: Bajo
Concentración de oxígeno
Alto

Consistencia arena: Alto
Concentración de oxígeno
bajo



B).- ELEVADO NIVEL DE NAPA FREÁTICA BAJO EL TANQUE.

Cuando el tanque se instala en una zona de napa freática elevada, el riesgo de corrosión del fondo exterior es mucho mayor debido a la natural capilaridad de la mezcla base.

Existe la recomendación general de instalar los tanques sobre los 2 metros del nivel promedio de napa freática.

Se registran disminuciones de espesores del orden de 0.20 mm / año, como niveles máximos de corrosión, cuando la napa freática se encuentra entre 00 y 2 metros del fondo del tanque.

C).- PROPIEDADES DE LA ARENA DE CIMENTACIÓN.

La resistencia del suelo y el grado de corrosión están relacionados según los niveles mostrados en la siguiente Tabla,

RESISTENCIA (Ohmio cm)	CORROSION
00 - 900	Violenta
300 - 2,300	Mas o menos violenta
2,300 - 5,000	Media
5,000 - 10,000	Menor
10,000 - mas	Bastante menor

El suelo con resistencia menor que 10,000 Ohmio cm, es considerado corrosivo en el grado indicado. La corrosión se estima mínima cuando la resistencia es mayor que 10,000 Ohmio cm.

El grado de corrosión también se ve incrementado violentamente cuando el % (al peso) de l contenido de humedad del suelo excede el 20%.

Cuando existen sustancias extrañas (piedras maderas, concretos, huesos, ,etc) remanentes bajo el fondo del tanque, se han encontrado en la mayoría de los casos que favorecen la corrosión.

Los iones Cl^- , SO_4^{-2} y otros, aceleran la corrosión del medio. Por esta razón no se recomienda usar arena de playa para la cimentación de tanques.

El nivel de PH es uno de los parámetros mas importantes que debe ser considerado para el riesgo de corrosión. De manera general se puede decir que un suelo con PH 4 ó menor, favorece la formación de ácidos sulfúricos y por lo tanto un alto nivel corrosivo.

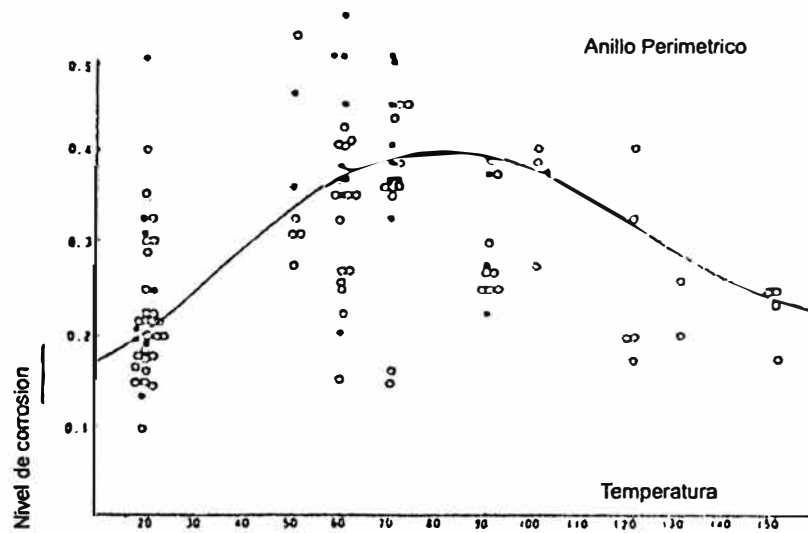
D).- TEMPERATURA.

Usualmente la corrosión se acelera con la temperatura. En la Fig. 3.3.3.2.(b) se observa que los mayores niveles de corrosión se presentan entre los 60 y 80 °C.

La tendencia a la disminución del grado corrosivo a partir de los 80°C se atribuye al aumento de la concentración de iones Cl^- y otros elementos, debido a la evaporación de la humedad H_2O , deterioro de las mezclas cimentación (asfalto, oil, etc).

FIGURA 3.3.3.2 (b)

RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL TANQUE Y EL NIVEL DE CORROSION (Fondo superficie inferior)



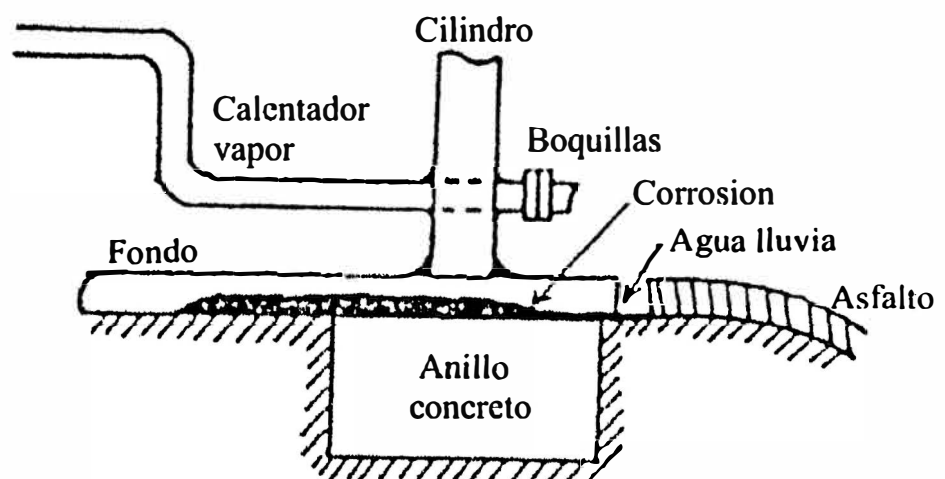
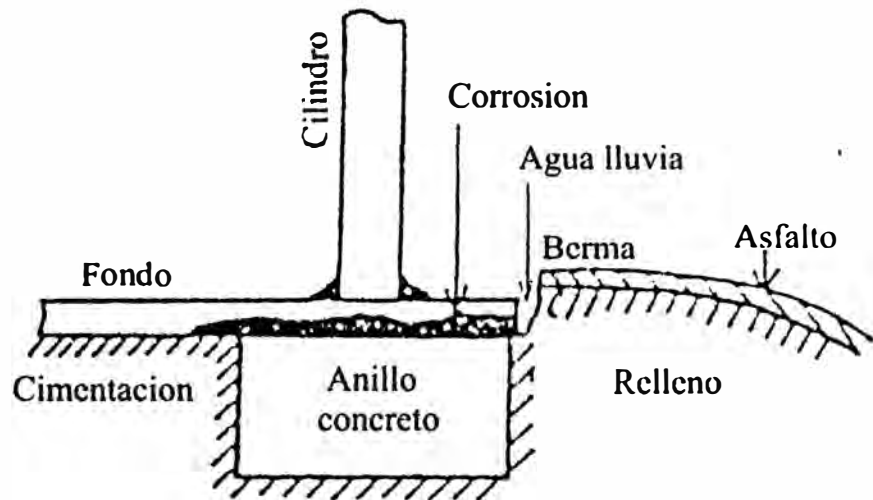
E).- INFILTRACIONES DE LLUVIAS (incluye inundaciones).

En la mayoría de los casos presentados en Refinería Talara, la corrosión ocurre en los extremos (500 mm medidos desde el cilindro) del anillo perimétrico del fondo externo de los tanques.

Las fallas son causadas principalmente por infiltraciones de aguas de lluvias bajo el tanque las que generalmente originan fallas violentas, pues el grado de corrosión supera los 40 mm / año. Es necesario remarcar que las aguas de lluvias que penetran bajo el fondo del tanque, contienen gran cantidad de iones Cloro disueltos debido a la presencia de las brisas marinas en la playa Talara. Ver Fig. 3.3.3.2 (c).

FIGURA 3.3.3.2 (c)

CORROSION DE LA BASE SOBRE EL FONDO CIRCUNFERENCIAL.



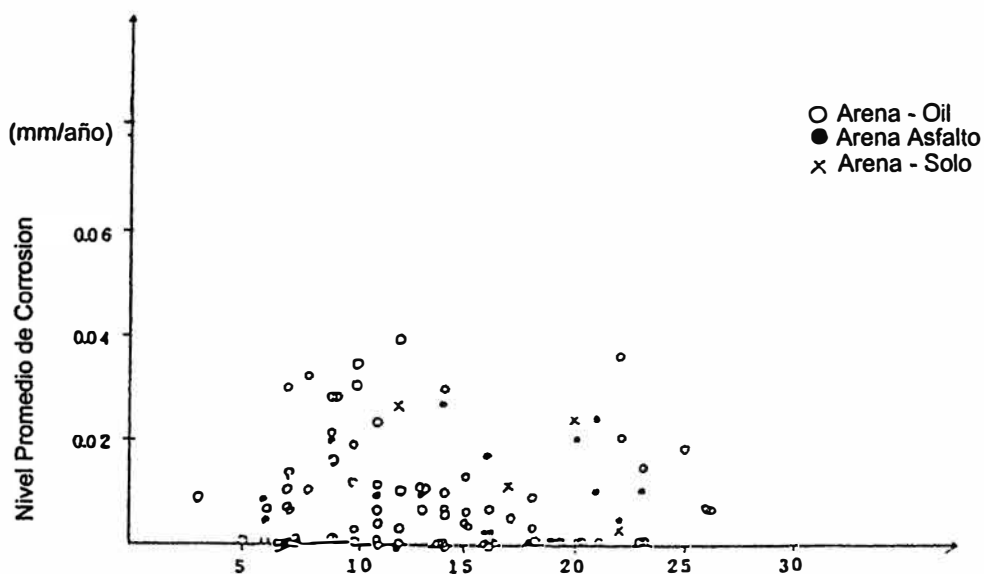
F).- ACABADOS DE LAS SUPERFICIES DE CIMENTACIÓN.

La superficie de la cimentación de los tanques, en contacto con las planchas del fondo, son normalmente acabados con "sand-oil", mezclas asfalto-arena ó morteros asfálticos de 50 – 100 mm de espesor.

En la Fig. 3.3.3.2 (d) se confirma que los resultados de estos tres métodos usados en Talara no discrimina la ventaja de uno sobre otro, mostrando grados de corrosión dispersos con promedio del orden de 0.04 mm / año a partir del 5° año (sin considerar los adicionales efectos críticos de corrosión en los anillos perimétricos por otras razones vistas en los puntos B y E). Por lo tanto, actualmente se programa el uso de membranas impermeables que eviten de manera mas efectiva el paso de humedad al fondo.

FIGURA 3.3.3.2 (d)

NIVEL PROMEDIO DE CORROSION DEL FONDO SUPERFICIE INFERIOR EN FUNCION AL MATERIAL-ACABADO DE LA BASE.



3.3.3 Corrosión en el techo del tanque.-

La corrosión en el techo un tanque de almacenamiento de gasolina se divide en techos fijos y techos flotantes.

3.3.3.1. Techo fijo.-

La corrosión del techo fijo de un tanque (que no posee techo flotante) se presenta de la misma manera que en la zona de fase vapor del cilindro interior (Ver punto 3.3.2.1. a). Incrementándose los puntos de corrosión debido al mayor número de irregularidades de superficies que posee un techo.

3.3.3.1. Techo flotante.-

- **Techo flotante externo.**

La corrosión del techo flotante externo de un tanque (fabricado en acero) se presenta de la misma manera que en la superficie interior del cilindro (Ver punto 3.3.2.1.), pero incrementándose notablemente los puntos de corrosión debido a su continua operación (carga y descarga) que origina flexiones múltiple y a la gran cantidad de irregularidades de superficies mecánicas que posee en su diseño.

- **Techo flotante interno.**

En este caso los techos (sábanas) son generalmente fabricadas en aluminio y su resistencia a la corrosión es mucho mayor que el acero al carbono.

CAPITULO IV.

PREVENCIONES CONTRA LA CORROSIÓN EN TANQUES

4.1 Criterios generales de prevención contra la corrosión en Tanques.

Como todos los componentes de un tanque de almacenamiento de gasolina son susceptibles (en menor o mayor grado) de ataques corrosivos, ya sea del producto almacenado ó de su entorno, es necesario tomar todas las medidas preventivas factibles de aplicar.

De manera general, para que se inicie la corrosión debe existir el agua y el oxígeno, pero adicionalmente existen otras sustancias ó condiciones que favorecen la corrosión, tales como: condición del PH; presencia de ión cloruro; base de cimentación contaminada; borra; lodos; impurezas de las gasolinas; esfuerzos remanentes en cordones de soldadura; "pits" en planchas – cordones de soldadura; etc.

Para prevenir la corrosión se debe tomar en cuenta lo siguiente

- Desde el diseño ó en las reparaciones, usar los materiales de fabricación correctos.
- Proteger los materiales de construcción del ambiente corrosivo en el que trabaja, usando sistemas de pinturas ó recubrimientos adecuados.
- Eliminar ó minimizar las condiciones corrosivas presentes, neutralizando los ácidos, usando inhibidores de corrosión ó retirando las sustancias corrosivas en contacto con los materiales del tanque.

- Analizar la factibilidad de usar algún sistema de protección catódica, luego de una evaluación técnica económica.

4.2. Prevenciones en el cilindro del tanque.

4.2.1. Prevenciones en la superficie interior del cilindro.

En base a las experiencias y estadísticas en intervenciones de tanques, se puede afirmar que la velocidad de la corrosión en el interior del cilindro es mucho menor que en el fondo (interior) del tanque.

Pero, para el caso de algunos tanques con techo flotante externo, se recomienda imprescindible la aplicación (sobre la superficie interna del cilindro) de un adecuado sistema de pintura anti-corrosiva con propiedades adicionales anti abrasivas.

Otra prevención importante, es que se debe aplicar en la parte inferior del cilindro, el mismo sistema de recubrimiento protector que fue seleccionado para los fondos (aproximadamente de 30-100 cm de altura).

Mayores detalles sobre sistemas de pintura aplicados en interiores de tanques de hidrocarburos, se verá en el punto 4.3.1.

4.2.2. Prevenciones en la superficie exterior del cilindro.

La susceptibilidad de formación de corrosión en las superficies exteriores del cilindro, depende fundamentalmente de la calidad de la pintura aplicada.

La pintura aplicada, en función del tiempo, falla en diversas zonas de manera aleatoria, pero se puede afirmar que es mayor la frecuencia de inicio de corrosión en las uniones soldadas de accesorios, cordones de soldadura y las áreas inferiores del tanque.

Por lo anterior es necesario tomar especial cuidado en la óptima selección del sistema de pintura a aplicar luego de una reparación, reforzando las zonas más susceptibles a fallar por corrosión.

El total desprendimiento del recubrimiento y la aparición de corrosión en zonas externas, en muchos casos, es debido al paulatino y lento deterioro de las diferentes capas de pintura que conforma el sistema seleccionado; por descuido en el mantenimiento preventivo ó por no efectuarse los oportunos resanes debido a razones económicas.

Como la corrosión se desarrolla repentinamente en áreas de unión de accesorios montadas y en otras antes mencionadas, es necesario inspeccionarlas periódicamente y efectuar los convenientes resanes siguiendo los lineamientos de los estándares de Ingeniería; las Normas técnicas internacionales y las recomendaciones del fabricante de pinturas.

Al pintar la superficie exterior de los tanques se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Selección del sistema de pintura óptimo para el tanque específico.
- Los cordones de soldadura de las uniones a estructuras y accesorios, deben ser pulidos cuidadosamente.
- La cuidadosa verificación de los espesores de las capas de pintura aplicadas.

A manera de referencia técnica, se adjunta en el Anexo-3 el estándar de ingeniería SI3-22-09: Aplicación de pintura industrial para exterior de tanques de hidrocarburos, sistema base zinc inorgánico – epóxico – poliuretano.

Sistemas similares de pintura se usan para los techos fijos y flotantes externos de acero (en las superficies superiores que no están en contacto permanente con vapores ó hidrocarburo líquido). Tomando en cuenta que para el caso de los techos flotantes; debido a sus continuos desplazamientos durante las cargas y descargas de combustible; el sistema a aplicarse debe poseer mejores características de flexibilidad en comparación con el sistema del exterior del cilindro.

4.3. En el fondo del tanque.

4.3.1. Previsiones en la superficie interior del fondo.

A excepción de determinado número de casos, donde son usados métodos de prevención de corrosión con electricidad, aplicación de metalizados (aluminio, etc.), la prevención de la corrosión en la superficie interior del fondo depende mayormente de la apropiada selección del sistema de pintura ó recubrimiento. No es factible estimar de manera precisa los tiempos de vida de las pinturas en el fondo de tanques, pero existen experiencias de fallas prematuras de pinturas en las zonas de carga y/o descarga del hidrocarburo, donde el fondo sufre deformaciones pronunciadas o donde existen uniones soldadas.

Con el fin de asegurar la más prolongada vida útil de la pintura, es esencial elegir un óptimo sistema (la cual se acomode mejor al ambiente donde se aplicará), realizar un buen trabajo de preparación de superficie y pintado, y una inspección cuidadosa de todas las etapas a cargo del personal especializado.

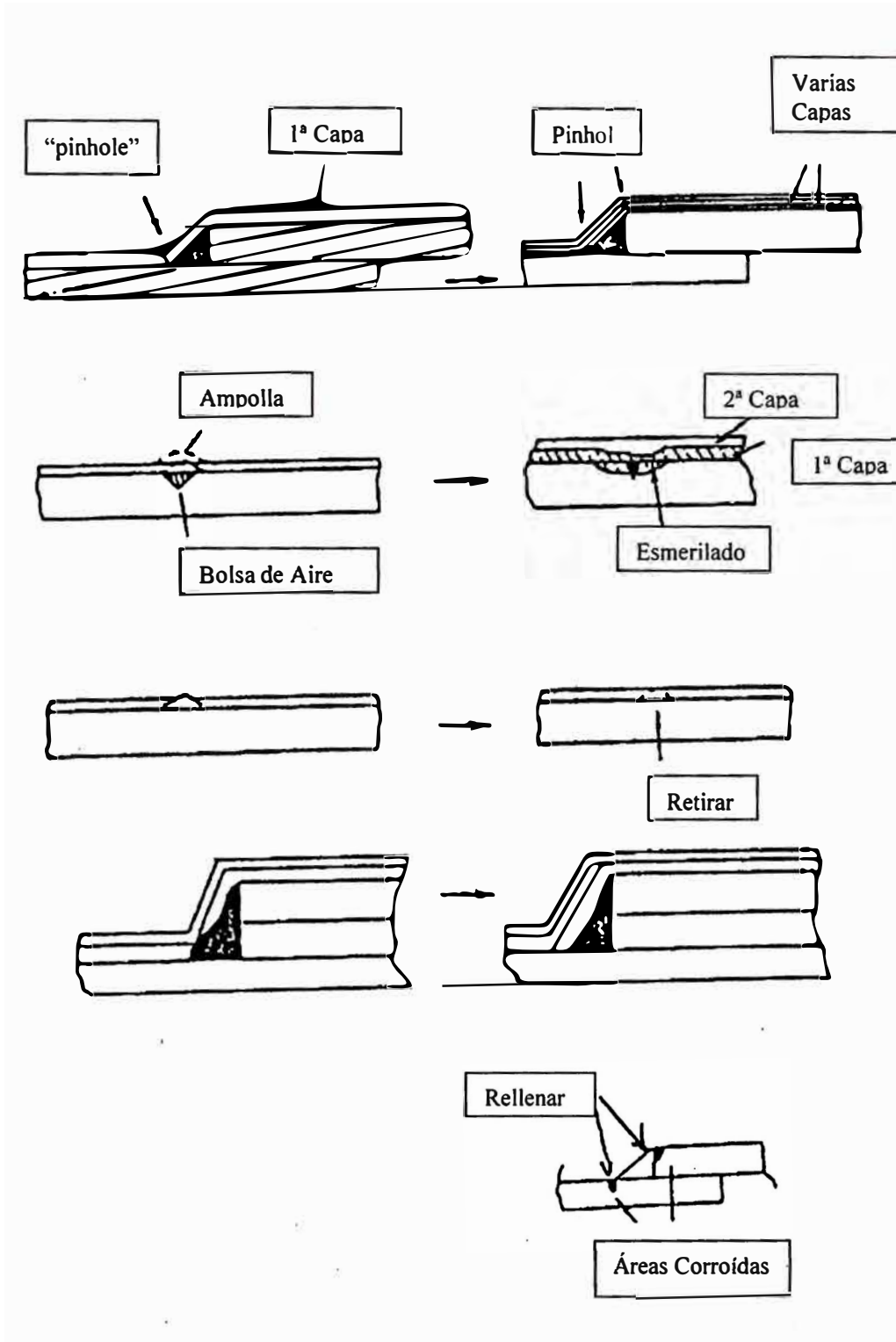
A manera de referencia técnica, se adjunta en el Anexo-3, el estándar de ingeniería SI3-22-43: Aplicación de pintura industrial para interior de tanques de hidrocarburos, sistema epoxy fenólico. En el Anexo-4, se adjunta un cuadro con recomendaciones sobre sistemas de pinturas para prevenir la corrosión en interiores de tanques de almacenamiento de hidrocarburos; según experiencias en Refinerías de la Organización Internacional J.C.C.P. del Japón (Japan Consulting and Cooperation of Petroleum Industry).

La calidad de la preparación de la superficie es muy importante para garantizar la buena aplicación del sistema de pintura. Comúnmente se usa arenado para lograr una buena superficie de anclaje para la primera capa del recubrimiento. También se debe pulir con esmeril manual, los cordones de soldadura muy ásperos, marcas en las planchas y las zonas corroídas; rellenándolos previamente con soldadura en caso necesario. Ver Figura 4.3.1. De esta manera se previene la aparición de "pin holes", ampollas y fisuras.

Sistemas similares de pintura se usan para los techos flotantes externos (acero) en las superficies en contacto con vapores ó hidrocarburo líquido. Tomando en cuenta que, debido a sus continuos desplazamientos durante las cargas y descargas de combustible, debe poseer mejores características de flexibilidad en comparación con el sistema que se aplica en el cilindro interior.

Figura 4.3.1.

PREVENCIÓN EN APLICACIÓN DE PINTURAS.



4.3.2. Prevenciones en la superficie exterior del fondo.

La corrosión sobre las superficies exteriores del fondo, es mayormente causada por humedad (exposición el agua de lluvia, agua del subsuelo, terreno base húmedo, etc.); principalmente bajo la forma de corrosión electroquímica debida a la formación de celdas diferenciales permeables (celdas de concentración de oxígeno), cuya acción es acelerada por los iones cloruro, iones sulfúricos, etc.

Las medidas preventivas incluyen lo siguiente:

<u>PREVENCIÓN DE CORROSIÓN EN EL FONDO EXTERIOR</u>	Mantenimiento para evitar contacto con humedad.	- Prevención de infiltración de agua de lluvia.
	Selección de la Base, propiedades del suelo.	- Eliminación de sales. - Remoción de sustancias extrañas. - Instalación de capas protectoras de "sand-oil", asfalto, arena, etc. - Prevención aplicando pinturas..
	Control de celdas de corrosión.	- Prevención de corrosión con electricidad

Se usan también los sistemas combinados de los diferentes métodos descritos en el cuadro anterior.

A continuación se hace una breve explicación de los métodos de prevención:

a). **Método para evitar contacto con agua de lluvia.**

Muchos casos de ataque corrosivo sobre las superficies exteriores del fondo, son causados por la infiltración de agua de lluvia. El agua de lluvia encuentra su camino por debajo del fondo del tanque, desde la proyección del mismo sobre la base circunferencial de concreto y/o por la acción capilar del suelo que esta debajo y en los alrededores del fondo del tanque.

Con el fin de prevenir este tipo de infiltración de agua de lluvia, algunas tanques tienen sus propias barreras instaladas entre el fondo y el anillo circunferencial de concreto con materiales impermeables (resinas sintéticas, cauchos, productos asfálticos, etc).

Ver Figura 4.3.2.a

Este método es efectivo, cuando el tanque tiene anillo circunferencial de concreto como base y las planchas del fondo están a más de 2 metros por encima del agua de la napa freática. Ver Figuras 4.3.2.b, c.

Figura 4.3.2 (a)

MEDIDAS PREVENTIVAS DE INFILTRACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

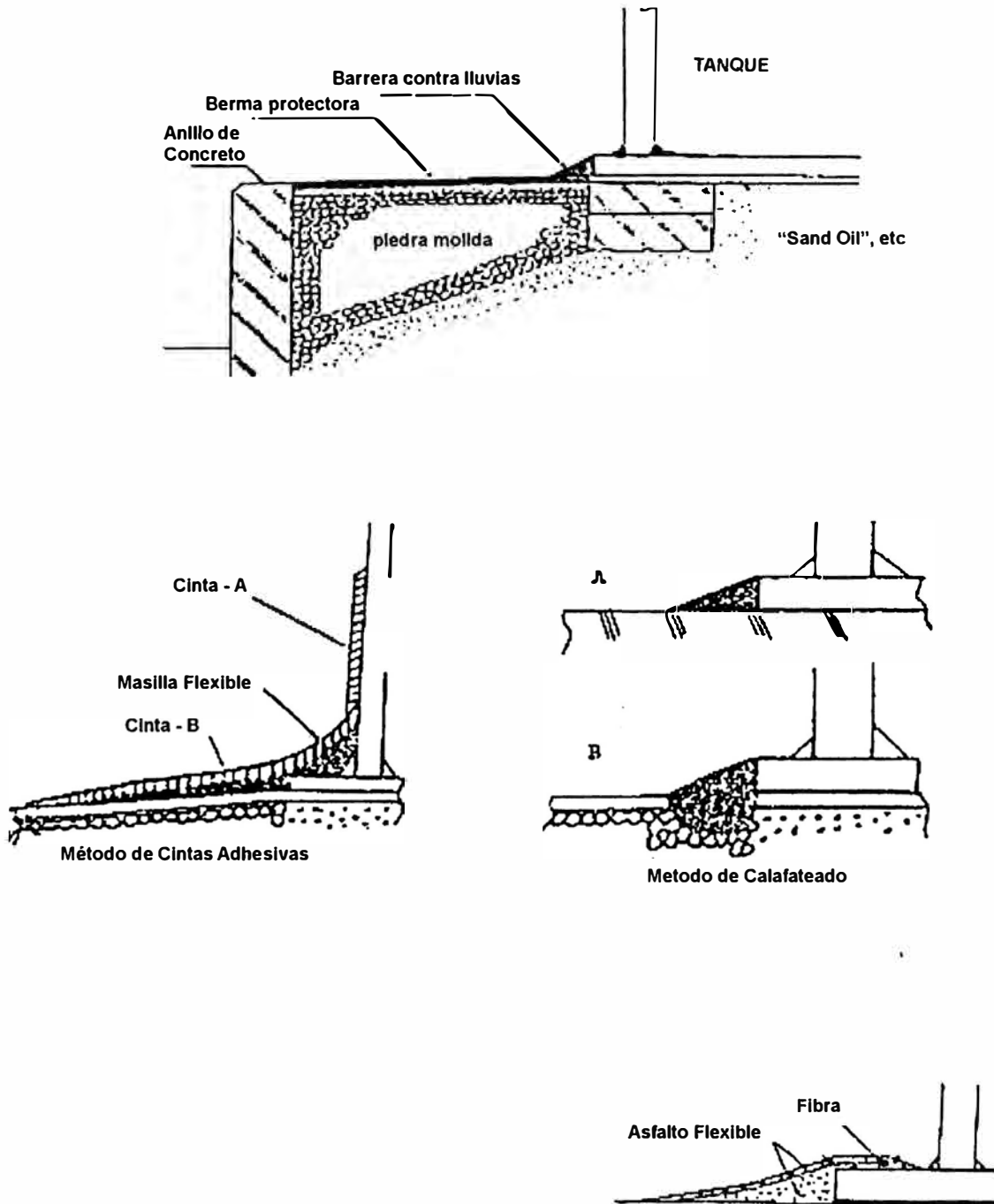


Figura 4.3.2 (b)

EFFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INFILTRACIÓN
DE AGUA DE LLUVIA

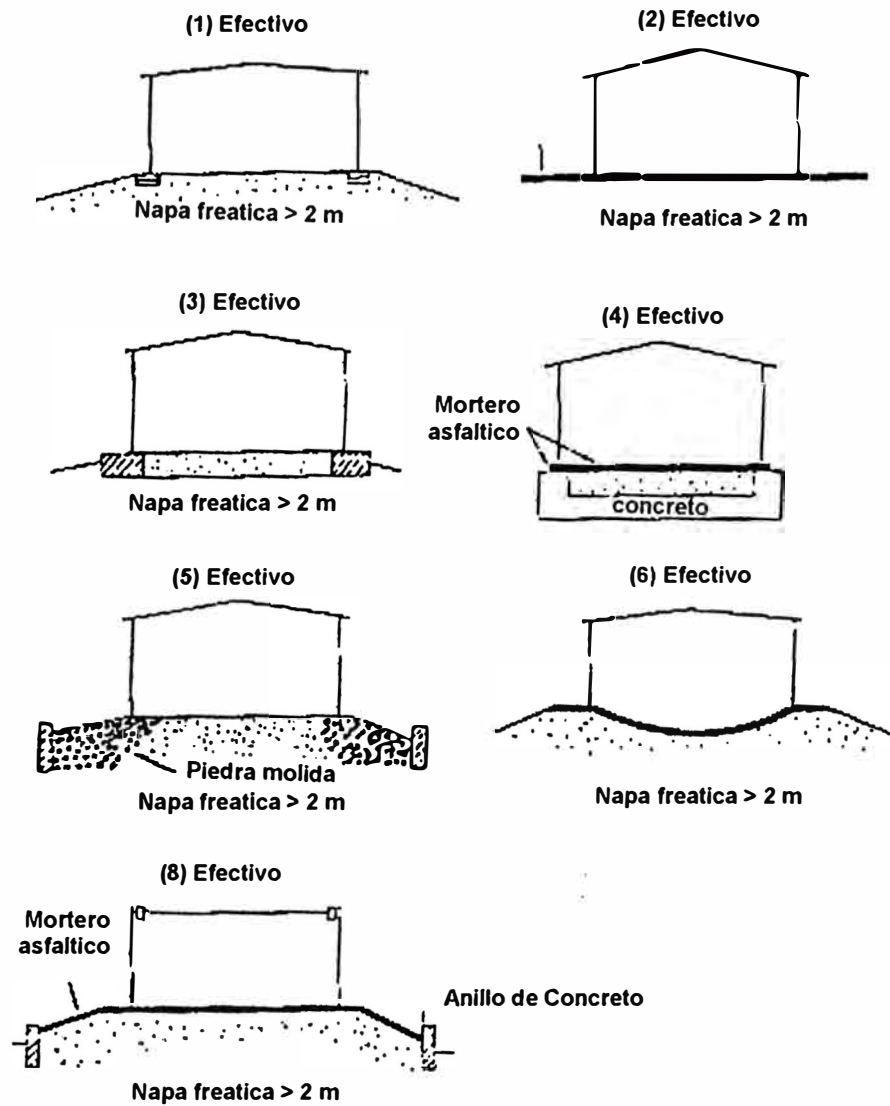
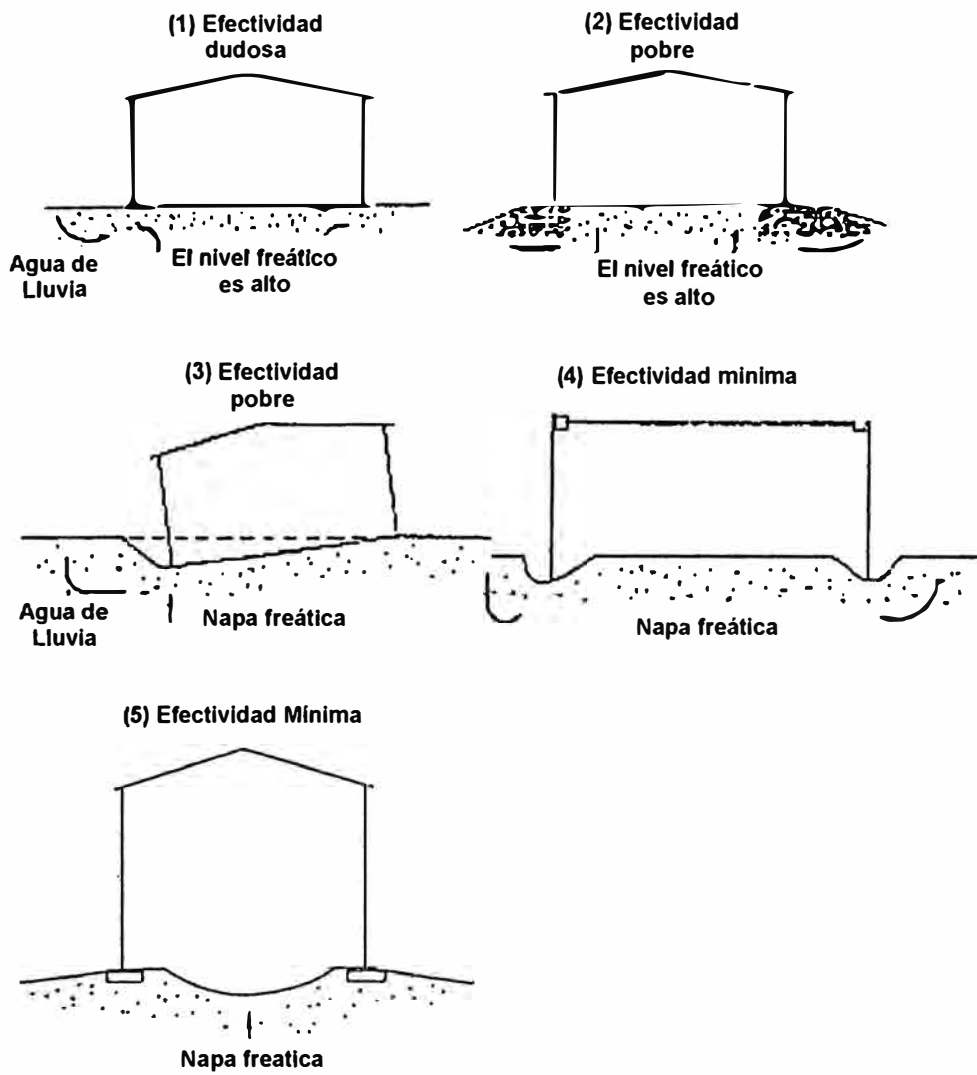


Figura 4.3.2 (c)

EFFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INFILTRACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Para este método se considera conveniente tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Las áreas donde se instalan las barreras están expuestas constantemente a la luz solar directa y al clima del medio.
- El fondo metálico está sujeto a desplazamientos repetidos en dirección radial y vertical, dependiendo de los cambios de temperatura y del nivel del líquido almacenado en el tanque.
- El revestimiento protector debe ser capaz de mantener las funciones deseadas de diseño por un tiempo considerablemente largo.

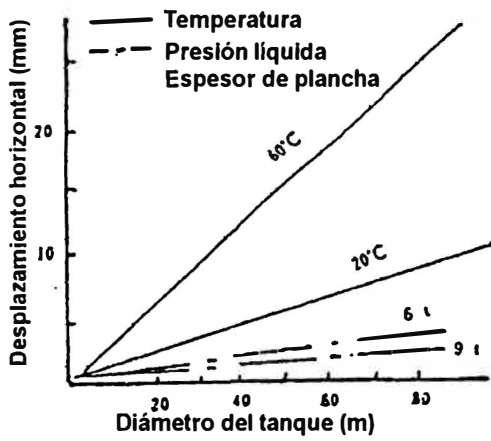
Es por esto , que los materiales barrera deben ser y mantenerse flexibles, además de resistir el clima, obteniendo alto grado de adhesión sobre el acero y las superficies de concreto.

Los desplazamientos aproximados entre el fondo metálico y el concreto, en dirección radial y vertical, se muestran gráficamente en la Figura 4.3.2.(d).

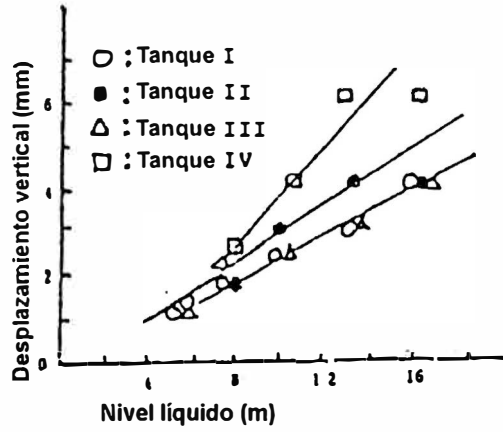
En el Anexo-4 se adjunta un trabajo sobre corrosión relacionado directamente con este capítulo de prevenciones. Trabajo que fue preparado y presentado por el autor del presente Informe Profesional en el año 1,995 en el Congreso Internacional NACE en Maracaibo – Venezuela.

Figura 4.3.2 (d)

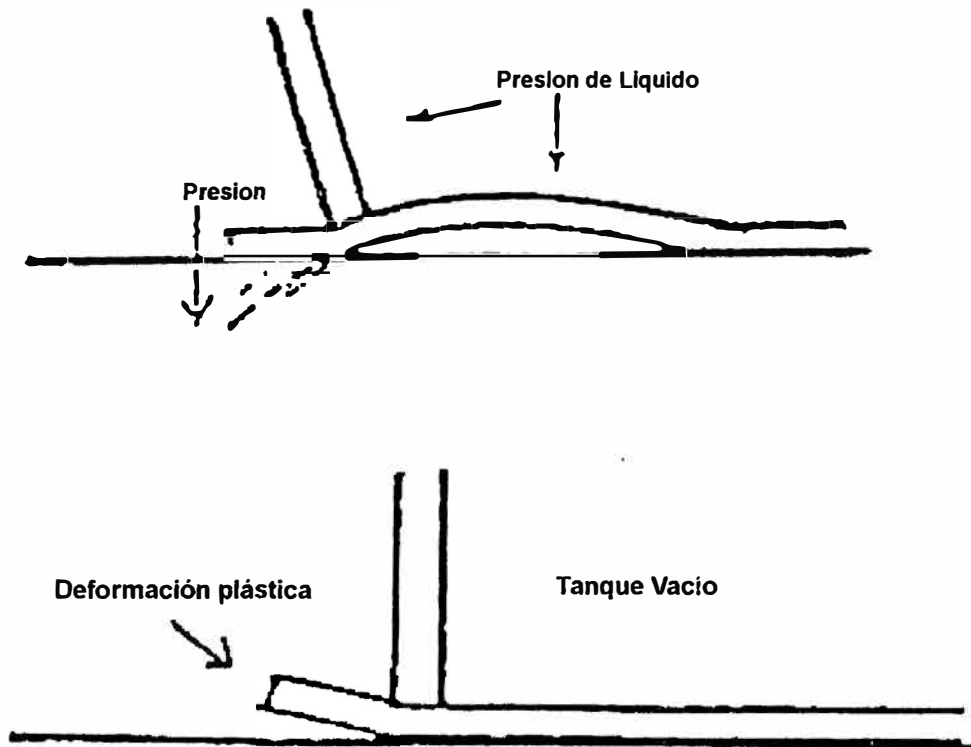
DESPLAZAMIENTO RELATIVOS ENTRE PLANCHAS DE ACERO DEL FONDO Y EL ANILLO DEL CONCRETO.



Desplazamiento horizontal por temperatura y presión de líquido



Relación entre Presión líquida y la deformación



b) Base “sand-oil” ó mezcla asfalto – arena bajo el tanque.

La cimentación del tanque y la base de descanso de las planchas del fondo son acabadas aplicando mezclas de arena y asfaltos ó “sand-oil” (5-15 cm de espesor), y son útiles en cierta medida para prevenir la infiltración de agua de lluvia desde el exterior, protegiendo las superficies de las planchas de acero del fondo del tanque.

Sin embargo; su desventaja es que la humedad encuentra de todas maneras un camino bajo las planchas del fondo; no se filtra hacia terreno y permanece estanca.

A fin de prevenir ataques corrosivos debidos a esta humedad retenida, es necesario utilizar este método conjuntamente con otros métodos preventivos de infiltración de agua de lluvia mencionadas anteriormente. Como la arena asfáltica tiende a deteriorarse o se torna quebradiza con el tiempo, es necesario inspeccionar la superficie de la berna periódicamente.

También es necesario seleccionar cuidadosamente el asfalto que tendrá contacto con el área inferior del fondo del tanque. El contenido de azufre debe ser el mínimo posible.

Se presentan a continuación ejemplos de la composición de la arena asfáltica ó “sand-oil” para espesores de 5 a 10 cm.

La mezcla de asfalto y agregados debe estar en un rango al peso del 7.5 – 11%.

c) Protección Eléctrica.

Son métodos escasamente usados debido a su alto costo inicial y principalmente a los costos para su continua operación y mantenimiento. El método de protección galvánica – anódico y el de fuente exterior de energía son los recomendados por los proveedores de estos sistemas, y para tomar la decisión de usarlos se tomar en cuenta el medio de trabajo corrosivo y otras condiciones del ambiente.

Los siguientes factores, usualmente toman parte en la decisión.

- El método de protección galvánica-anódica es más ventajoso cuando un tanque es relativamente pequeño o cuando se ha definido proteger solamente a un tanque crítico dentro del patio de tanques.
- El método de fuente de energía exterior, es favorable cuando se requiere proteger grandes tanques ó todo el patio de tanques.
- El método de fuente de energía exterior, es favorable cuando el terreno o la base debajo del fondo, presenta una alta resistencia. Pero el método de protección anódico es ventajoso cuando el elemento anódico puede ser enterrado directamente por debajo del fondo.
- El método de protección anódico, es favorable cuando alguna estructura metálica, a parte de la que será protegida de la corrosión, se entierra en zonas cercanas.

Ejemplos esquemáticos de estos métodos, son mostrados en las Figuras 4.3.2.(e) – (f).

Usualmente se contrata una firma especializada para el estudio, diseño y posterior instalación de estos sistemas eléctricos de prevención contra la corrosión.

Figura 4.3.2 (e)

EJEMPLO DE PREVENCIÓN CONTRA CORROSIÓN DEL FONDO DEL TANQUE
POR EL METODO DE PROTECCIÓN ANÓDICA.

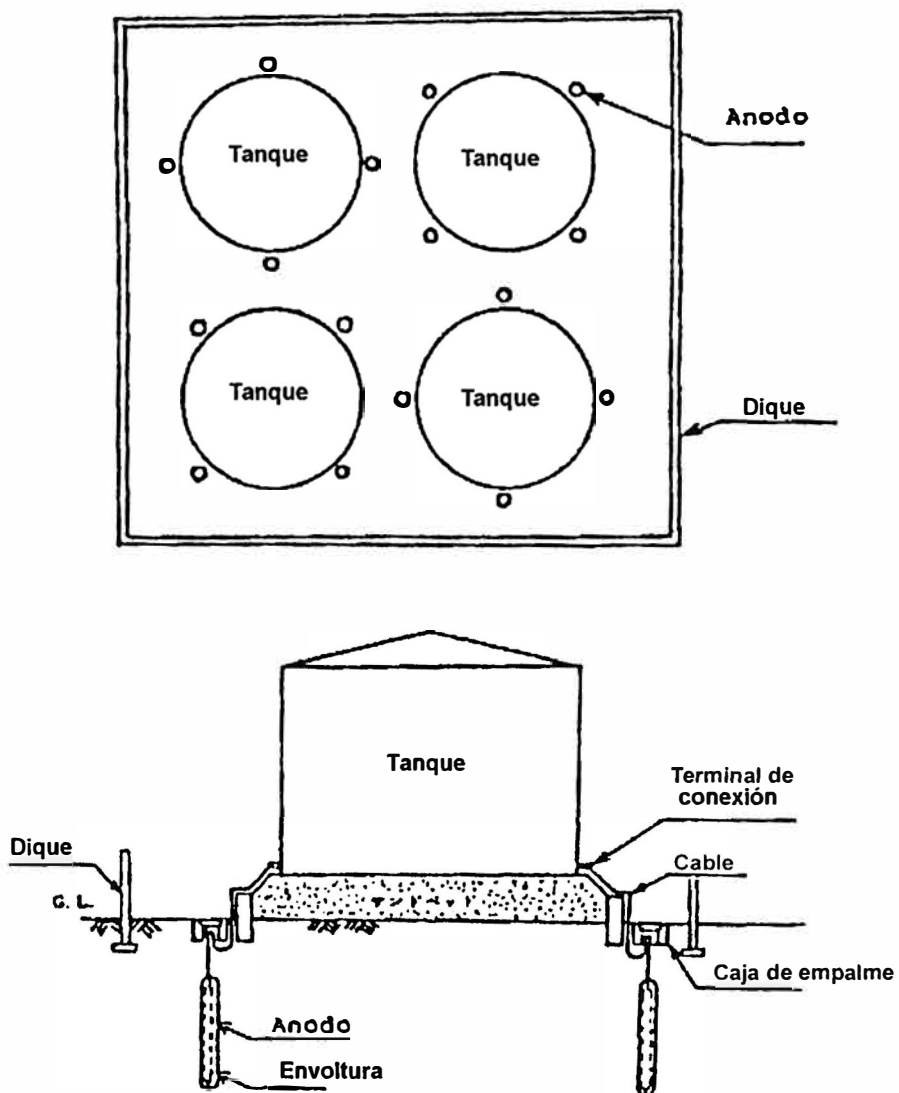
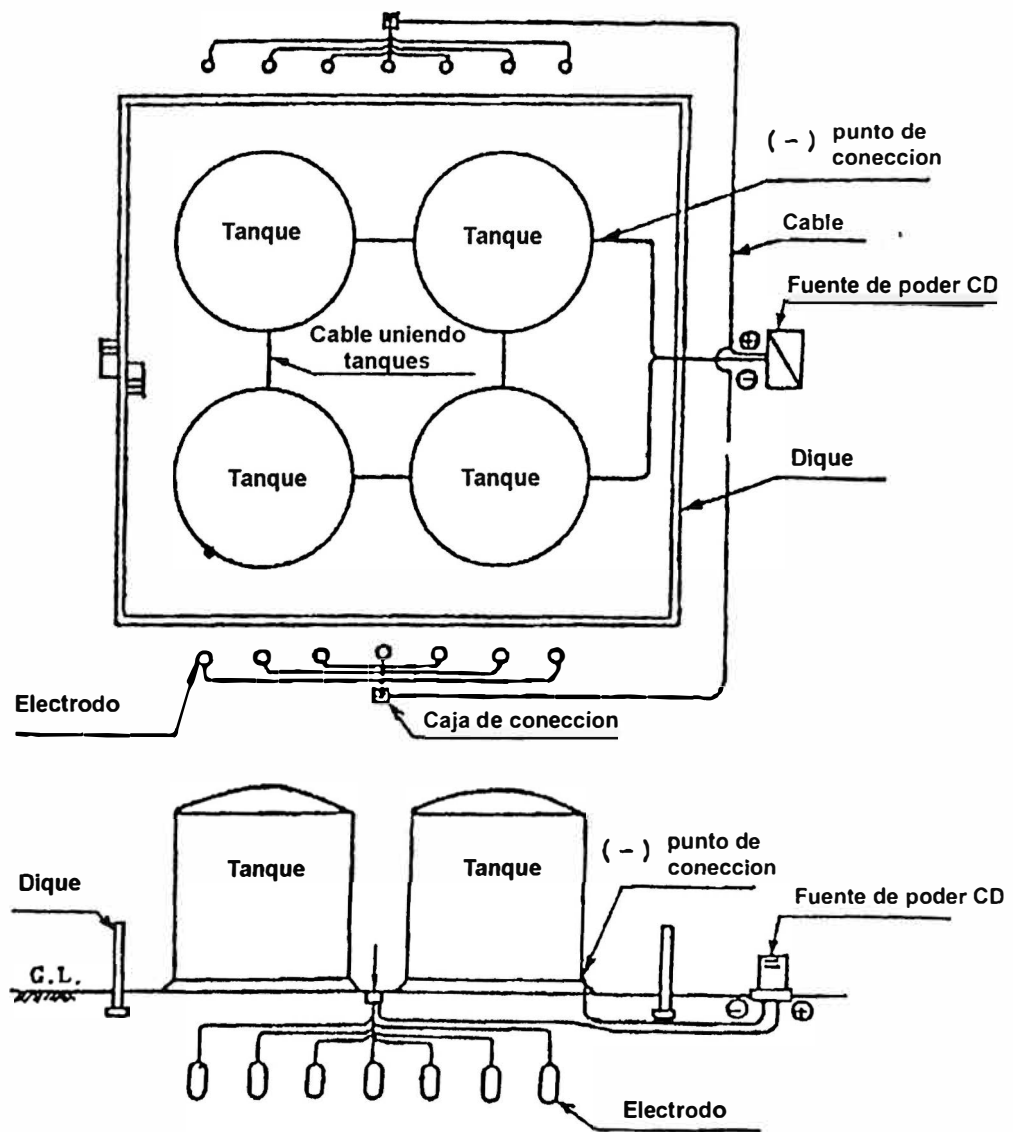


Figura 4.3.2 (f)

CASO DE PREVENCIÓN DE LA CORROSION DEL FONDO DEL TANQUE POR EL METODO DE FUENTE EXTERNA DE ENERGIA



4.4. En Techos de tanques.

En general, las prevenciones contra la corrosión en los techos fijos y flotantes, son una combinación de las recomendaciones indicadas para los cilindros (interior – exterior) y fondo interior, en función al grado de contacto con la fase líquida ó vapores de la gasolina.

En las superficies externas de acero de los techos fijos, así como en las superficies de acero superiores de los techos flotantes externos, se usan sistemas de pintura similares a los usados en el exterior de los cilindros. Esto debido a que dichas superficies no trabajan en contacto permanente con hidrocarburos líquidos ó vapores. Se debe tener en cuenta que para el caso de los techos flotantes; debido a sus continuos desplazamientos durante las cargas y descargas de combustible; el sistema a aplicarse debe poseer mejores características de flexibilidad en comparación con el sistema del exterior del cilindro.

En las superficies internas de acero de los techos fijos, así como en las superficies de acero inferiores de los techos flotantes externos TFE, se usan sistemas de pintura similares a los usados en el interior de los cilindros. Tomando en cuenta también, que debido a sus continuos desplazamientos durante las cargas y descargas de combustible, debe poseer mejores características de flexibilidad en comparación con el sistema que se aplica en el interior del cilindro.

CAPITULO V.

ASPECTOS ECONOMICOS EN MANTENIMIENTO DE TANQUES.

En el presente capitulo se presenta de manera resumida los costos aproximados de las diferentes etapas de los trabajos de inspección y reparaciones efectuadas en tanques de almacenamiento de combustibles, resaltándose que los gastos de mantenimiento en estos tanques se consideran como uno de los más importantes dentro del presupuesto operativo de una Refinería de Petróleo.

Además de ilustrar sobre los considerables costos, se resaltan los prolongados tiempos requeridos y envergadura de los trabajos de mantenimiento general de tanques de almacenamiento de gasolina, debido principalmente a las grandes capacidades de los tanques usados , entre 50,000 a 150,000 Barriles USA.

Es necesario mencionar que para lograr una buena reparación general de los tanques de gasolina, se requiere de una dedicada participación profesional especializada en inspección, previa al inicio de los trabajos de reparación propiamente dichos. Nos referimos a los análisis de: las inspecciones anteriormente efectuadas al tanque fuera de operación ó fuera de servicio; las inspecciones exteriores previas ó llamado también inspecciones con el tanque en servicio; así como también a las gestiones de planeamiento y programación de todas las secuencias necesarias para lograr una eficiente culminación de los trabajos.

En la Refinería de Talara y otras Gerencias Operativas de PETROPERU S.A., las reparaciones generales de tanques de combustibles son ejecutadas vía contratos con Cías. Contratistas especializadas en este tipo de servicios de Ingeniería. Como parte de la gestión de planeamiento, se realizan los concursos previos para asignar los trabajos al mejor postor dentro de un grupo de Cías. Pre- seleccionadas que posean la experiencia requerida y disponga de todas las facilidades financieras y equipamiento necesarios. Las Cías. favorecidas con el contrato, generalmente suministran todos los insumos y materiales necesarios. En algunos casos, la Empresa Cliente (PETROPERU S.A.), considera conveniente adquirir los materiales más importantes, así como ofrecer facilidades en equipos pesados (grúas, transportes, etc.).

A manera de conceptos básicos para el presente tema, se mencionan: los costos a suma alzada; costos unitarios; Bases Técnica - Administrativas del Concurso y ruta crítica.

5.1. COSTOS PRINCIPALES

Nos referimos a las partidas cuyos costos son los más elevados (sea por concepto de materiales ó mano de obra), aunque no necesariamente pertenezcan a la ruta crítica. Las partidas más importantes dentro de la reparación general de un tanque de combustible, en función a sus costos son los que se aprecian en el cuadro 5.1.a.

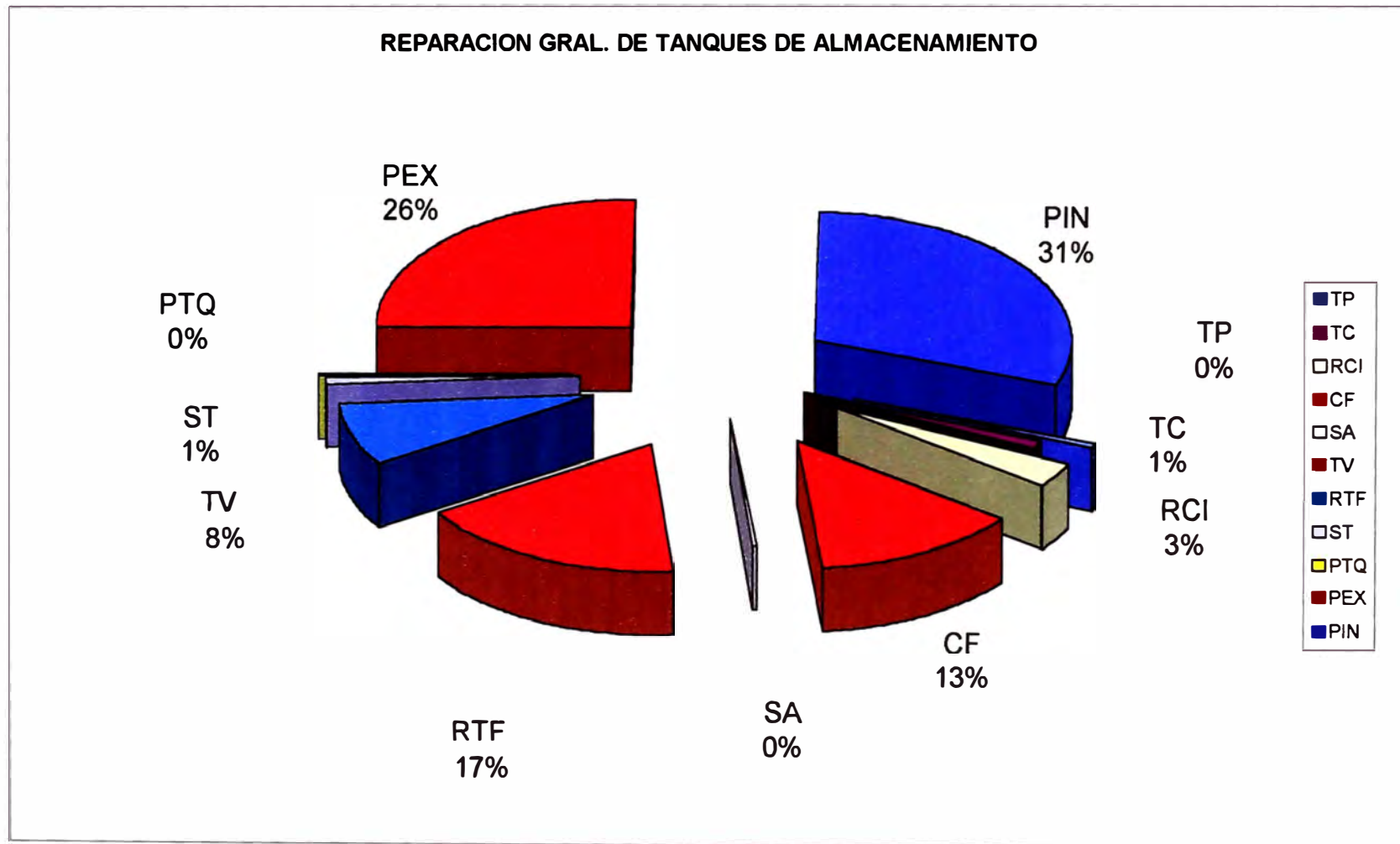
Como podrá observarse, las partidas más relevantes en la reparación general de tanques son: pintura interior; pintura exterior; reparación general de techo flotante; cambio de fondo; mantenimiento de accesorios y otros trabajos. El resto de partidas se manifiesta en menor cuantía, tal y como se aprecia en el gráfico 5.1.b.

Cuadro 5.1.a

COSTOS PRINCIPALES EN LA REPARACIÓN GENERAL DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

REPARACION GENERAL DE UN TANQUE DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE. REFINERIA TALARA		
<i>CLAVE</i>	<i>ACTIVIDADES</i>	<i>PARCIAL</i>
TP	TRABAJOS PRELIMINARES	1,060.00
TC	TRABAJOS CIVILES VARIOS	2,750.00
RCI	REPAR. GRAL. MURO CONTRA INCEND.	7,000.00
CF	CAMBIO DE FONDO	29,000.00
SA	SELLO ASFALTICO	190.00
TV	TRABAJOS VARIOS MTTO. ACCESORIOS	28,700.00
RTF	REP. GRAL TECHO FLOTANTE	28,000.00
ST	REEMPLAZO DEL SELLO TECHO FLOTANTE	1,600.00
PTQ	PRUEBAS DEL TANQUE	800.00
PEX	PINTURA EXTERIOR	56,500.00
PIN	PINTURA INTERIOR	67,600.00
	TOTAL (U.S.\$)	223,200.00

Gráfico 5.1-b.
INCIDENCIA DE LOS COSTOS EN EL MANTENIMIENTO DE TANQUES



5.2. COSTOS A SUMA ALZADA.

Es el costo presupuestado que presenta el contratista por la ejecución de una obra ó partida completa de obra, asumiendo la responsabilidad de los metrados referenciales propuestos por PETROPERU S.A. y basándose en costos aproximados del mercado sin considerar las fluctuaciones del mismo.

Cuando las obras son de gran envergadura, y el contratista advierte que el costo o presupuesto a suma alzada puede variar, éste solicita que el costo final se ajuste según una fórmula polinómica (si el presupuesto está en soles).

Cabe mencionar que actualmente, en PETROPERU S.A., todos los lineamientos del manejo de contratos se rige por la Ley 26850 del D.S 039-98-PCM, y su Reglamento para las Adquisiciones y Contrataciones del Estado.

En el cuadro 5.2. se muestra un ejemplo de costos a suma alzada para la inspección general de un tanque.

5.3. COSTOS UNITARIOS.

Costo unitario o también llamado costo promedio es aquel que resulta de dividir un costo total global de una partida completa entre el número de unidades, cuando esta secuencia es fácilmente cuantificable.

Se usa cuando es conveniente contratar los pagos en función a los metrados confirmados en campo cada vez que finaliza la ejecución real de

las partidas. En la mayoría de los casos, cuando se ha realizado un buen presupuesto, se cancela al contratista un monto ligeramente diferente al estimado previo a la firma del contrato.

Por ejemplo se desea calcular el costo unitario que implica la limpieza y nivelación de terreno suponiendo que se va a limpiar un área de 9,000 m² y los gastos por concepto de limpieza ascienden a \$ 3,330.00. El cálculo resulta de dividir los gastos por concepto de limpieza entre el área total a limpiar.

$$\text{CostoUnitario} = \frac{\text{Total costos de limpieza}}{\text{Área total}} = \frac{\$ 3330.00}{9000.00\text{m}^2} = \$0.37 / \text{m}^2$$

En el cuadro 5.3. se muestra un ejemplo de costos unitarios para la inspección general de un tanque de gasolina.

Cuadro 5.2.**RELACIÓN DE PARTIDAS QUE SERÁN OFERTADAS BAJO LA MODALIDAD DESUMA ALZADA (metrados solo referenciales).****Inspección General del Tanque 11-8.****(Diámetro 130 pies)**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT.	P. UNIT. (\$)	TOTAL (\$)
1.0.0	TRANSPORTE Y FACILIDADES				
1.1.0	TRANSPORTE DE EQUIPOS	GLB	1.00	4200.00	4200.00
1.2.0	TRANSPORTE DE MATERIAL	KG.	3402.23	0.007	23.82
1.3.0	ALOJ., ALIMENT Y TRANSP. DEL PERSONAL	GLB.	1.00	14.00	14.00
1.4.0	CONSTRUCCIÓN DE ALMACÉN	GLB.	1.00	200.00	200.00
2.0.0	REPARACIÓN INTERIOR (Inc. Planchas)				
2.1.0	LIMPIEZA MANUAL DE SUPERFICIE	MT ²	1322.19	2.00	2644.38
2.2.0	ARENADO COMERCIAL (Inspección)	MT ²	1322.19	5.00	6610.95
2.3.0	ARENADO METAL BLANCO				
2.3.1	SUPERFICIE PLANA	MT ²	1322.19	10.00	13221.90
2.3.2	TUBERÍA <= 6"	MT ²	1.06	11.00	11.66
2.4.0	PINTADO DOS CAPAS COALTAR (Inc. Pintura)				
2.4.1	SUPERFICIE PLANA	MT ²	1322.19	5.00	6610.95
2.4.2	TUBERÍA <= 6" DE DIÁMETRO	MT ²	1.06	11.00	11.66
3.0.0	REPARACIÓN EXTERIOR				
3.1.0	REPARACIÓN TECHO	KG.	300.00	10.00	3000.00
3.2.0	REPARACIÓN ESCALERA	Mt. L	200.00	3.00	600.00
3.3.0	ESMERILAR CORDONES/REBABA	Mt. L	1034.00	1.00	1034.00
3.4.0	FAB./INST. PASARELAS/BARANDAS DEL TECHO	Mt. L	125.48	5.00	627.40
3.5.0	FAB./INST. CANASTILLA (Inc. Barnda)	UN	1.00	20.00	20.00
3.6.0	ARENADO A METAL BLANCO				
3.6.1	SUPERFICIE PLANA	MT ²	3587.54	4.5	2655.59
3.6.2	ESTRUCTURAS	MT ²	457.41	10	4574.10
3.6.3	TUBERÍA <= 6" DE DIÁMETRO	MT ²	21.53	11.00	236.83
3.6.4	TUBERÍA > 6" DE DIÁMETRO	MT ²	59.19	12.00	710.28
3.7.0	PINTADO DOS CAPAS (Sist. Epoximastic) incluye pintura				
3.7.1	SUPERFICIE PLANA	MT ²	3587.54	5.00	17937.70
3.7.2	ESTRUCTURA	MT ²	457.41	6.00	2744.46
3.7.3	TUBERIA <= 6" φ	MT ²	21.53	11.00	236.83
3.6.4	TUBERIA > 6" DIAMETRO	MT ²	59.19	12.00	710.28
3.7.0	PINTADO DE LEYENDAS				
3.7.1	TK's CON CAPACIDAD >= 100 MB	UN	1.00	7.00	7.00
3.7.2.	TK's CON CAPACIDAD < 100 MB	UN	1.00	5.00	5.00
3.8.0	SELLADO DE PESTAÑA INFERIOR	Mt. L	125.48	10.00	1254.80
3.9.0	MANT. CAMARAS DE ESPUMA	UN	4.00	25.00	100.00
3.10.0	MANT. DE VALV. PRESION-VACIO	UN	14.00	10.00	140.00
4.0.0	OBRAS CIVILES				
4.1.0	REPARACION DE BASE DE ESCALERAS	MT ³	9.55	1.50	14.33
4.2.0	REPARACION DE VEREDA	MT ²	63.70	1.00	63.70
4.3.0	COMPACTADO SUB-BASE DE VEREDA	MT ³	9.55	1.50	14.33
	TOTAL				72235.95

CUADRO N° 5.3.

PARTIDA ASIGNADA AL METRADO BAJO LA MODALIDAD DE COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: REPARACION GENERAL DE TANQUE 553 DE REFINERIA TALARA

(Diámetro 120 pies)

PRESUPUESTOS						
PARTIDA	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	UNID.	METRADO	UNIT.	MONTO	
1	0	TRABAJOS PRELIMINARES				
1	1	TRANSP. MATER. PROPORC.	TN	120.00	7.63	915.60
1	2	TRASLADO DE CHATARRA	TN	90.00	7.18	646.20
1	3	ALMACEN PROVISIONAL EN	M2/MES	160.00	5.58	892.80
2	0	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO MENOR				
2	1	RETIRO DE SELLO ASFÁLTICO	ML	134.06	0.17	22.79
2	2	RETIRO DE SUMIDERO	UND	1.00	30.16	30.16
2	3	RETIRO Y TRANSPORTE DE MAT.	KG.	543.36	1.52	825.91
2	4	REINSTALACIÓN DE MUESTRA				
2	5	RETIRO DE VÁLVULAS <=2"	UND.	5.00	2.94	14.70
2	6	RETIRO DE VÁLVULAS 4"	UND.	2.00	5.61	11.22
2	7	RETIRO DE VÁLVULAS 6"	UND.	2.00	7.22	14.44
2	8	RETIRO DE VÁLVULAS 8"	UND.	5.00	8.01	40.05
2	9	RETIRO DE VÁLVULAS 12" Y	UND.	4.00	18.16	72.64
3	0	TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL				
3	1	EXCAVACIÓN ALREDEDOR	M3	24.13	2.27	54.78
3	2	RELLENO COMPACTADO	M3	30.16	2.59	78.11
3	3	BASES CONCRETO fc=210Kg	M3	3.00	75.86	227.58
3	4	ACERO FY=4200 TRABAJADO	KG	75.00	0.76	57.00
3	5	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	5.00	9.06	45.30
3	6	BUZÓN DE CONCRETO fc= 210Kg	UND.	1.00	163.83	163.83
3	7	PICADO DE TARRAJEO	M2	12.00	2.67	32.04
3	8	TARRAJEO FROTACHADO	M2	65.62	3.41	223.76
4	0	SUMINISTRO DE AGREGADOS				
4	1	SUMINISTRO DE HORMIGÓN	M3	50.00	6.81	340.50
4	2	ELIM. MATER. EXCEDENTE	M3	150.00	6.08	912.00
5	0	FACILIDADES PARA INSPECCIÓN				
5	1	ANDAMIOS COLGANTES	DIA	4.00	4.54	18.16
6	0	REEMPLAZO DE FONDO DE TANQUES				
6	1	APER. VENTANA PLANCHA 1	UND.	2.00	117.27	234.54
6	2	CERRADO VENTANA PLANCHADO	UND.	2.00	278.80	557.60
6	3	COLOCACIÓN DE SAND OIL	M2	16.00	3.55	56.80

PROYECTO: REPARACION GENERAL DE TANQUE 553 DE REFINERIA TALARA

PRESUPUESTOS						
PARTIDA	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	UNID.	METRADO	UNIT.	MONTO	
7	0	TRABAJOS RELACIONADOS - CAMBIO FONDO				
7	6	CERRADO DE MANHOLE DE 24"	UND	2.00	177.42	354.84
7	8	CERRADO DE MANHOLE DE 30"	UND	2.00	282.52	565.04
8	0	CONFECCIÓN E INSTALACIÓN DE PREFABRICADOS				
8	1	CONF. E INST. SUMIDERO 6"	UND	1.00	676.73	676.73
9	0	REPARACIONES DEL FONDO, CILINDRO Y TECHO				
9	1	PLANCHAS DE REFUERZO	KG	816.20	0.72	587.66
9	2	SOLDAURA DE FILETE DE	ML	18.00	4.35	78.30
10	0	TRABAJOS VARIOS				
10	1	IMPERMEABILIZACIÓN DE LA CUBIERTA	ML	134.06	2.55	341.85
10	2	CONFECCIÓN DE POZO A TIERRA	UND	1.00	266.66	266.66
10	3	CONFECCIÓN DE SOPORTE A	UND	3.00	39.54	118.62
10	4	INSTALACIÓN DE SOPORTE A	UND	3.00	14.40	43.20
10	5	CONFECCIÓN DE TAPAS D	UND	2.00	17.03	34.06
11	0	ACCESORIOS				
11	3	CORTE DE TUBERÍAS 4"	UND	10.00	5.00	50.00
11	5	CORTE DE TUBERÍAS 8"	UND	2.00	9.76	19.52
11	10	UNIÓN SOLDADA DE TUBERÍA	UND	20.00	11.95	239.00
11	12	UNIÓN SOLDADA DE TUBERÍA	UND	8.00	25.66	205.28
11	17	MANIPULEO DE TUBERÍAS DE 4"	ML	400.00	1.19	476.00
11	19	MANIPULEO DE TUBERÍAS DE 8"	ML	50	1.78	89.00
11	22	INSTALACION DE VÁVULAS BREAK	UND	5.00	19.50	97.50
11	24	INSTALACION DE VÁVULAS BREAK	UND	2.00	55.14	110.28
11	25	INSTALACION DE VÁVULAS BREAK	UND	2.00	58.04	116.08
11	26	INSTALACION DE VÁVULAS BREAK	UND	5.00	116.09	580.45
11	28	INSTALACION DE VÁVULAS BREAK	UND	4.00	152.07	608.28
11	31	UNIÓN DE DOS BRIDAS DE 4	UND	12.00	21.69	260.28
11	33	UNIÓN DE DOS BRIDAS DE 8	UND	4.00	35.04	140.16
11	35	UNIÓN DE DOS BRIDAS DE 10	UND	8.00	72.63	581.04
12	0	RETIRO E INSTALACIÓN DE BOQUILLAS				
12	1	RETIRO DE BOQUILLAS DE 8"	UND	2.00	129.33	258.66
13	0	CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ESCALERAS Y PLATAFORMAS				
13	1	CONFECCIÓN E INSTALAC.ESCALERA	KG	3500.00	1.10	3850.00

PROYECTO: REPARACION GENERAL DE TANQUE 553 DE REFINERIA TALARA

PRESUPUESTOS					
PARTIDA	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	UNID.	METRADO	UNIT.	MONTO
14	0	TRABAJOS DE ARENADO			
17	1	ARENADO SOPLETEADO	M2	1430.00	2.03 2902.90
17	2	ARENADO COMERCIAL	M2	500.50	3.51 1756.76
17	3	ARENADO METAL BLANCO	M2	2125.87	6.08 12925.29
17	4	ARENADO METAL BLANCO	M2	131.26	6.68 876.82
17	5	ARENADO METAL BLANCO	M2	97.14	6.53 634.32
17	6	ARENADO METAL BLANCO	M2	599.21	6.39 3828.95
17	7	ARENADO METAL BLANCO	M2	4660.42	7.60 35419.19
17	8	ARENADO DE METAL BLANCO	M2	37.32	7.99 298.19
15	0	TRABAJOS DE PINTURA (INCLUYE SUMINISTRO DE PINTURA)			
18	1	PINTADO 1 CAPA DE PINTURA	M2	1808.46	4.06 7342.35
18	2	PINTADO 2 CAPAS DE PINTURA	M2	2953.48	10.14 29948.29
18	10	ROTULADO Y NUMERACIÓN	M2	12.00	7.60 91.20
18	11	PINTADO 3 CAPAS SOBRE SUPERFICIE	M2	4660.42	10.54 49120.83
18	12	PINTADO 3 CAPAS SOBRE BASE	M2	37.32	12.08 450.83
16	0	PRUEBAS EN TANQUES			
16	3	PRUEBA DE VACIO DE FONDO	M2	1430.00	0.20 286.00
16	7	PRUEBA DIESEL PERIMETRO	ML	134.05	0.55 73.73
16	11	PRUEBA HIDROSTATICA	TQ	1.00	447.38 447.38
17	0	TRABAJOS EN MUROS CONTRA INCENDIO			
17	1	DEMOLICION DE MUROS DE	M3	20.00	3.98 79.60
17	2	CONSTR. E INST. DE ESCALERA	ML	59.04	50.69 2992.74
17	3	LIMPIEZA Y NIVELACION DE	M3	200.00	2.17 434.00
17	4	PERFILADO Y COMPACTADO	M2	3026.64	3.55 10744.57
17	5	CONFORMADO A MANO DE	M3	180.00	10.53 1895.40
17	6	IMPERMEABILIZACION DE	M2	3026.64	3.73 11289.37
17					
18	0	REPARACION DE PISTAS ASFALTADAS			
18	1	ROTURA Y REPARACION DE PISTAS	M2	90.00	10.36 932.40
19	0	TRABAJOS EN TANQUES DE TECHOS FLOTANTES			
	1	RETIRO DE SELLO DE TANQUE	ML	134.06	1.94 260.08
	2	INSTALACION DE SELLO EN	ML	134.06	5.69 762.80
	3	RETIRO DE REINSTALACION	UND	146.00	21.21 3096.66
	5	MANTENIMIENTO DE	UND	146.00	16.71 2439.66
	6	RETIRO DE TUBO DE MEDICION	UND	1.00	145.32 145.32

PROYECTO: REPARACION GENERAL DE TANQUE 553 DE REFINERIA TALARA

PRESUPUESTOS					
PARTIDA	DESCRIPCION DE LA PARTIDA	UNID.	METRADO	UNIT.	MONTO
7	CONFECCION E INSTALACION	UND	1.00	664.60	664.60
9	RETIRO DE SISTEMA DE	UND	1.00	143.98	143.98
11	SOLDADURA DE	ML	1369.20	8.73	11953.12
14	MANTENIMIENTO Y NIVELACION	UND	56.00	5.02	281.12
15	RETIROS DE PLANCHAS DEL	KG	1650.00	0.16	264.00
16	INSTALACION DE PLANCHAS	KG	1650.00	0.35	577.50
17	ARMADO Y RETIRO DE OBRAS	KG	750.00	0.07	52.50
21	REEMPLAZO DE SOPORTES	UND	15.00	35.48	532.20
23	CONF. E INST. PINES DE	UND	15.00	12.67	190.05
24	SUM. E INST. PASADORES	UND	15.00	1.01	15.15
20	0 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS				
20	1 TOMA DATO CUBIC TK >60	UND	1.00	207.83	207.83
	TOTAL COSTO DIRECTO				214153.65
	GASTOS GENERALES				21415.37
	UTILIDAD				21415.37
	COSTO TRABAJOS				256984.38
	SUMINISTRO DE MATERIALES				2000.00
	COMISION (5%)				100.00
	COSTO MATERIALES				2100.00
	TORAL GENERAL		US \$		259,084.38

5.5. RUTA CRITICA.

La ruta crítica de una red de secuencias de un proyecto de inspección general de tanques, representa la duración mínima que se necesita para completar la red.

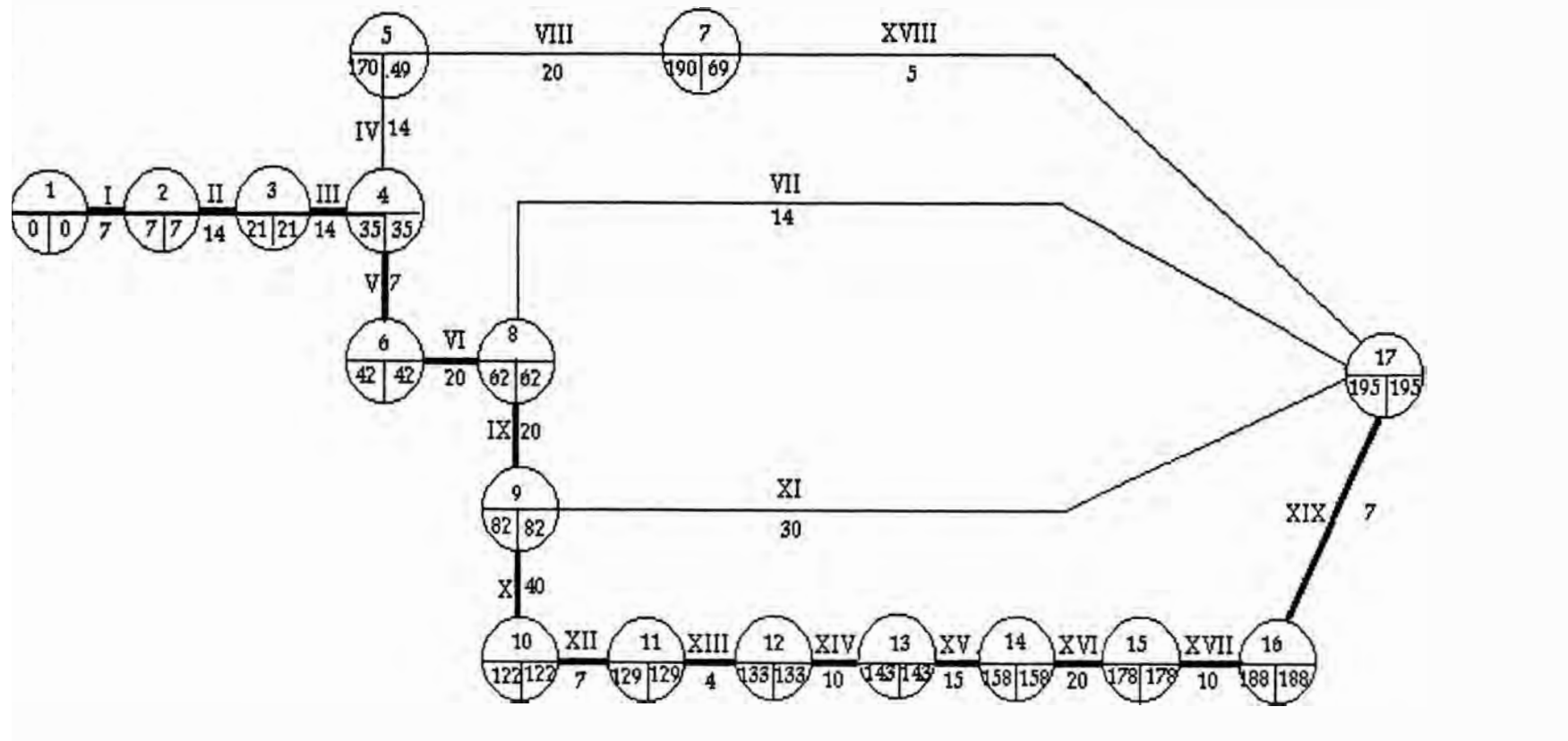
La técnica PERT se centra en la asignación de recursos, no para reducir el tiempo de la ruta crítica (por que no es posible), sino para que aquellas actividades que se encuentran dentro de la misma empiecen y terminen en el tiempo programado.

Con el fin de explicar brevemente este concepto, se muestra un diagrama PERT en la figura 5.5-1, para las actividades que se desarrollarán en la inspección – reparación general de un tanque, de manera resumida y de acuerdo al cronograma de actividades del cuadro 5.5-2.

FIGURA 5.5-1

USO DEL PERT PARA DETERMINAR LA RUTA CRÍTICA

Como podrá apreciarse, el camino crítico está señalado por la línea de mayor espesor y ésta asciende a 195 días, que representa la culminación del trabajo en este tiempo



Cuadro 5.5.2. CRONOGRAMA DE EJECUCION EN LA INSPECCION Y REPARACION GENERAL DE TANQUES DE GASOLINA.

OPERACIONES OLEODUCTO								
DEPTO: MANTENIMIENTO - UNIDAD DE INGENIERÍA						FECHA: 31-12-1999		
TÍTULO DEL PROYECTO: EXPEDIENTE PARA INSPECCIÓN - REPARACIÓN GENERAL DE TANQUES DE GASOLINA						MONTO: \$ 30 000.00		
		MESES						
Nº	ACTIVIDADES	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
I	Facilidades	7						
II	Limpieza preliminar	7-14						
III	Inspección preliminar		14					
IV	Retiro accesorios		14					
V	Instalación de facilidades II		7-20					
VI	Arenado preliminar			20				
VII	Pintura preliminar			14				
VIII	Reparación accesorios			20				
IX	Inspección principal			20				
X	Cambio de fondo				40			
XI	Trabajos diversos				30			
XII	Inspección soldaduras finales					7		
XIII	Prueba hidrostática tanque						4	
XIV	Inspección total						10	
XV	Arenado final							15
XVI	Pintura principal							20
XVII	Trab. Prevenc. Corrosión							10
XVIII	Instalación accesorios							5
XIX	Inspección final							7

El presente diagrama representa el conjunto de actividades que se desarrollarán para determinar en qué tiempo se llevará a cabo el mantenimiento y reparación general de un tanque de gasolina cualquiera.

Las actividades han sido reducidas para explicar de manera didáctica cómo se maneja el cálculo de la ruta crítica.

CONCLUSIONES.-

- En la gestión de mantenimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, luego del periodo de lluvias torrenciales del año 1983, la oportuna recopilación y clasificación de información, vía inspecciones externas e internas de los tanques, ha facilitado un adecuado control de la corrosión.
- El análisis de la información recopilada, ha permitido determinar los diferentes tipos de corrosión que afectan a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y las zonas donde se presentan de manera crítica, en sus diferentes niveles de incidencia. Es así que, en Refinería Talara, la corrosión en el fondo de tanques resultó de mayor frecuencia, seguida por las fallas en los techos flotantes externos construidos con acero. Adicionalmente, dentro de un programa de control de corrosión, estos análisis permitieron establecer sistemas de protección para prevenir fallas por corrosión en tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
- La información recopilada y su análisis, ha servido para la elaboración de criterios de control, en la prevención de fallas por corrosión en tanques de almacenamiento de hidrocarburos y lograr el mínimo riesgo de contaminación del combustibles; manejo controlado de las mermas dentro de los rangos permisibles de Ley; evitar la contaminación ambiental debido a fugas; reducción de riesgos de incendio; reducción del costo de mantenimiento y pérdida de capacidad de almacenamiento de la Refinería debido a tanques fuera de servicio.
- En la protección de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, la adecuada selección del diseño y los materiales durante las reparaciones, así como la adecuada selección y aplicación de los sistemas de recubrimiento ó pinturas industriales, son los medios más importantes para prevenir la corrosión en los mismos.

- La inversión destinada al cumplimiento del mantenimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos; así como en la aplicación de nuevas tecnologías para la inspección y control de corrosión; se compensa ampliamente con el resultante incremento de la confiabilidad del sistema de almacenamiento de la Refinería.
- La instalación de techos flotantes, del tipo externo ó interno, en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, se proyectaron tomando en cuenta su baja susceptibilidad a la corrosión. Estos techos, por su principio de diseño de mantenerse en contacto con la superficie del hidrocarburo almacenado, reducen los riesgos de corrosión de los materiales de acero expuestos a los vapores del hidrocarburo, así como los riesgos de contaminación del medio ambiente y las consecuentes pérdidas económicas debido a las mermas.

RECOMENDACIONES.-

- Cumplir estrictamente con los programas de inspección y reparación de tanques, reservando oportunamente los fondos para su ejecución, así como promover la capacitación del personal responsable en modernas técnicas de inspección y de prevención de la corrosión en tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
- Continuar con las pruebas e investigaciones en el uso de sistemas no convencionales de inspección de tanques (especialmente los fondos) y la evaluación continua de nuevas tecnologías de control de la corrosión.
- La selección y aplicación de recubrimientos ó pinturas en tanques, se debe realizar tomando en cuenta las Normas y Estándares internacionales, así como los estándares que los Profesionales de la Refinería Talara han desarrollado. Las recomendaciones de los fabricantes de pinturas debe ser revisadas y analizadas por personal de PETROPERU S.A.
- Efectuar el análisis técnico económico a todos los tanques de almacenamiento de gasolinas de techo fijo, para definir la factibilidad de instalar techo flotante interno (sábana) ó transformarlo al tipo techo flotante externo, y de esta manera disminuir el contacto de los materiales de acero con vapores de hidrocarburos, disminuyendo la susceptibilidad a la corrosión.

Bibliografía.-

- "Design and Corrosion Control"
V. Roger Pludek, Halsted Press, 1997
- Normas API: "American Petroleum Institute"
Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. 2000
- "Estándares de Ingeniería de PETROPERU S.A"
Petróleos del Perú S.A. 1990 – 2000
- Normas: NACE "National association of corrosion Engineers"
Prevenções contra corrosion en tanques de hidrocarburos.
1990 - 2000
- "Inspection and Maintenance of oil storage tanks"
Japan (JCCP), 1987
- "Ethyl Specification API – Tanks"
Ethyl Corporation, USA 1990
- "Corrosion and its Prevention"
JCCP (Japan Cooperation Center for Petroleum) 1991
- "Corrosion and Inspection of Refinery Equipment"
Yokkaichi Refinery – Japán. 1991

ANEXO-1

ESTANDARES DE INGENIERIA PARA MANTENIMIENTO DE TANQUES.

PETROPERU

Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Noviembre 98	PLAN GENERAL DE MANTENIMIENTO TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO Y DERIVADOS	SI4-90-01
Rev. 2		Pág. 1 de 1

PLAN DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCION

LISTA DE TRABAJOS

- | | | |
|---------------------------------------|--|--|
| 1. Cada seis meses | Mantenimiento de respiradores atmosféricos y de presión/vacío de tanques de almacenamiento de productos. | <u>SI3-47-03</u> |
| 2. Cada año | Mantenimiento de respiradores atmosféricos y de presión/vacío de tanques de almacenamiento de productos. | <u>SI3-47-03</u> |
| 3. De acuerdo a programa
SI1-10-05 | Inspección general, Tk de techo fijo
Inspección general , Tk de techo flotante
Inspección general de tanques esféricos | <u>SI1-10-01</u>
<u>SI1-10-02</u>
<u>SI1-13-04</u> |





Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Noviembre 98	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO REFINERIA TALARA	SI1-10-05
Rev. 1		Pág. 1 de 2

1. OBJETIVO

Normar la frecuencia de mantenimiento de los tanques de almacenamiento de crudo y productos de Refinería Talara. Esta frecuencia de mantenimiento se basa en la experiencia obtenida de los mantenimientos anteriores de los tanques, en Refinería Talara y en las actuales reparaciones mayores que se vienen efectuando, de acuerdo a normas y estándares, lo que garantiza la operación por un período de tiempo mayor que el que se estimó a mediados de la década pasada.

2. RECOMENDACIÓN GENERAL

Todos los tanques deberán contar con el sello de hermeticidad en la periferia del fondo, lado exterior, para evitar la corrosión de las planchas por "crevice corrosión", deberán contar con su respectiva base de "sand-oil" en el fondo y efectuar el pintado interior del fondo en los casos que se ameritan. En aquellos tanques que no tuvieran el sello, se les deberá instalar, haciendo uso de sello con base asfáltica u equivalente. La acción de la corrosión debido a la "crevice" por falta de sello asfáltico puede originar fallas en los fondos antes del tiempo estimado para su inspección general.

3. INSPECCION GENERAL

Es la puesta fuera de servicio del tanque para su limpieza respectiva, efectuar la inspección y reparación integral, estas acciones son necesarias para restituir la confiabilidad del mismo. La frecuencia es la siguiente:

SERVICIO	FRECUENCIA
Crudos, aceites lubricantes, destilados ligeros, ABN.	15 años
Gasolina, turbo, kerosene, diesel, slop, solventes, nafta, lastre.	12 años
Agua potable, ablandada, desmineralizada	12 años
Gasóleo, asfaltos y residuales no considerados en los ítems anteriores.	20 años
GLP	4 años
Acidos, álcalis	6 años

4. PINTURA INDUSTRIAL

PINTURA EXTERIOR

- Se efectuará el pintado total coincidiendo con la Inspección General del tanque, de acuerdo a los resultados de la inspección de la pintura.
- Se efectuará el mantenimiento de la pintura cada 6 años después de aplicada. El mantenimiento consistirá en el resane de áreas falladas de pintura y aplicación de imprimante y esmalte para restituir el espesor y la estética del tanque.



Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Noviembre 98	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO REFINERIA TALARA	SI1-10-05
Rev. 1		Pág. 2 de 2

- Para el caso específico de los tanques de techo flotante se efectuará la inspección del estado de la pintura del techo cada 2 años de aplicada y enseguida se procederá con la limpieza con trapo humedecido con detergente industrial y resanado de las áreas falladas si las hubiera.

PINTURA INTERIOR

- Se efectuará el pintado total coincidiendo con la Inspección General del tanque.
- Cada 6 años de aplicada la pintura deberá abrirse el tanque para la inspección y mantenimiento de esta. Para ello se efectuará la limpieza interior teniendo cuidado en no golpear las planchas a fin de no deteriorar la pintura. Luego de la inspección se procederá con las reparaciones de la pintura fallada. Si la medición de la pintura resultara cercana a un 80% del espesor original y no menos, no será necesario aplicar una nueva capa, caso contrario, se aplicará una capa de pintura adicional.
- El tipo de pintura a aplicar en el interior de los tanques y los espesores de película serán los siguientes:

SERVICIO	TIPO DE PINTURA	ESPESOR
Crudo: Pintado fondo y primer anillo. Si tiene techo flotante también se pintará en anillo superior.	Epoxy fenólico novolac	10 mils
Gasolinas y todo producto aditivado con TEL y MTBE: Pintado total.	Epoxy fenólico novolac	10 mils
MTBE: Pintado total,	Epoxy fenólico novolac	20 mils
Agua desmineralizada, ablandada: Pintado total.	Epoxy amina de altos sólidos.	10 mils
Kerosene, diesel y producto neutralizado con álcalis: Pintado total	Epoxy fenólico novolac	10 mils

Nota: La modificación de la tabla está supeditada a la innovación de nuevos tipos de pintura, así como a la experiencia que se logre con los nuevos resultados de las pinturas.

Situaciones particulares pueden originar cambios en el sistema de pintura, por ejemplo, aplicación de masillas. Esta situación será recomendada por el personal de inspección antes de proceder al pintado del equipo.

El mantenimiento de la pintura interior es esencial para preservar las planchas contra la corrosión originado por los productos almacenados.



Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 98	TANQUES DE ALMACENAMIENTO INSPECCION GENERAL DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE	SI1-10-02
Rev. 4		Pág. 1 de 3

LISTA DE TRABAJOS

1. CILINDRO:

- a) Aislar el tanque instalando platos o bridas ciegas en todas las líneas de entrada y salida de producto.

Retirarlas al término de los trabajos.

- b) Abrir todos los manholes del cilindro y techo.
- c) Instalar sistema de iluminación y ventilación interiormente para facilitar los trabajos de limpieza, inspección y reparación.

Esta facilidad debe proporcionarse ya que el ambiente de trabajo se reduce debido a que el techo flotante y todos sus soportes descansan en el fondo quedando a una altura de aprox. 8' -0" .

- d) Retirar todas las válvulas que conectan al tanque y enviarlas al Taller de Calderería para su mantenimiento general. Volverlas a instalar, luego de su inspección/reparación.

Todas las válvulas deben ser de acero fundido (cast steel) o acero forjado (forged steel) según normas no debe usarse material de bronce, hierro maleable, fierro fundido.

- e) Limpiar la superficie interior de las planchas del primer anillo inferior, para inspeccionar. Esta limpieza debe ser mecánica y exhaustiva (arenado comercial).
- f) Inspeccionar el estado de las planchas interiormente y tomar espesores con ultrasónicos. Este trabajo lo efectuará el Inspector.
- g) Limpiar exhaustivamente las caras sellantes de las bridas de manholes y boquillas para obtener un buen sello de la empaquetadura.

Reemplazar todas las empaquetaduras.

- h) Revisar el sistema automático de medición (cable, flotador y otros componentes), en los tanques en que se usa este sistema.
- i) Inspeccionar el estado de la base del tanque. Repararla según recomendación.
- j) Armar balso exteriormente para inspección de pintura y verificar estado mecánico de las planchas de los anillos, según indicaciones del inspector.



Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 98	TANQUES DE ALMACENAMIENTO INSPECCION GENERAL DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE	SI1-10-02
Rev. 4		Pág. 2 de 3

2. TECHO

- a) Revisar y/o enviar a Calderería los respiradores (Automatic Bleeder Vent). Ver estado de empaque de sello, asimismo, su sistema de fijación.
- b) Revisar y restituir planchas deterioradas, deformadas, deslizadas en los contrapesos de las barras de suspensión del sello. Estas planchas de 4" x 6" x ¼" van fijadas entre si, con soldadura.

- c) Revisar los pines y pasadores de las guías/soportes del techo.

Reemplazar los que se encuentren deteriorados.

- d) Revisar los sistema de drenaje (Sifones). Reemplazar lo que se encuentre en mal estado (tubo, caja, tapón). Limpiar el interior de las cajas.

- e) Efectuar limpieza exhaustiva a la superficie interna y externa de las planchas del techo para inspeccionarlas. El tipo de limpieza será determinada según el grado de suciedad encontrada.

- f) Limpiar interiormente los pontones, para inspeccionarlos. Proveer iluminación, luego efectuarles prueba de hermeticidad (con agua).

Reparar de acuerdo a Recomendación.

- g) Revisar todo el sistema de drenaje (swing joints) ubicada interiormente. Revisar línea, cajón recolector, válvula chech (sólo para los tanques que tienen este sistema).

- h) Limpiar y lubricar las partes movibles de sistema de la guía de ascenso y descenso del techo y del tubo de medición.

- i) Revisar totalmente el sello del techo flotante (pernos, platinas, planchas deslizadoras, etc.). Efectuar reparaciones y/o reemplazos por recomendación del Inspector.

3. FONDO

- a) Efectuar limpieza general para remover y evacuar los residuos (Referirse al estándar SI3-36-02).

- b) Una vez evacuado los residuos totalmente, efectuar limpieza mecánica a la superficie de las planchas y cordones de soldadura para obtener un grado de limpieza óptima para inspección.

- c) Sacar muestras de plancha (+- 3' x 4') y limpiarlas con baño de arena, para inspeccionarlas.

De esta inspección se concluirá el estado general de las planchas del fondo. Las áreas a muestrear serán determinadas y marcadas en el sitio por el Inspector.

- d) Tomar niveles en el fondo del tanque para verificar si el sumidero se encuentra en ubicación correcta, es decir, en la parte más baja del fondo. En caso contrario, reubicarlo.



Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 98	TANQUES DE ALMACENAMIENTO INSPECCION GENERAL DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE	SI1-10-02
Rev. 4		Pág. 3 de 3

4. ESCALERAS

- a) Escalera interna: Inspeccionar y lubricar los elementos movibles . Revisar rieles conductores.
- b) Escalera externa : Inspección de bases (descubrirlas si se encontrase enterradas), soportes, peldaños, pasamanos, plataformas. Reemplazar lo que se encuentre en mal estado, según Recomendación del Inspector.

5. LINEAS

- a) Descubrir tramos de tubería enterrada que atraviesan los muros contra incendio y las enterradas y/o semienterradas en el área interna, entre el muro C, Inc. y el tanque.
- b) Inspeccionar y reemplazar líneas en mal estado según recomendación del Inspector.
- c) Reparar escuadras de desagüe. Reemplazar tapas (si fuera necesario) por recomendación del Inspector.

6. SISTEMA A TIERRA

Revisar el sistema a tierra. Reemplazar lo que se encuentre en mal estado.

7. LIMPIEZA DEL AREA

Efectuar limpieza total del área evacuando todo el material inservible.
Transferir a stock los materiales nuevos sobrantes.

8. Inspeccionar y reparar el muro Contra Incendio (Si lo requiere), de acuerdo al Estándar de Ingeniería SI3-47-01.
9. Al final de los trabajos de reparación efectuar prueba hidrostática.

NOTA : Todos los trabajos mayores como : reemplazo total de fondo, de techo, reparaciones potenciales en el cilindro, serán coordinadas de acuerdo a la Recomendación emitida por el Inspector.

ANEXO-2

INFORMES Y DOCUMENTOS USADOS EN INSPECCION DE TANQUES.

ANEXO – A .

INFORMES DE INSPECCION PRELIMINAR DEL TANQUE DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE # 553.

Inspección N° 323-98

Asunto: *Inspección fondo del tanque # 553*

En la inspección efectuada al fondo del tanque, se observó lo siguiente:

- a). Las 12 planchas muestras retiradas, presentan avanzada corrosión exterior, encontrándose "pits" de corrosión de 3/32" hasta 5/32" de profundidad, asimismo se ha observado desgaste por corrosión interior en el fondo del tanque. El espesor original del fondo es ¼ " Rs.
- b). Se aprecia una deformación notable de las planchas del fondo del Tk probablemente, por desnivel del terreno, apreciándose una elevación aproximada de 3' de altura en la zona central del fondo.

Cabe indicar, que el fondo del Tk es original tiene una antigüedad de 38 años, se construyó en 1957. A este fondo en marzo de 1982 se le efectuó una reparación parcial (reforzamiento) instalándose un anillo circunferencial de 12' de ancho.

Recomendamos efectuar el reemplazo total del fondo del Tk., Utilizando planchas de 5/16" de espesor, material de acero al carbono ASTM A-283 gr "G" o ASTM A-36.

Para efectuar el reemplazo, proceder a retirar totalmente las planchas del fondo antiguo debido a la fuerte deformación que presenta en la parte central. Luego se inspeccionará el terreno para evaluar su estado y determinar trabajos a efectuarse.

Además verificar la verticalidad del Tk y tomar medidas del nivel actual del fondo.

Inspección N° 404-99

Asunto: *Reparación de cordones de soldadura - TQ 553*

De la inspección de las paredes interiores del cilindro, en la zona del cordón de soldadura se detectaron numerosas socavaciones.

Recomendamos rellenar los cordones de soldadura, lado interior, de los tres primeros anillos del cilindro según lo siguiente:

1. Esmerilar en bisel de 60°.
2. Profundizar hasta 3/16”.
3. Rellenar con electrodo AWS E 7018.

Inspección N° 414-99.

Asunto: Pintado interior del tanque 553

El cilindro del tanque 553 presenta la superficie interior bastante irregular debido al ataque corrosivo del producto almacenado. En tales circunstancias la aplicación de la pintura no es conveniente debido a la deficiente o nula adherencia de ésta sobre las zonas más bajas de la superficie.

En tal sentido se recomienda efectuar lo siguiente:

1. Cilindro.

a). 1era Capa:

- ✓ Masilla epóxica 100% sólidos marca Devoe, producto DEVMAT 144.
Espesor promedio: 0.0625”
- ✓ Rendimiento: 16 pie²/gln (considerando pérdidas del orden del 30%).
- ✓ Cantidad: 350 gln (cubrir las imperfecciones de los 03 anillos interiores del cilindro)
- ✓ Preparación de la superficie: arenado cercano al metal blanco.
- ✓ Costo referencial: 70 USS. \$/gln + I.G.V.

b). 2da Capa:

- ✓ Pintura epóxica 100% sólidos marca Devoe producto DEVMAT 111 espesor de película seca: 10 mils.
- ✓ Rendimiento: 112 pie²/gln
- ✓ Cantidad requerida: 160 glns (cubrir todo el cilindro. En los anillos 4to y superiores arenar cercano al metal blanco y aplicar la pintura).
- ✓ Color: “Buff”

c). 3era Capa:

- ✓ Idem al item (1.6) color: “Mist Gray”
- ✓ Costo referencia: 7.3. USS. \$/gln. + I.G.V.

d). Adelgazante.

- ✓ Thinner T-10 Devoe
- ✓ Cantidad: 110 glns
- ✓ Costo referencial: 14.50 U.S.\$/gln + I.G.V.

2. Techo.

a). 1era Capa:

- ✓ Pintura epóxica 100% sólidos. Marca Devoe - producto DEVRAM 184.
- ✓ Espesor de película seca: 08 mils.
- ✓ Color : rojo óxido
- ✓ Rendimiento : 140 pie²/gln.
- ✓ Cantidad requerida: 122 glns.
- ✓ Costo referencial : 70. U.S. \$/gln + I.G.V.

b). 2da Capa:

- ✓ Idem al anterior
- ✓ Color: "Mist Gray"

c). Diluyente:

- ✓ Thinner T-10 Devoe
- ✓ Cantidad: 36 gln.

3. Fondo.

a). 1er Capa:

- ✓ Pintura epóxica 100% sólidos. Marca Devoe - Producto DEVMAT 111
- ✓ Cantidad requerida; 145 glns (10 mils espesor de película seca) color Buff.

b). 2da Capa:

- ✓ Idem al anterior. color Mist Gray

c). Diluyente:

- ✓ Thinner T-10 Devoe, 40 glns

La aplicación de la pintura deberá contar con la asistencia técnica de la firma Maincco S.A.

El tipo de pintura 100% pulidos son de última generación y su uso se viene extendiendo debido al mínimo contenido de elementos contaminantes. La marca recomendada se viene utilizando en Petrotech Peruana S.A.

Inspección N° 441-99.

Asunto: Techo Flotante del tanque 553.

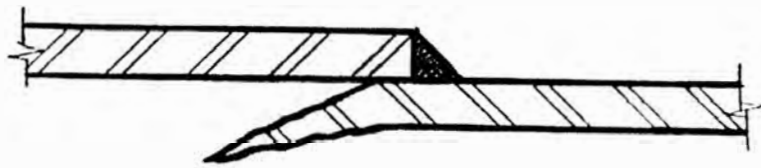
Luego de efectuada la limpieza (arenado comercial) de las uniones traslapadas del techo flotante del tanque N° 553 se ha observado lo siguiente:

1. Algunas uniones con excesivo desgaste por corrosión, observándose la plancha filosa en el extremo. Ver figura - a.
2. Uniones con acumulación de óxido que ha originado la deflexión de la plancha (ver Fig. b). Esta condición originó falla de soldadura y pase de gasolina, durante el servicio (falla del techo).
3. Uniones con acumulación de óxido en menor grado (Ver figura c).
4. Apreciable desgaste por corrosión en las planchas del fondo adyacente a los "manholes" (forma cuadrada).
5. Corrosión general en las planchas verticales de los pontones adyacentes al cilindro, alcanzando una altura de 40 cm. (nivel del liquido); profundidades de hasta de 1/8" (> 50% del espesor de la plancha).
6. Exteriormente no se observan problemas de corrosión.

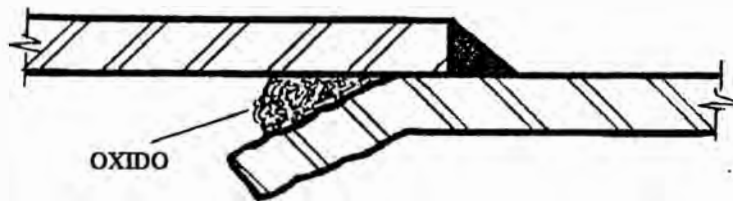
Recomendación.

1. A fin de brindar la confiabilidad del techo flotante se recomienda el reemplazo de las planchas en todas las uniones traslapadas. La instalación del segmento nuevo se hará soldando a tope e instalando platinas cubrejuntas. Utilizar plancha de acero al carbono ASTM A36 de 3/16" de espesor. La soldadura se hará por ambos. Primeramente completas desde el lado superior, luego esmerilar el pase de raíz en desde el lado inferior y rellenar con soldadura. Instalar la platina cubrejuntas. Utilizar electrodo AWS E 7018.
2. Retirar los "manholes" cuadrados, retirar las planchas de refuerzo. Luego de lo anterior se inspeccionará para determinar la magnitud del reemplazo.
3. Reemplazar 40 cm de altura de las planchas verticales de los pontones, adyacentes al cilindro (desde el nivel del liquido hacia abajo). Efectuar prueba de hermeticidad a la soldadura mediante baño con kerosén. La soldadura deberá efectuarse por ambos lados de la plancha.

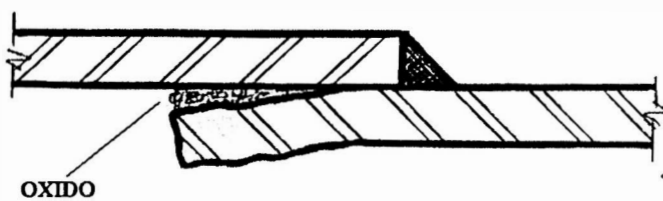
Nota: Reemplazar los tubos soportes del techo y sus guías. Presentan desgaste por corrosión. Usar material: Tubos soporte: ASTM A53 sch 80, 3" ϕ y para Tubos Guías: ASTM A53 sch 80, 4" ϕ .



(a) Corrosión en planchas inferiores de uniones traslapadas.



(b) Abundante depósito de óxido. Esfuerzo fatiga la soldadura.



(c) Se inicia la corrosión - ligera cantidad de óxidos.

Inspección N° 458-99.

Asunto: *Tanque 553. Pontones / fondo.*

1. La plancha inferior de los pontones en algunas áreas termina en una pestaña de 1 a 2 pulg. de longitud en la pared cilíndrica interior (ver figura d). Esta pestaña ha permitido estancamientos del producto que originó la comisión de la plancha y probable ataque de la soldadura de unión cilindro-plancha inferior.

Recomendación.

Retirar todas las pestañas existentes. De ser necesario, corregir el cordón de soldadura. Donde se observe que la plancha está delgada, luego de retirada la pestaña, será necesario cortar el área afectada e instalar nueva plancha.

2. Actualmente se viene adecuando el terreno para la instalación del nuevo fondo, existiendo la alternativa de instalar éste directamente, es decir sobre el terreno compactado.

Recomendación.

Instalar capa de "sand oil", según estándar (SI3-02-19 Standard PETROPERU). Esta recomendación se fundamenta en que se ha observado anteriormente que cuando la capa freática sube, el terreno por ósmosis se humedece casi a flor del suelo. El "sand oil" adicional ofrecerá mayor resistencia y protegerá mejor al fondo del tanque.

Nota: Tener cuidado en no contaminar el terreno con el óxido existente en el techo del tanque.

Inspección N° 934-99.

Asunto: *Pontones del tanque 553.*

Durante el refuerzo de los cordones de soldadura de la plancha periférica interior con las del fondo, de los pontones, se ha observado apreciable desgaste en las planchas del fondo que no permiten efectuar un buen cordón de soldadura.

En tal sentido recomendamos retirar un anillo de 12 pulg. de ancho en la periferia de las planchas del fondo de los pontones e instalar nuevo anillo de plancha de acero al carbono ASTM A283 Gr. C o A36 de 3/16" de espesor.

Fecha: Ingeniero Inspector:

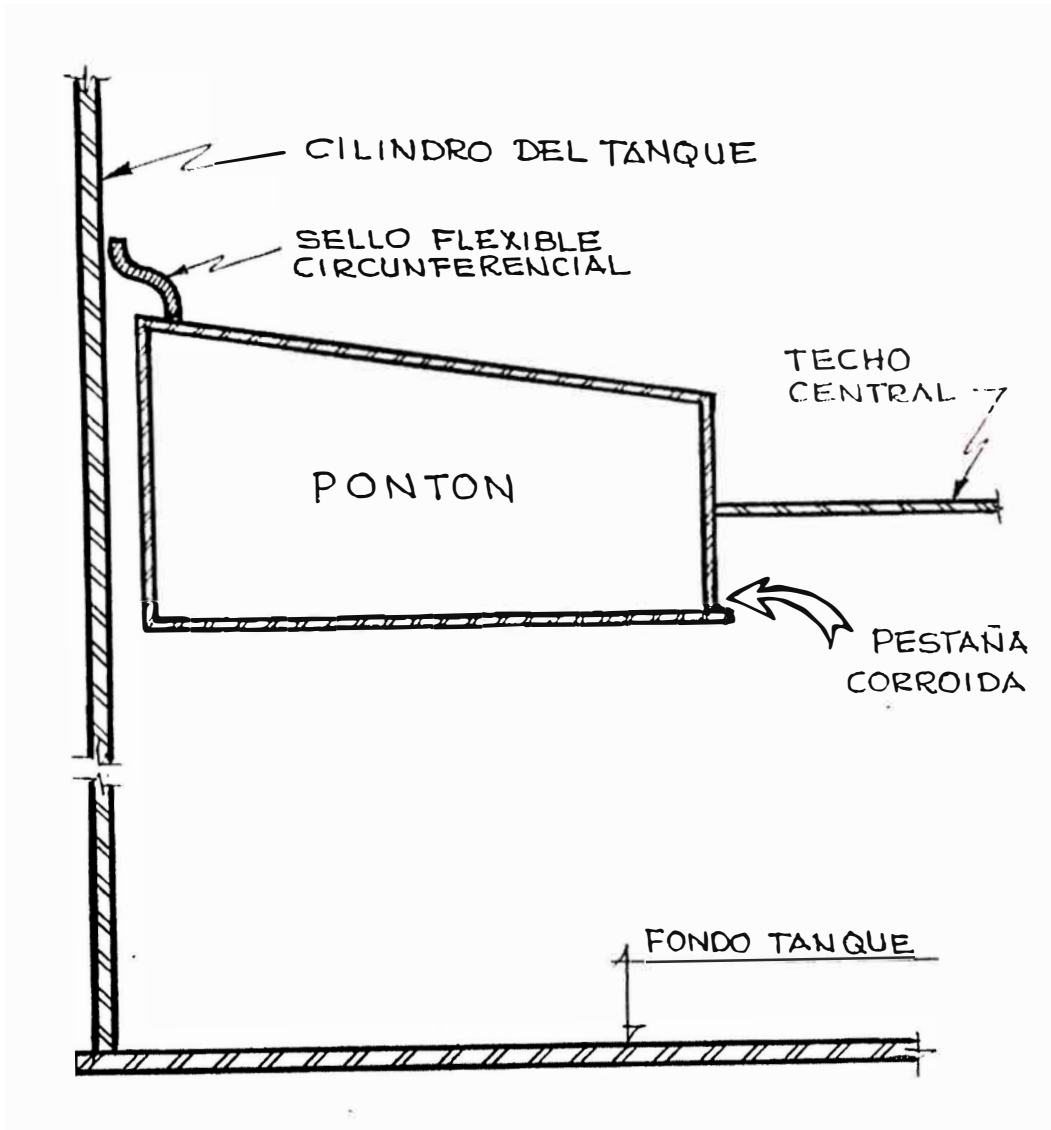


Fig. d

ANEXO - B

MODELO DE BASES TÍPICAS USADAS EN PETROPERÚ PARA LA CONTRATACIÓN DE SERVICIOS.

PROCESO DE CONTRATACIÓN POR COMPETENCIA RFTL-001-99
SERVICIO DE MANTENIMIENTO DEL TANQUE
DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINA # 553.

ÍNDICE

BASES ADMINISTRATIVAS

- GENERALIDADES
- DE LOS POSTORES
- MARCO LEGAL
- CONDICIONES DEL PROCESO
- DE LAS PROPUESTAS, PRESENTACIÓN Y APERTURA
- EVALUACIÓN DE PROPUESTAS
- OTORGAMIENTO DE LA BUENA PRO
- IMPUGNACIONES
- CONTRATO
- SANCIONES
- CAUSALES DE DESCALIFICACIÓN DE PROPUESTAS

BASES TÉCNICAS

- GENERALIDADES
- ESPECIFICACIONES DEL SERVICIO
- DURACIÓN DEL SERVICIO
- SISTEMA DE PAGO
- GARANTÍAS Y SISTEMA DE CONTROL
- NORMAS DE SEGURIDAD
- PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

ANEXOS

- DISPOSICIONES GENERALES.
- RELACIÓN DE DOCUMENTOS A PRESENTAR EN SU COTIZACIÓN
- CRITERIOS Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN
- GARANTÍAS QUE OFRECERÁ EL CONTRATISTA ANTES Y DURANTE LA EJECUCIÓN DEL SERVICIO.
- RELACIÓN DE TRABAJOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SERVICIO
- MODELO DE CONTRATO
- NORMAS DE PROTECCION AMBIENTAL PARA CONTRATISTAS

FORMATOS

- FORMATO DE DECLARACIÓN JURADA DEL POSTOR
- FORMATO DE CARTA PROPUESTA.
- FORMATO DE COTIZACIÓN
- FORMATO DE CARTA FIANZA DE VALIDEZ DE OFERTA Y FIRMA DEL CONTRATO
- FORMATO DE CARTA FIANZA POR FIEL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO.
- FORMATO DE CARTA FIANZA PARA IMPUGNACIÓN DE PROCESO.

- FORMATO DE CARTA NOTARIAL POR VIDA ÚTIL DE LA PINTURA.
- FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA EMPRESA POSTORA
- FORMATO PARA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PROFESIONAL
- FORMATO PARA EVALUACIÓN DE COMPRESORES
- FORMATO PARA EVALUACION DE LA PINTURA
- FORMATO PARA EVALUACION DE ING° INSPECTOR DE PINTURAS PROPUESTOS POR EL POSTOR
- FORMATO PARA PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

ADJUNTOS

- PROCEDIMIENTO PARA REEMPLAZO DE FONDOS DE TANQUES
- PROCEDIMIENTO PARA PREPARAR EL "SAND OIL"
- ESTÁNDAR DE INGENIERÍA : "SEÑALIZACIÓN Y CÓDIGO DE COLORES"
- CUADROS DE ESPECIFICACIONES DE PINTURA Y CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE.
- SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS NORMA 704 NFPA.
- ESTÁNDAR DE INGENIERÍA: "ESTANDARIZACION DE LOGOTIPO PARA PINTADO DE TANQUES"
- APLICACION DE MASILLA EPOXICA.
- ESTÁNDAR DE INGENIERIA: "MANTENIMIENTO DE LAS CAMARAS DE ESPUMA".
- ESTÁNDAR DE INGENIERIA : "MANTENIMIENTO DE LA VALVULAS PRESION-VACIO Y ARRESTALLAMAS"

PLANOS

- PLANO PETROPERU PP-M-100C-378
- PLANO PETROPERU PP-M-100A-272.
- DISEÑO DE PASAMANOS DE ACCESO A LA CÁMARA DE ESPUMA
- PLANO PETROPERU PP-M-5C-410
- PLANO PETROPERU PP-M-5D-191

ANEXO – C

INFORME TECNICO DE INSPECCION GENERAL DEL TANQUE DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE # 553 Y SUS RECOMENDACIONES.

Este tipo de informe se elabora luego de una Inspección General de un tanque. Se mencionan los trabajos principales efectuados en el mismo en base a las inspecciones preliminares con tanque en operación y a la respectiva inspección interior-general con tanque fuera de servicio.

Datos Generales

Dimensiones	:	140'φ x 40' H
Año de instrucción	:	1957
Tipo de construcción	:	Soldado
Ultimo cambio del fondo	:	Original
Inspección General	:	- Anterior: 1982 - Actual: Febrero99 - Mayo 2000. - Próxima: Mayo 2012.

Conclusiones

- Luego de las reparaciones efectuadas, el tanque N.L. 553 queda en buenas condiciones mecánicas para continuar en servicio normal hasta su próxima Inspección General.
- La vida útil del fondo del tanque fue de 39 años, aunque a la fecha de su retiro aún no presentaba perforaciones, en cambio su grado de deterioro por corrosión era apreciable, principalmente en la periferia. Este deterioro se atribuye a la carencia de hermeticidad en la periferia, esfuerzos por asentamiento del tanque y presencia de humedad principalmente en el período lluvioso de 1983. Además, en el área se observó un letrero que indica que anteriormente el terreno circundante al tanque era usado como depósito de plomo tetraétilico.
- La pérdida de espesor de las planchas del cilindro, hasta 1/8", ha sido consecuencia de la carencia del mantenimiento de la pintura aplicada en el lado interior en los 39 años de servicio del tanque. Esta pérdida de espesor no merma la resistencia mecánica del tanque, en cambio ha perdido el margen de corrosión, en términos de espesor, con que normalmente se fabrican los

tanques. Para contrarrestar esa deficiencia se aplicó masilla epóxica de la marca Sherwin Williams, que servirá además para mejorar la adherencia de la pintura y evitar la exageración rugosidad de las planchas que facilitan el proceso de corrosión.

- El techo flotante también presenta desgaste por corrosión principalmente en las uniones traslapadas. La acumulación de óxido deformó los extremos de las planchas llegando inclusive a fallar la soldadura por esfuerzo. En tales condiciones no fue posible sellar con soldadura la unión traslapada desde el lado interior para evitar el crevice corrosión. Las planchas de sello instaladas en el lado superior (exterior), servirán para que en caso falle la soldadura por esfuerzo o corrosión, no se produzca fuga de producto. Consideramos que con las acciones tomadas el techo podrá continuar en servicio hasta la próxima inspección general del tanque.
- El tanque ha sufrido asentamiento hasta de 7.7 cm. en el lado Sur, desconociéndose si este asentamiento continúa o ha cesado. En todo caso, aún no es crítico (7.7. cm actual vs 5" máximo permitido por el API Std. 653).
- En el Adjunto N° I se encuentra la información relacionada al cumplimiento de las normas relativas a la reparación y calibración de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

Recomendaciones.

- Efectuar la próxima Inspección General del tanque N.L. 553 luego de 12 años de operación normal, en mayo 2012.
- En la próxima Inspección General del tanque, prever material para un posible reemplazo del techo. La inspección que se efectúe en esa oportunidad determinará la ejecución de esta recomendación.
- Programar la inspección y mantenimiento de la pintura interior luego de 06 años de servicio, en mayo 2006.
- Programar la limpieza de la superficie exterior del techo flotante cada 02 años de servicio. Esta se ejecutará con detergente industrial.
- Programar el mantenimiento de la pintura exterior luego de 05 años de servicio (cilindro y techo), la inspección previa determinará el grado de resane de la pintura que deberá ser rectificada.

- Efectuar un control de cotas y verticalidad del tanque, señalizando los puntos de referencia en el perímetro exterior (08 según el API Std. 653). Adicionalmente chequear el anillo de concreto y efectuar reparaciones en caso presente rajaduras.

Resultados de la Inspección y Trabajos Efectuados.

- **Fondo.**

- Las muestras retiradas arrojaron apreciable desgaste por corrosión. Se reemplazó utilizando plancha de acero al carbono ASTM A36 de 5/16" de espesor. El fondo antiguo fue retirado nivelándose adecuadamente el terreno e instalando sand oil conforme al Estandar de Ingeniería S13-03-02-19. La soldadura utilizada fueron electrodos AWS E6010 (raíz) y E 7018 (relleno).
- Se instaló nuevo sumidero de 60" ϕ descansando sobre un alojamiento de concreto.
- Se efectuó prueba de diesel a los cordones de soldadura circunferenciales de unión con el cilindro, cámara de vacío a los cordones restantes y prueba hidrostática a todo el tanque, todas las pruebas con resultados satisfactorios.
- Se efectuó el pintado interior con pintura epoxy amina de la marca Sherwin Williams según el Estandar de Ingeniería S13-22-43, acabado blanco.
- Exteriormente el tanque se encontró soportado sobre vigas en "I" (laminas de nivelación) que presentaron apreciable desgaste por corrosión. Esto que nos permite asegurar que, en anterior oportunidad, el tanque presentó asentamiento. Actualmente el desnivel es de 16cm máximo. La verticalidad del tanque arroja un desplome del cilindro hasta de 7.7 cm. hacia el exterior y 5.9 cm hacia el interior. El origen del asentamiento (lado sur) se desconoce y aparentemente ha cesado. En todo caso el máximo permitido por el API Std 653 es de 5", valor mayor que 7.7 cm. encontrado.

- **Cilindro.**

Interiormente presentó desgaste por corrosión general, siendo de mayor magnitud en los dos primeros anillos inferiores, en donde se observaron picos y valles hasta de 1/8" de profundidad. La corrosión observada impedía una buena aplicación de la pintura, razón por la que se rellenó con masilla epóxica

de la marca Sherwin Williams. Posteriormente se aplicó pintura del sistema epoxy amina de la misma marca que la masilla.

- La soldadura de unión de las planchas se encontró corroída en el lado interior. Se esmeriló y rellenó con soldadura a su espesor original, se utilizaron electrodos de soldadura AWSE 7018 de 1/8" ϕ .
- El asentamiento del tanque, mencionado en el ítem 4.1, ha originado en el cilindro una deformación, no observable a simple vista, perdiendo su circunferencialidad.

- **Techo.**

- Presentó apreciable desgaste por corrosión en la zona de traslapes. La acumulación del óxido provocó la rotura del cordón de soldadura en uno de los pontones, aprox. en una longitud de 1 pie. Se reemplazó la parte afectada. Considerando la imposibilidad de soldar las uniones traslapadas desde el lado interior y así mismo la imposibilidad de instalar platinas de hermeticidad en ese lado, se optó por soldar platinas de 4" de ancho cubriendo la soldadura exterior.
- Se reemplazó el sello del techo por otro nuevo del mismo tipo al existente (de bolsa).
- La deformación existente en el cilindro debido al asentamiento del tanque en el cuadrante Sureste, originó una luz anormal (9" en lugar de 6") entre el techo y el cilindro que motivó la modificación de las planchas de protección del sello para facilitar su instalación.
- Se instalaron 04 bandejas colectoras de agua de lluvia.
- Inferior y exteriormente se pintó con pintura del sistema epoxy amina de la marca Sherwin Williams.
- Se reemplazaron los tubos soportes del techo flotante en su totalidad. Se utilizó tubería de acero al carbono ASTM A53 Gr. B Sch 80. Igualmente se reemplazaron los tubos guías del mismo material que los tubos soporte.
- Los cordones de soldadura de los pontones fueron inspeccionados con resultados satisfactorios, excepto donde la soldadura falló por sobre esfuerzo.

- Las planchas de la periferia del techo, en contacto con el producto, presentaron apreciable pérdida de espesor por corrosión. Se reemplazó un anillo de 12 pulg. de ancho. Se utilizó plancha de acero al carbono ASTM A 36 de 3/16" de espesor.
- La plancha cilíndrica de la periferia externa de los pontones presentó severa corrosión hasta una altura de 40 cm. Se reemplazó el área afectada y se chequeó la soldadura mediante prueba de diesel.
- Luego de la reparación efectuada y durante la prueba hidrostática, se observó un acomodo del sello logrando un buen sellado.

- **Accesorios.**

- Se instalaron nuevas líneas contra incendio de 3" ϕ y 06 cámaras de espuma tipo Tf 9. Al término de los trabajos de reparación del tanque se efectuó prueba al sistema de contra incendio con resultados satisfactorios, previamente fue necesario efectuar la limpieza de la tubería.
- Se reemplazaron las líneas en el tramo del cruce del muro de contención (4" ϕ x 26', 8" ϕ x 56", 12" ϕ x 90' aprox.).
- Se reparó el muro de contención instalando escaleras de concreto en lugar de las de madera que se encontraron deterioradas.
- Se aplicó masilla plástica sikaflex en la periferia del fondo para hermetizarlo y se cubrió con base asfáltica.
- Se levantó el anillo de concreto a la altura del nuevo fondo, sin embargo, por las condiciones de las láminas de nivelación (severamente corroídas), consideramos que este anillo tenderá a rajarse antes de la inspección general del tanque.
- La escalera exterior se encontró deteriorada por corrosión, se reemplazó en su totalidad.
- La escalera interior presentó deterioro por corrosión en los pasamanos y barandas. Se reemplazaron las áreas corroídas (barandas y pasamanos). Se efectuaron uniones soldadas en lugar de empernadas del diseño original.
- La plataforma de medición de nivel presentó apreciable cantidad de óxido en todas las uniones. Sus vigas presentaron perforaciones en la zona empernada. Se reemplazó totalmente.
- El muro de contención es de concreto y se encontró en buenas condiciones mecánicas por lo que no se efectuaron trabajos de reparación.

Adjunto del ANEXO – C.

**INFORMACION PARA VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS
RELATIVAS A LA REPARACION Y CALIBRACION DE LOS TANQUES DE
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS
TANQUE N°553**

El modelo de la presente información es exigido por la Dirección General de Hidrocarburos.

Item 1.- Materiales utilizados.

- Planchas de acero al carbono ASTM A36.
- Tubería de acero al carbono ASTM A 53 Gr. B, Sch 40.
- Bridas de acero al carbono ASTM A 181, clase 150, con cuello para soldar.
- Codos estándar de acero al carbono ASTM A 234, extremos para soldar.

Item 2.- Revestimiento Combustible.

Interior y exteriormente se pintó con pintura del sistema epoxy amina que una vez seca no es combustible.

Item 3.- Estándares de diseño.

El tanque no es nuevo. Se efectuó la inspección general. En todo caso fue fabricado según las normas API en vigencia de aquella época.

Item 4.- Tubería utilizada en las Boquillas.

No se instalaron boquillas.

Item 5.- Espesor de las planchas del fondo.

5/16 pulgadas. Es nuevo.

Item 6.- Tipo y espesor de la soldadura circunferencial fondo -cilindro.

Soldadura AWS E 6010 (raíz) y AWS E 7018 (relleno). Filete de 45 ° en ambos lados (lado interior y exterior).

Item 7.- Distancia al fondo -anillo de rigidez.

El tanque es de techo flotante.

Item 8.- Máxima altura para tanques de techo flotante.

El tanque es de 40' de altura y deberá ser llenado a $\frac{3}{4}$ de su capacidad.

Item 9 .- Tipo de soldadura en las planchas del cilindro.

No hubo reemplazo de las planchas del cilindro. El relleno de los cordones de soldadura que se encontraron desgastados se efectuó utilizando electrodos AWSE 7018.

Item 10 .- Márgenes de corrosión previstos para la estructura soporte del techo.

El tanque es de techo flotante.

Item 11 .- Ventilador de emergencia en techo tipo domo o sombrilla.

El tanque es de techo flotante.

Item 12.- Resistencia de diseño de los techos.

El techo no ha sido reemplazado. Su construcción es de diseño original.

Item 13 .- Sistema de prevención de daños por sobrellenado. Tanques de techo flotante.

No cuenta con control automático de llenado. El control se ejecuta manualmente chequeando el nivel mediante metrado.

Item 14.- Espesor y tipo de soldadura. Cubierta del techo flotante.

La cubierta lleva soldadura a traslape, filete de 3/16".

Item 15.- Sistema de drenaje del techo flotante.

Lleva 04 bandejas colectoras de agua de lluvia (sello de agua).

Item 16.- Elemento utilizado para sellar el espacio entre la periferia del techo y la pared interior del cilindro del tanque.

El sello es del tipo bolsa llenado con kerosene. No cuenta con sello secundario.

Item 17.- Sistema de venteo en techos flotantes.

02 auto bleeder vent. 01 tubo de 8"Ø utilizado también para la toma de nivel.

Item 18.- Apoyos utilizados en el techo flotante.

58 tubos soporte de 3" ϕ sch 80.

Item 19.- Normas utilizadas para el diseño de las conexiones al cilindro.

No se efectuaron nuevas conexiones ni las existentes fueron reemplazadas.

Item 20.- Ubicación, cantidad y resultados de las radiografías utilizadas.

No fue necesario.

Item 21.- Prueba hidrostática. Procedimiento.

- Llenado lento hasta las $\frac{3}{4}$ partes de altura del tanque.
- 48 horas de prueba contados a partir del momento que se alcanzó la altura de prueba.
- Chequeo de la flotabilidad del techo flotante y hermeticidad del sello durante el ascenso.
- Inspección para certificar la hermeticidad en boquillas y " manholes " .
- Evaluación lenta del agua de prueba.
- Chequeo de la flotabilidad del techo flotante y hermeticidad del sello durante el descenso.

Item 22.-Tipo y capacidad de venteo del tanque.

El tanque es de techo flotante. Ver item 17.

Item 23.- Accesorios instalados para mantener el techo flotante en posición

centrada y evitar su rotación.

Tubo de 8" utilizado para el control manual de nivel del tanque. Además el mismo sello provee el centrado del techo.

ANEXO - 3

**ESTANDARES DE INGENIERIA SOBRE PINTURAS
PARA PREVENIR LA CORROSION.**

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 2000	PINTURA INDUSTRIAL SISTEMA BASE ZINC INORGANICO – EPOXICO - POLIURETANO	SI3-22-09
Rev. 2		Pág. 1 de 3

1. APLICACION

Superficies metálicas exteriores de tanques, torres, tuberías, estructuras, equipos rotativos expuestos a salpicaduras de productos medianamente corrosivos. **Solo superficies nuevas o cuando se efectúe pintado total y cuando sea posible la limpieza tipo SSPC-SP-5.**

2. TEMPERATURA : Hasta 95oC.

3. PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Arenado a metal blanco según norma SSPC-SP-5

4. APLICACION DE 1ra. CAPA

A las 4 horas máxima de arenada la superficie o inmediatamente después que se haya limpiado mecánicamente. Antes del pintado deberá eliminarse el polvillo utilizando aire seco, trapo o escobilla limpios.

5. MARCAS

a) SHERWIN WILLIAMS (Nacional)

Capa	Material	Espesor (Mils)	Tiempo De Repintar	Aplicación
1ra.	ZINC CLAD II ETIL SILICATO Color: Estándar.	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 18 Hrs. Mínimo. • 7 días máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola.
2da.	Sher Mil Epoxy 800 Color: Según SI3-22-33	Seco: 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Mínimo 8 hrs. • 90 días máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)
3ra.	Polylon 1500 (Poliester) Color: Según SI3-22-33	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 10 Hrs. Mínimo • 48 Hrs. Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)

b) SHERWIN WILLIAMS (Importado)

Capa	Material	Espesor (Mils)	Tiempo De Repintar	Aplicación
1ra	ZINC CLAD 60 BR Color: Estándar	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 16 Hrs. Mínimo • Máximo: Indefinido 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Sher Tile HS Enamel BR Color: Según SI3-22-33	Seco: 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • 6 Hrs. Mínimo • 25 días Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)
3ra.	Sumathane HS Brillante. Color: Según SI3-22-33	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 12 hrs. Mínimo • 36 Hrs. Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 2000	PINTURA INDUSTRIAL SISTEMA BASE ZINC INORGANICO – EPOXICO - POLIURETANO	SI3-22-09
Rev. 2		Pág. 2 de 2

c) AMERON

Capa	Material	Espesor (Mils)	Tiempo De Repintar	Aplicación
1ra.	DIMECOTE 9 Color: Estándar	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 24 Hrs. Mínimo. • Máximo: Indefinido 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola
2da.	Amerlock – 400 Color: Según SI3-22-33	Seco: 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Hrs. Mínimo. • 2 semanas Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas) • Rodillo
3ra.	Amercoat 450 HS. Color: Según SI3-22-33	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 2 hrs. Mínimo • 7 días máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola

d) VENCEDOR

Capa	Material	Espesor (Mils)	Tiempo De Repintar (Horas)	Aplicación
1ra.	ETIL SILICATO ZINC RICH 400. Color: Estándar.	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 18 Hrs. Mínimo. • 1 año Máximo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).
2da.	Vencemastic esmalte Color: Según SI3-22-33	Seco: 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Hrs. Mínimo. • 7 días Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).
3ra.	Acrílico Uretano HB. Color: Según SI3-22-33	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 30 minutos Mínimo • 24 Hrs. Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).

e) DEVOE

Capa	Material	Espesor (Mils)	Tiempo De Repintar (Horas)	Aplicación
1ra.	Catha Coat 302H. Color: Verde.	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 1Hrs. Mínimo. • 90 días Máximo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).
2da.	Bar Rust 231 Color: Según SI3-22-33	Seco: 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Hrs. Mínimo. • 90 días Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).
3ra.	Devthane 369. Color: Según SI3-22-33	Seco: 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Hrs Mínimo • 7 días. Máximo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas).

NOTAS GENERALES

- Considerar todas las recomendaciones del fabricante.

PETROPERU

Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

ESTANDAR DE INGENIERIA		
Abril 2000	PINTURA INDUSTRIAL SISTEMA BASE ZINC INORGANICO - EPOXICO - POLIURETANO	SI3-22-09
Rev. 2		Pág. 3 de 3

- Los tiempos de repintado, inducción y vida útil de la mezcla, depende en gran medida de la temperatura y marca de pintura. A mayor temperatura menor tiempo.
- No debe efectuarse el pintado a temperaturas mayores de 40oC ni menor de 10oC.
- La temperatura de aplicación será por lo menos 3°C mayor que el punto de rocío.
- Generalmente, no se requiere dilución de la mezcla cuando se aplica con pistola, sin embargo de ser necesario, se diluye hasta donde se indica en este Estándar. El asistente técnico del fabricante de la pintura dará la aprobación para diluciones mayores a las indicadas.
- En época de verano principalmente, es necesario cuidar que no formen pinholes por evaporación violenta de los volátiles, de haberlos, será necesario efectuar consulta al fabricante de la pintura a fin de eliminar el problema. Los pinholes formados deberán eliminarse mediante lijado y relleno con la pintura que corresponda.
- De acuerdo a lo indicado por el fabricante de pintura, a fin de eliminar porosidad en la primera capa, antes de aplicar la segunda capa, aplicar un TIE COAT o MIST COAT respectivamente
- Para la aplicación de las pinturas deberán seguir todas las indicaciones que se muestren en las hojas técnicas de los fabricantes de pintura respectivamente.

PETROPERU	ESTANDAR DE INGENIERIA		
	Agosto 2002	PINTADO INTERIOR SISTEMA EPOXY FENOLICO DOS CAPAS	SI3-22-43
Ing. de Mantenimiento Refinería Talara	Rev. 5		Pág. 1 de 1

APLICACION

Superficies metálicas interiores de tanques de almacenamiento de crudo, gasolina, kerosene, diesel, según lo siguiente:

- a) Se pintará solamente el fondo y primer anillo en los tanques de almacenamiento de petróleo e hidrocarburos que contengan agua. Si es de techo flotante también se pintará el anillo superior.
- b) Se pintará totalmente los tanques que almacenen gasolina y productos con aditivos como MTBE, entre otros.
- c) Se pintarán totalmente los tanques que almacenan MTBE.
- d) Se pintará solamente los tanques que almacenen kerosene y todo producto neutralizado con álcalis, dependiendo del grado de corrosión que se encuentre. En caso de tanques de Planta de Ventas se pintarán interiormente todos los tanques que almacenen kerosene y diesel.
- e) Tanques que almacenan otros productos no indicados anteriormente y de acuerdo al criterio del inspector, considerando el grado de corrosión que se encuentre durante las inspecciones generales.

El presente estándar es susceptible a modificación, dependiendo de la innovación de nuevos tipos de pintura, así como la experiencia que se logre con los resultados de las pinturas y grado de corrosión que originen los productos almacenados.

2. TEMPERATURA: Hasta 60 oC.

3. PREPARACION DE LA SUPERFICIE

Antes de cualquier preparación de superficie, remover toda la grasa, aceite, suciedad u otra contaminación por medio de limpieza con solvente según SSPC-SP-1.

- a) Superficies nuevas, medio ambiente severo, condiciones de inmersión (Pintado total)

Arenado a metal blanco según norma SSPC-SP-5. El pulido de rugosidad del sustrato deberá estar comprendido entre 1.5 a 2.0 mils.

- b) Superficies con pintura antigua y restos de óxidos(Resane)

Puede aplicarse sobre superficies donde solo se haya efectuado una limpieza manual mecánica equivalente a la norma SSPC-SP-2 y/o SSPC-SP-3. Asegurar la limpieza mediante el uso de solventes (norma SSPC-SP-1) antes de aplicar la pintura.

4. APLICACION DE 1ra. CAPA

A las 4 horas máxima de arenada la superficie o inmediatamente después que se haya limpiado mecánicamente. Antes del pintado deberá eliminarse el polvillo utilizando aire seco, trapo o escobilla limpios.

PETROPERU	ESTANDAR DE INGENIERIA		
	Agosto 2002	PINTADO INTERIOR SISTEMA EPOXY FENOLICO DOS CAPAS	SI3-22-43
	Rev. 5		Pág. 2 de 2

Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

MARCAS

a) SHERWIN WILLIAMS (Interpaint)

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacion
1ra.	Sher Plate EPN Color: gris	Seco: 5.0	18 hrs. Mínimo 48 Hrs máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola. • Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Sher Plate EPN Color: Blanco.	Seco: 5.0	18 hrs. Mínimo 48 Hrs. Máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)

(*) Si el máximo tiempo de repintado es excedido, se deberá efectuar un arenado superficial (brush off) o activar la superficie con solvente adecuado.

b) SHERWIN WILLIAMS (Pinturas del Mundo)

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacion
1ra.	Phenicon Plus Primer Color: gris	Seco: 5.0	12 Hrs.hrs. Mínimo 24 Hrs. Máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola. • Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Phenicon Plus Enamel Color: Blanco.	Seco: 5.0	12 hrs. Mínimo 24 Hrs. Máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)

(*) Si el máximo tiempo de repintado es excedido, se deberá efectuar un arenado superficial (brush off) o activar la superficie con solvente adecuado.

c. AMERON

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicación
1ra.	Amercoat 90HS Color: gris perla	Seco: 5.0	Mínimo (*) Máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Amercoat 90HS Color: Blanco	Seco: 5.0	Mínimo (*) Máximo (*)	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola • Brocha (áreas pequeñas)

(*) : Tiempo de repintado depende de la temperatura.

A 21°C : 8 Hrs mínimo y 7 días máximo.

A 32°C: 4 Hrs. Mínimo y 5 días máximo.

A 38°C: 3 Hrs. Mínimo y 3.5 días máximo.

PETROPERU	ESTANDAR DE INGENIERIA		
	Agosto 2002	PINTADO INTERIOR SISTEMA EPOXY FENOLICO DOS CAPAS	SI3-22-43
	Rev. 5		Pág. 3 de 3

Ing. de Mantenimiento
Refinería Talara

d. VENCEDOR

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacin
1ra.	Vencemasterpox EPN-800 Color: gris	Seco: 5.0	18 hrs. Mínimo 5 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Vencemasterpox EPN-800 Color: Blanco	Seco: 5.0	18 hrs. Mínimo 5 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)

(*) Si excede el tiempo efectuar arenado (Brush-off) según SSPC-SP-7

e. DEVOE

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacin
1ra.	Devchem 257 Color: gris	Seco: 5.0	5 hrs. Mínimo 6 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Devchem 257 Color: Blanco	Seco: 5.0	5 hrs. Mínimo 6 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)

(*): A 35°C.

f. TEKNO

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacin
1ra.	Imprimante Tek 1000 Color: ocre	Seco: 5.0	24 hrs. Mínimo 72 hrs. Máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Tek 1000 A/C Color: Blanco	Seco: 5.0	24 hrs. Mínimo 72 hrs. Máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)

(*): A 35°C.

g. AURORA (MARCA SIGMA)

Capa	Material	Espesor (mils)	Tiempo de repintar	Aplicacin
1ra.	Sigmaguard EHB. Color: gris	Seco: 5.0	8 hrs. Mínimo 28 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)
2da.	Sigamguard EHB Color: Blanco	Seco: 5.0	8 hrs. Mínimo 28 días (*) máximo	Pistola Brocha (áreas pequeñas)

PETROPERU	ESTANDAR DE INGENIERIA		
	Agosto 2002	PINTADO INTERIOR SISTEMA EPOXY FENOLICO DOS CAPAS	SI3-22-43
Ing. de Mantenimiento Refinería Talara	Rev. 5		Pág. 4 de 4

(*): A 20°C.

NOTAS GENERALES:

- Los tiempos de repintado, inducción y vida útil de la mezcla, depende en gran medida de la temperatura. A mayor temperatura menor tiempo.
- No debe efectuarse el pintado a temperaturas mayores de 40oC ni menor de 10oC.
- La temperatura de aplicación será por lo menos 3oC mayor que el punto de rocío.
- Generalmente, no se requiere dilución de la mezcla cuando se aplica con pistola, sin embargo, de ser necesario, se diluye hasta donde se indica en este Estándar. El asistente técnico del fabricante de la pintura dará la aprobación para diluciones mayores a las indicadas.
- En época de verano principalmente, es necesario cuidar que no formen pinholes por evaporación violenta de los volátiles, de haberlos, será necesario efectuar consulta al fabricante de la pintura a fin de eliminar el problema. Los pinholes formados deberán eliminarse mediante lijado y relleno con la pintura que corresponda.

ANEXO-4

RECOMENDACIONES PARA PREVENIR CORROSIÓN.

- **Recomendaciones de JCCP**
Pintura interior de tanques.
- **Trabajo presentado sobre prevenciones de corrosión en Congreso Internacional NACE "National Association of corrosion Engineers", Maracaibo – VENEZUELA.**

RECOMENDATIONS OF J.C.C.P.

Typical examples of painting applicable to tank inner surfaces

Type of paint	Film thickness (u)	Properties
Inorganic zinc paints	100 – 200	Good corrosion resistance, weather resistant film
Organic zinc paints	80 – 150	Good corrosion resistance, weather resistant film
Primer + epoxy paints	100 - 250	Corrosion resistance, poor resistance to chemicals
Oil rust preventive + Glass flake	300 - 500	Good corrosion resistance
Epoxy resin	200 - 500	Good corrosion resistance
Tar epoxy resin	200 - 500	Good corrosion resistance
Phenol resin	200 - 400	Good corrosion and weather resistance , poor physical properties
Epoxy resin ester	200 - 300	Corrosion resistant, slitley poor resistance to alkali
PVC	150 – 250	Corrosion resistant
Metacrylic acid	150 - 200	Corrosion resistant ,slightly poor resistance to acids
Polyurethane paint	80 - 150	Corrosion resistant ,slightly poor resistance to acids
Polyester resin paints	80 - 150	Corrosion resistant ,poor resistance to alkali
Flake lining	1000	Corrosion resistant
Tar mastic	500	Corrosion resistant, Ductile.
FRP	1000	Good corrosion resistance

“CREVICE”CORROSION EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE EXTERNO.

INTRODUCCIÓN

El buen diseño de un tanque de techo flotante debe considerar entre otros factores, el problema de la corrosión que origina el medio donde es instalado, para el caso de los tanques de la Refinería Talara, Fig. N° 1 y N° 2, el medio ambiente es bastante corrosivo debido a su proximidad al mar, a los fuertes vientos de la zona y principalmente el efecto de las lluvias torrenciales que inundaron completamente el patio de tanques en el año 1983.

Los diversos tipos de corrosión que generalmente se han presentado en los tanques gasolineros de techo flotantes han sido:

Corrosión general; en la superficie interior del cilindro.

“Crevice corrosión” en la superficie exterior de las plantas de acero del fondo de los tanques y en las juntas soldadas de los techos flotantes (Ver fig. N° 3 y N° 4).

Corrosión por picadura de las superficies exteriores e interiores de los tanques.

En un buen diseño de tanques de techo flotante, se debe considerar las diferentes posibilidades de formas geométricas de tal manera que se reduzca el riesgo de ataque por corrosión de la manera más eficiente y económica.

En el presente trabajo se describen las diferentes alternativas de solución propuestas para evitar el fenómeno de “Crevice Corrosión” en:

Las juntas soldadas (en contacto con gasolina) de los techos flotantes.

La superficie perimétrica exterior (en contacto con el suelo) de las planchas del fondo en los tanques de la Refinería de Talara.

ANTECEDENTES

Los diferentes tanques de gasolina con techos flotantes en la Refinería de Talara han sido construidos entre los años 1954 y 1957 y sus dimensiones son:

Diámetros : 120 / 140 pies.

Altura : 40 pies.

Capacidad : 75,000 @ 100,000 barriles.

En el año 1983 ocurrieron lluvias torrenciales en la ciudad de Talara y otras provincias al norte del país. En estos meses las lluvias fueron de tal magnitud, que el Patio de Tanques de nuestra Refinería se encontraba totalmente inundada de agua, esta agua se trasegaban fuera del patio usando bombas sistemas.

A fines de 1983 empezó la ardua tarea de efectuar la limpieza de los perímetros exteriores de todos los tanques de la Refinería de Talara.

Durante el primer semestre de 1983, el agua de las lluvias ingresaba por el espacio libre entre el fondo de los tanques y las bases de concreto perimétrico, cuyos sellos de concreto asfáltico no funcionaron. Además estas lluvias modificaron las condiciones del terreno tomándose más agresivo.

En estos últimos años, durante las Inspecciones Generales de Tanques, se han observado numerosas fallas por “crevice corrosión” en diferentes tanques de gasolina. En algunos casos este tipo de corrosión ha originado fallas serias que obligaron a poner fuera de servicio tanques que no estaban programados para Inspección General.

El diseño original de las juntas soldadas traslapadas de las planchas de pontones (en contacto con gasolina y oxígeno), solamente consideraba cordones de soldadura a un lado del traslape – lado superior.

Los Tanques de Gasolina con techos flotantes en la Refinería Talara, almacenan las siguientes variedades de gasolinas.

Nafta Liviana (Primaria) : octanaje promedio 70.

Nafta Craqueada : octanaje promedio 90.

Gasolina Natural : octanaje promedio 70.

Combinaciones de las gasolinas anteriores con adición de plomo Tetraetilico para regular al octanaje a 84 y 95 octanos.

Los materiales usados en la fabricación de tanques de este tipo son:

Cilindro : ASTM A – 283 , Grado C.

Techo flotante : ASTM A – 36

Fondo : ASTM A – 36 ó A – 283, Gr C.

EVALUACIÓN DE LA FALLA.

Inspecciones efectuadas.

Se mencionan las inspecciones efectuadas a los componentes del tanque que fueron atacadas por el fenómeno "Crevice Corrosión":

Techos Flotantes.

Inspección visual preliminar con el tanque en servicio, para observar:

Deformaciones o pandeos mayores en las planchas de acero superiores de los pontones y techo central. Ver Fig. N° 5.

Fugas de producto almacenado a través de fisuras o perforaciones de las planchas.

Ataques corrosivos en las articulaciones mecánicas del sello perimétrico del techo flotante. Ver Fig. N° 6.

Inspección visual con el tanque fuera de servicio de las superficies superiores e inferiores de las planchas del techo, para observar:

Ataques corrosivos en las planchas, cordones de soldadura y rendijas.

Poros o fisuras menores en planchas y cordones de soldadura. Para facilitar la inspección visual en algunas zonas, usamos tintes penetrantes.

Previamente a esta inspección visual efectuamos arenado comercial (SSPC – SP – 6) o limpieza exhaustiva de las planchas.

Inspección de los cordones de soldadura de las planchas inferiores de los pontones y el techo central, usando trapos mojados con kerosene caliente, luego de concluidos los trabajos de reparación del techo.

Prueba de flotabilidad del techo, previa instalación del sello entre techo y cilindro.

Fondos de Tanques.

Inspección visual de la superficie interior luego de efectuado arenado comercial (SSPC – SP – 6) limpieza mecánica exhaustiva de las planchas, para observar ataques corrosivos en planchas, cordones de soldadura y rendijas presentes y deformaciones o pandeos de las planchas, para lo cual se toman niveles del fondo. Ver Fig. N° 7.

Inspección visual exterior del contacto entre anillo perimétrico de concreto y los bordes del fondo.

Inspección de las superficies interior y exterior de las muestras retiradas del fondo (aprox. De 1' x 2'), previamente arenadas para observar ataques corrosivos tanto en la superficie exterior, definiéndose claramente la corrosión generalizada de la plancha y las zonas localizadas atacadas por "Crevice Corrosión", así como los perfiles de corrosión máximos en dichas muestras.

Inspección del terreno donde se apoya el fondo, a través de las ventanas cortadas en el fondo.

Observar remanentes líquidos y acumulación de óxidos.

Inspección con cámara de vacío de todos los cordones de soldadura del fondo interior, luego del cambio de fondo respectivo.

Inspección de los cordones de soldadura que unen el fondo con el cilindro (prueba hidrostática).

Tipos de Corrosión Presentados

Las formas de corrosión presentadas en los tanques de gasolina con techos flotantes durante los últimos años han sido:

Exteriormente.

Corrosión por picaduras en cilindros y techo por falla de los recubrimientos de pintura.

"Crevice Corrosión" en las planchas del fondo del tanque. Ver Fig. Nº 3.

Interiormente.

"Crevice Corrosión" en uniones soldadas traslapadas en planchas inferiores de los techos flotantes. Ver Fig. 4.

Corrosión generalizada en fondo y cilindro interior del tanque.

Corrosión por picaduras.

Evaluación de Fallas.

El ataque por "Crevice Corrosión" en la superficie exterior, de las planchas del fondo en estos tanques, se presentan localizados en diversas zonas y no es factible predecir mediante técnicas de inspección no destructivas los puntos críticos donde se producirán perforaciones de las planchas.

El ataque por “Crevice Corrosión” en la superficie del exterior de los fondos de tanques de gasolina se ha debido al ingreso de oxígeno, humedad y agua de lluvias; directamente a través de las rendijas entre el fondo de los tanques y el anillo de base de concreto (Ver Fig. N° 1) y a través de sellos de concreto asfáltico fallados (numerosas rajaduras y desmoronamientos).

En algunos tanques de techo flotante de la Refinería Talara, se ha instalado sello perimétrico de concreto asfáltico con resultados negativos. Estas combinaciones no es lo suficientemente elástica como para absorber las dilataciones del fondo del tanque y/o cualquier movimiento relativo entre el borde del fondo y la base perimétrica de concreto.

Las consideraciones deformaciones elásticas que sufren los fondos de los tanques de gasolina relativo a sus anillos perimétricos de concreto, se debe principalmente a los siguientes factores: Las bases donde descansan los tanques y sus cilindros, no se encuentran perfectamente nivelados o alineados (Ver Fig. N° 7).

Grandes variaciones de temperatura ambiental y de operación y variaciones de nivel de gasolina en tanques con cilindros deformados (Ver Fig. N° 7).

Las fallas por “Crevice Corrosión” en las uniones soldadas traslapadas de los techos flotantes (planchas inferiores y planchas centrales) se han debido a la carencia de cordones de soldadura inferior en dichas juntas. (Ver Fig. N° 4).

Las planchas inferiores de los techos flotantes están sometidas a grandes flexiones y pandeos durante su operación, esta condición origina rompimiento de la pintura aplicada cuando la junta traslapada carece de cordón de soldadura inferior. (Ver Fig. N° 4).

CONCLUSIONES

La falla por “Crevice Corrosión” en los tanques de techo flotante de la Refinería Talara, se debió al inadecuado diseño de la estructura y juntas soldadas del techo, inadecuada selección del sello perimétrico flexible que debe ser instalado entre el fondo del tanque y

su base, además no se tomó en cuenta el problema de la corrosión que origina el medio ambiente donde están instalados y el fluido que almacena.

RECOMENDACIONES

El método más seguro para determinar si estos tanques han sufrido considerables ataques por "Crevice Corrosión" en las superficies exteriores de sus fondos, es retirando muestras de planchas (de 12'' x 24'') en diferentes áreas. A criterio del Inspector de Mantenimiento se pueden retirar muestras adicionales.

Para evitar el ataque por "Crevice Corrosión" en la superficie exterior de los fondos de los tanques de gasolina, se deben instalar sellos perimétricos flexibles entre la base perimétrica de concreto y los bordes del fondo (plancha de acero). De esta manera se evita el ingreso de oxígeno, humedad o agua de lluvia al espacio libre entre plancha de acero y base del tanque (concreto / tierra).

Para efectuar una buena selección del sello perimétrico flexible se debe tener presente que las deformaciones de la base de acero con relación al anillo perimétrico de concreto son apreciables. Para el sello seleccionado sea económicamente factible se deben tomar en cuenta, además del costo inicial del producto, los siguientes aspectos:

Costo de instalación aceptable y garantizada, incluido asistencia técnica.

Garantía de operación satisfactoria durante varios años.

En el futuro, cuando se requiera su mantenimiento, este debe ser rápido, barato y de mínima frecuencia.

Paralelamente con apoyo de laboratorios especializados, hemos recomendado que Petro Perú efectúe estudios de diversas combinaciones de Asfaltos Líquidos Industriales fabricados por Petro Perú (productos A.L.I.) para ser aplicados como sello perimétrico flexible en bases de tanques de dimensiones menores.

Las características principales a estudiarse serán: resistencia a la tracción y compresión; elongación; flexibilidad; resistencia a ambientes cercanos al mar y temperatura ambiente elevada; resistencia a los rayos ultravioletas; envejecimiento; fatiga; etc.

Para evitar las fallas por “Crevice Corrosión” en las uniones soldadas traslapadas de los techos flotantes, se debe aplicar cordones de soldadura en la parte superior e inferior de la junta (unión soldada traslapada de unión doble). (Ver Fig. Nº 3).

TRABAJOS EFECTUADOS

Los trabajos efectuados a los componentes de tanques que fueron atacados por “Crevice Corrosión” fueron los siguientes:

Techos Flotantes.

Enderezado y reparaciones de planchas pandeadas a causa del hundimiento del techo.

Reemplazo de planchas atacadas por “Crevice Corrosión” y / o excesiva corrosión generalizada.

Reparación y / o reemplazo de articulaciones del sello perimétrico de los techos.

Aplicación de pintura epóxica en las superficies superiores de los techos.

Aplicación de pintura con base de Zinc inorgánico en las superficies inferiores del techo (en contacto con la gasolina almacenada).

Fondos de Tanques.

Instalación de una capa de diez centímetros de “sand oil” sobre el fondo antiguo.

Instalación de un nuevo fondo, usando planchas de acero al carbono ASTM A – 283, Gr. C o A – 36.

Reparación del anillo perimétrico de concreto que estará en contacto con el fondo nuevo del tanque.

Instalación de un sello perimétrico entre el anillo de concreto y el fondo nuevo del tanque. Este sello debe ser lo suficiente flexible como para soportar los movimientos relativos entre el fondo (acero) y anillo (concreto). Existen diferentes técnicas para hermetizado de base de tanques de gasolina (Ver Fig. N° 8).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- "Desing ang Corrosión Control"
V. Roger Pludek, Halsted Press, 1997
- "Inspeccion and Maintenance of oil storage tanks"
Japan Cooperation Center for Petroleum (JCCP), 1987
- "Estandares de Ingeniería"
Petróleos del Perú S.A. 1980 – 1990
- "Ethy1 Specification API – Tanks"
Ethy1 Corporation, USA 1990
- "Corrosión and its prevention"
Japan (JCCP) 1991
- "Corrosión and Inspection of Refinery Equipment"
Yokkaichi Refinery – Japán 1991

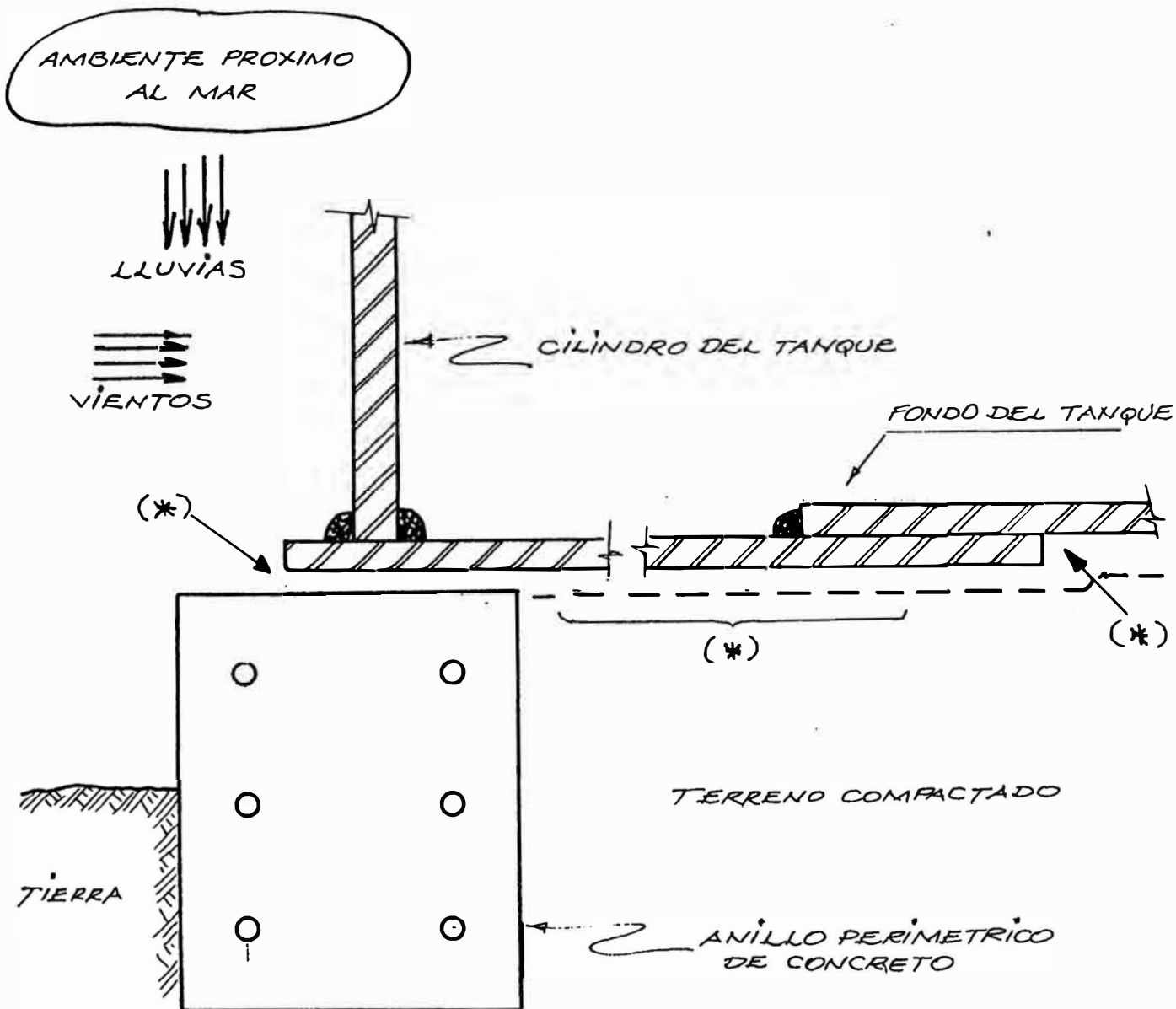


FIGURA Nº 1 ZONAS PROPENSAS AL ATAQUE POR "CREVICE CORROSION" (*)

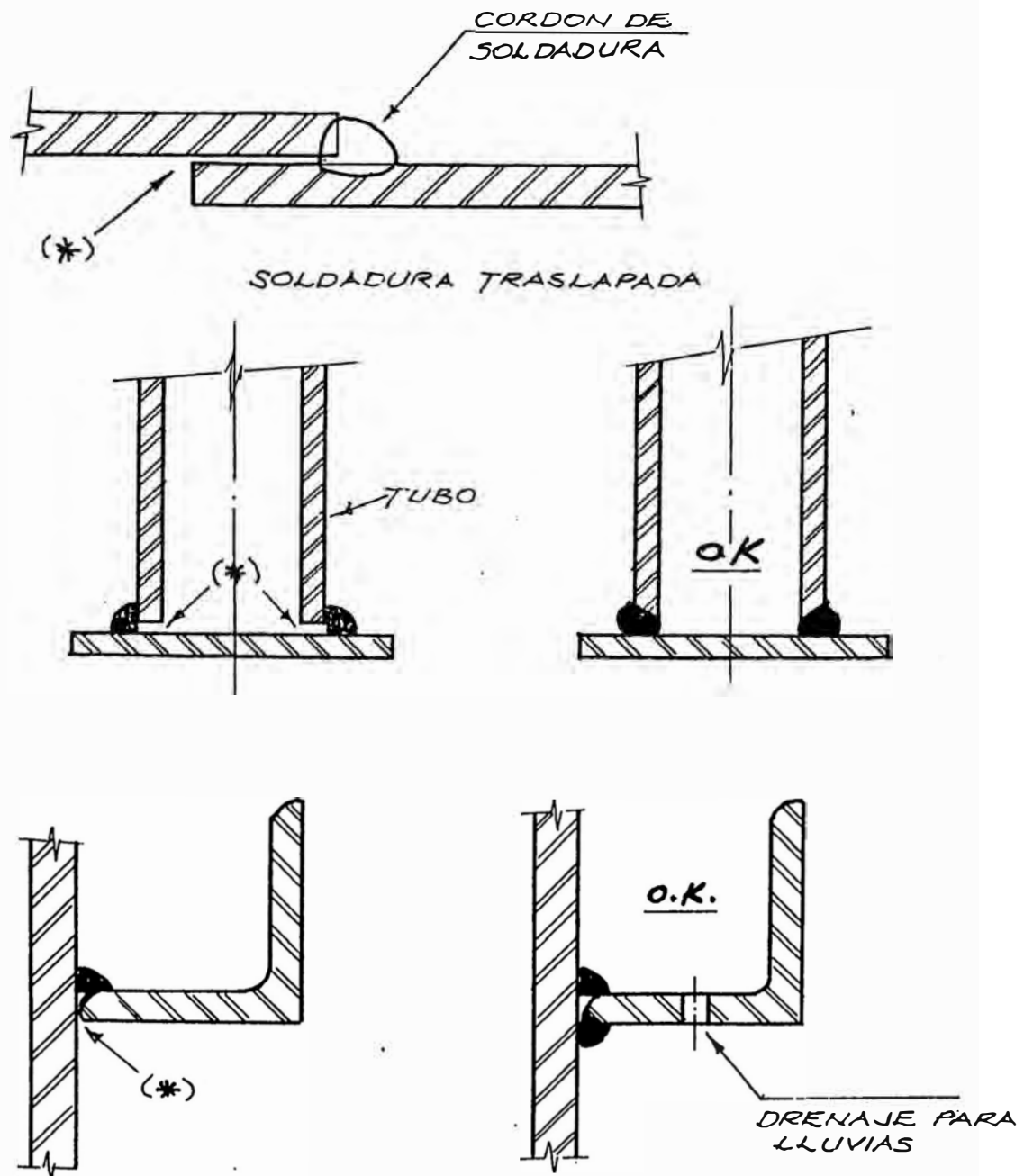


FIGURA Nº 2 ZONAS PROPENSAS AL ATAQUE POR "CREVICE CORROSION" (*)

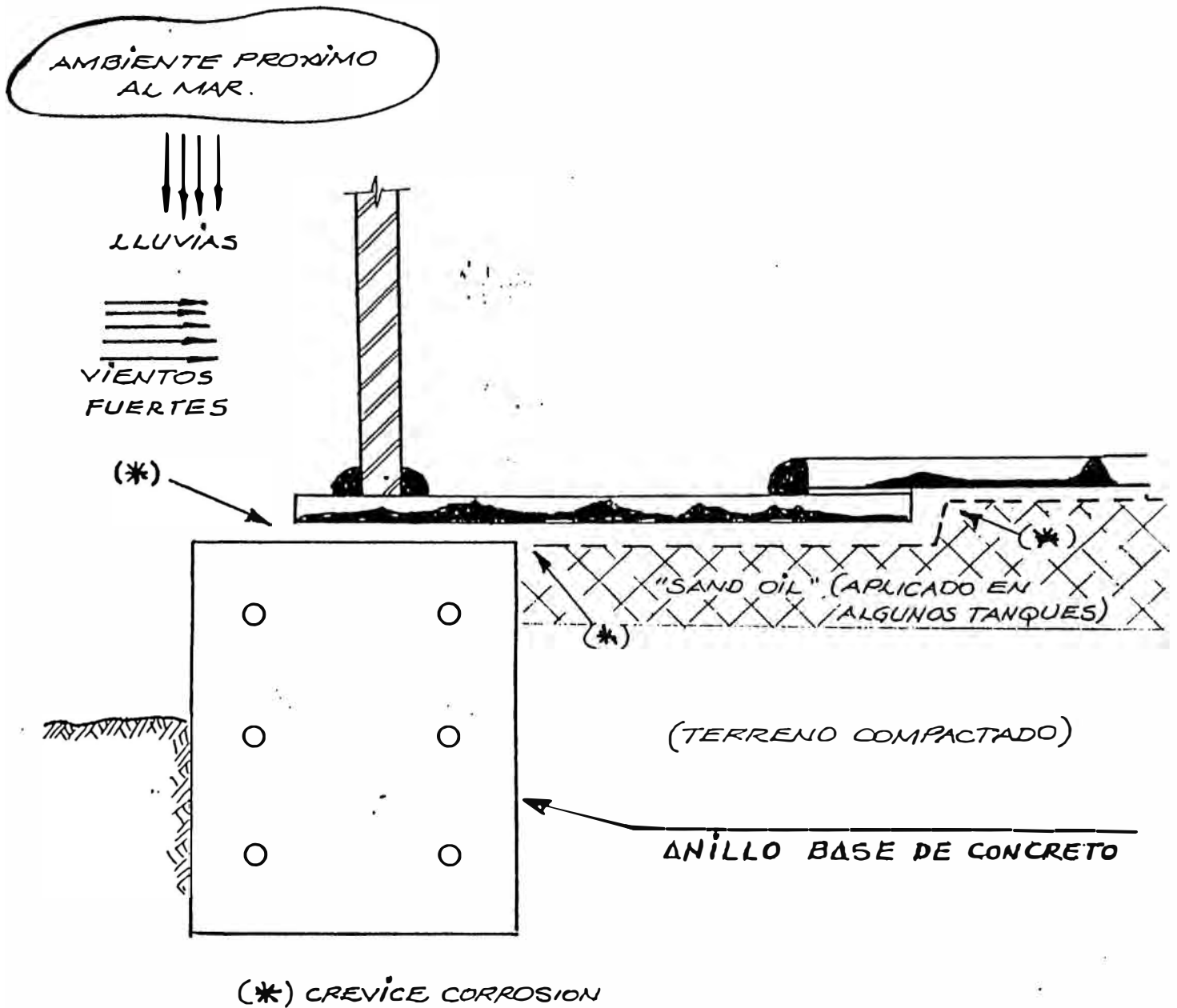


FIGURA Nº 3 CORROSION EN LA SUPERFICIE DEL FONDO DEL TANQUE

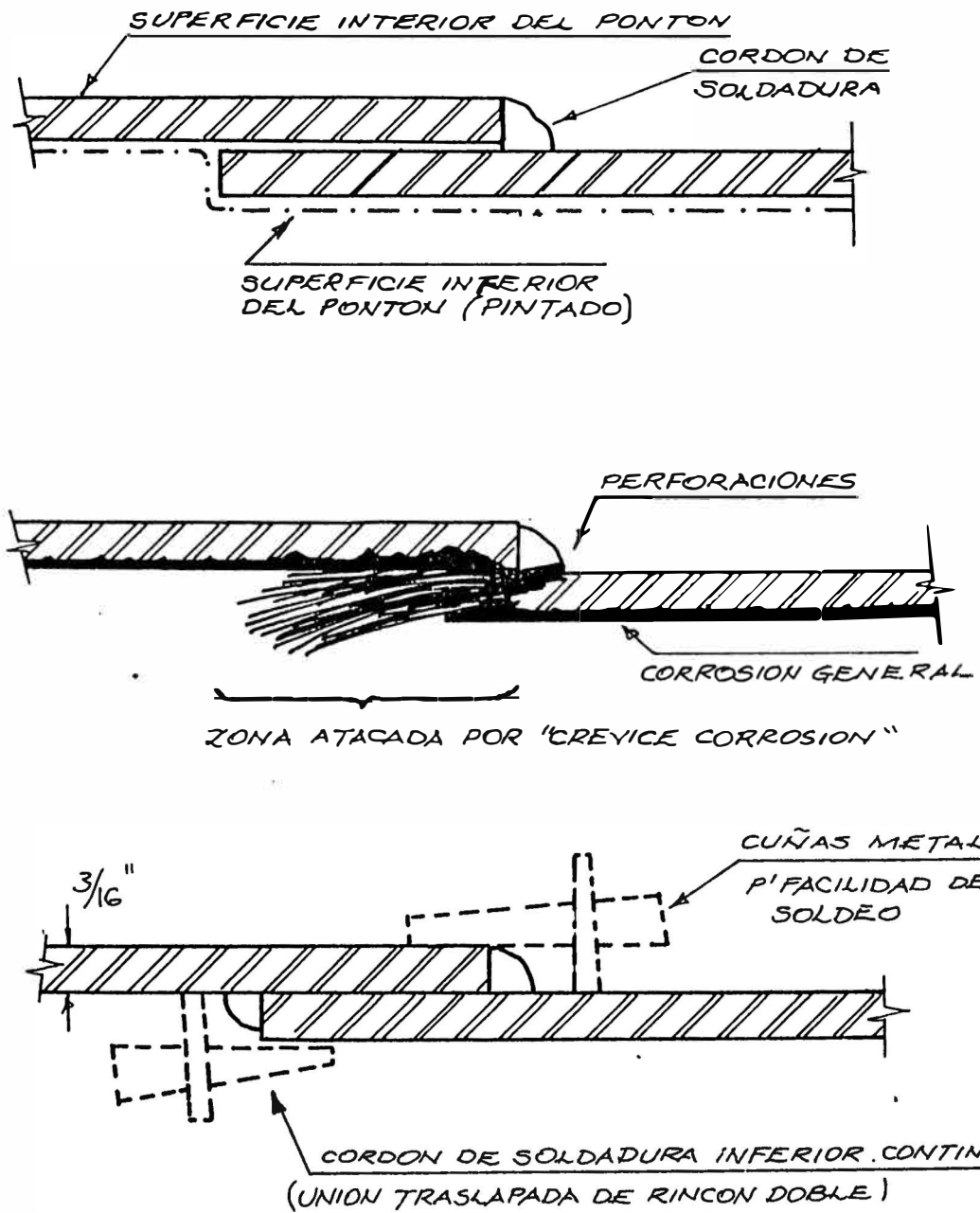


FIGURA Nº 4 FALLA DE UNIONES TRASLAPADAS EN LOS PONTONES DE TECHOS FLOTANTES

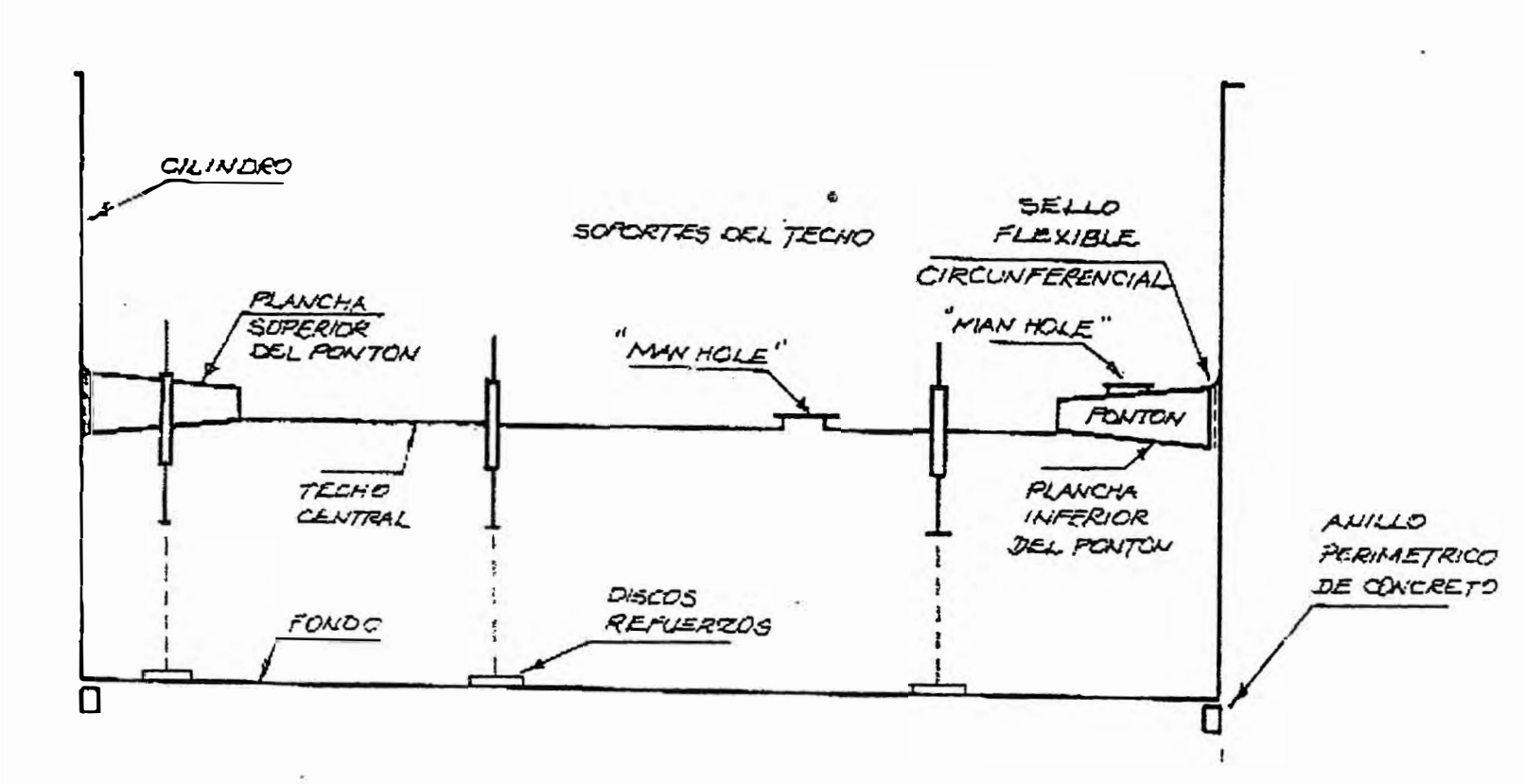


Fig. No 5: TANQUE DE GASOLINA CON TECHO FLOTANTE EXTERNO.
 (Tipo Pontón)

Fig.Nº 6: ARTICULACIONES PARA SELLOS DE TECHO FLOTANTES

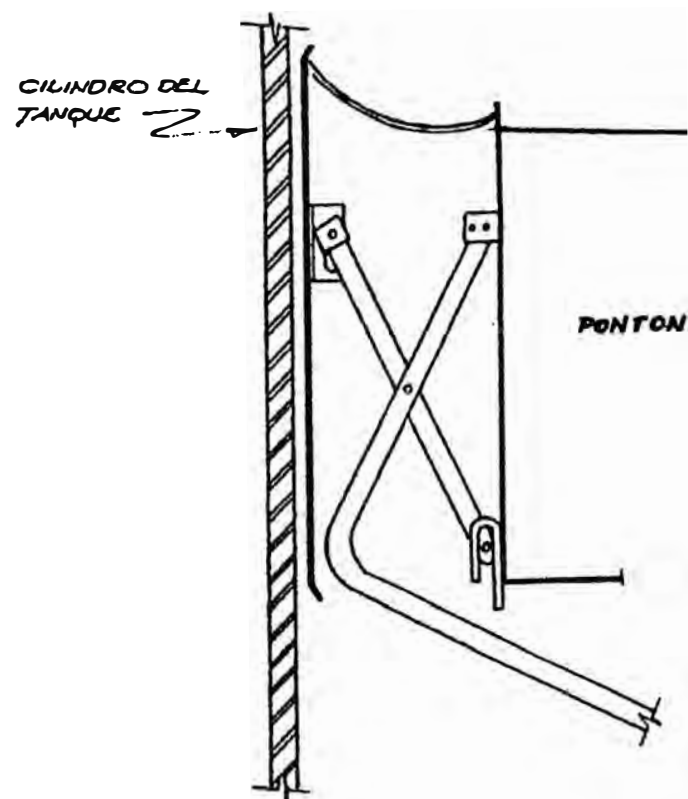


Fig. Nº 7: DEFORMACIONES QUE SE PRESENTAN EN EL FONDO DEL TANQUE Y SU BASE.

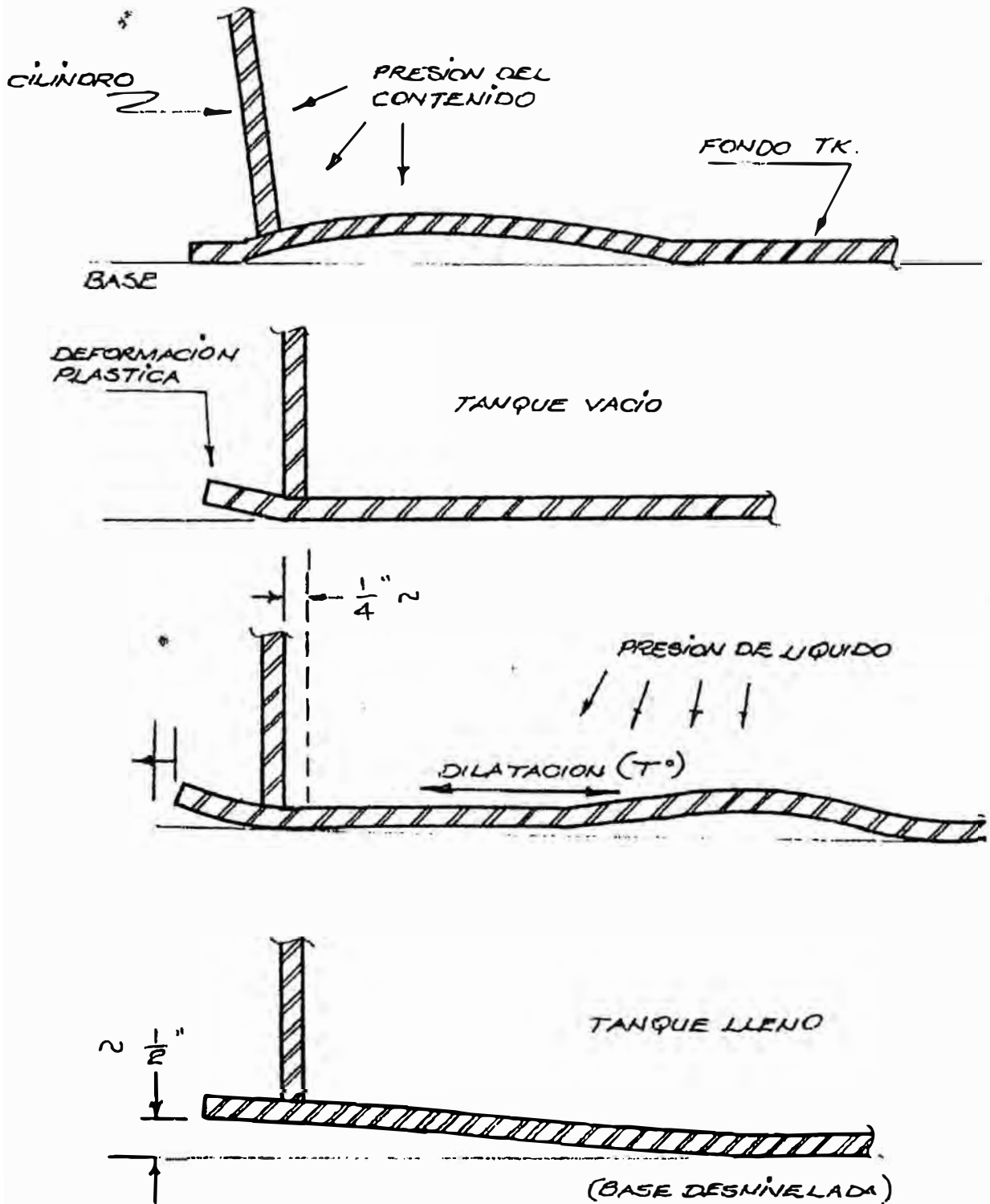


Fig. N° 8: SELLO PERIMÉTRICO FLEXIBLE EXTERNO.

